

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**ELABORACIÓN DE MENÚS PARA ENCAPSULAMIENTO DE
RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT**

**COMPONENTE: ENCAPSULAMIENTO DE CATALIZADORES,
CENIZAS Y LIQUIDO PELIGROSO BÁSICO EN ADOQUINES**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE

DIRECTORA: DRA. VERÓNICA ELIZABETH MORALES CASA

DMQ, febrero 2022

CERTIFICACIONES

Yo, EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE

edison.almache@epn.edu.ec

edisonoswaldo1995@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por DRA. VERÓNICA ELIZABETH MORALES CASA, bajo mi supervisión.



DRA. VERÓNICA ELIZABETH MORALES CASA
DIRECTORA

veronica.morales@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Primeramente, a Dios, por su guía y sabiduría que me dio en los momentos cuando más.

A mis padres Luis y María quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Mis hermanos Jefferson y Michelle por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos y amigas, por apoyarme cuando más los necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado, siempre las llevo en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por guiarme por el camino de la excelencia, la virtud y la humildad e la vida. Gracias a su ley y su palabra me han hecho una persona madura y lograr terminar esta investigación. De igual manera quiero agradecer a mi tutora la Dra. Verónica Morales quien con sus conocimientos y apoyo me **guio** a través de cada una de las etapas de este proyecto para alcanzar los resultados que buscaba.

A los laboratorios del CICAM, LEMSUR y LDIA de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental en la EPN, por su apoyo en la realización de análisis de laboratorio ejecutados en este proyecto.

Al Ing. Santiago Guerra quien es un excelente profesional y una gran persona, quien fue la persona que me dio ese aviso de volver a estudiar.

A mis Padres (María Hermelinda y Luis Oswaldo) por siempre estar animándome cuando más lo necesitaba, y darme la fuerza para seguir en el camino del estudio, su mayor orgullo.

A mi hermano Jefferson, quien fue la persona que me apoyo los días que tuve que salir a realizar la practica experimental de la investigación y cuidaba de mi emprendimiento.

A mi hermana Michelle, que siempre me mantuvo animado por verme graduado y disfrutar de este día.

A Maytee, quien es la persona que estuvo desde el principio, hasta el final en el regreso de mis estudios. Su apoyo fue la clave e inspiración para obtener este logro.

Y a mis amigos más cercanos que siempre me decían dale que si se puede.

Muchas gracias....

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
Antecedentes	3
Contaminante físico	3
Contaminante biológico.....	3
Contaminante químico	3
Residuo sólido.....	4
Residuo Peligroso	4
1.5 Gestión de residuos sólidos peligrosos	4
1.6 Descripción de residuos peligrosos de catalizadores, cenizas de incineración y líquido peligroso	5
Catalizadores	5
Cenizas de incineración	6
Líquido peligroso.....	7
1.7 Encapsulamiento de residuos peligrosos	7
Estabilización y solidificación.....	7
1.8 Normativa nacional e internacional.....	7
Normativa de ensayos	8
Normativa para la fabricación de adoquines	8
Normativa para el análisis de laboratorio	8
1.9 Propuesta de encapsulamiento de residuos peligrosos para HAZWAT	9
2. METODOLOGÍA.....	9
2.1 Inspección de la empresa y elaboración del inventario.....	9
2.2 Desarrollo de la propuesta de menú.....	11
2.3 Caracterización física de la arena, cemento, cenizas y catalizadores.....	12
Granulometría	12
Densidad aparente.....	13
Densidad real del cemento	14
Densidad relativa (gravedad específica) y absorción.....	15
Contenido orgánico de la arena.....	16
Contenido de humedad de la ceniza	16
2.4 Proceso de fabricación de los adoquines	17

Selección de equipos, herramientas y materiales	17
Dosificación	18
Agua	19
Mezclado	19
Elaboración de adoquines	20
Fraguado y curado	21
2.5 Ensayos mecánicos de los adoquines	21
2.6 Ensayo de absorción	23
2.7 Lixiviación de adoquines	25
3. RESULTADOS	26
3.1 Resultados de las caracterizaciones de los materiales de los adoquines	26
Granulometría de arena, cenizas de incineración y catalizadores	26
Densidad aparente de la arena , el cemento, la ceniza y de los catalizadores	30
Gravedad específica y absorción	31
Contenido orgánico de la arena.....	31
Densidad Real.....	32
Contenido de humedad de la ceniza	33
3.2 Resultados de los ensayos mecánicos de los adoquines	34
Ensayo de compresión.....	34
Ensayo de absorción.....	37
3.3 Resultados de análisis de los lixiviados	37
3.4 Manual de procedimiento de encapsulamiento de residuos peligrosos (catalizadores, cenizas de incineración y líquidos peligrosos)	39
3.5 Video del trabajo práctico de encapsulamiento de residuos peligrosos en adoquines ..	39
4. CONCLUSIONES.....	40
5. RECOMENDACIONES	41
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7. ANEXOS.....	46

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar la viabilidad del uso de residuos peligrosos, almacenados en el centro de remediación ambiental Hazwat, en la elaboración de adoquines. Se determinó la viabilidad técnica del encapsulamiento de residuos peligrosos (cenizas de incineración, catalizadores y líquido peligroso básico) en adoquines. Este procedimiento permite minimizar el impacto que se genera el medio ambiente, al reducir los volúmenes de residuos peligrosos que se encuentran en la empresa.

Se ejecutaron visitas de campo a la empresa Hazwat, donde se determinó una lista de todos los residuos peligrosos con un inventario general de la empresa. Con este recurso se determinó los residuos peligrosos que serían utilizados para el encapsulamiento siendo el líquido peligroso básico, catalizadores y cenizas de incineración, productos que la empresa tenía disponibles y almacenados. Las dosificaciones utilizadas para el encapsulamiento fueron 10%, 20% y 30%.

Los materiales para la fabricación de los adoquines (agregados y cemento) fueron analizados en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas (LEMSUR) de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN. Después, los residuos peligrosos fueron encapsulados en la fabricación de adoquines con colaboración de la empresa HORMAQ. Una vez elaborado los adoquines, pasaron a una etapa de curado para después realizar los ensayos de resistencia mecánica y absorción en el laboratorio de LEMSUR cuyos resultados fueron comparados con la normativa nacional. Finalmente, los adoquines fueron sometidos a ensayos de lixiviación, a los cuales se les realizó análisis de metales en los laboratorios de LDIA (Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental) y en el CICAM (Centro de investigación y control ambiental) de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN.

Finalizado los análisis se obtuvo que la dosificación que cumplían con la normativa de resistencia mecánica y absorción fueron de 10 % y 20%, que cumplen con los requisitos de las normas nacionales de los ensayos físicos y químicos. La investigación explica la viabilidad para la elaboración de productos de concreto con residuos peligrosos (líquido peligroso básico, catalizadores y cenizas de incineración) de la empresa Hazwat. A la empresa se le hará la entrega de un manual indicando la dosificación más adecuada para la elaboración de los adoquines.

PALABRAS CLAVE: encapsulamiento, incineración, adoquines, resistencia mecánica, absorción, lixiviado, metales, dosificación

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the feasibility of using hazardous wastes, stored at the Hazwat environmental remediation center, in the production of paving blocks. The technical feasibility of encapsulating hazardous wastes (incineration ashes, catalysts and basic hazardous liquid) in paving blocks was determined. This procedure minimizes the impact on the environment by reducing the volume of hazardous waste in the company.

Field visits were made to Hazwat, where a list of all hazardous waste was determined with a general inventory of the company. With this resource, the hazardous waste that would be used for encapsulation was determined, being the basic hazardous liquid, catalysts and incineration ashes, products that the company had available and stored. The dosages used for encapsulation were 10%, 20% and 30%.

The materials used to manufacture the pavers (aggregates and cement) were analyzed at the Soil and Rock Mechanics Materials Testing Laboratory (LEMSUR) of the Civil and Environmental Engineering Faculty of the EPN. The hazardous waste was then encapsulated in the manufacture of paving blocks with the collaboration of the company HORMAQ. Once the pavers were made, they were cured and then tested for mechanical strength and absorption in the LEMSUR laboratory, the results of which were compared with national standards. Finally, the pavers were subjected to leaching tests, which were analyzed for metals in the LDIA (Environmental Engineering Teaching Laboratory) and CICAM (Environmental Research and Control Center) laboratories of the EPN's Civil and Environmental Engineering School.

Once the analyses were completed, it was found that the dosage that complied with the mechanical resistance and absorption standards were 10% and 20%, which meet the requirements of the national standards for physical and chemical tests. The research explains the feasibility for the elaboration of concrete products with hazardous waste (basic hazardous liquid, catalysts and incineration ashes) of the Hazwat company. The company will be provided with a manual indicating the most appropriate dosage for the production of pavers.

KEYWORDS: encapsulation, incineration, pavers, mechanical resistance, absorption, leachate, metals, dosage.

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

En la actualidad la disposición de diversos residuos que son generados por la actividad humana e industrial se ha vuelto un problema debido a las consecuencias, problemas y factores ambientales. El impacto ambiental que genera una mala disposición de residuos se agrava aún más con el crecimiento de las ciudades y un incremento de una densidad de la población, lo cual con lleva al surgimiento de una disposición final como botaderos o rellenos sanitarios.

El presente proyecto se encuentra aplicado al encapsulamiento de residuos peligrosos provenientes de la empresa Hazwat, cuyo componente trata de la elaboración de adoquines en donde se variará la composición de los materiales que generalmente son utilizados para la elaboración de adoquines y serán reemplazados por residuos peligrosos. La investigación lleva a cabo un cronograma planificado de todas las actividades realizadas desde la selección de los materiales y residuos peligrosos, la elaboración de adoquines, hasta el final de la elaboración del componente con sus respectivos ensayos mecánicos y químicos.

Se iniciará con la inspección de la planta en donde se encuentran los residuos almacenados, obteniéndose un inventario de todos los residuos peligrosos y especiales almacenados que recepta la empresa Hazwat. De los cuales se seleccionará una propuesta de menú con los residuos peligrosos (líquido peligroso básico, catalizadores y cenizas de incineración), considerados como idóneos para el encapsulamiento en los adoquines. Estos residuos peligrosos se almacenan en la empresa Hazwat y su selección para una dosificación eficiente se dispuso por su disponibilidad y experiencia técnica de los operarios de la empresa.

La fabricación de los adoquines se llevó a cabo con ayuda de la empresa HORMAQ, que lleva más de 30 años en la industria de fabricación de adoquines y bloques vibro prensado [1], y su elaboración permitirá incorporar NUEVAS MEDIDAS SOSTENIBLES para la humanidad como es encapsular adoquines. La técnica de encapsulamiento permite obtener alternativos productos de construcción como bloques, bordillos, tejas baldosas, etc.

Se realizará ensayos de resistencia mecánica, absorción y ensayos químicos como lixiviación de metales peligrosos para la salud humana y el ambiente con los adoquines fabricados y los resultados serán comparados con normativas nacionales, para verificar su potencial uso sin que esto represente un riesgo ambiental y/o a la salud de la población.

Finalmente se realizará un manual con la selección de la mejor dosificación en la elaboración de adoquines con residuos peligrosos, con el objetivo de que los técnicos puedan replicar la experiencia en el área de encapsulamiento de la empresa Hazwat

1.1 Objetivo general

Determinar la viabilidad técnica del encapsulamiento de residuos peligrosos (cenizas de incineración, catalizadores y líquido peligroso básico) provenientes de Hazwat, en adoquines.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar un inventario de residuos peligrosos y especiales de Hazwat.
- Reconocer y seleccionar los residuos peligrosos adecuados para formular un menú de encapsulamiento.
- Elaborar los adoquines con diferentes dosificaciones de los residuos peligrosos seleccionados. Realizar los ensayos de resistencia mecánica, absorción y lixiviación para verificar su potencial uso acorde a la comparación con la normativa respectiva.
- Realizar un manual para elaboración de adoquines con las mejores dosificaciones de residuos peligrosos.

1.3 Alcance

La presente investigación tiene como estudio el análisis de residuos peligrosos y especiales en la empresa Hazwat. Para determinar la viabilidad técnica del encapsulamiento de residuos peligrosos como lo son las cenizas de incineración, los catalizadores de paladio y los líquidos peligrosos provenientes de Hazwat, en la elaboración de adoquines.

Se levantó información a través de un inventario de residuos peligrosos y especiales de la empresa Hazwat, que se encuentran almacenados en galpones. Posteriormente, se escogió tres residuos peligrosos los cuales serán encapsulados en diferentes dosificaciones (10%, 20% y 30%) en la elaboración de adoquines.

Se obtuvo el producto final llevándose a cabo los ensayos mecánicos de resistencia a la compresión y absorción de los adoquines. Y para los análisis químicos se realizó las respectivas pruebas de lixiviación. Los resultados de los análisis de laboratorio fueron comparados con normativa nacional (pruebas mecánicas) e internacional (lixiviación).

Finalmente, con los resultados obtenidos de las mejores dosificaciones se elaboró el manual para la empresa Hazwat.

1.4 Marco teórico

Antecedentes

Se menciona como contaminación ambiental a toda presencia en un entorno de cualquier agente contaminante. Los agentes contaminantes pueden ser físicos, químicos o biológicos. O puede producirse una combinación de todos los agentes en formas, concentraciones y lugares, tales que son nocivos para el ambiente y del ser humano. Esto quiere decir, una sustancia sólida o líquida, es incorporada a cuerpos receptores, desfavoreciendo las condiciones naturales del mismo. La contaminación puede surgir a partir de exposiciones por procesos generados de la actividad humana, una de estas actividades es el origen de la contaminación realizada por la industria [2].

“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)” [2].

La acción de la industria propia de sus procesos determina la cantidad y característica de contaminantes que son expulsados, mientras las sustancias tóxicas o nocivas pueden llegar a tener contacto con el agua o el suelo. Esto es intencionalmente, accidentalmente o una manipulación incorrecta de los materiales peligrosos [2].

Los contaminantes se clasifican en tres tipos: el físico, biológico y químico [2].

Contaminante físico

Se caracteriza por la incrustación de la energía entre el ambiente y la persona en una dimensión y velocidad tan ascendente que el organismo no es capaz de soportarlo [2].

Contaminante biológico

Se caracteriza por la presencia de todo agente de organismo vivo (microorganismos como virus, hongos, bacterias etc.) [2].

Contaminante químico

Dentro de los contaminantes químicos se encuentra el mayor grupo de contaminantes, esto debido a un alto número de propagación en todo el entorno ambiental y el campo laboral.

Se conoce como contaminante químico a toda sustancia orgánica o inorgánica, esta puede ser natural o sintética. Que tiene posibilidades de causar un efecto negativo en el medio ambiente y afectar la salud de los seres humanos.[2]

Residuo sólido

Se denomina como la relación del ser humano con su entorno, una mejor definición es: “Todo material descartado por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable” [3]. El significado de residuo sólido hace alusión a residuo que tiene un precio potencial para su reutilización, debidamente procesado [3].

Residuo Peligroso

Es todo residuo, en cualquier estado físico que posea características peligrosas, también conocidas como CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, toxico, inflamables y biológicos), representando un peligro para el equilibrio biológico, el ambiente o la vida humana. En la actualidad existen métodos diversos apropiados para el tratamiento de todos los tipos de residuos peligrosos. Algunos de estos métodos son la incineración, la solidificación, encapsulamiento, irradiación con rayos X, etc. [4].

1.5 Gestión de residuos sólidos peligrosos

La gestión de residuos peligrosos hacer referencia al conjunto de actividades desde la recolección, transporte, almacenamiento y disposición final que da como resultado el manejo de cada residuo peligroso. Estos residuos se los conoce como peligrosos o como residuos peligrosos para la salud humana y el ambiente [5].

Previamente se determina un inventario de todos los residuos generados en la empresa o área de una organización, se indica el nombre del residuo peligroso, tipo de residuo peligroso, ubicación, nombre de la empresa, etc. [6].

Para el almacenamiento del residuo peligroso primeramente se debe tener identificado el material y no mezclar los residuos, también se tiene una localización adecuada para los residuos peligrosos esto puede ser internamente o externamente sea el caso de la empresa [3].

La recolección de residuos debe ser estrictamente etiquetada y acondicionada en un lugar fresco y apartado ante cualquier proceso que afecte al residuo peligroso. La recolección está a cargo una empresa certificada que pueda almacenar y realizar un tratamiento a los residuos peligrosos [3].

Los residuos se trasportan a la institución o empresas certificadas según la naturaleza del residuo peligroso para su tratamiento o reciclaje [3].

La gestión de residuos sólidos y peligrosos es un tema de carácter preocupante para casi todos los países. Al pasar el tiempo la densidad de población se ha ido aumentando y la sociedad ha ido evolucionando a esquemas de producción y consumismo. A nivel mundial existe un gran desafío en la reducción de producción de residuos en crecimiento [7].

1.6 Descripción de residuos peligrosos de catalizadores, cenizas de incineración y líquido peligroso

Catalizadores

Los catalizadores sirven para el aumento de la velocidad de reacciones químicas, los cuales no se consumen durante una reacción química. Son muy importantes en el ámbito de la industria como en otro tipo de aplicaciones medio ambientales. El catalizador en relación con productos y reactivos, se clasifican en heterogéneos y homogéneos [8].

Los catalizadores homogéneos están presentes en forma de líquidos y gases entre los más importantes están los catalizadores ácido-base y los óxidos reducción [8].

Los catalizadores heterogéneos son sólidos, se encuentran en reacciones químicas de líquidos y/o gases. Los catalizadores heterogéneos son los más usado en la industria alrededor del 95% de los procesos industriales utilizan catalizadores heterogéneos (ver figura 1.1) [8].

Los catalizadores en la última década tienen una gran importancia tecnológica en los procesos que se encuentran relacionado con el ambiente, esto sirve para la reducción de sistemas de producción contaminantes, emisiones contaminantes o contaminantes de efluentes. Las aplicaciones al ambiente se dividen en dos grandes grupos, esto depende de cómo se encuentra disuelto el contaminante: líquida, se aplica principalmente al tratamiento de aguas y la fuente gaseosa en producciones de energía por combustión, la fuente de contaminación puede ser fija o móvil. Un ejemplo muy claro se encuentra en los sistemas de combustión para generación de energía (fuente fija) y en los gases de escape que salen de un vehículo (fuente móvil) [8].

Al momento de terminarse la vida útil de un catalizador este queda contaminado, ya no cuenta con sus propiedades para ayudar a la reacción química y no puede cumplir con los límites de emisiones impuestos y se los reemplaza por otros. En la actualidad no existe un reciclaje de catalizadores y son tratados como fuentes de metales nobles (platino, paladio y rodio) para recuperar estos metales existe un tratamiento hidrometalúrgico el inconveniente de este tratamiento es que es económicamente caro y se utiliza muchos agentes altamente

corrosivos. Por tal motivo es una problemática de tratar un catalizador contaminado como residuo peligroso [9].



Figura 1.1 Catalizador heterogéneo contaminado del sistema de combustión de

Cenizas de incineración

Como explica [10], las cenizas son todo residuo sólido fino que sobra de la combustión. Es de color gris a negra, suave y susceptible a la vista. La ceniza de incineración es el producto residual de la incineración de residuos sólidos, la porción inorgánica de todo residuo sólido (como vidrio, latas, metal, etc.) la cual no se incinera (ver figura 1.2).

La presencia de metales pesados especialmente cadmio y plomo, presentes en baterías, algunos plásticos y electrodomésticos encontrados en los residuos sólidos municipales al momento de ingresar al proceso de incineración se presentan estos metales pesados [10].



Figura 1.2. Cenizas de incineración provenientes de la empresa Hazwat

Líquido peligroso

Todo residuo sea líquido, sólido o gaseoso que tenga características de peligrosidad (corrosiva, reactiva, explosiva, tóxica, inflamable y biológica) se conoce como residuos peligrosos. Los líquidos peligrosos más comunes son procedentes de laboratorios, por ejemplo; ácidos, bases sumamente tóxicas. En la fabricación de cosméticos para peluquerías como acelerones para la decoración de cabello, tintes, disolventes de tintes etc.[11][12].

1.7 Encapsulamiento de residuos peligrosos

Estabilización y solidificación

Son métodos que se emplean en la gestión y tratamiento de residuos peligrosos. Estas técnicas se emplean a los procesos generadores de residuos peligrosos de diferente tipo de industria, para el tratamiento de suelos contaminados y el tratamiento de otros procesos de eliminación como son las cenizas de incineración [13].

La estabilización es un método en donde se estabilizan los residuos mediante aditivo para reducir la velocidad de migración de los contaminantes de un residuo peligroso y reducir su característica toxicológica. La estabilización puede definirse como “el proceso mediante el cual los contaminantes quedan total o parcialmente confinados por la adición de un medio de soporte aglomerante u otros modificadores” [13]. Al igual la solidificación se define como “el proceso que mediante la utilización de aditivos modifica la naturaleza física del residuo (como muestra la medida de las propiedades técnicas de resistencia, compresibilidad y/o permeabilidad)” [13]. El objetivo principal es la reducción de la característica tóxica y disminución de la movilidad del residuo peligroso

El encapsulamiento es el medio por el cual el residuo peligroso queda atrapado físicamente dentro de un cuerpo estructural de un tamaño mayor, es decir quedan atrapados en el interior de una estructura cristalina de la matriz formada [13].

1.8 Normativa nacional e internacional

En el Ecuador no existe una normativa que controla la calidad de los lixiviados, de tal manera se utilizaron normas internacionales para la investigación: Agencia de Protección Ambiental (EPA), secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA) LIBRO VI ANEXO II. Para la elaboración de los adoquines se utilizaron las especificaciones técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Normativa de ensayos

- Norma INEN 858: Densidad aparente Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos.
- Norma ASTM C136M: Método de ensayo estándar para el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos.
- Norma INEN 872: Áridos para hormigos.
- Norma ASTM 188: Método de ensayo para la densidad del cemento hidráulico.
- Norma ASTM C128-15: Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos.
- Norma INEN 855: Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.
- Norma ASTM C40M-11: Impurezas orgánicas en los áridos finos del hormigón.
- Norma ASTM C566: Método de Ensayo Estándar para contenido de Humedad Total del Agregado por Secado.

Normativa para la fabricación de adoquines

- Norma INEN 152: Requisitos para cemento portland.
- Norma INEN 872: Áridos para hormigos.
- Norma colombiana NTC 2017: adoquines de concreto para pavimento.

Normativa para el análisis de laboratorio

- Norma INEN 1488: Determinación de la resistencia a la compresión.
- Norma ASTM C140/C4140 M-18: Métodos de ensayo estándar para muestreo y ensayo de Unidades de Albañilería de Hormigón y unidades Relacionada.
- Norma INEN 3040: adoquines de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo, anexo D.
- EPA 1315: Tasas de transferencia de masa de constituyentes en materiales granulares monolíticos o compactados mediante un procedimiento de lixiviación en tanque semidinámico.

- SEMARNAT 004-2002: norma oficial mexicana, protección ambiental de lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- Norma colombiana NTC 2017: adoquines de concreto para pavimento.
- Norma ecuatoriana TULSMA LIBRO VI ANEXO I: Tabla 8, límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

1.9 Propuesta de encapsulamiento de residuos peligrosos para HAZWAT

El encapsulamiento de residuos peligrosos es una de las alternativas más favorables en el tratamiento de residuos peligrosos, esta alternativa nace de los daños ambientales que está formado por rellenos sanitarios y/o botadero. En donde los residuos peligrosos por sus características de peligrosidad (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico) causan un gran daño al ambiente. El estudio de esta investigación se realizó para obtener una opción de aprovechamiento de los residuos peligrosos para el Centro de Remediación Ambiental HAZWAT. Los residuos peligrosos se convertirán en materia prima para elaborar adoquines, los cuales se estabilizarán y solidificarán en una estructura compacta.

2. METODOLOGÍA

Nota aclaratoria

Por políticas de la empresa Hazwat el muestreo de los residuos sólidos peligrosos utilizados fue realizado por el personal de la empresa.

La empresa no entregó los residuos peligrosos solicitados completos, por lo que se tuvo que variar en número y tipo de residuos a lo que se tenía planificado trabajar inicialmente.

Por limitaciones presupuestarias designadas a los análisis de laboratorio en este proyecto, no se realizó los análisis físico-químicos correspondientes a la caracterización de los residuos peligrosos.

Debido a la demanda del mercado ecuatoriano en cuanto a productos de construcción se optó por escoger los adoquines como matriz de encapsulamiento.

2.1 Inspección de la empresa y elaboración del inventario

La planta industrial de la empresa Hazwat se encuentra ubicada en la Panamericana Norte vía a Cayambe kilómetro 37 ½, el acceso a la empresa es restringido y se necesita tener

autorización para su ingreso (ver figura 2.1). Al momento de ingresar un técnico de la empresa es el encargado de dar la inducción a la planta y hace la entrega del equipo de protección personal.

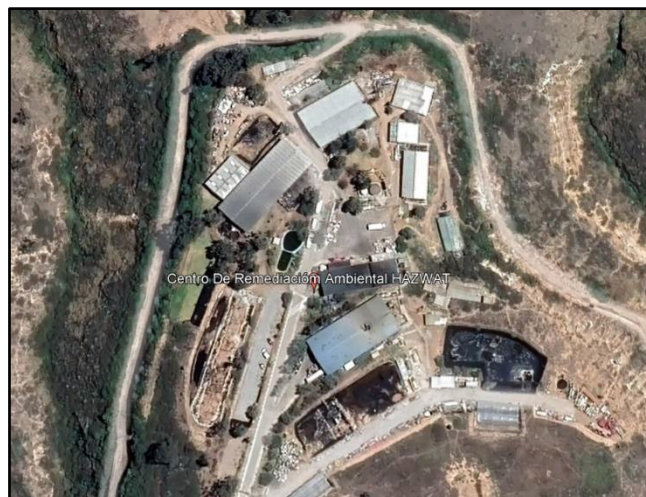


Figura 2.1. Localización de la empresa Hazwat, vista en planta

Se llevó a cabo visitas a la empresa de Hazwat para identificar tipos de residuos peligrosos, cantidad, localización dentro de la empresa y características.

Se recorrió las instalaciones de la empresa y se realizó la visita a cuatro galpones de almacenamiento en donde se encuentran los residuos peligrosos, omitiendo el galpón de residuos farmacéuticos, por inventario de la empresa.

Después de la visita e inspección de la empresa se comenzó con la recolección de información de datos para realizar el inventario de todos los residuos de la empresa (ver figura 2.2). El inventario se realizó por cada área de residuos (galpones), en donde se registraron datos como volumen, peso, estado, tipo de envase, código, etc. (ver anexo II)



Figura 2.2. Kiosko de inducción e información de la empresa y entrega de kits de seguridad

2.2 Desarrollo de la propuesta de menú

Con la finalidad de desarrollar una propuesta de menú para la fabricación de adoquines se realizaron charlas y reuniones con técnicos especializados de la empresa.

La selección de los residuos peligrosos se realizó en función a su disponibilidad en la empresa, característica del residuo y criterios recomendados por la misma empresa.

La empresa Hazwat entregó la lista de los residuos gestionados que se encuentran almacenados en las bodegas, mediante el cual se llevó a cabo una selección de los residuos peligrosos de diferente procedencia (ver tabla 2.1) utilizados para el encapsulamiento de adoquines.

Tabla 2.1. Selección de residuos

Residuo Peligroso	Procedencia
Líquido Peligroso Básico	Laboratorio químico
Cenizas	Incineración de residuos
Catalizador de platino	Catalizador de la recuperación de azufre para la refinería de petróleo.

Fuente: Creación propia

2.3 Caracterización física de la arena, cemento, cenizas y catalizadores

Se determinó la cantidad de residuos necesarios para encapsularlos en los adoquines de acuerdo a la consideración de tres diferentes dosificaciones. Y posteriormente se realizó la caracterización física de los residuos peligrosos.

Una vez terminado el reconocimiento de la planta de remediación y localizar los puntos de muestreo de cada galpón de la planta (ver tabla 2.2), se procedió a realizar la toma de las muestras. La toma de muestras se realizó por un técnico especializados de la planta.

De acuerdo al inventario realizado se encontró los residuos seleccionados en las siguientes áreas de almacenamiento.

Tabla 2.2. Localización de los residuos seleccionados

Residuo Peligroso	Almacenamiento
Líquido Peligroso Básico	Galpón Químico
Cenizas	Planta incineración
Catalizador de platino	Bloque 2 refinería

Fuente: creación propia

Con la selección de los residuos peligrosos, el siguiente paso fue seleccionar los materiales convencionales que son utilizados para la fabricación de los adoquines (cemento y agregado).

Granulometría

Según la norma INEN 1488, el árido fino para elaboración de adoquines es aquel material que pasa por una malla de 5 mm y no debe tener más de 25% por masa de material soluble en ácido, y según la norma INEN 872 el tamaño máximo nominal del árido no debe ser mayor a $\frac{1}{4}$ del espesor del adoquín [14]. El árido fino consiste en arena natural, arena elaborada o una combinación de estas dos [15].

En este estudio se realizó análisis granulométricos a la arena, ceniza y catalizadores. Primeramente, se debe secar la muestra a 110°C por 24 horas (arena, ceniza y catalizadores).

Cuando se tuvo la muestra seca, se pesó 500 gr y se colocó en los tamices dependiendo del paso de material desde el tamiz $\frac{3}{4}$, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 mm (ver figura 2.3). A continuación, se pesó la masa de cada tamiz y se registró para realizar la comparación de granuloma del material con la norma nacional.



Figura 2.3. Tamices utilizados para el ensayo de granulometría

Densidad aparente

Para el ensayo de la densidad aparente se determinó los resultados de acuerdo a la norma INEN 858, conforme se realizó el análisis del material para la elaboración de adoquines (arena) y los residuos peligrosos (catalizadores y cenizas). En la norma INEN 858 se determinó la masa unitaria de peso volumétrico en el porcentaje de vacíos. Este método de ensayo se realizó para áridos que no excedan un diámetro máximo nominal de 125 mm.

Dentro de la densidad aparente existe dos tipos de densidad de ensayo: la densidad aparente suelta y la densidad aparente compacta.

Para el primer caso, el cálculo de a densidad aparente suelta se comienza utilizando los materiales previamente secados (arena) y de los materiales peligrosos (catalizadores y cenizas).

Se comenzó en la determinación de las dimensiones del recipiente (V) en donde se realizó la densidad aparente suelta (ver figura 2.4). Con el flexómetro se obtuvo los datos de altura, diámetro y el peso del recipiente. Después se colocó el material en el recipiente (T) y se obtuvo el peso del material más el recipiente (G).

Para el análisis de la densidad aparente compactada se siguió los pasos anteriores, con la diferencia de dividir el recipiente en tres partes y en cada sección dar 25 golpes con una varilla de acero para realizar la compactación [16].

Para el cálculo de la densidad aparente según la norma INEN 858 se representa por la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{G - T}{V}$$

Ecuación 2.1. Densidad aparente

σ =densidad aparente (kilogramo / metro cúbico)

G= Peso suelto o peso compactado (kilogramos)

T= Peso del molde (kilogramos)

V= Volumen del molde (metros cúbicos)

Para el cálculo del porcentaje de vacío de la muestra según la norma INEN 858 se representa de la siguiente ecuación:

$$\%vacio = \frac{(S \times M) - Da}{S \times Da} \times 100$$

Ecuación 2.2. Porcentaje de vacío

S= Gravedad específica (adimensional)

Da= Densidad del agua 998 (kilogramo/metro cúbico)

M= Masa unitaria (kilogramo/metro cúbico)



Figura 2.4. Recipiente de hierro para ensayo de la densidad aparente

Densidad real del cemento

La metodología del ensayo fue regida en la norma ASTM 188, se necesita un material puro, para que la muestra no tenga pérdidas. El tipo de cemento a calcular la densidad fue marca

ARMADURO, cemento hidráulico portland tipo IP. Como primer paso se procedió a llenar un matraz con líquido (gasolina) hasta el vástago entre la marca de 0 a 1 mililitro. Después se pesó el matraz en una balanza y se registró la masa 1 (M1). En un lugar separado se calentó una bandeja de agua a una temperatura de 23 ± 2 grados centígrados. Y se procede a colocar el matraz y verificar el nivel del vástago para obtener el volumen 1 (V1).

El siguiente paso, se trata de la introducción de la cantidad de cemento puro en el matraz con mucha precisión hasta que el líquido (gasolina) llegue algún punto en la posición superior de la graduación marcada. A continuación, se colocó el tapón del matraz para girar el matraz y desprender los restos de cemento que quedaron pegados y eliminar burbujas de aire que se formen dentro del matraz, se pesa en la balanza (M2), y finalmente, se introduce el matraz a la bandeja con agua caliente y se toma la medida en el graduador superior, así se obtiene el volumen 2 (V2) [17].

El cálculo de la densidad real se obtuvo mediante la ecuación:

$$\sigma_{real} = \frac{M2 - M1}{V2 - V1}$$

Ecuación 2.3. densidad real

σ =densidad real (gramos/mililitros)

M2= peso final (gramos)

M1=peso inicial (gramos)

V2=volumen final (mililitros)

V1=volumen inicial (mililitros)

Densidad relativa (gravedad específica) y absorción

El análisis de la densidad relativa de efectuó solo para la arena, la normativa usada para este ensayo pertenece a la ASTM C128-15. La metodología se llevó a cabo con la obtención de una muestra seca a la cual se realizará un lavado del material hasta que quede sin impurezas (polvo). Posteriormente, se lavó el material hasta obtener agua cristalina y se dejó por 24 horas para que se llene los poros, luego el agua se seca de la superficie de las partículas y se determina la masa.

Después la masa se coloca en un recipiente graduado y se calculó el volumen de la muestra por método volumétrico. La masa se volvió a secar en el horno y se determinó otra vez la masa del agregado [18].

Contenido orgánico de la arena

La norma INEN 855 establece como método para determinar si la muestra contiene presencia de contaminantes e impurezas orgánicas en el material. Se preparó una muestra de aproximadamente 450 gr, se vierte la muestra en un recipiente de vidrio hasta alcanzar un nivel de 130 mm. Después se colocó solución de hidróxido de sodio al 3% hasta llegar aproximadamente a 200 mm del recipiente (ver figura 2.5). Se tapó y agitó el recipiente de vidrio, para dejarlo reposar por 24 horas [19].



Figura 2.5. Botella con *agregado* y solución de hidróxido de sodio

Contenido de humedad de la ceniza

Según la Norma ASTM C566 este método determina el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, considerando la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que está químicamente combinada con los minerales del agregado. Las partículas de agregado grueso especialmente aquellas que son más grandes que 50 mm pueden requerir grandes periodos de tiempo para que la humedad se encuentre dentro del agregado, salga a la superficie del mismo [20].

Primeramente, se determina la masa de la muestra con aproximación al 0.1% en la balanza (mh2o). La muestra se coloca en un recipiente limpio y seco, el cual será introducido a un horno de temperatura controlada. Y al cabo de 24 horas la muestra estará completamente seca (ms) [20].

El contenido de humedad se puede expresar de dos maneras:

Contenido de humedad en base seca: Se compara la masa de agua que contiene un material sólido con su masa seca, y esta puede ser mayor al 100%. Por ejemplo, un valor %Hbs= 300 % significa que la masa de agua presente en el material es 3 veces su masa seca [21].

$$\%Hbs = \frac{m h - ms}{m s} \times 100\%$$

Ecuación 2.4 formula del contenido de humedad en base seca

%Hbs = humedad en base seca (porcentaje)

m h = masa húmeda de la muestra (gramos)

ms= masa seca de la muestra (gramos)

Contenido de humedad en base húmeda: Aquí, el contenido de humedad representa el porcentaje de masa de agua que contiene la muestra respecto a su masa total. El valor presente debe ser menor al 100% [21].

$$\%Hbh = \frac{\%Hbs \times ms}{m h}$$

Ecuación 2.5 formula del contenido de humedad en base húmeda

2.4 Proceso de fabricación de los adoquines

Selección de equipos, herramientas y materiales

Según el manual para la fabricación de bloques y adoquines los equipos y herramientas necesarios son los siguientes (ver tabla 2.3):

Tabla 2.3 Lista de material para la elaboración de adoquines

EQUIPOS	HERRAMIENTAS
Maquina a motor eléctrico para fabricación de adoquines	Carretilla
Hormigonera: Mezclador mecánico	Pala N°4
	Caneca
	Palustre N°8
	Tableros

Fuente: creación propia

Dosificación

Para el proceso de medición de los materiales, fue necesario saber la producción de adoquines que se realiza con un quintal de cemento hidráulico (50 kg). Según la información proporcionada por el técnico de la adoquinera, para 1 quintal de cemento se obtiene 66 adoquines, adicionando 3 carretillas de arena. Por lo cual se realizó el cálculo para 11 adoquines para 3 dosificaciones de 10%, 20% y 30%.

Para 66 adoquines se utilizó una carretilla arena, con la cual se obtuvo 33 adoquines (11 adoquines para cada dosificación). Se procedió a obtener el peso de la carretilla de arena, que contiene 13 palas N°4 (ver tabla 2.4). Por lo cual se procedió a pesar cada pala de arena, para este cálculo se necesitó de una balanza y un recipiente.

Tabla 2.4. Cálculo de la masa de una carretilla para cada dosificación

N° de palas	Peso kg	
3	22,9	
3	22,4	
3	23,8	
4	29,7	
13	98,7	1 carretilla

Fuente creación propia

Se calculó el peso de la carretilla, dando como resultado 98,7 kg para elaborar los 11 adoquines de cada dosificación (10,20 y 30%).

Para saber la cantidad de cemento que se utilizó el cálculo de un quintal (50 kg) de cemento para el número de adoquines que se van a elaborar, se realizó una regla de tres, donde se obtuvo la cantidad de cemento que se utilizará para todas las dosificaciones (ver tabla 2.5). Después se procedió a dividir para las tres dosificaciones y se obtuvo la cantidad total de cemento para cada dosificación (ver tabla 2.6).

Tabla 2.5. Cálculo de cemento total

Cantidad	Unidad	N° de adoquines
50	kg	66
25	kg	33

Fuente creación propia

Tabla 2.6 Cálculo de cemento para cada dosificación

Cantidad	Unidad	Dosificaciones	Cemento para cada dosificación (kg)
----------	--------	----------------	-------------------------------------

25	kg	3	8,3
----	----	---	-----

Fuente creación propia

La cantidad total para elaborar los 11 adoquines para cada dosificación es el peso de una carretilla más la cantidad de cemento para una dosificación, el resultado final es de 106,1kg. Seguidamente calculamos el porcentaje que necesitamos de residuos para 10, 20 y 30 % (ver tabla 2.7).

Tabla 2.7. Cálculo de los materiales para cada dosificación

Para 11 adoquines por mezcla 106,1 kg									
Materiales y Residuos peligrosos	Dosificación 1		Dosificación 2		Dosificación 3				
	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)			
líquido peligroso	5	10	5,3	7,5	20	8,0	10	30	10,6
catalizador	2,5		2,7	5		5,3	10		10,6
cenizas de incineración	2,5		2,7	7,5		8,0	10		10,6
Árido fino	82,2	90	87,2	72,2	80	76,57	62,2	70	65,1
Cemento	7,8		8,3	7,8		8,3	7,8		8,3
			106,1			106,1			106,1

Fuente creación propia

Agua

El agua es uno de los materiales más importante para la elaboración de adoquines, el agua cuando entra en contacto con el cemento genera una reacción química conocida como proceso de hidratación. En esta fase el cemento obtiene sus propiedades mecánicas y físicas. La calidad del agua debe tener un pH de 7-8 y cumplir una tolerancia libre de impurezas [22].

Si el pH es mayor a 7 el líquido tendrá un pH básico o alcalino, el cual ayudará a mejorar la compactación de la mezcla. Si el pH es menor a 7 el líquido tendrá un pH ácido y en este caso el cemento se acidificará obteniendo características mecánicas desfavorable [23].

La mezcla total al 100% tiene un peso de 106.1 kg, de tal manera que la parte líquida (líquido peligroso básico) equivale al 5% de la mezcla.

Mezclado

Es el proceso mediante el cual se unió proporcionalmente y de forma técnica los materiales de cada dosificación necesario para la elaboración de adoquines [24].

I. Mezcla manual

Proceso Técnico

- Colocar la cantidad de arena calculada (1caretilla) y la cantidad de cemento calculada anteriormente
- Revolver la mezcla 3 veces
- Colocar los residuos peligrosos (catalizadores, líquido peligroso y cenizas) en la mezcla de arena y cemento.
- Humedecer la mezcla con el líquido peligroso hasta tener una consistencia en donde la mezcla se sostenga por si sola en la mano.

II. Mezcla con maquina

Proceso técnico

- La mezcla con maquina permite agilizar el proceso de mezclado para la producción de la mezcla.
- Al igual que la mezcla manual se debe ingresar la misma cantidad de materiales a la máquina.
- Los materiales como arena, cemento, residuos peligrosos y líquidos peligrosos, giran dentro del trompo de la maquina hasta llegar a una mezcla maciza que se pueda sostener en la mano.

Elaboración de adoquines

Antes de comenzar la fabricación de adoquines se tuvo que revisar la máquina de motor eléctrico para la fabricación de adoquines. Se verifico que la maquina este en excelente estado y debidamente engrasada [24]. Posteriormente se preparó los tableros que fueron ingresados en la máquina de elaboración de adoquines limpios y sin otro material que afecte a la mezcla.

Para comenzar con la fabricación de adoquines se precede a accionar la palanca de la plataforma de tableros de la máquina activando la bandeja recibidora de adoquines. A continuación, se coloca el tablero hacia dentro de tal modo que quede bien colocado y centrado. Después se vuelve nuevamente a accionar la palanca de la plataforma de tableros, de tal modo que quede listo para ingresar la mezcla a la máquina de motor eléctrico [24].

Se incorpora la mezcla en la alimentación de la máquina de adoquines, y se acciona la palanca de arranque. La máquina comenzará la compactación del material con movimientos de vibración, se activa la palanca de seguridad del tablero y se retira los adoquines [24].

Finalmente se retiró los adoquines y se almacenó en un lugar de forma ordenada en un lugar fresco y listo para el fraguado.

Fraguado y curado

Después del almacenamiento de los adoquines se tuvo que dejarlos por 24 horas, durante el tiempo que comienza a realizarse el fraguado inicial. Al cabo de las primeras 24 horas de la elaboración de los adoquines se comenzó el curado, aplicando agua directamente a los adoquines en forma de lluvia periódica [24]. Según[25], para los ensayos mecánicos es necesario un curado de 12 a 24 horas, sin embargo, para este estudio dado las limitaciones de tiempo se utilizó adoquines fraguados a los 14 días. Para comparar con la norma se realizó los cálculos de proyección de resistencia mecánica para los 28 días.

2.5 Ensayos mecánicos de los adoquines

Los análisis mecánicos de los adoquines fabricados fueron realizados en el laboratorio de ensayos, mecánica de suelos y rocas (LEMSUR) de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN.

Ensayo de compresión

Para obtener la resistencia de los adoquines se siguió la norma ASTM C140/C4140 M-18 y la norma INEN 1488, en donde se encuentran los requisitos para la fabricación de los adoquines, la resistencia de compresión que debe tener cada aduquín y la clasificación según su tipo de resistencia.

El procedimiento del ensayo comienza con la preparación de los adoquines. Primeramente, se codifica a los adoquines por su respectiva dosificación y se toma los datos de sus dimensiones (largo, ancho, espesor, etc.) para esta investigación se colocó la siguiente codificación (ver tabla 2.8).

Tabla 2.8. Codificación de adoquines. Blancos y dosificaciones

Código	Dosificación
B1	Blanco
B2	Blanco
B3	Blanco
E10-1	Dosificación 10%

E10-2	Dosificación 10%
E10-3	Dosificación 10%
E20-1	Dosificación 20%
E20-2	Dosificación 20%
E20-3	Dosificación 20%
E30-1	Dosificación 30%
E30-2	Dosificación 30%
E30-3	Dosificación 30%

Fuente creación propia

Dentro de la preparación también se incluyó la preparación de las caras para el ingreso a la máquina de compresión. Las caras de los adoquines fueron alisadas con una preparación de mezcla de cemento y arena fina (tamizada de 3mm) hasta obtener una textura moldeable, como se puede observar en la figura 2.6. Se comenzó alisando la primera cara dejándola secar por 24 horas y después para la otra cara faltante se realizó el mismo procedimiento.



Figura 2.6. Alisado de las caras de los adoquines

Al momento que se tuvo los adoquines preparados se ingresó a la máquina de compresión y resistencia de adoquines, mediante la fuerza de presión de la plataforma obtuvo la carga máxima del adoquín.

Ya obtenida la carga máxima de los adoquines se calculó el área del adoquín para el cual fue dividido. Y así se obtuvo la resistencia del adoquín y se comparó para que tipo de trabajo es necesario y cuales adoquines no cumplen (ver tabla 2.9).

Para realizar el cálculo a los 28 de la resistencia de los adoquines se determinó por tres métodos GIRE, ROS y FIB

$$\sigma_t = \sigma_{28} \frac{1.1375(-1.06875+t)^{0.83125}}{2.0625+(-1.06875+t)^{0.83125}}$$

Ecuación 2.6. Ecuación para el cálculo de 28 días de GIRE [26]

$$\sigma_t = \sigma_{28} \frac{(at)^{2/3}}{(b+t)^{2/3}}$$

Ecuación 2.7. Ecuación para el cálculo de 28 días de ROS [26]

$$\sigma_t = \sigma_{28} \times e^{s(1-\sqrt{\frac{28}{t}})}$$

Ecuación 2.8. Ecuación para el cálculo de 28 días de FIB [26]

Tabla 2.9. Tabla de los tipos de uso del adoquín según la resistencia a la compresión

Tipo de Uso	No. De vehículos por día mayores a 3t brutas	Equivalente total de repeticiones de eje estándar después de 20 años de servicio.	Forma recomendada de adoquín	Resistencia característica (MPa) compresión a los 28 días
Peatonal	0	0	A, B, C	20
Estacionamiento y calles residenciales	0-150	0-4.5X10 ⁵	A, B, C	30
Caminos secundarios y principales	150-1500	4.5X10 ⁵ - 4.5X10 ⁵	A	40

Fuente Norma INEN 1488

2.6 Ensayo de absorción

Según el Instituto de Normalización la norma INEN 3040 anexo D en donde se emplea la determinación del índice de absorción total de agua del adoquín. El índice de absorción de agua se expresa relacionando la diferencia del peso del adoquín saturado menos el peso del adoquín seco contra el peso del adoquín seco, expresado en porcentaje [27].

Cabe recalcar si un adoquín pesa más de 5 kg tuvo que ser cortado manteniendo el espesor para obtener una probeta no superior a 5 kg.

Los materiales y equipos necesarios para el ensayo fueron los siguientes:

Tabla 2.10. Materiales para ensayo de absorción de adoquines

Materiales y equipos
Estufa de secado
Recipiente o tanque
Balanza
Cepillo
Tela
Agua potable

Fuente creación propia

Se mantuvo con una preparación antes de realizar el ensayo, previamente, se codificó los adoquines como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.11. Codificación del ensayo de absorción

MUESTRA	CODIGO
1	B1
2	B2
3	B3
4	EA-10
5	EA-10
6	EA-10
7	EA-20
8	EA-20
9	EA-20
10	EA-30
11	EA-30
12	EA-30

Fuente creación propia

Codificado los adoquines se comenzó a limpiarlos, para sumergirlos en agua potable en hasta que los adoquines alcancen su masa constante o estén saturados, se tuvo que separar los adoquines en un rango de 1,5 cm a 2 cm, que sobre pase el agua al adoquín. Se mantuvo durante un periodo mínimo de 3 días para que el adoquine se sature. Después de los 3 días se prosiguió a pesar los adoquines saturados, previamente se secó con paño para retirar el exceso de agua [27].

A continuación, se colocó los adoquines en la estufa, de tal manera que tenga una distancia de 1,5 cm. Los adoquines se secan a una temperatura de 105 °C, hasta el momento que se alcance una masa seca, el tiempo mínimo de secado es de 3 días para para alcanzar una diferencia de la masa de 0,1 % [27].

Para el cálculo del porcentaje de absorción de adoquín se utilizó al siguiente fórmula:

$$Wa = \frac{M1 - M2}{M2} \times 100\%$$

Ecuación 2.9. Porcentaje de absorción [27]

Wa= índice de absorción (porcentaje)

M1= masa de adoquín saturado (gramos)

M2= masa final del adoquín seco (gramos)

2.7 Lixiviación de adoquines

El análisis de lixiviados inició con la preparación de los adoquines de acuerdo con la metodología de la EPA 1315, esta norma sugiere que las muestras a analizar sean sumergidas en un recipiente con agua destilada, lo que permitió que se simule a una escorrentía en el ambiente. El tiempo que se estimó para realizar esta técnica para obtener el lixiviado fue de 14 días [28].

Para regirse con la metodología propuesta, se realizó una muestra por cada dosificación que cumplió los ensayos mecánicos (10 y 20%). Los adoquines se introdujeron en agua destilada el 1 de enero del 2022 donde comienzo el proceso de lixiviación, manteniendo los adoquines en un lugar fresco y libre de factores que puedan contaminar el lixiviado.

Al finalizar los 14 días de lixiviación, las muestras fueron tomadas el día 15 de enero del 2022 siendo el tiempo solicitado por la norma, según los requerimientos del laboratorio. El muestreo se llevó a cabo por la norma SEMARNAT 004-2002 y la norma INEN 2176, con los procedimientos para muestreo de lixiviados. Para cada dosificación se tomó una muestra simple, para esto se introdujo un recipiente esterilizado y se realizó la toma.

Los metales analizados (cromo hexavalente, níquel, cobalto, zinc, arsénico, cadmio, plomo y vanadio) fueron realizados con el objetivo de verificar su uso de acuerdo a las normativas vigentes. Los análisis de lixiviados se realizaron en el laboratorio de LDIA (Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental) y en el CICAM (Centro de investigación y control ambiental) de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la EPN [29][30][31]. La normativa ecuatoriana utilizada para la comparación de los resultados fue el TULSMA Libro VI anexo 1 para las descargar al alcantarillado. Las normativas internacionales son la EPA para el uso de agua natural y la SEMARNAT 004-2002 de la protección ambiental para los límites máximos permisibles de contaminantes para su disposición final y aprovechamiento (ver tabla 2.12).

Tabla 2.12. Límites máximos permisibles de la norma nacional e internacional

Máximas concentraciones permitidas en los lixiviados			
Metales	EPA (g/ml)	SEMARNAT (g/ml)	TULSMA (g/ml)
Zn	5	7,5	10
Cr	0,1	3	0,5
Ni	0,632	0,42	2
As	0,05	0,075	0,1
Cd	0,01	0,085	0,002
Pb	0,0015	0,84	0,5
V	-	-	5
Cobalto	-	-	0,5

Fuente creación propia

3. RESULTADOS

3.1 Resultados de las caracterizaciones de los materiales de los adoquines

Granulometría de arena, cenizas de incineración y catalizadores

El ensayo de granulometría corresponde a la norma ASTM C136M en la cual se encuentran los límites máximos permisibles para el porcentaje que pasa por cada tamiz. Y al igual que la norma INEN 854 se realiza la comparación mediante porcentajes y la curva granulométrica (ver tabla 3.1) [15][32]. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio de LEMSUR con el número de cada tamiz y el porcentaje que pasa por cada tamiz.

Tabla 3.1. Características de la granulometría de la arena

Granulometría Arena					
TAMIZ No.	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9,50	0	0,0	0,0	100,0
No.4	4,75	36,8	7,4	7,4	92,6
No.8	2,36	108,8	21,9	29,4	70,6
No. 16	1,16	97,8	19,7	49,1	50,9
No.30	0,60	66,7	13,5	62,6	37,4
No. 50	0,30	63,7	12,9	75,4	24,6

No. 100	0,15	58,3	11,8	87,2	12,8
No. 200	0,08	29,2	5,9	93,1	6,9
BANDEJA	-	34,4	6,9	100,0	0,0
TOTAL		495,7			

Fuente Laboratorio LEMSUR

En la relación de la curva de distribución de la granulometría existen varias normas para establecer los límites máximos permisibles (ver figura 3.1). Actualmente en el Ecuador, la norma que se encuentra vigente es la norma INEN 854. La curva de distribución de la arena al principio de la curva es constante, sin embargo, al momento de comenzar el tamiz número cuatro el porcentaje de arena comenzó a acumularse hasta el tamiz número treinta, dentro de este rango la arena se sale del límite mínimo y la arena tiende a hacerse más gruesa. La norma establece que el tamaño de partícula máximo para agregado fino es de 5 mm el mayor peso retenido se encuentra en el tamiz número ocho con 108 gramos y en adelante la cantidad retenible es constante hasta el tamaño de partícula de 0.15 mm y se encuentra dentro de la norma para fabricar adoquines.

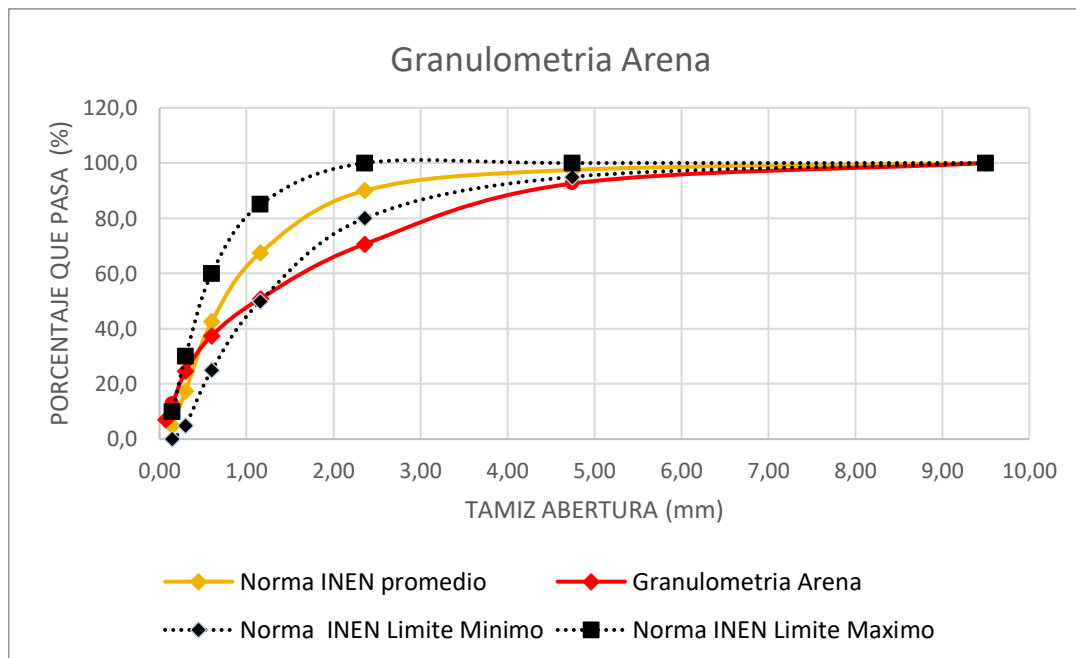


Figura 3.1. Curva de distribución granulométrica comparada con el límite máximo permisible de la norma INEN 854

El ensayo de las cenizas se realizó en el laboratorio del LEMSUR, para este ensayo se procedió con las mismas normas de la granulometría de la arena. Para la comparación se realizó una curva de distribución del agregado con los límites mínimos y máximos que detalla la norma INEN 854 (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2. Características de la granulometría de la ceniza

Granulometría de las cenizas					
TAMIZ No.	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1/2"	12,7	0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,50	48,8	9,6	9,6	90,4
No.4	4,75	101,8	20,1	29,7	70,3
No.8	2,36	118,4	23,3	53,0	47,0
No. 16	1,16	112,7	22,2	75,2	24,8
No.30	0,60	38,8	7,6	82,8	17,2
No. 50	0,30	41,2	8,1	91,0	9,0
No. 100	0,15	32,1	6,3	97,3	2,7
No. 200	0,08	9,3	1,8	99,1	0,9
BANDEJA	-	4,5	0,9	100,0	0,0
TOTAL		507,6			

Fuente Laboratorio del LEMSUR

La ceniza por sus tamaños de partícula variable en el ensayo se necesitó un tamiz más grande de media pulgada (1/2"). Al momento de trazar la curva de distribución se observa que está fuera de límite máximo de porcentaje que pasa por los tamices y tiende hacerse más gruesa que la arena (ver figura 3.2). La ceniza tuvo un tamaño de partícula mayor a 5mm y se encuentra como un material (residuo peligroso) que logra tener espacio de vacío al momento de la elaboración de adoquines y no permitirá llegar a obtener la resistencia necesaria a los adoquines

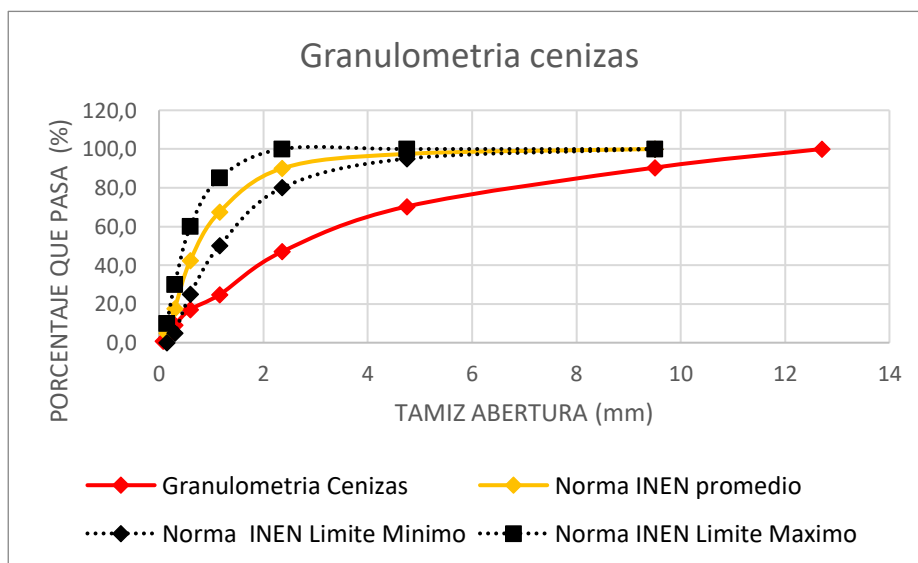


Figura 3.2 . Curva de distribución granulométrica comparada con el límite máximo permisible de la norma INEN 854

Los resultados obtenidos de los catalizadores se presentan en la tabla 3.3, de donde se ocupó 4 tamices por la diferencia de tamaño de partícula que se tuvo.(ver tabla 3.2).

Tabla 3.3. características de la granulometría de los catalizadores

Granulometría de los catalizadores					
TAMIZ No.	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9,50	27,2	5,4	5,4	94,6
No.4	4,75	0	0,0	5,4	94,6
No.8	2,36	220,6	44,1	49,6	50,4
No. 16	1,18	251,9	50,4	100,0	0,0
BANDEJA	-	0	0,0	100,0	0,0
TOTAL		499,7			

Fuente laboratorio de LEMSUR

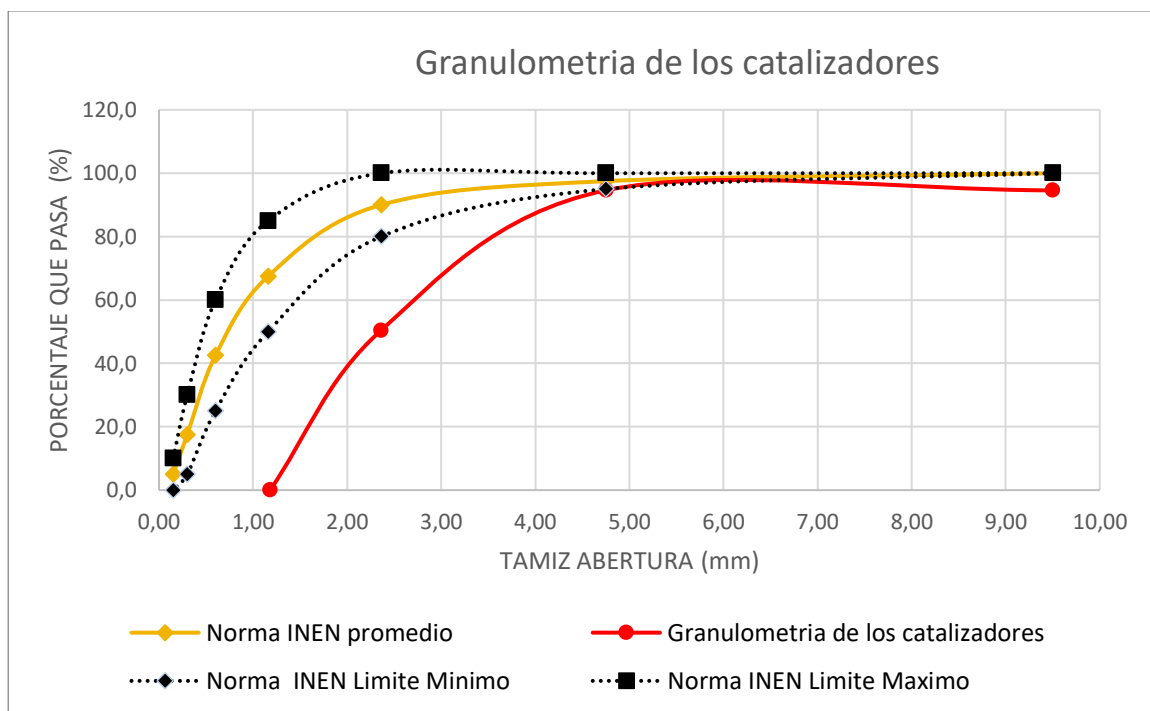


Figura 3.3. Curva de distribución granulométrica comparada con el límite máximo permisible de la norma INEN 854

Los catalizadores por sus tamaños de partícula variable es otro residuo peligroso no se encuentra dentro de norma INEN 854. La curva granulométrica no cumple los estándares recomendados por la norma para su utilización en la elaboración de adoquines. Ya que llegaron a presentar tamaños de partícula mayores a 9.50 mm. Por lo que para aplicaciones futuras será necesario una trituración de 5 mm, obteniendo mejores resultados como parte de materia prima del catalizado (ver figura 3.3).

Densidad aparente de la arena , el cemento, la ceniza y de los catalizadores

Se siguió la metodología de la norma INEN 858 para realizar el ensayo y se obtuvieron los siguientes datos para el cálculo de la densidad. Se realizó dos muestras con el mismo procedimiento para obtener resultados más precisos y un promedio (ver tabla 3.4).

Para el cálculo de la densidad aparente se utilizó la muestra tanto suelta y la compactada, además se obtuvo las siguientes densidades:

Tabla 3.4. Resultados de los ensayos de densidad aparente

	Muestra	Densidad (g/cm ³)	Densidad Promedio (g/cm ³)	Densidad (kg/m ³)
DENSIDAD APARENTE DE LA ARENA	Suelta	1,75	1,74	1743
		1,74		
	Compactada	1,87	1,88	1878
		1,89		
DENSIDAD APARENTE DE LA CENIZA	Suelta	0,44	0,46	455
		0,47		
	Compactada	0,58	0,60	598
		0,61		
DENSIDAD APARENTE DE LOS CATALIZADORES	Suelta	1,38	1,38	1375
		1,37		
	Compactada	1,44	1,43	1432
		1,42		
DENSIDAD APARENTE DEL CEMENTO	Suelta	0,98	1,00	1004
		0,99		
	Compactada	1,31	1,31	1306
		1,28		

Fuente Laboratorio del LEMSUR

En la tabla 3.4 se observa la comparación de los materiales que fueron utilizados para la elaboración de los adoquines. Según la bibliografía densidad suelta de la arena para el hormigón se encuentra dentro del rango de 1150 a 1400 Kg/m³ [33], y este caso encontramos a la densidad de la arena mayor, mientras que de la ceniza es menor. Por otro lado, la densidad que más se acercó es la de los catalizadores, siendo esta característica posiblemente la que ayudó a la resistencia de los adoquines catalizadores. La ceniza por su

estado variable y diferente tamaño de partícula no permite llegar a una densidad apta para fabricar los adoquines.

Gravedad específica y absorción

Este ensayo se realizó solo para la arena según la norma ASTM C128-15, y este material fue reemplazado por un porcentaje de residuos peligrosos. Donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.5. Resultado del ensayo de absorción de la arena

Descripción	Densidad relativa seca	Densidad relativa S.S.S.	Densidad relativa aparente	absorción de agua (%)
ARENA	2,51	2,59	2,75	3,52

Fuente laboratorio del LEMSUR

El contenido de absorción es la cantidad de agua que el agregado contiene, el contenido de agua que se forma en el concreto es muy importante para determinar la resistencia de compresión.

El valor obtenido de la absorción de la arena es de 3.52%, que indica que el agregado presenta menor porosidad. La absorción de agregados es relativamente baja, esto quiere decir que los poros del agregado estuvieron parcialmente secos y que el agregado requiere una cantidad mínima de agua.

Contenido orgánico de la arena

Este ensayo se realizó en el laboratorio del LEMSUR, se determinó si el material para la fabricación de adoquines contiene materia orgánica y diferentes tipos de impurezas que pueden perjudicar a la mezcla del hormigón según la norma INEN 855 y la ASTM C40M-11.

Se determinó la cantidad de orgánica con un valor de 0 en la escala de Gardner (ver tabla 3.6), después de las 24 horas de estar en un recipiente con hidróxido de sodio [34].

Tabla 3.6. Resultado del contenido orgánico de la arena

CONTENIDO ORGÁNICO ASTM C40M-11	
Muestra escala de Gardner	Arena
	0

Fuente laboratorio del LEMSUR

El contenido orgánico fue clasificado de acuerdo a la siguiente tabla de Garder, el color fue transparente y quiere decir que no contiene materia orgánica, limo a arcilla; implicando una arena de excelente calidad (ver tabla 3.7) [34].

Tabla 3.7. Escala de Garder para agregados

TONALIDAD	PROPIEDADES
Transparente	No contiene materias orgánicas. Limo a arcillas. Arena de excelente calidad
Amarillo Pálido	Contiene poca cantidad de materia orgánica. Limo a arcillas. Arena de buena calidad
Amarillo Encendido	Cantidad considerable de materia orgánica. Uso de la arena en hormigones de baja resistencia.
Café	Existe materia orgánica en elevadas proporciones. Arena de mala calidad.
Café chocolate	Altísimo porcentaje de materia orgánica en la arena, considerada de pésima calidad.

Sin embargo, dado la procedencia de los catalizadores (tratamiento de pozos de perforación) podría eventualmente tener la presencia de compuestos orgánicos que en esta investigación no fueron medidos, pero para futuros estudios deberían ser analizados ya que podría afectar a la resistencia mecánica.

Densidad Real

El cálculo de la densidad del cemento se realizó en el laboratorio del LEMSUR, siguiendo la metodología para el ensayo de la norma ASTM C188 se obtuvo los siguientes datos para el cálculo de la densidad real del cemento. Se realizó dos muestras para obtener un promedio de los resultados (ver tabla 3.8 y 3.9).

Tabla 3.8. Características del ensayo de la densidad real

Tipo de cemento	IP
Marca	Armadero
DENSIDAD REAL ASTM C188	
CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA	

MUESTR A	Volume n inicial	Peso inicial	Temperatur a inicial	Volume n final	Peso final	Temperatur a final
M1	0.5	326.3	24	19.4	386.4	24
M2	0.2	326.9	21	18.7	383	21

Fuente Laboratorio del LEMSUR

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.9. Resultado de la densidad real del cemento

	Densidad (g/cm ³)	Promedio (g/cm ³)
M1	3,18	3,1
M2	3,03	

Fuente Laboratorio del LEMSUR

La densidad óptima para el cemento hidráulico portland (tipo IP) varía entre 2.90 g/cm³ a 3.1g/cm³ [35]. Se encontró la densidad establecida dentro de los límites recomendados.

Contenido de humedad de la ceniza

La determinación de este parámetro se realizó según la norma ASTM C 566 obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 3.10 Resultados del contenido de humedad de la ceniza

Nº	Muestra	Masa húmeda (gr)	Masa seca (gr)	Contenido de humedad en base seca (%)	Contenido de humedad en base húmeda (%)
1	ceniza 1	35,5	18,1	96,13	49,01
2	ceniza 2	33,1	15,7	110,83	52,57
					50,79

Fuente Laboratorio del LEMSUR

En este caso la muestra obtenida de la empresa a siempre vista se observó que contenía humedad en sus características físicas.

Como resultado se tuvo que el promedio del contenido de humedad en base húmeda es de 50,79 %. El valor se encuentra dentro de la norma, este valor para base humedad no debe exceder del 100 %. El material aún se encuentra muy alto para la elaboración de adoquines, si se desea reemplazar la arena por una porción de la ceniza es necesario obtener características similares. Los valores típicos promedio de humedad son: arenas finas a gruesas entre 2,0 % y 8,0 %, y gravas entre 0,5 % y 3,0 % [36]. Por lo cual la ceniza no mantendrá el estado de la resistencia necesaria para el adoquín.

Mientras que el promedio del contenido de humedad en base seca fue del 103,48% lo que implica que en este caso la masa de agua es el doble que la masa seca.

3.2 Resultados de los ensayos mecánicos de los adoquines

Ensayo de compresión

Los ensayos mecánicos de los adoquines fueron realizados en el laboratorio LEMSUR. Para realizar la compresión de la resistencia de los adoquines se debe obtener la información de todos los adoquines: dimensiones, códigos, áreas, fecha de fabricación y fecha de rotura. La metodología del ensayo se realizó mediante la norma ASTM C 140/C140M-18.

Se obtuvo las dimensiones de los adoquines para calcular el área del adoquín (ver figura 3.4). Para el cálculo del área total se dividió al adoquín en tres áreas (ver figura 3.5). Calculada el área total del adoquín esta se divide con la carga máxima entregada por el laboratorio del LEMSUR en el ensayo de compresión. Así se obtuvo la resistencia del adoquín a los 14 días de fabricación (ver tabla 3.11).

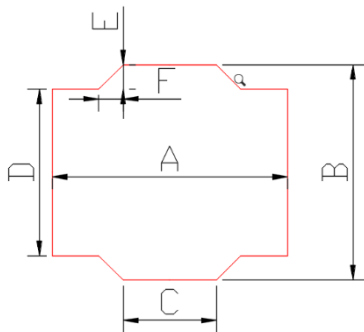


Figura 3.4. Dimensiones calculadas del adoquín

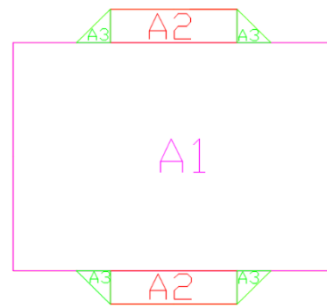


Figura 3.5. Áreas del adoquín calculadas

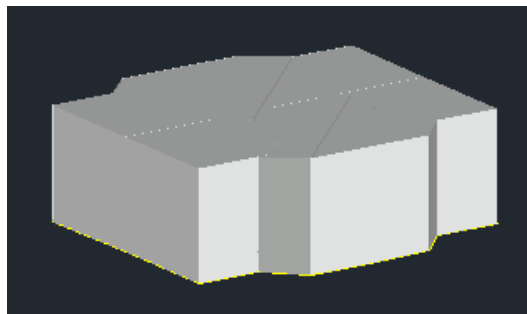


Figura 3.6. Modelado de los adoquines en 3D

Tabla 3.11. Ensayo de la resistencia de los adoquines a los 14 días

N°	Fecha de fábrica	Fecha de rotura	Código	Espesor	A	B	C	D	E	F	Peso	Carga máxima	Área adoquín	Resistencia	Resistencia a los 14 días
				cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	g	kN	cm ²	kN/cm ²	MPa
1	23/12/2021	5/1/2022	B1	8	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8232.9	1551.4	468.0	3.314957265	33.15
2	23/12/2021	5/1/2022	B2	8.1	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8488.8	1230.9	468.0	2.630128205	26.30
3	23/12/2021	5/1/2022	B3	8	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8360.9	1411.3	468.0	3.015598291	30.16
4	23/12/2021	5/1/2022	E10-1	8.1	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8026.7	1107.8	468.0	2.367094017	23.67
5	23/12/2021	5/1/2022	E10-2	8.1	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8037.1	1302.3	468.0	2.782692308	27.83
6	23/12/2021	5/1/2022	E10-3	8	24	22	9.5	17	2.5	2.5	7674.5	1045.5	468.0	2.233974359	22.34
7	23/12/2021	5/1/2022	E20-1	8.2	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8625.1	1295.8	468.0	2.768803419	27.69
8	23/12/2021	5/1/2022	E20-2	8.3	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8600.6	1148.1	468.0	2.453205128	24.53
9	23/12/2021	5/1/2022	E20-3	8.6	24	22	9.5	17	2.5	2.5	8397.5	1051.2	468.0	2.246153846	22.46
10	23/12/2021	5/1/2022	E30-1	7.6	24	22	9.6	17	2.5	2.5	7290.6	466.3	468.5	0.995304162	9.95
11	23/12/2021	5/1/2022	E30-2	8	24.2	22.5	10	17	2.5	2.5	7918.9	755.6	473.9	1.594429204	15.94
12	23/12/2021	5/1/2022	E30-3	7.8	24.5	22.3	9.8	17	2.5	2.5	7503	562.1	478.0	1.175941423	11.76

Fuente laboratorio del LEMSUR

Según los resultados, posiblemente el líquido peligroso básico cataliza la reacción química que se produce cuando el cemento entra en contacto con el agua llamada carbonatación, la cual permite solidificar la mezcla obteniendo a los 14 días una resistencia del 75% [23]. Sin embargo, la norma establece que el ensayo de la resistencia sea realizado a los 28 días; por lo cual, se realizó un cálculo de proyección de los 14 a los 28 días utilizando tres métodos: ROSS, GIRE y FIB (Método de Ross Heidecke, Grupo de Investigación en Rehabilitación de Estructuras y Federación Internacional del Hormigón).

Finalmente, con la proyección a los 28 días se realizó el análisis de comparación con la norma INEN 1488. Donde, cumple la fabricación de adoquines para estacionamientos y calles secundarias con resistencia de 30 MPa. La dosificación de 10% y 20% (ver tabla 3.12) cumplen este requisito y son aptos para su fabricación, mientras la dosificación de 30% no cumple para ningún tipo de uso.

Tabla 3.12. Resistencia de los adoquines a los 28 días y comparación con la norma INEN 1488

N°	Código	Tipo de uso					
		Resistencia a los 28 días ROS	Resistencia a los 28 días GIRE	Resistencia a los 28 días FIB	Peatonal (20 MPa)	Estacionamiento y calles residenciales (30MPa)	Camino secundarios y calles principales (40MPa)
		MPa	MPa	MPa			
1	B1	42,16	33,15	35,72	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
2	B2	33,45	26,30	28,34	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
3	B3	38,35	30,16	32,50	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
4	E10-1	30,10	23,67	25,51	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
5	E10-2	35,39	27,83	29,99	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
6	E10-3	28,41	22,34	24,08	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
7	E20-1	35,21	27,69	29,84	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
8	E20-2	31,20	24,53	26,44	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
9	E20-3	28,57	22,46	24,21	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
10	E30-1	12,66	9,95	10,73	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
11	E30-2	20,28	15,94	17,18	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
12	E30-3	14,95	11,76	12,67	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente Laboratorio LEMSU

Ensayo de absorción

La metodología del procedimiento se basó en la norma INEN 3040, de tal manera que los resultados obtenidos por el LEMSUR fueron los siguientes (ver tabla 3.13).

Tabla 3.13. Resultados ensayo de absorción de adoquines

MUESTRA	CODIGO	PESO SSS	PESO SECO	ABSORCIÓN
1	B1	8710,2	8080,5	7,79
2	B2	8873,6	8245,5	7,62
3	B3	8585,4	7962,6	7,82
4	EA-10	8479,8	7905	7,27
5	EA-10	8599,7	7992,4	7,60
6	EA-10	8646,3	7968,2	8,51
7	EA-20	8131	7449,9	9,14
8	EA-20	8804,5	8054	9,32
9	EA-20	8095,2	7388,1	9,57
10	EA-30	8040,8	7256,2	10,81
11	EA-30	8209,1	7512,2	9,28
12	EA-30	8654,5	7886,5	9,74

Fuente Laboratorio del LEMSUR

Según la norma INEN 3040 para los requisitos de adoquines, estos deben contener un porcentaje de absorción mínimo o igual al 6%. En los resultados calculados no se cumple para todas las dosificaciones incluido los blancos. Se comparó con la norma colombiana NTC 2017 para fabricación de adoquines en la cual expresa como límite máximo una cantidad de absorción del 8% e inferiores [37]. Dentro de la cual las dosificaciones de 10% y 20 % si cumplen.

En los resultados que se obtuvieron la absorción es mayor al 6% por el residuo peligroso (catalizadores y cenizas) su diámetro nominal como agregado es demasiado grande según la norma ASTM C29. Esto podría haber producido que se forme espacios promoviendo una porosidad en la matriz provocando una mayor absorción que los blancos.

3.3 Resultados de análisis de los lixiviados

Las muestras de lixiviación se obtuvieron mediante la metodología de la norma EPA, y sus análisis se realizaron en el laboratorio del LDIA y el CICAM (ver anexo IV) (absorción atómica), se presentó los siguientes resultados para las dosificaciones de 10% (EL-10) y 20% (EL-20). Estas dosificaciones presentaron los mejores resultados en los ensayos mecánicos (resistencia y absorción) (ver tabla 3.10 y 3.11).

Tabla 3.14. Resultados obtenidos de la lixiviación y comparación con las norma nacional e internacional

Muestra	Metal	cantidad	Unidad	EPA (descarga aguas natural)	SEMARNAT (lixiviado)	TULSMA (descarga alcantarillada)
B1	Zn	-0,04	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Cr Hexavalente	0,10	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Ni	0,05	mg/L	cumple	cumple	cumple
	As	0,005	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Cd	0,001	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Pb	0,005	mg/L	no cumple	cumple	cumple
	V	0,02	mg/L	-	-	cumple
	Co	0,01	mg/L	-	-	cumple
EL-10	Zn	0,06	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Cr Hexavalente	0,24	mg/L	no cumple	cumple	cumple
	Ni	0,06	mg/L	cumple	cumple	cumple
	As	0,01	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Cd	0,00	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Pb	0,01	mg/L	no cumple	cumple	cumple
	V	0,16	mg/L	-	-	cumple
	Co	0,02	mg/L	-	-	cumple
EL-20	Zn	-0,01	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Cr Hexavalente	0,23	mg/L	no cumple	cumple	cumple
	Ni	0,06	mg/L	cumple	cumple	cumple
	As	0,005	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Cd	0,001	mg/L	cumple	cumple	cumple
	Pb	0,005	mg/L	no cumple	cumple	cumple
	V	0,174	mg/L	-	-	cumple
	Co	0,01	mg/L	-	-	cumple

Fuente laboratorio del LDIA y CICAM

De acuerdo a la norma nacional TULSMA los resultados del ensayo de la lixiviación metales (zinc, cromo hexavalente, níquel, arsénico, cadmio, plomo, vanadio y cobalto) cumplen dentro de la norma. Para mejorar los resultados se realizó la comparación con otras normas internacionales como la norma SERMANAT 004-2002 en la cual los resultados también cumplen con la norma. En el caso de la normativa EPA (1986) los metales como el plomo y el cromo hexavalente no cumple, debido a que la descarga es para aguas naturales con limites permisibles más estrictos que para descarga a la alcantarilla (ver tabla 3.14).

3.4 Manual de procedimiento de encapsulamiento de residuos peligrosos (catalizadores, cenizas de incineración y líquidos peligrosos)

El manual fue diseñado con las mejores dosificaciones de la investigación. Para este caso se ocupó las dosificaciones de 10% y 20 % aquellas que de acuerdo a la comparación de las normas son las más viables para la fabricación de adoquines. El manual cuenta con los tipos de residuos peligrosos (catalizadores, cenizas de incineración y líquido peligroso básico), la cantidad y todas las medidas que se debe seguir al momento de la elaboración de los adoquines (ver anexo III).

3.5 Video del trabajo práctico de encapsulamiento de residuos peligrosos en adoquines

El video consta con todo el proceso del estudio, desde el inicio de la visita a la empresa, la elaboración del inventario, selección de residuos peligrosos (catalizadores, cenizas de incineración y líquido peligroso básico), la elaboración de los adoquines.

Link del video

<https://youtu.be/ttpMuNvOH-E>

4. CONCLUSIONES

El uso del líquido peligroso con un pH de 10 a 11, como reemplazo del agua en la fabricación de adoquines permitió disminuir la cantidad de agua que generalmente se utiliza para su elaboración. Adicionalmente, dado su pH altamente alcalino pudo haber fomentado la reacción de la carbonatación del cemento, por lo tanto, este tipo de líquidos son apropiados para la fabricación de adoquines obteniendo buenos resultados en los ensayos mecánicos y de lixiviación.

Para obtener un concreto óptimo la presencia de agregados, composición y tamaño de partícula afecta a la mezcla; estas variables tienen un papel importante en la densidad de la mezcla para tener una mayor compactación, donde se tendrá un menor porcentaje de vacíos.

La fabricación de los adoquines se diseñó para dosificaciones de 10, 20 y 30 %; de las cuales dos dosificaciones tuvieron mejores resultados para el 10% y 20% (el rango de resistencia que se obtuvo fue de 20-30 MPa) adecuados para uso de construcción de calles secundarias y camino peatonal según la norma INEN 1488 y descartando la dosificación restante del 30%.

Las pruebas de lixiviación de 10% y 20 % de dosificación de residuos peligrosos no presentaron concentraciones de metales que podrían representar un riesgo para la salud y medio ambiente. Por lo tanto, concluyéndose que el proceso de encapsulamiento de residuos peligrosos en adoquines utilizado es adecuado para la estabilización de metales.

De los ensayos realizados de la compresión de los adoquines a los 14 días, a pesar que de no completar los días de curado y fraguado, los adoquines obtuvieron una resistencia mecánica alrededor de 20-30 MPa.

Debido a la reacción del líquido peligroso básico con el cemento, el primero tuvo características de buffer, ya que después del fraguado el pH en el lixiviado de los adoquines fue de 10,14.

Los catalizadores tuvieron una densidad aparente de 1375 kg/m³ cercanos a la recomendada para la arena, posiblemente ayudando a la obtención de mejores resultados en la resistencia.

Genizas no está dentro del rango de granulometría recomendada, este presentó partículas de un tamaño mayor a 9.5 mm generando vacíos en la mezcla que afectan la resistencia mecánica del adoquín especialmente en la dosificación de residuos peligrosos del 30 %.

5. RECOMENDACIONES

Uno de los problemas para el cumplimiento de la granulometría de la ceniza y catalizadores fue la dimensión de la partícula. Por lo tanto para el catalizador se recomienda un triturado en un tamaño de partícula aproximado de 5 mm, y para el caso de la ceniza un cribado por un tamiz N° 8 (menores a 4.75 mm).

Se requiere trabajar con mascarillas para materiales tóxicos debido a que el líquido peligroso básico es procedente de laboratorios e industrias que pueden afectar a la salud de los técnicos u operarios de la empresa. Adicionalmente tener mucha precaución con cada residuo, siempre se debe ocupar los equipos de protección personal para evitar algún accidente ya que se está trabajando con residuos peligrosos.

Se recomienda realizar una dosificación del 25 % de la mezcla con el objetivo de mejorar las resistencias mecánicas y lograr ampliar el uso de los adoquines a calles principales. Adicionalmente se podrá aumentar los residuos peligrosos para encapsular.

Para obtener resultados similares se recomienda utilizar cemento portland hidráulico de alta resistencia tipo IP.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HORMAQ, "HORMAQ," 2022.
<https://hormaabloques.wixsite.com/hormaabloquesyad>
- [2] R. M. E. Marcelo, "REUTILIZACIÓN DE LODOS DEL PROCESO DE ANODIZADO DE ALUMINIO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN," p. 118, 2016.
- [3] Empresas Varias de Medellín, "Recolección y Transporte de Residuos Sólidos.," *Zo. y frecuencias Recolección*, no. 511, 2016, [Online]. Available:
http://www.emvarias.com.co/SitePages/IPVO_Recolección_y_Transporte.aspx
- [4] D. S. PROARCA/SIGMA, "Guía Para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales Enfoque : Centroamérica Doreen Brown Salazar," *Proarca*, pp. 1–80, 2003.
- [5] J. Delgado and A. Ochoa, "Plan de Gestión y Minimización de Residuos Peligrosos para los Talleres Tomebamba de la Empresa Toyocuenca S.A.," *Mecánica Automotriz*, p. 101, 2019.
- [6] E. Montaña, "Procedimiento para la Gestión y Disposición de Residuos Sólidos y Peligrosos," *Dep. Med. y salud Ocup. Univ. los Andes*, pp. 1–17, 2011.
- [7] J. E. Llano Zapata, "Tomo I," *Memorias histórico, físicas, crítico, Apol. la América Merid.*, pp. 143–411, 2016, doi: 10.4000/books.ifea.4989.
- [8] T. Cordero and J. Rodríguez, "Catalizadores para la protección del medio ambiente," no. 2, p. 13, 2008, [Online]. Available:
https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2521/07cordero_rodriguez.pdf?sequence=1
- [9] S. Iberoamericano, R. Castell, C. Mancha, and C. Iii, "Reciclado de catalizadores de automóviles. análisis de las técnicas actuales y propuestas de futuro.," no. 2, pp. 23–24, 2008.
- [10] L. Cano, "Cuantificación del porcentaje de humedad y cenizas contenidos en los residuos sólidos urbanos del distrito metropolitano de quito año 2015-2016," p. 99, 2016, [Online]. Available:
[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2364/3/Mauricio Garces_Tesis_Cuantificación del %25Humedad y Cenizas de los RSU del DMQ 2015-2016.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2364/3/Mauricio%20Garces_Tesis_Cuantificación%20del%20Humedad%20y%20Cenizas%20de%20los%20RSU%20del%20DMQ%202015-2016.pdf)

- [11] R. Meyer, "Manejo de Desechos Químicos para Laboratorios," p. 48, 2018.
- [12] M. C. Cotón Varela, "Riesgo químico en peluquerías," *COÑECE Serv.*, 2015.
- [13] M. F. A. JIMÉNEZ, "ESTABILIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS TÓXICOS MEDIANTE ENCAPSULAMIENTO: UNA ALTERNATIVA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS," *Rec. Manag. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–15, 2003, [Online]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.88.5042&rep=rep1&type=pdf><https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/73673><http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33646678859&partnerID=40&md5=3ee39b50a5df02627b70c1bdac4a60ba>
- [14] I. E. de Normalización, "Adoquines. Requisitos," *NTE INEN 1488*, p. 4, 1986.
- [15] NTE INEN 872, "Áridos Para Hormigón. Requisitos.," *Intituto Ecuatoriano Norm.*, p. 16, 2011, [Online]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/872-1.pdf>
- [16] NTE INEN 858, "ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.," *Inst. Ecuatoriano Norm.*, vol. 1, no. Primera Edición, p. 5, 2010, [Online]. Available: <file:///C:/Users/braya/Desktop/858.pdf>
- [17] ASTM C188-16, "Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement," *ASTM Int.*, vol. 95, no. C, pp. 1–3, 2009, doi: 10.1520/C0188-17.2.
- [18] Jose Cañas, "Densidad Relativa (Gravedad Específica) Y Absorción Del Agregado Fino.," *Dep. Mecánica Estructural*, no. 01, pp. 1–14, 2001, [Online]. Available: [http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/Densidad gravedad especifica y absorcion de agregados finos.pdf](http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/Densidad%20gravedad%20especifica%20y%20absorcion%20de%20agregados%20finos.pdf)
- [19] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, "Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón. NTE INEN 855," *Intituto Ecuatoriano Norm.*, p. 15, 2010, [Online]. Available: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/EXTRACTO_2014/JSI/nte_inen_iso_26000extracto.pdf
- [20] ASTM C566, "CONTENIDO DE HUMEDAD EVAPORABLE DE AGREGADO," 1997.

- [21] E. Martines L. and L. Lira C., “Análisis Y Aplicación De Las Expresiones Del Contenido De Humedad En Sólidos,” *Simp. Metrol.*, pp. 1–6, 2010, [Online]. Available: <https://www.cenam.mx/sm2010/info/pviernes/sm2010-vp01b.pdf>
- [22] MARIA ALEJANDRA URRUTIA MONTAÑA and UNIVERSIDAD, “FABRICACIÓN DE ADOQUÍN ECOLÓGICO USANDO COMO MATERIA PRIMA BIOSÓLIDO DE PTAR (PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES).,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 2013–2015, 2021.
- [23] A. F. LEÓN RIVERA and C. E. REYES LOZANO, “Incidencia del PH de agua de mezclado en la resistencia a la compresion de concreto hidraulico.,” *Univ. Catol. Colomb.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2018.
- [24] SENA, “MANUAL PARA LA FABRICACION DE BLOQUES Y ADOQUINES,” 1990.
- [25] D. E. L. Concreto, “Hacerlos Mejor Aditivos En Los Premezclados Los Mejores Hoy Y Aún Mejores Mañana,” pp. 16–18, 2006.
- [26] M. I. Schierloh, R. F. Souchetti, L. D. Deusich, and L. joel Alza, “Estudio sobre variación de la resistencia a compresión en el tiempo , para hormigones utilizando cemento cpc40 y áridos de la zona de Concepción del Uruguay - Entre Ríos,” no. Cpc 40, 2018, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/20.500.12272/3733>
- [27] Servicio Ecuatoriano de Normalizacion-ENEN, “Norma Técnica Ecuatoriana Nte Inen 3040,” *INEN NORMA 3040*, p. 45, 2016.
- [28] U.S. EPA, “1315 - 1 Revision 0 January 2013,” vol. 7345, no. January, pp. 1–36, 2013.
- [29] M. del Ambiente, “Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes : Recurso Agua,” *TULAS Texto unificado Legis. Secund. del Minist. del Ambient.*, pp. 8–9, 2011.
- [30] SEMARNAT, “Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales,” *La cuenca los ríos Grijalva y Usumacinta*, pp. 18–61, 2002, [Online]. Available: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/402/cuencas.html>
- [31] Ó. R. Mancilla-Villa, H. M. Ortega-Escobar, C. Ramírez-Ayala, E. Uscanga-Mortera, R. Ramos-Bello, and A. L. Reyes-Ortigoza, “Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de puebla y Veracruz, México,” *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 28, no. 1, pp. 39–48, 2011.

- [32] ASTM, “ASTM C 136-06: Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates,” pp. 3–7, 2006, doi: 10.1520/C0136.
- [33] U. T. de Chile, “Unidad de Aprendizaje N ° 1 : El Hormigón y sus Materiales Componentes .,” pp. 1–16, 1977.
- [34] B. D. E. Extendido, “Universidad Central del Ecuador Universidad Central del Ecuador,” no. Figura 1, pp. 2–3, 2012.
- [35] Hernandez Sampieri Roberto, “No
Titleภาวะผู้นำองค์กรและการจัดการที่มีประสิทธิภาพโรงพยาบาลรัฐ,” *วารสารสังคมศาสตร์วิชาการ*, vol. 7, no. 2, pp. 1–16, 2014, [Online]. Available:
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- [36] ARGOS, “Humedad en agregados y control de inventarios.” 2021. [Online]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/humedad-en-agregados-y-control-de-inventarios-1>
- [37] M. P. S. ROBLES *et al.*, “Normas técnica colombiana ntc 2017 adoquines de concreto para pavimento,” vol. 1, pp. 1–18, 2017.

7. ANEXOS

ANEXO I. Turnitin porcentaje máximo 12%.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS



CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 22 de febrero de 2022

De mi consideración:

Yo, Verónica E. Morales C., en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado **COMPONENTE: ENCAPSULAMIENTO DE CATALIZADORES, CENIZAS Y LIQUIDO PELIGROSO BÁSICO EN ADOQUINES** asociado a "Elaboración de menús para encapsulamiento de residuos peligrosos para la empresa HAZWAT" elaborado por el estudiante **EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE** de la carrera en Agua y Saneamiento Ambiental de la ESFOT, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito de las secciones: Resumen, Introducción, Metodología, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del **8%**.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,

Dra. Verónica Elizabeth Morales Casa
Directora de Trabajo de Integración Curricular
Profesora a tiempo completo
Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental

Tesis_Edison_Almache

ORIGINALITY REPORT

8%	7%	1%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Student Paper	1%
2	repositorio.uniandes.edu.co Internet Source	1%
3	bibdigital.epn.edu.ec Internet Source	<1%
4	docplayer.es Internet Source	<1%
5	www.normalizacion.gob.ec Internet Source	<1%
6	es.scribd.com Internet Source	<1%
7	repositorio.unsm.edu.pe Internet Source	<1%
8	organicskincare.us Internet Source	<1%
9	dspace.ucuenca.edu.ec Internet Source	<1%

ANEXO II. Inventario realizado de la empresa

Galpón 3 Fármacos y Galpón 5 Químicos

Tipo de desecho	Características	Tipo de Envase						Estado		
		Vidrio	Papel	Blister	Plástico	Metal	Cartón	Líquido	Pastoso	Sólido
Medicamentos	Tabletas (vitaminas, usos veterinario)		x	x						x
	Inyectables	x	x		x			x		
	Jarabes	x			x					x
	Ampollas	x			x			x		
Cosméticos	Perfumes	x			x		x	x		
	Shampo				x		x		x	
	Cremas				x			x		
	Pasta dental				x		x		x	
	Cepillos de dientes				x		x			x
	Desodorantes				x			x		
	Acetona				x			x		
	Bisutería (anillos, cadenas, aretes)					x	x			x
	Esmaltes	x			x			x		
	Aerosoles					x				
	Pañales				x					x
Relojes				x	x				x	
Alimentos	Chocolates				x					x
	Helados						x			x
	Chicles				x		x			x
	Harinas (fideos, pristiños)				x					x
	Mantequilla				x					x
Otros	Etiquetas		x							x
	Ropa				x					x



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
Agua y Saneamiento Ambiental
INVENTARIO HAZWAT



		Juguetes		x		x	
		Electrodomésticos				x	
Tipo de Desecho	Característica	Estado	Tipo de envase	Marca - Empresa	Código Producto	Información Adicional	Etiqueta de seguridad
Desechos comunes inorgánicos, tabaco	Filtros de cigarrillo (termofibra - lanamineral)	Sólido	Cartón	-	-	-	-
Resina epóxica	Contiene ácido bórico	Líquido	Metal	Sherwin Willians	Firetex M90/02	No contiene productos químicos persistentes, bioacumulativos o tóxicos (PBT) o muy persistentes, muy bioacumulativos (vPvB)	Peligro, provoca irritaciónn cutánea, tóxico organismos acuáticos,
Resina epóxica	Revestimiento epóxico fenólico, contiene butanol, acetatot de n-butilo y metil-etil-cetona.	Líquido	Plástico	Sherwin Willians (Protective & Marine Coatings)	PHENICON HS 920 - A175	-	Inflamable, corrosivo, peligroso para organismos acuáticos con efectos nocivos duraderos, provoca irritación.
Resina epóxica	Contiene fenol	Líquido	Metal	Sherwin Willians (Protective & Marine Coatings)	NOVA PLATE 325	No se recomienda utilizar metanol, utilizada para cerámicas y vidrios.	Nocivo, inflamable, peligroso, tóxico.
Resina de poliéster	Acelerante líquido para hormigón y mortero proyectado	Líquido	Metal	-	-	Resina de poliéster insaturado, evitar ácidos fuertes.	Nocivo, inflamable, peligroso, tóxico.





Resina epóxica	Contiene polímero epoxy, fenilmetanol, éster de alquil glicidilo.	Líquido	Metal	Sherwin Willians (Protective & Marine Coatings)	MACRO PROXY 920 B58T101	Utilizado en pintura.	Causa irritación, peligroso para organismos acuáticos, nocivo.
Resina epóxica	Contiene compuestos aromáticos	Líquido	Metal	Pro-Line	4000 - 10 High Vuild Epoxy	Sin disolventes.	Inflamable, peligroso.
Resina epóxica	Amina epoxy con alto contenido de sólidos.	Sólido	Metal	Sherwin Willians (Protective & Marine Coatings)	DURA PLATE B62H210	Contiene alcoholes.	Inflamable, peligroso.
Resina epóxica	Contiene butanol, poliaminadas.	Sólidos y semisólidos		Sherwin Willians (Protective & Marine Coatings)	SEAGUARD 5000 HS	Diseñado para usar en sistemas anticorrosivos.	Peligrosos para la salud y el ambiente, tóxico.
Plastificante Retardante para hormigones	Plastificante retardante formulado para hormigones, aditivo químico, su base química es polímeros.	Líquido	Plástico	Plastiment	200 R	No contiene cloruros.	No inflamable, no tóxico.
Sellador de emulsión de agua epoxy	Contiene poliuretano, polímero epoxy, propoxietanol, fenilmetanol.	Líquido	Plástico	Sherwin Willians (Protective & Marine Coatings)	General Epoxy Water Emulsion Primer GP3477	Existe parte A y parte B, tratamiento similar.	Tóxico organismos acuáticos.
Pintura Inorgánica de Zinc	Contiene tolueno, etanol, polisilicato de	Líquido	Metal	Sherwin Willians (Protective &	ZINC CLAD PCP ULTRA B69V450	-	Inflamable, peligroso.

	etilo, silicato de etilo			Marine Coatings)			
Pintura alquídica	Contiene minerales, polímero alquídico de soja, etilbencina, dióxido de titanio.	Líquido	Metal	Sherwin Williams	ProMar 200	-	Nocivo, irritante, peligroso.
Shampoo Limpiaparabrisas	Contiene agua, isopropanol, aceites cítricos esenciales, emulsionantes, engrasantes, colorantes y lubricantes.	Líquido	Plástico	NISSAN	NMEXU04Q5	Se puede realizar dilución hasta con 4 litros de agua.	Irritante, inflamable.
Tiñel "sucio"	Contiene acetato de etilo, alcoholes, rubber solvent.	Líquido	Plástico	Cóndor		No contiene metanol.	Inflamable, irritante, peligroso por inhalación.
Residuos varios	Base acuosa	Sólido	Plástico	Cóndor	C.20.08	Utilizado para oxidantes fuertes, ácidos, bases, etc.	Irritante, nocivo, peligroso.
Bulk tanks	Ácido benceno dicarboxílico.	Sólidos y semisólidos	Plástico	-	-	Se cree que son una mezcla de hidrocarburos.	Peligrosos para la salud y el ambiente, tóxico.

Látex	Contiene agua, carbonato de calcio, polímero acrílico, polímero de vinilo, dióxido de titanio.	Líquido	Metal	Sherwin Willians	ProMar 200	-	Nocivo, irritante, peligroso.
-------	--	---------	-------	------------------	------------	---	-------------------------------

Galpón Químicos

Tipo de Desecho	Característica	Estado	Tipo de envase	Marca	Código Producto	Información Adicional	Etiqueta de seguridad
Químicos de laboratorios	Mezcla de químicos no identificados	Líquido	Vidrio	NA	NA	Se realiza mezcla con aserrín y se incinera	Tóxicos, corrosivos, peligrosos para organismos acuáticos.
Químicos de industrias	Mezcla de químicos no identificados	Líquido	Plástico	NA	NA	Se realiza mezcla con aserrín y se incinera	Tóxicos, corrosivos, peligrosos para organismos acuáticos.
Polvos químicos	Polvos no identificados	Líquido	Plástico	NA	NA	Se diluyen y realiza mezcla e incineración	Tóxicos, corrosivos, peligrosos para organismos acuáticos.
Químicos de laboratorios	Mezcla de químicos no identificados, con pH elevado.	Líquido	Vidrio	NA	NA	Se realiza neutralización.	Tóxicos, corrosivos, peligrosos para organismos acuáticos.
Químicos de industrias	Mezcla de químicos no identificados, con pH elevado.	Líquido	Plástico	NA	NA	Se realiza neutralización.	Tóxicos, corrosivos, peligrosos para organismos acuáticos.

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL					
	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS Agua y Saneamiento Ambiental					
	INVENTARIO HAZWAT					

Productos automotrices	Mezcla de hidrocarburos (incolore y negro)	Sólido	Plástico	NA	NA	No se ha realizado ningún procedimiento	Tóxicos, corrosivos, peligrosos para organismos acuáticos.
Lavado de gases	Contiene ácidos	Líquido	Plástico	NA	NA	Se realiza mezcla con aserrín y se incinera	Peligroso, tóxico y corrosivo.
Viales	Utilizados para DQO	Líquido	Vidrio	NA	NA	Se encapsulan	Tóxicos, corrosivos y sustancias infecciosas.

Galpón 4 Pinturas y resina

Tipo de desecho	Característica	Estado	Tipo de envase	Marca - Empresa	Información Adicional
Residuos de tintas, pinturas, resinas que contengan sustancias	Lodos con olor a pinturas, de diferentes colores, alcohol sucio.	Líquido	Metal	Empaqplast S.A	Empresa de embalaje (PET)
Lodos aceitosos	Olor a solventes, pinturas.	Semilíquido-pastosos	Metal	Exploraciones Novomining S.A.	Empresa que opera en el sector de la minería y metales
		Pastosos	Bulk tanks		
		Semisólido-pastosos	Bulk tanks	Exploraciones Novomining S.A.	
		Semisólido-pastosos	Bulk tanks	Exploraciones Novomining S.A.	
		Sólidos	Metal	Exploraciones Novomining S.A.	

		Semisólidos pastosos	Metal		
		Semisólidos pastos	Bulk tanks		
Aceites minerales y usados	-	Sólido	Metal	Exploraciones Novomining S.A.	-
	-	Pastosos	Metal	Exploraciones Novomining S.A.	
	-	Líquido	Metal	Exploraciones Novomining S.A.	
	Apariencia a hidrocarburo	Semisólido	Metal	Distrivehic	-
		Líquido	Metal		-
	Elementos de minería y metales	Líquido	Metal	Aurelian Ecuador S.A.	Etiqueta en el tarque Jabonería Wilson- Gragancias tormenta cítrica, lavanda suavicel, material caducado.
	Hidrocarburos	Semilíquido	Bulk tanks	Proauto	Mezclas
	Hidrocarburos	Semilíquido	Bulk tanks	Proauto	Mezclas
	-	Líquido	Bulk tanks	Tanaza	
	-	Semisólido-pastosos	Bulk tanks	Cervecería Nacional	Color negro con mal olor
-	Semisólido	Bulk tanks	Ecuacorriente	Lodos con tierra e hidrocarburos	



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL


**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
Agua y Saneamiento Ambiental**

INVENTARIO HAZWAT



	-	Semisólido	Metal		
	-	Semisólido	Metal		
	-	Semisólido	Plástico		
	-	Semilíquido	Metal	PlastiCaucho	Producto quimicos caducados o fuera de especificaciones
	-	Semisólido	Metal	Expaflor	-
Residuos de tintas, pinturas, resinas que contengan sustancias	Contienen aceites y/o grasas.	Semisólido	Metal	SunChemical	Productos caducados, sin especificaciones
Petroleum Distillates	-	Líquido	Metal		-
Acetato de etilo	-	Semilíquido	Metal	GTM	-
Aceites y grasas de ceras	-	Líquido	Metal	Aurelian Ecuador S.A.	-
Lodos de aceites	-	Semisólido	Metal	Distrivehic	-

Bloques 2 Refinería



Tipo de desecho	Característica	Estado	Tipo de envase	Marca - Empresa	Información Adicional
Fondo de tanque de brea	Derivado de petróleo	Semisólido	Metal	Refinería del Pacífico	-
Lupranato		Sólido	Metal	Refinería del Pacífico	-
Aceite con hidrocarburos	Mezcla semisólida de líquido (aceite) y sólido (hidrocarburo-color oscuro).	Semisólido	Metal	Refinería del Pacífico	-
Minerales		Sólido	Metal	Refinería del Pacífico	Color amarillo, "pidras pequeñas".
Carbón activado	Alto contenido de azufre. Carbono (50%) Oxígeno (30%) Azufre (6%).	Sólido	Metal	Refinería del Pacífico	Proporción llena 3/4 - BOLITAS PEQUEÑAS 
Catalizadores	Bolas de cerámica granulares del óxido de aluminio, catalizador de la recuperación de azufre para la refinería de petróleo.	Sólido	Metal	Refinería del Pacífico	Bolitas grandes 
Carbón activado y aceite	Compuestos azufrados, nitrogenados y aromáticos.	Semisólido	Metal	Refinería del Pacífico	Mezcla con catalizador Bolitas pequeñas y medianas



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
Agua y Saneamiento Ambiental
INVENTARIO HAZWAT



Carbón activado con mezcla rosada	Bolitas pequeñas y medianas, contiene permanganato de potasio.	Sólido	Metal	Refinería del Pacífico	
Catalizador 2	Bolas de cerámica granulares del óxido de aluminio, catalizador de la recuperación de azufre para la refinería de petróleo.	Sólido	Metal	Refinería del Pacífico	Bolitas pequeñas 
Lodos	Alta concentración de hidrocarburos, moléculas tóxicas.	Semisólido	Metal	Refinería del Pacífico	-

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS Agua y Saneamiento Ambiental	
	MANUAL DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	

ANEXO III. Manual de entrega para Hazwat

Nombre del proyecto	Elaboración de menús para encapsulamiento de residuos peligrosos para la empresa Hazwat
Responsable del procedimiento	Edison Oswaldo Almache Coque
Directora responsable del proceso	Dra. Verónica Elizabeth Morales
Fecha de elaboración	23 febrero de 2022





Objetivo	Determinar la viabilidad técnica del encapsulamiento de residuos peligrosos (cenizas de incineración, catalizadores y líquido peligro básico) provenientes de Hazwat, en adoquines.
Antecedentes	<p>HAZWAT es una empresa ecuatoriana, que inicia sus operaciones en 2003, especializada en la gestión de desechos no peligrosos, peligros y especiales que brinda servicios confiables y de alta calidad en recolección, transporte, almacenamiento temporal y disposición final de residuos.</p> <p>La planta industrial de la empresa Hazwat se encuentra ubicada en la Panamericana Norte vía a Cayambe kilómetro 37 1/2.</p> <p>La iniciativa del proyecto de encapsulamiento de residuos peligrosos buscara la mejora continua de los residuos peligrosos y especiales obteniendo la prevención de la contaminación.</p>

Consideraciones del Desarrollo del Proceso

Los residuos peligrosos utilizados para el encapsulamiento son: líquido peligroso básico, catalizadores y cenizas de incineración. La cantidad de los residuos peligrosos está calculada para las dosificaciones de 10 % y 20 %, que fueron los mejores resultados obtenidos en la investigación.

El líquido peligroso básico deberá estar entre un pH con un rango de 10 a 11 para realizar la mezcla. Los catalizadores y las cenizas deben tener un tamaño de partícula no mayor a 5mm. La resistencia a la compresión en esta investigación fue a los 14 días, sin embargo, se recomienda realizar un fraguado de 28 días según lo que indica la norma INEN 1488.

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS Agua y Saneamiento Ambiental	
	MANUAL DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	

Materiales utilizados para la elaboración de adoquines	
Cemento	Tipo de cemento portland hidráulico, de alta resistencia tipo IP
Arena	Arena fina, tamaño de partícula no mayor a 5mm, 1carretilla = 96.7 kg
Agua	El agua es uno de los materiales más importante para la elaboración de adoquines, el agua cuando entra en contacto con el cemento genera una reacción química conocida como proceso de hidratación.
Residuos peligrosos	Catalizadores: Bloque 2 Refinería (tamaño de partícula no mayor a 5mm)
	Cenizas de incineración: Planta de incineración
	Líquido peligroso básico: Galpón de Químicos

Procedimiento (para 11 adoquines)				
Especificaciones				
DOSIFICACIÓN	Material	%	Pesos	TOTAL
Dosificación 10%	Líquido peligroso básico	5.0	5.3 kg	106.1 kg
	Catalizador	2.5	2.7 kg	
	Cenizas de incineración	2.5	2.7 kg	
	Arena	82.2	87.2 kg	
	Cemento	7.8	8.3 kg	



Procedimiento (para 11 adoquines)				
Especificaciones				
DOSIFICACIÓN	Material	%	Pesos	TOTAL
Dosificación 20%	Líquido peligroso básico	7.5	8 kg	106.1 kg
	Catalizador	5.0	5.3 kg	
	Cenizas de incineración	7.5	8 kg	
	Arena	72.2	77.2 kg	
	Cemento	7.8	8.3 kg	
Procedimiento (para 1 Quintal de cemento) Aproximadamente 66 adoquines				
Especificaciones				
DOSIFICACIÓN	Material	%	Pesos	TOTAL
Dosificación 10%	Líquido peligroso básico	5.0	32.1 kg	641.8 kg
	Catalizador	2.5	16.0 kg	
	Cenizas de incineración	2.5	16.0 kg	
	Arena	82.2	527.6 kg	
	Cemento	7.8	50.0 kg	
Procedimiento (para 1 Quintal de cemento) Aproximadamente 66 adoquines				
Especificaciones				
DOSIFICACIÓN	Material	%	Pesos	TOTAL
Dosificación 20%	Líquido peligroso básico	7.5	48.1 kg	641.8 kg
	Catalizador	5.0	32.1 kg	
	Cenizas de incineración	7.5	48.1 kg	
	Arena	72.2	463.5 kg	
	Cemento	7.8	50.0 kg	

Especificaciones de los ensayos físicos, mecánicos y lixiviación (metales pesados) de los adoquines

		Características		Unidad
Dosificación 10%	Física	Tipo	Hexagonales	
		Uso	Peatonal (20MPa) y Estacionamientos residenciales(30MPa)	
	Mecánica	Resistencia ¹	31.3	MP
		Absorción ²	7.79	%
	Lixiviación ³ (Químicos)	Zn	0.06	mg/L
		Cr Hexavalente	0.24	mg/L
		Ni	0.06	mg/L
		As	0.01	mg/L
		Cd	0.001	mg/L
		Pb	0.01	mg/L
V		0.16	mg/L	
Co	0.02	mg/L		

Especificaciones de los ensayos físicos, mecánicos y lixiviación (metales pesados) de los adoquines

		Características		Unidad
Dosificación 20%	Física	Tipo	Hexagonales	
		Uso	Peatonal (20MPa) y Estacionamientos residenciales(30MPa)	
	Mecánica	Resistencia	31.66	MP
		Absorción	8.42	%
	Lixiviación (Químicos)	Zn	-0.01	mg/L
		Cr Hexavalente	0.23	mg/L
		Ni	0.06	mg/L
		As	0.005	mg/L
		Cd	0.001	mg/L
		Pb	0.005	mg/L
V		0.174	mg/L	
Co	0.01	mg/L		

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	
	ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS Agua y Saneamiento Ambiental	
	MANUAL DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS	

- 1 Resistencia: Norma ASTM C140/C4140 M-18
- 2 Absorción: Norma INEN 3040-16
- 3 Lixiviación: Norma SEMARNAT 004-2002

Recomendaciones para el Desarrollo del Procedimiento

- Uno de los problemas para el cumplimiento de la granulometría de la ceniza y catalizadores fue la dimensión de la partícula, debido a que el material no se encontraba en el rango de tamaño de partícula recomendado por la INEN 1488 .se recomienda un tamizado para estos residuos peligrosos menor a 5 mm (número de la malla del tamiz de 4mm),
- Se requiere trabajar con mascarillas para materiales tóxicos debido a que el líquido peligroso básico es procedente de laboratorios e industrias que pueden afectar a la salud de los técnicos u operarios de la empresa. Adicionalmente tener mucha precaución con cada residuo, siempre se debe ocupar los equipos de protección personal para evitar algún accidente ya que se está trabajando con residuos peligrosos.
- Se debería hacer ensayos con dosificaciones menores (5, 10 y 15 %) con el objetivo de mejorar las resistencias mecánicas y poder ampliar el uso de los adoquines a calles principales. Adicionalmente con estas dosificaciones podría cumplir la normativa nacional de absorción.
- Para obtener resultados similares se recomienda utilizar cemento portland hidráulico de alta resistencia tipo IP.
Para la elaboración de adoquines es necesario tener una máquina de mezcla automática para facilitar el trabajo. Se ingresará los materiales y residuos indicados en el manual de elaboración de acuerdo a la cantidad indicada. Reemplazando el agua por el líquido peligroso.

Nota: Si la mezcla esta seca, se recomienda incorporar una pequeña cantidad de agua hasta que la mezcla sea moldeable.

ANEXO IV. Ensayos de Laboratorios



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL
 Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio Nro. 11
 RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864
 Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 09 de febrero de 2022

No. IRI-22-062

DATOS DEL CLIENTE:

Director proyecto-investigación: Ing. Verónica Morales
 Nombre del Representante Legal: Edison Almache
 RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-28
 No. Oferta de Servicio: OF22-026-1
 No. Solicitud de trabajo: ST-22-018
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
 Código de la muestra: MI-22-062
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: 07 al 08 de febrero de 2022
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	2022-01-17	Tipo de envase:	Plástico	Nº de envases:	1 No	Preservante:	
Fecha de muestreo:	EL10-2						
Rotulación de la muestra:	Puntual						
Tipo de muestreo:	Otros						
Tipo de muestra:	-						
Lugar de muestreo:	-						
Origen de la muestra:	-						
Responsable de muestreo:	Cliente						

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁶⁾ Arsénico	PE-V-62 EPA7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
⁽⁶⁾ Cadmio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
⁽⁶⁾ Plomo	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
⁽⁶⁾ Vanadio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	0,160

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:

⁽⁶⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
 La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
 La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
 El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
 En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
 Prohibida la reproducción parcial de este informe



Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 09 de febrero de 2022

No. IRI-22-061

DATOS DEL CLIENTE:

Director proyecto-investigación: Ing. Verónica Morales
Nombre del Representante Legal: Edison Almache
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: -

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-28
No. Oferta de Servicio: OP22-026-1
No. Solicitud de trabajo: ST-22-018
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-22-061
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 07 al 08 de febrero de 2022
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Fecha de muestreo: 2022-01-17
Rotulación de la muestra: EL20-2
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Otros
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
(c) Cadmio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
(c) Plomo	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
(c) Vanadio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	0,174

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe



Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

INF. No. 22 - 0009-1
Hoja 01 de 01

Quito, 10 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT

Contratante: ***

Contratista: ***

Fiscalizador: ***

PROCEDENCIA: ***

TIPO DE MUESTRA: ARENA

FECHA DE ENSAYO: 2021-12-14

NORMA: ASTM C128-15

RESULTADOS DEL ENSAYO

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	DENSIDAD RELATIVA SECA	DENSIDAD RELATIVA S.S.S	DENSIDAD RELATIVA APARENTE	ABSORCIÓN DE AGUA (%)
1	ARENA	2,51	2,59	2,75	3,52

OBSERVACIÓN: Los datos y resultados corresponden al archivo GSA-22-001-I


ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609


ANEXO I

Incluir el contenido del Anexo I.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

INF. No. 22-0005-I
Hoja 01 de 01

Quito, 10 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
 Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
 Teléfono: 0983832176

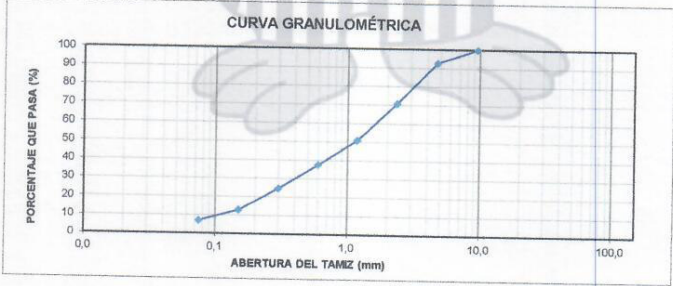
DATOS DEL PROYECTO


Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
 Contratante: ***
 Contratista: ***
 Fiscalizador: ***

MUESTRA: ARENA
 PROCEDENCIA: ***
 FECHA DE ENSAYO: 2021-12-14
 NORMA: INEN 696


TAMIZ No.	TAMAÑO ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9,5	0,0	0,0	0,0	100,0
No. 4	4,750	36,8	7,4	7,4	92,6
No. 8	2,360	108,8	21,9	29,4	70,6
No. 16	1,180	97,8	19,7	49,1	50,9
No. 30	0,600	66,7	13,5	62,6	37,4
No. 50	0,300	63,7	12,9	75,4	24,6
No. 100	0,150	58,3	11,8	87,2	12,8
No. 200	0,075	29,2	5,9	93,1	6,9
BANDEJA	-	34,4	6,9	100,0	0,0
TOTAL		495,7			

Observaciones: Los datos y resultados corresponden al archivo GR-F-22-001-I





ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



GR-F-22-004-I.xlsx

Telf.: 2976300
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofc. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec



CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS

INF. No. 22 - 0031 - I
 Hoja 01 de 01

Quito, 20 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: ***
TIPO DE MUESTRA: CENIZA
FECHA DE ENSAYO: 2021-12-21
NORMA: ASTM C566

No.	IDENTIFICACIÓN MUESTRA	MASA NATURAL (g)	MASA SECA (g)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
1	Ceniza	35,5	18,10	96,13
2	Ceniza	33,1	15,70	110,83
PROMEDIO				103,48

OBSERVACIONES: Los datos y resultados corresponden al archivo HumAGR22-001-I


 ING. MERCEDES VILLACÍS
 JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
 Ext.: 1609

Archivo: HumAGR22-004-I.xls



COMPRESIÓN DE ADOQUINES

INF. No. 22-0043-I
Hoja 01 de 01

Quito, 21 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: **
Fiscalizador: ***
TIPO: ADOQUIN HEXAGONAL
PROCEDENCIA: ***
FECHA DE ENSAYO: 2022-01-05
NORMA: ASTM C140/C140M-18

No.	FECHA FÁBRICA	DESCRIPCIÓN	EDAD (días)	DIM. EXTERIORES			H (cm)	PESO (g)	ÁREA CONTAC. (cm ²)	CARGA ROTURA (kN)	ESFUERZO ROTURA (MPa)
				A (cm)	B (cm)	C (cm)					
1	23-dic-21	B1	13	24,00	22,00	9,50	8,00	8232,9	468,0	1551,4	33,15
2	23-dic-21	B2	13	24,00	22,00	9,50	8,10	8488,8	468,0	1230,9	26,30
3	23-dic-21	B3	13	24,00	22,00	9,50	8,00	8360,9	468,0	1411,3	30,16
4	23-dic-21	E10-1	13	24,00	22,00	9,50	8,10	8026,7	468,0	1107,8	23,67
5	23-dic-21	E10-2	13	24,00	22,00	9,50	8,10	8037,1	468,0	1302,3	27,83
6	23-dic-21	E10-3	13	24,00	22,00	9,50	8,00	7674,5	468,0	1045,5	22,34
7	23-dic-21	E20-1	13	24,00	22,00	9,50	8,20	8625,1	468,0	1295,8	27,69
8	23-dic-21	E20-2	13	24,00	22,00	9,50	8,30	8600,6	468,0	1149,1	24,55
9	23-dic-21	E20-3	13	24,00	22,00	9,50	8,60	8397,5	468,0	1051,2	22,46
10	23-dic-21	E30-1	13	24,00	22,00	9,60	7,60	7290,6	468,5	466,3	9,95
11	23-dic-21	E30-2	13	24,20	22,50	10,00	8,00	7918,9	486,0	755,6	15,55
12	23-dic-21	E30-3	13	24,50	22,30	9,80	7,80	7503,0	485,4	562,1	11,58

Observación: La procedencia y muestreo es responsabilidad del solicitante.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



ABSORCIÓN DE ADOQUINES

INF. No. 22-0042-I
Hoja 01 de 02

Quito, 21 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176


DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
TIPO: ADOQUÍN HEXAGONAL
PROCEDENCIA: ***
LOTE: ***
FECHA DE ENSAYO: 2022-01-03
NORMA: NTE INEN 3040-16

MUESTRA	CÓDIGO	PESO SSS	PESO SECO	ABSORCIÓN
	IDENTIFICACIÓN	(g)	(g)	%
1	Blanco	8710,2	8080,5	7,79
2	Blanco	8873,6	8245,5	7,62
3	Blanco	8585,4	7962,6	7,82
PROMEDIO				7,74

MUESTRA	CÓDIGO	PESO SSS	PESO SECO	ABSORCIÓN
	IDENTIFICACIÓN	(g)	(g)	%
4	Adoquín E10	8479,8	7905,0	7,27
5	Adoquín E10	8599,7	7992,4	7,60
6	Adoquín E10	8646,3	7968,2	8,51
PROMEDIO				7,79

OBSERVACIONES: La procedencia y muestreo son responsabilidad del cliente.
Los datos y resultados de la muestra 1, 2 y 3 corresponden a la hoja 1 del archivo ADQDABS-022-001-I


ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



ABSORCIÓN DE ADOQUINES

INF. No. 22-0042-I
Hoja 02 de 02

Quito, 21 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
TIPO: ADOQUÍN HEXAGONAL
PROCEDENCIA: ***
LOTE: ***
FECHA DE ENSAYO: 2022-01-03
NORMA: NTE INEN 3040-16

MUESTRA	CÓDIGO	PESO SSS	PESO SECO	ABSORCIÓN
	IDENTIFICACIÓN	(g)	(g)	%
7	Adoquín E20	8131,0	7449,9	9,14
8	Adoquín E20	8804,5	8054,0	9,32
9	Adoquín E20	8095,2	7388,1	9,57
PROMEDIO				9,34

MUESTRA	CÓDIGO	PESO SSS	PESO SECO	ABSORCIÓN
	IDENTIFICACIÓN	(g)	(g)	%
10	Adoquín E30	8040,8	7256,2	10,81
11	Adoquín E30	8209,1	7512,2	9,28
12	Adoquín E30	8654,5	7886,5	9,74
PROMEDIO				9,94

OBSERVACIONES: La procedencia y muestreo son responsabilidad del cliente.


ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609



CONTENIDO ORGÁNICO

INF. No. 22 - 0017- I
Hoja 01 de 01

Quito, 10 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: ***
TIPO DE MUESTRA: ARENA
FECHA DE ENSAYO: 2021-12-14
NORMA: INEN 855

ENSAYO DE CONTENIDO ORGÁNICO															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESCALA GARDNER</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	ESCALA GARDNER		0	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>
ESCALA GARDNER															
0	<input checked="" type="checkbox"/>														
1	<input type="checkbox"/>														
2	<input type="checkbox"/>														
3	<input type="checkbox"/>														
4	<input type="checkbox"/>														
5	<input type="checkbox"/>														

OBSERVACIÓN: Los datos y resultados corresponden al archivo Corg022-001-I

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



DENSIDAD REAL DEL CEMENTO

INF. No. 22 - 0023 - I
Hoja 01 de 01

Quito, 20 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
FECHA DE ENSAYO: 2021-12-14
NORMA: ASTM C188

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA		
MARCA	TIPO DE CEMENTO	FECHA DE FABRICACIÓN
Armadero	IP	***

DENSIDAD REAL DEL CEMENTO						
MUESTRA	Volúmen inicial (cm ³)	Peso Inicial (g)	Volúmen final (cm ³)	Peso final (g)	Δ Temperatura (°C)	Densidad Real (g/cm ³)
M1	0,5	326,3	19,4	386,4	0	3,18
M2	0,2	326,9	18,7	383	0	3,03
PROMEDIO						3,11

OBSERVACIONES: Los datos y resultados corresponden al archivo DEN.CEM 22-001-I

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609



DENSIDAD APARENTE

INF. No. 22 - 0013- I
Hoja 01 de 01

Quito, 10 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: ***
TIPO DE MUESTRA: ARENA
FECHA DE ENSAYO: 2021-12-14
NORMA: ASTM C29

DENSIDAD APARENTE AGREGADOS					
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA SUELTA		MUESTRA COMPACTADA	
		DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)	DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)
1	ARENA	1743	30	1879	25

OBSERVACIÓN: Los datos y resultados corresponden al archivo Denapar22-001-I

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Tel.: 2976300
Ext.: 1609



DENSIDAD APARENTE

INF. No. 22 - 0035 - I
Hoja 02 de 02

Quito, 20 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT

Contratante: ***

Contratista: ***

Fiscalizador: ***

PROCEDENCIA: ***

TIPO DE MUESTRA: CATALIZADORES

FECHA DE ENSAYO: 2021-12-21

NORMA: ASTM C29

DENSIDAD APARENTE AGREGADOS					
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA SUELTA		MUESTRA COMPACTADA	
		DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)	DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)
1	Catalizadores	1375	***	1432	***

OBSERVACIÓN: La procedencia de los items de ensayo son proporcionadas por el cliente, lo que involucra su total responsabilidad.
No se realizó el ensayo de peso específico por lo cual no es posible reportar el contenido de vacíos.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



DENSIDAD APARENTE

INF. No. 22 - 0035 - I
Hoja 01 de 02

Quito, 20 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT

Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: ***
TIPO DE MUESTRA: CENIZA
FECHA DE ENSAYO: 2021-12-21
NORMA: ASTM C29

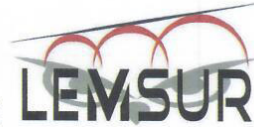
DENSIDAD APARENTE AGREGADOS					
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MUESTRA SUELTA		MUESTRA COMPACTADA	
		DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)	DENSIDAD SECA (kg/m ³)	CONTENIDO DE VACÍOS (%)
1	Ceniza	454	***	598	***

OBSERVACIÓN: Los datos y resultados corresponden al archivo Denapar22-005-1.
No se realizó el ensayo de peso específico por lo cual no es posible reportar el contenido de vacíos.


ING. MERCEDES VILLACIS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



DENSIDAD APARENTE DE CEMENTO

INF. No. 22 - 0027 - I
Hoja 01 de 01

Quito, 20 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT

Contratante: ***

Contratista: ***

Fiscalizador: ***

PROCEDENCIA: ***

TIPO DE CEMENTO: ARMADURO IP

FECHA DE ENSAYO: 2021-12-14

NORMA: ***

DENSIDAD APARENTE DE CEMENTO			
IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SUELTA g/cm ³	DENSIDAD COMPACTADA g/cm ³
M1	ENSAYO 1	0.984	1.307
M2	ENSAYO 2	0.985	1.283

OBSERVACIÓN: Los datos y resultados corresponden al archivo DENS.APAR-22-001-I


ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

INF. No. 22-0039-I
Hoja 01 de 02

Quito, 21 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

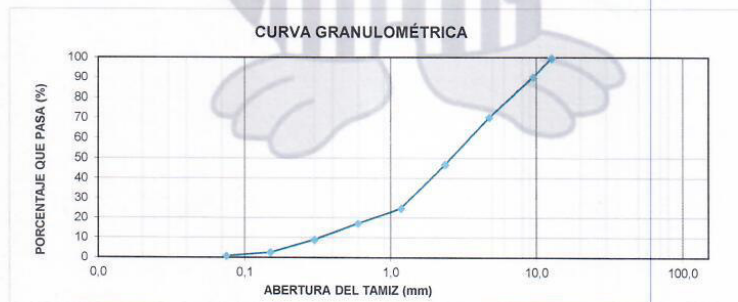
Razón social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
MUESTRA: CENIZA
PROCEDENCIA: ***
FECHA DE ENSAYO: 2021-12-21
NORMA: ASTM C136M

TAMIZ No.	TAMAÑO ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1/2"	12,7	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,5	48,8	9,6	9,6	90,4
No. 4	4,750	101,8	20,1	29,7	70,3
No. 8	2,360	118,4	23,3	53,0	47,0
No. 16	1,180	112,7	22,2	75,2	24,8
No. 30	0,600	38,8	7,6	82,8	17,2
No. 50	0,300	41,2	8,1	91,0	9,0
No. 100	0,150	32,1	6,3	97,3	2,7
No. 200	0,075	9,3	1,8	99,1	0,9
BANDEJA	-	4,5	0,9	100,0	0,0
TOTAL		507,6			

Observaciones: Los datos y resultados corresponden al archivo GR-F-22-008-I



ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



GR-F-22-011-I

Telf.: 2976300
Ext.: 1609



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

INF. No. 22-0039-I
Hoja 02 de 02

Quito, 21 de enero de 2022

DATOS DEL CLIENTE

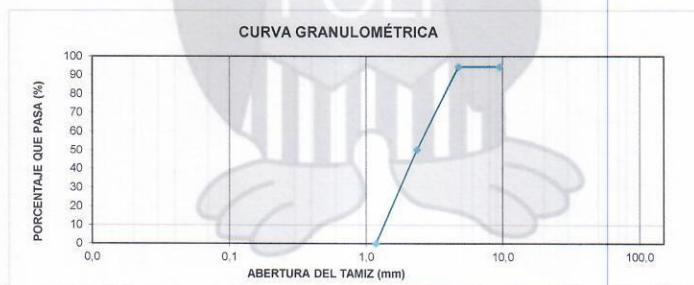
Razón social: EDISON OSWALDO ALMACHE COQUE
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0983832176

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ELABORACIÓN DE MENÚS DE ENCAPSULAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS PARA LA EMPRESA HAZWAT
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
MUESTRA: CATALIZADORES
PROCEDENCIA: ***
FECHA DE ENSAYO: 2021-12-21
NORMA: ASTM C136M

TAMIZ No.	TAMAÑO ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9,5	27,2	5,4	5,4	94,6
No. 4	4,750	0,0	0,0	5,4	94,6
No. 8	2,360	220,6	44,1	49,6	50,4
No. 16	1,180	251,9	50,4	100,0	0,0
BANDEJA	-	0,0	0,0	100,0	0,0
TOTAL		499,7			

Observaciones: Los datos de procedencia son responsabilidad del cliente



ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



GR-F-22-011-I

Telf.: 2976300
Ext.: 1609