



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos
rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE)
reciclado, Lima 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Albujar Acuña, Mijael Javier (orcid.org/0000-0002-3793-7636)

ASESOR:

Mag. Huaroto Casquillas, Enrique Eduardo (orcid.org/0000-0002-8757-6621)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer a mis padres Gricelda Acuña Estrada y Javier Albujar Aguilar por su apoyo y motivación constante durante toda la vida universitaria a mi pareja Zelia Vega Capristano y mi hijo Eithan Albujar Vega por ser mi motor y motivo para culminar esta hermosa carrera.

AGRADECIMIENTO

Principalmente a dios por ser mi guía y compañero para salir de las dificultades y retomar mi rumbo para alcanzar mi sueño de ser profesional; a mi familia en general mis padres, hermanos, mi pareja y mi hijo que son las personas más importantes en mi vida. A mis amigos, compañeros de trabajo y al ingeniero Jhony al cual estimo y valoro como profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	24
3.1. Tipo y diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3. Población, muestra y muestreo	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5. Procedimiento	27
3.6. Método de análisis de datos	30
3.7. Aspectos éticos	30
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	63
VII. RECOMENDACIONES	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla Propiedades mecánicas del HDPE.....	16
Tabla 2	Granulometría del agregado fino	16
Tabla 3	Granulometría agregado grueso.....	17
Tabla 4	Resistencia mínima a compresión según días de curado.....	18
Tabla 5	Valores idóneos de resistencia del concreto.....	20
Tabla 6	Muestra de la investigación	26
Tabla 7	Propiedades físicas y químicas cemento portland tipo I.....	34
Tabla 8	Limites máximo permisibles del agua para diseño de mezclas de concreto	34
Tabla 9	Propiedades físicas de los agregados	37
Tabla 10	Diseño de mezcla para concreto patrón	38
Tabla 11	Cantidad de material reciclado para una dosificación del 2.5%.....	39
Tabla 12	Cantidad de material reciclado para una dosificación del 5%.....	39
Tabla 13	Cantidad de material reciclado para una dosificación del 7.5%.....	40
Tabla 14	Ensayo a compresión antigüedad 7 días.....	40
Tabla 15	Resiste Ensayo a compresión antigüedad 14 días.....	42
Tabla 16	Ensayo a compresión antigüedad 28 días.....	44
Tabla 17	Ensayo a flexión antigüedad 28 días.....	47
Tabla 18	Ensayo a tracción antigüedad 28 días.....	48
Tabla 19	Prueba de normalidad para la resistencia a compresión	50
Tabla 20	Modelo de regresión lineal resistencia a compresión	52
Tabla 21	Resumen del modelo de regresión lineal resistencia a compresión	52
Tabla 22	Anova resistencia a compresión.....	52
Tabla 23	Modelo de regresión lineal resistencia a flexión	54
Tabla 24	Resumen del modelo de regresión lineal resistencia a flexión	54

Tabla 25 Anova resistencia a flexión	54
Tabla 26 Modelo de regresión lineal resistencia a tracción	55
Tabla 27 Resumen del modelo de regresión lineal resistencia a tracción	56
Tabla 28 Anova resistencia a tracción.....	56
Tabla 29 Comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico	57
Tabla 30 Regresión lineal del comportamiento mecánico del concreto hidráulico $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura molecular del polietileno de alta densidad (HDPE)	14
Figura 2 Símbolo de HDPE	15
Figura 3 Ensayo de resistencia a la flexión	19
Figura 4 Ensayo de tracción directa	22
Figura 5 Estructura de pavimento rígido.....	23
Figura 6 procedimiento.....	28
Figura 7 Ubicación de la cantera.....	31
Figura 8 Cantera Trapiche.....	31
Figura 9 Agregados naturales	32
Figura 10 Lavado de material reciclado.....	32
Figura 11 Triturado de material reciclado	33
Figura 12 Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado	33
Figura 13 Análisis granulométrico agregado grueso	35
Figura 14 Análisis granulométrico agregado fino.....	36
Figura 15 Ensayo a compresión antigüedad 7 días.....	41
Figura 16 Resistencia alcanzada en relación al diseño antigüedad 7 días.....	41
Figura 17 Ensayo a compresión antigüedad 14 días.....	43
Figura 18 Resistencia alcanzada en relación al diseño antigüedad 14 días.....	43
Figura 19 Ensayo a compresión antigüedad 28 días.....	45
Figura 20 Resistencia alcanzada en relación al diseño antigüedad 28 días.....	45
Figura 21 Ensayo a flexión antigüedad 28 días.....	47
Figura 22 Ensayo a tracción antigüedad 28 días	49
Figura 23 Diagrama de dispersión dosificación – resistencia a compresión	51
Figura 24 Diagrama de dispersión dosificación – resistencia a flexión.....	53
Figura 25 Diagrama de dispersión dosificación – resistencia a tracción	55

RESUMEN

El estudio tuvo como propósito determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Lima 2023. Para ello, metodológicamente se sustentó en el enfoque cuantitativo, siendo la investigación aplicada, con diseño cuasiexperimental y alcance explicativo; la muestra estuvo representada por probetas cilíndricas para el ensayo de compresión (9 patrón y 27 experimentales) y para el ensayo de tracción (3 patrón y 9 experimentales), así como vigas prismáticas para el ensayo de flexión (3 patrón y 9 experimentales), empleando la ficha de registro documental como instrumento para el acopio de los datos. Los resultados demostraron que el mejor comportamiento mecánico alcanzado se logró con la adición de 2.5% de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado al reportarse un incremento en la compresión del 4.6%, en la flexión del 4.0% y en la tracción del 9.4% respectivamente, en relación al concreto patrón, sin embargo, respecto al diseño propuesto se reportaron valores que se encuentran por encima de lo señalado en la normativa vigente. Se concluye que la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado mejora el comportamiento mecánico del concreto hidráulico siendo viable su empleo en la construcción de pavimentos rígidos.

Palabras clave: Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Concreto hidráulico, Comportamiento mecánico.

ABSTRACT

The study aimed to determine the behavior of the mechanical properties of hydraulic concrete for rigid pavements with the addition of recycled high-density polyethylene (HDPE), Lima 2023. For this, methodologically it was based on the quantitative approach, being applied research, with quasi-experimental design and explanatory scope; The sample was represented by cylindrical specimens for the compression test (9 standard and 27 experimental) and for the tensile test (3 standard and 9 experimental), as well as prismatic beams for the bending test (3 standard and 9 experimental), using the documentary record sheet as an instrument for data collection. The results showed that the best mechanical behavior achieved was achieved with the addition of 2.5% of recycled high density polyethylene (HDPE) when reporting an increase in compression of 4.6%, bending of 4.0% and traction of 9.4% respectively, in relation to the standard concrete, however, regarding the proposed design, values that are above what is indicated in current regulations were reported. It is concluded that the addition of recycled high density polyethylene (HDPE) improves the mechanical behavior of hydraulic concrete, being viable its use in the construction of rigid pavements.

Keywords: Recycled density tin polyethylene (HDPE), Hydraulic concrete, Mechanical behavior.

I. INTRODUCCIÓN

Dado el incremento en la población mundial, trajo consigo un incremento descomunal de la industria del plástico, lo que convierte este material en uno de los de mayor producción, llegándose a contabilizar en la actualidad solamente de origen virgen o primario, es decir proveniente directo del petróleo crudo o gas, alrededor de unos 8 300 millones de toneladas métricas (Mt) (Soundararajan et al. 2019, p. 3). En cuanto a la producción global secundaria (derivado del plástico) o reciclado, las cifras más recientes evidencian un crecimiento insignificante, dado que representa apenas el 6 % del total de la producción mundial; dando paso de 6.8 millones Mt durante el 2000, al 2019 con 29.1 Mt; además se sabe que, del total de la producción mundial en 2019, únicamente del 22 % fue desechado y solamente el 9 % se empleó en reciclado (Organización para Cooperación y Desarrollo Económicos 2022, p. 12)

La brecha entre las cifras de producción y de reutilización del plástico es consecuencia de una inadecuada gestión de los residuos plásticos, lo que ha dado lugar a importantes daños en lo que se refiere a contaminar nuestro ambiente así la salud poblacional, como el efecto invernadero generado por la liberación de cargas elevadas de contaminantes tóxicos entre los que destacan (CO₂), (NO_x), y (CH₄); la degradación de la vida útil del terreno al acumular grandes cantidades en los denominados rellenos sanitarios, así como océanos y mares con contaminación creciente que está causando la muerte de millones de especies marinas, poniendo en riesgo este ecosistema (Venitez et al. 2020, p. 78).

En lo que respecta a la contaminación marina por residuos de plásticos, Asia es el principal responsable, generando el 80 % del total de estos desperdicios, seguido de África con el 14, 5% y Sudamérica con el 5, 5%; por su parte, Brasil se ubica como el principal y más importante contaminante a nivel de Latinoamérica con el 3, 86% del total de residuos generados en esa región (Cable News Network 2021, p. 8).

En lo que respecta a Perú, durante el 2020 en promedio se produjo 8 Mt de residuos sólidos, siendo el promedio diario de mil toneladas, del cual el 10%, es decir 900 mil toneladas corresponden al plástico; así mismo se sabe que

anualmente cada ciudadano usa en promedio 30 kilos de plástico (El Peruano 2021, p. 2). Así mismo, resalta la atención que solamente 0.3 % de los residuos de plásticos que se generan en el país son reciclados de manera mecánica, el 56% es dispuesto dentro de los rellenos sanitarios como residuos y el 43.7% restante no se dispone de forma correcta (Ramos y Pretell, 2021, p. 1). En el contexto local, en cifras del Ministerio de Ambiente, en Lima Metropolitana y Callao a diario se producen en lo que se refiere a residuos plásticos un promedio de 886 Tn, lo que representa a nivel del país el 46% (Ministerio del Ambiente 2021, p. 2).

Si continúa el crecimiento de la producción y la actual gestión de desechos, para el 2050 se estima que en todo el medio ambiente o en los vertederos habrán unas 12 000 Mt; es en este contexto que en más de 120 países se han establecido regulaciones sobre el uso de los productos de plásticos como en el caso de las bolsas; sin embargo se considera necesario emprender con mayor interés, políticas destinadas a reducir la contaminación ambiental causada por este tipo de desechos, enfocadas en el reciclaje mejorado, lo que a su vez conlleva al establecimiento de mercados secundarios competitivos y rentables (Geyer, Jambeck, y Lavender 2017, p. 3).

El polietileno de alta densidad (HDPE), considerado plástico, producido mayormente a nivel mundial ocupando el tercer lugar con un 13% de participación en el mercado, el cual ofrece un desempeño adecuado dentro del denominado concreto sustentable al ser un tipo de plástico que solamente ha sido utilizado una sola vez (Napper y Thompson, 2020, p. 6; Patricio et al., 2020, p. 6). Se emplea mayormente, por sus características, en envases y contenedores que suelen ser relativamente rígidos ya que no se degradan ante la presencia de luz ultravioleta (UV) ofreciendo en este sentido grandes ventajas de ser empleado en aplicaciones al aire libre (Solis-Campos y Santa Ana, 2022, p. 128), como por ejemplo en mezclas de concreto. Este producto puede obtenerse de envases de productos lácteos, detergentes o productos químicos, de las bolsas que se emplean para productos frescos, así como de tuberías para drenajes, saneamiento y para proteger cables (REPSOL, 2022, p. 2).

La utilización de los residuos de plásticos dentro del sector de la construcción, se perfila como una mejora significativa en la sostenibilidad del medio

ambiente, convirtiéndose en una fuente confiable de materiales para fines de construcción. Dentro de los desechos plásticos existentes, tereftalato de polietileno (PET) y polietileno de alta densidad (HDPE) han ganado terreno a nivel de construcción, principalmente en la fabricación de ladrillos ecológicos, aislantes térmicos y concretos ligeros, mejorando en estos últimos la densidad, y la resistencia tanto para la compresión como para la flexión y la tracción del material (Awoyera y Das 2020, p. 3). De acuerdo con Soriano y Gutiérrez (2022, p. 19), los estudios de mezclas modificadas para concreto al que se le ha incorporado polietileno de alta densidad (HDPE) están aún en etapa prematura, sin embargo, los resultados favorables que se han obtenido con su incorporación permiten proyectar su empleo pavimentos rígidos, convirtiéndose de esta manera en una alternativa de concreto sustentable.

Conociendo estos antecedentes y ante el probable escenario de crecimiento de desechos plásticos, consciente de la ausencia de medidas eficiente ante la alta generación en función de mitigar el riesgo ambiental generado por este material, se planteó en la investigación la siguiente pregunta ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Lima 2023?, se derivaron las siguientes preguntas específicas: a) ¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023? b) ¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a la flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023? y c) ¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a la tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023?

La investigación se **justificó** desde una **perspectiva teórica**, ya que se buscó elaborar a partir de ensayos normados mezclas de concreto modificado con la adicionando material reciclado de polietileno de alta densidad (HDPE), confirmando mejor comportamiento mecánico para un concreto endurecido para ofrecer alternativas novedosas para la ingeniería civil y en apoyo a la

sostenibilidad del ambiente, contribuyendo a su vez con la ampliación del conocimiento científico, desde una **perspectiva práctica** pues se buscó elaborar probetas y prismas adicionando polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado comprobando que al adicionar materiales reciclados se presentan alternativas de solución para un concreto hidráulico para pavimento rígido seguro, eficiente y alineados a las nuevas tendencias constructivas, finalmente se justificó el estudio desde una **perspectiva metodológica**, ya que tanto el diseño del concreto como los resultados de su comportamiento mecánico servirán de referente teórico para otras investigaciones que estén alienadas a la mejora de las mezclas de concreto a partir del empleo de material reciclado y a su vez como una guía referencial asociada a la elaboración y dosificación en polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado para concreto hidráulico en pavimento rígidos con una resistencia mejorada.

Este estudio propuso como **objetivo general** determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Lima 2023, del cual se desprendieron **objetivos específicos**: Determinar el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023, b) Determinar el comportamiento de la resistencia a la flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023, y c) Determinar el comportamiento de la resistencia a la tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023.

Finalmente, se formuló como **hipótesis general** de la investigación la adición del polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023, siendo las **hipótesis específicas**: a) La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023, b) La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes

de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023, y c) La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro de **antecedentes nacionales** se encontró tesis de Agip y Bustamante (2022), cuyo **objetivo** es: Examinar como las fibras PET recicladas en dosis de 1,5%, 3% y 6% tienen influencia sobre las propiedades mecánicas en el concreto hidráulico, en una investigación con **metodología** aplicada de tipo experimental; mostraron como **resultados** que, el concreto hidráulico con aditivos PET alcanzó 105% y 117.7% respectivamente en los valores de compresión y flexión; **concluyendo** que es posible mejorar significativamente dichas características en mezclas de concreto 210 kg/cm² al incorporar apenas 0,5% de adición de fibras PET.

Vilcas y Mamani (2021) en su trabajo de grado, cuyo **objetivo** es: Elaborar una mezcla de diseño del pavimento rígido al incorporarle fibra plástica para una pista de 432 metros de longitud; en una investigación con **metodología** aplicada de tipo experimental; obtuvieron como **resultado** que, el concreto con fibra plástica presentó en promedio una resistencia de 375kg/cm², en promedio una tracción de 35.79 kg/cm² y en promedio una flexión promedio de 53.29kg/cm², mientras que, en el concreto base, los valores de compresión, tracción y flexión respectivamente fueron 337.5 kg/cm², 27.83kg/cm²; y 48.35kg/cm²; por lo cual **concluyeron** que el pavimento rígido se ve influenciado positivamente por la adición de fibras plásticas.

Por su parte, Mendoza y Vilchez (2021) en su trabajo de grado cuyo **objetivo**: evaluar propiedades de durabilidad del concreto diseñado a partir de la adición de HDPE en reemplazo del agregado fino en dosis de 10%, 20% y 30% para pavimentos rígidos; en una investigación con **metodología** aplicada de tipo experimental, mostraron como **resultados** que, para el concreto de 10%, 20% y 30% con mezclas HDPE, se logró compresiones de 249, 281 y 279 kg/cm² correspondientemente, para el concreto sin aditivos mostró un valor de 239 kg/cm²; la flexión en el caso del concreto de 10%, 20% y 30% con mezclas HDPE, fue respectivamente de 54.0 kg/cm², 58.0 kg/cm² y 58.0 kg/cm², y en el concreto base mostró un valor de 51.0 kg/cm²; y finalmente la tracción con el mismo porcentaje de remplazo fue respectivamente de 21.5 kg/cm², kg/cm² y 29.5 kg/cm², el concreto base fue 18.4 kg/cm²; de lo que les permitió **concluir** que, al agregar HDPE en sustitución de agregados fino en dosis de 20% lograron

mejoras al concreto, para resistencias a compresión, flexión y tracción 17.7%, 13.7 % y 48.9%.

Pablo (2018) en su tesis de grado, cuyo **objetivo** es: desarrollar un análisis al comportamiento mecánico del concreto hidráulico cuando se adiciona fibras que se obtuvieron de las botellas plásticas que se reciclaron siendo su proporción 0.0Kg, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 Kg por m³ de concreto, en una investigación con **metodología** aplicada de tipo experimental; encontró como **resultado** que, el concreto con dosis de 1.50 Kg/m³ de fibras de polietileno presentó un valor promedio de rotura de 46.62 kg/cm², así mismo mostró una resistencia promedio de 319.32 kg/cm², siendo ambos valores mayores que los obtenidos en el concreto base; lo que les permitió **concluir** que, las fibras de polietileno pueden mejorar la resistencia del concreto un 114% más que cuando se aplica con los agregados tradicionales, además de que le permite mayor flexión.

Flores (2020) en su trabajo de grado cuyo **objetivo** es: indagar en el concreto base para pavimentos rígidos el impacto sobre el módulo de a partir de la incorporación de fibras de plásticos en especificaciones Tipo A (5 mm de ancho, 25 mm de longitud) y Tipo B (5 mm ancho, 50 mm de longitud), para una investigación con **metodología** aplicada de tipo experimental; mostró como **resultado** que, la resistencia a flexión alcanzada en la mezcla base fue de 56.68 g/cm², para la mezcla con aditivos de fibras de plásticos (tipo B + piedra ½") fue de 60.09, y para el concreto con aditivos de fibras de plásticos (tipo B + piedra ¾") fue de 65.73 kg/cm² logrando incrementar la resistencia a la flexión de 5.67 y 10.56%; por lo cual se **concluye** que cuando se incorporan fibras PET se alcanzan mejoras sobre el módulo de flexión en concreto 210 kg/cm², indiferentemente del tamaño de piedra que se utilice, presentando mejores resultados cuando son de mayor granulometría.

En anteriores **antecedentes internacionales** se encuentra el artículo de Soriano y Gutiérrez (2022) cuyo **objetivo** es: Estudiar mecánicas y físicas de una mezcla con módulo de ruptura de 45 kg/cm² con reemplazo de arena por plástico HDPE en dosis de 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 15%, 20% y 30%; en la que emplearon una **metodología** aplicada de tipo experimental; se encontraron como **resultados** que, el concreto con 5% y 7% de reemplazo la compresión y flexión

alcanzada fue respectivamente de 409 y 49 kg/cm²; en relación al concreto base fue de 405 y 40 kg/cm²; **concluyendo que** los porcentajes en compresión lograda en reemplazos con plástico HDPE que reporta mejor valor es 5% y para la resistencia a flexión es el 7.5% para que una mezcla con módulo de ruptura de 45 kg/cm² posea propiedades de trabajabilidad y ductilidad aceptables.

En ese contexto, Soriano y Gutiérrez (2021) en su artículo cuyo **objetivo** es: Saber cómo se comporta el concreto al agregarle residuos plásticos y de escombros en estado endurecido, en una investigación de **metodología** aplicada tipo experimental; muestran como **resultado** que, la resistencia aumentó 5% en el caso de 30% de sustitución y disminuyó 12% con 100% de reemplazo, ambos con respecto al concreto tradicional; por lo que **concluyen** que, para garantizar la resistencia del concreto sustentable el porcentaje adecuado de agregado plástico no debe exceder el 15% y para el reemplazo de agregado grueso proveniente de escombros debe ser menor al 30%.

Del mismo modo Venitez et al. (2020), en su artículo cuyo **objetivo es**: Comparar propiedades del concreto al estar fresco y al estar endurecido con agregados plásticos del mar en sustitución de agregados finos en porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10%, en la que empleó una **metodología** aplicada de tipo experimental; se evidencian como **resultados** que, la compresión reportó como máximo valor 185.48 Kgf/cm² al reemplazar 7.5%, siendo esto el 90.5% para la resistencia lograda en el concreto patrón superándose la mínima compresión que se requiere para el concreto estructural (175.80 Kgf/cm²); lo que les permitió **concluir** que, mientras más se incrementa la proporción porcentual de agregado de plástico reciclado, aumenta la resistencia, encontrando en los desechos de plásticos marinos material de alto valor para la elaboración de concretos con resistencia moderada.

Por su parte, el trabajo de grado de Blancas (2020) cuyo **objetivo** es: Conocer la influencia del módulo de ruptura del concreto hidráulico modificado con material de PET y ceniza de bagazo de caña (CBC) en pavimentos rígidos, siendo como **metodología** empleada la aplicada, tipo experimental, donde los **resultados** arrojaron que las mezclas de material hidráulico con material PET e

incorporación de CBC alcanzaron un 84% de la resistencia del f'c de diseño a los 180 días; **concluyendo** que, la microfibra de PET incrementa la resistencia del concreto, siendo los residuos de plásticos, en especial las botellas cuyo material fue el estudiado específicamente, una alternativa que promete grandes resultados como refuerzo en losa de concreto hidráulico.

También, Beltrán (2020), en su trabajo de grado cuyo **objetivo** es: Conocer mediante una revisión sistemática las características de los factores técnicos del concreto hidráulico reforzado con plástico reciclado y de una mezcla tradicional de concreto, con una **metodología** documental de tipo analítica; obtuvo como **resultados** que, para mezclas de concreto con agregados de 5%, 10% y 15%, la resistencia fue respectivamente de 27%, 48% y 65%; lo que le permitió **concluir** que, a mayor porcentaje de agregados de plásticos reciclados, mayor resistencia del concreto, siendo posible obtener una mezcla de alta competencia en comparación con una mezcla tradicional para la construcción de distintos elementos.

En correspondencia a las **teorías relacionadas con el presente estudio**, se inicia con el **reciclado de plástico**, el cual representa una alternativa para mitigar la seria problemática medioambiental que enfrenta actualmente la humanidad por contaminación con este tipo de materiales; y una alternativa de solución que está ganando terreno en distintos sectores comerciales en relación al emprendimiento e innovación en nuevas formas de producción, como se viene dando dentro de la industria de la construcción la cual ha venido insertando mejoras en las propiedades del concreto; en consecuencia, el reciclaje de plástico es pues considerado un proceso esencial, no sólo por los grandes beneficios que aporta a nivel comercial, sino porque preserva el medio ambiente (Sanmartín, Zhigue y Alaña 2017, p.38).

El tipo proceso de reciclaje de plástico más empleado mundialmente es el reciclaje mecánico; aun cuando existe el reciclaje químico el cual tiene un gran potencial para minimizar los residuos plásticos heterogéneos y facilita el reciclaje de plástico, el proceso tecnológico requerido no es disponible para todos los países, sin embargo, existen plantas pilotos que avanzan para superar las limitaciones presentes en el tema (Zschimmer y Schwarz España 2021, p. 7).

En los momentos actuales se conocen 7 tipos de plásticos de los cuales seis puede reciclarse y su complejidad depende de las cualidades del plástico: PET, polietileno de alta densidad, policloruro de vinilo, polietileno de baja densidad, polipropileno, poliestireno; etc. Que incluye los tipos de plástico que no pueden reciclarse dado que se desconoce los elementos con los que han sido elaborados (Zschimmer y Schwarz España 2021, p.9)

El reciclaje de plástico generaría múltiples beneficios que alcanzan diferentes ámbitos, entre los cuales resaltan principalmente: ahorro energético, dado que el plástico tiene mayor capacidad que la madera para producir energía, se disminuirían los gastos de energía y en consecuencia emisiones de gases en el llamado efecto invernadero puesto que el plástico genera menos emisiones de CO₂; ahorro de recursos naturales, puesto que el uso del plástico reciclado reduciría el uso de la materia prima, siendo el petróleo uno de las más demandadas; incremento de ingresos económicos, ya que la transformación del plástico en producto de valor mediante el reciclado favorecería la economía al generarse otras actividades y en consecuencia más fuentes de empleo; y finalmente la preservación de la naturaleza, ya que los actuales terrenos ocupados utilizados como depósitos, serían destinados a otro fin, como el de la siembra, con lo que mejoraría el nivel de calidad de vida en un número importante de seres vivos (García y Robertson 2017, p.871).

Seguidamente, se definirá el **cemento** es cual es un conglomerante hidráulico artificial que se patentó en Inglaterra a aproximadamente en el 1840 en la Ciudad de Portland, se caracteriza por la reacción química que genera cuando se mezcla con agua, conocida como fraguado, y fragua tanto en aire como sumergido en agua Jani y Hogland (2014, p. 1769). Representa en la actualidad la principal materia prima utilizada en todo el mundo dentro del sector la construcción, cuyo proceso productivo también se considera uno de los más altos contaminantes del medio ambiente (Camargo y Higuera 2017, p. 96). De acuerdo con (Camargo y Higuera 2017), el empleo del cemento en obras civiles se debe a las propiedades con alta capacidad de adherencia y cohesión, las cuales hacen posible que se forme un material compacto a partir de la unión entre sí de

fragmentos minerales; además tiene la característica de que puede fraguarse y a la vez endurecerse cuando el este contacta el agua, cuyo proceso químico se denomina hidratación.

La NTP 334.082 (2008, p .5), ha clasificado el cemento en seis tipos: Tipo GU (para construcciones generales, especialmente en la elaboración de hormigón para construir edificios, para mampostería y para elaborar yeso, siendo empleado principalmente para acabado de paredes) HE (de alta resistencia inicial, especialmente para construcciones marinas, muelles, puentes y canalizaciones), MS (moderada resistencia a sulfatos; especialmente para proteger al hormigón de la degradación por contacto con el sulfato; siendo especialmente empleado en construcciones subterráneas o en contacto con el agua que tienen más de 0.2% o 0.3% de g/l de sulfato de calcio), Hs (alta resistencia a sulfatos), Mh (moderado calor de hidratación); y Lh (bajo calor de hidratación).

Un agregado conglomerado es el cemento que, junto con la adición de partículas agregadas y agua, da lugar a la composición de las **mezclas de concreto** Moreno (2008, p. 308). Según Kinnane, O'Hegarty y Reilly (2019, p. 622), el tipo de concreto debe elegirse en función del propósito destinado, encontrándose así ocho tipos de concreto: **Concreto simple** (se caracteriza por carecer de armadura con refuerzo, elaborado a partir del cemento de uso general, especialmente utilizado en la construcción pavimentos para escaso tráfico y veredas), **Concreto ciclópeo** (carece de armadura con refuerzo y está conformado por piedras o bloques grandes; especialmente empleado en cimientos continuos o corridos, bases, muros o rellenos que requieran mayor resistencia), **Concreto armado o estructural** (está formado por una estructura a base de acero para brindar resistencia a la compresión, tracción y flexión o corte, especialmente usado para construir vigas, losas y columnas), **Concreto hidráulico** (es un concreto rígido especialmente resistente al agua, aún con la exposición solar, se emplea en la construcción de tanques, represas, y estructuras que almacenan y trasportan agua), **Concreto premezclado** (es el que se prepara en plantas o camiones mezcladores para ser llevados posteriormente a obra), **Concreto prefabricado** (se fabrica en lugares diferentes al destino final de ubicación, ejemplo

de este tipo son los bancos públicos, separadores de vías, placas de losas), **Concreto polimérico** (tiene alta resistencia a la compresión pues es obtenido desde una mezcla endurecida de resinas sintéticas y agregados secos que forman una fibra de vidrio; es aislante, eléctrico, impermeable, posee mayor resistencia que el concreto hidráulico y más ligero que los concretos tradicionales), Concreto de vacío y, **Concreto permeable** (también conocido como concreto permeable o ecológico, debido a que el agua fluya totalmente por la estructura para finalmente recuperarla y preservar los suelos).

En cuanto al **concreto hidráulico**, procede la unión entre el cemento Portland, agregados pétreo, agua, y ocasionalmente de aditivos; con lo cual se obtienen mezclas moldeables que resulten en elementos rígidos y resistentes una vez alcancen el fraguado; en el caso de este tipo de concreto, el medio conglomerante lo conforma el cemento y el agua mezclados (REINAR, S.A., 2017).

p. 6). Este concreto se clasifica según su función y según su forma de elaboración; según su función se encuentran dos subtipos que son concreto hidráulica clase 1 y concreto hidráulico tipo 2; y según su forma de elaboración puede ser hecho en obra y premezclado (Tian et al. 2022, p. 131).

Para Solís, Moreno y Arcudia (2008, p. 216), el concreto hidráulico es un componente que posee características físicas (trabajabilidad, homogeneidad, asentamiento, segregación), son características que pueden identificarse con el concreto en estado líquido y medirse a simple vista y son independientes del tamaño de la mezcla; y propiedades mecánicas (compresión, flexión y tracción), cuyas características se obtiene con los diferentes tipos de ensayos de laboratorio donde el concreto está endurecido es sometido a esfuerzos. Según este autor, las propiedades mecánicas de mayor relevancia en cualquier concreto son valores que reporta ensayos de resistencia a compresión, flexión y tracción.

En acuerdo con Culcas e Yrigoin (2021, p. 15), **diseño de mezcla de concreto** permite determinar propiedades que este tendrá. Es así que, el método ACI, desarrollado por el comité N° 211, es un método muy simple el cual emplea una serie de tablas que permiten obtener de manera fácil como serán proporcionados los componentes para una mezcla de concreto, siendo

recomendado su empleo para concretos con un peso normal. El método indica que se deben seguir el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar resistencia promedio
2. Seleccionar tamaño máximo nominal del agregado
3. Seleccionar el asentamiento
4. Seleccionar a través de la tabla propuesta volumen unitario del agua
5. Seleccionar a través de tablas propuesta al contenido del aire
6. Seleccionar a través de la tabla propuesta la relación agua / cemento
6. Determinar el cemento a agregar
7. Determinar a través de la tabla propuesta los agregados
8. Determinar el volumen absoluto de los componentes
9. Determinar su peso seco del agregado fino
10. Determinar su valor proporcional de los componentes y su respectiva corrección.

En relación a los **agregados**, de acuerdo con Gonzáles (2017, p. 36) son aquellos componentes que se incorporan para realizar la mezcla de concreto y en porcentaje equivalen entre el 60% al 75% del volumen total de esta, debiendo estar libres sustancias ajenas e impurezas, ser resistentes y durables, siendo clasificados por su tamaño en grueso o grava y en fino o arena. Los mismos provienen del proceso de explotación de diferentes fuentes naturales como lo es el depósito de arrastre fluvial y de canteras piedras y rocas naturales.

Sobre el **polietileno**, es un tipo de polímero que deviene de la polimerización del etileno el cual se ha definido como el que mayormente se usa en todo el mundo, para diversos productos de fácil obtención en el mercado como bolsa de plástico, cables, tuberías, envases, juguetes, biberones, láminas, entre otros; se conocen hasta ahora polietileno de baja y alta densidad (Jia et al., 2021, p. 439). El polietileno HDPE, que en principio fue desarrollado para elaborar paquetes de film, mucho antes de 1964 cuando se elaboró la primera botella de leche, se caracteriza por su alta dureza y

densidad, porque químicamente presenta una estructura muy cercana al polietileno puro; se trata de moléculas no ramificadas casi perfectas que preservan su linealidad, presentando así niveles casi nulos de defectos en su organización; tiene la capacidad de ser altamente cristalino como resultado de sus residas de alta densidad, las cuales en la mayoría de los casos se polimerizan en pequeñas concentraciones de 1-alquenos para minimizar ingravidamente el nivel de cristalinidad; y presenta densidades inferiores a los rangos 0,94 a 0,97 g/cm³ (Peacock, 2000, p. 12).

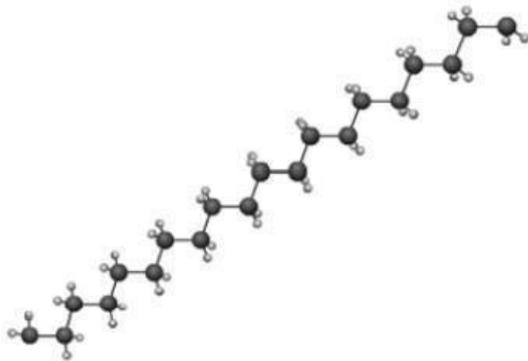


Figura 1. Estructura molecular, polietileno de alta densidad (HDPE).

Fuente: Universidad de Barcelona (s.f.)

Para Estévez (2013, p. 5), de acuerdo con la Society of the Plastics Industry (SPI), los productos elaborados con HCPE deben ser identificados con el siguiente logo:



Figura 2. Símbolo de HDPE.

Fuente: Estévez (2013, p. 5)

En la obtención del polietileno se requiere de catalizadores generalmente del tipo óxido provenientes de algún metal en transición o de la tipología Ziegler – Natta; en cuyo proceso se utiliza solvente para polímero y monómero al inicio de la polimerización; la reacción de la polimerización producto de diluir el monómero con el solvente hace que baje la temperatura y se acelere la polimerización; así mismo, el cloro benceno o benceno usados, cuyos solventes se utilizan para hacer polimerización en grandes cantidades, tienden a polimerizar el monómero únicamente en fase líquida o gaseosa, siendo muy baja la polimerización en estado gaseoso; los catalizadores como el trióxido de cromo permiten conseguir un HDPE con una densidad mayor de cadenas moleculares rectas Chuhua et al. (2021, p. 439). Por su parte, como todo material, el HDPE tiene características físicas, químicas, mecánicas y térmicas; siendo las mecánicas lo que se ven en la tabla 1.

Tabla 1 Tabla Propiedades mecánicas del HDPE

Id	Propiedad mecánica	Valor
1	Módulo elástico E (N/mm ²)	1000
2	Coeficencia de fricción	0.29
3	Módulo de tracción (GPa)	0.5-1.2
4	Relación de Poisson	0.46
5	Resistencia a la tracción (MPa)	15-40
6	Esfuerzo de rotura (N/mm ²)	20-30
7	Elongación a rotura (%)	12

Fuente: Universidad de Barcelona (s.f.)

Los agregados naturales son sometidos a una serie de **ensayos** que garantizan su utilización dentro de la mezcla de concreto. En este sentido, el primero de ellos es **análisis granulométrico** que en relación a NTP 400.012 consiste en determinar cómo se distribuye el tamaño de cada uno de los distintos materiales (finos y gruesos) por medio del empleo de tamices. Para el material fino, corresponde al paso del tamiz 9.5 mm (3/8") debiendo cumplir límites que establece la NTP 400.037 (ver tabla 2).

Tabla 2 Granulometría del agregado fino

Tamiz	% que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N 8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 pm (N°30)	25 a 60
300 um (N°50)	05 a 30
150 um (N°100)	0 a 10

En relación al material grueso, es lo retenido en tamiz 4.75 mm (N° 4) debiendo cumplir límites que establece la NTP 400.037 (ver tabla 3).

Tabla 3 Granulometría agregados gruesos

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9 ^a	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: NTP 400.037

Así mismo, para agregados de mezcla de concreto deberá determinarse conforme a lo dispuesto en la NTP 400.017 una serie de ensayos de relevancia, siendo estos: **contenido de humedad** siendo el propósito ensayos determinando el porcentaje de humedad evaporada con respectiva muestra de áridos empleándose un método para el secado, y se evalúa la humedad

expuesta en la superficie y también en los poros de dichos áridos; **peso unitario de los agregados**, ensayo que busca obtener valor en la densidad de masa requeridos en distintos métodos destinados a seleccionar las proporciones para realizar mezclas de concreto.

Otros parámetros a evaluar para los agregados es (MF) **módulo de fineza**, acuerdo a la NTP 400.037 se obtiene a partir de la sumatoria de los diferentes porcentajes que se logran acumular y son retenidos en los tamices de la serie Taylor y dividiéndolo entre 100. El resultado obtenido es un valor empírico adimensional que permite indicar que tan grandes o pequeñas son las partículas de los agregados, vale decir, cuanto mayor es el valor que se logra obtener del módulo de fineza el material será mayor, y en los casos donde el valor obtenido del módulo de fineza sea menor más pequeño se considerará el agregado.

Dentro de propiedades mecánicas de concreto están **resistencia a compresión**, según Solís, Moreno y Arcudia (2008, p. 216) esfuerzo soportado por el concreto sin romperse, lo cual da valores porcentuales en función al número de días del curado (ver tabla 4).

Tabla 4 Resistencia mínima a compresión según días de curado

DÍAS DE ENSAYO	RESISTENCIA MÍNIMA (%)
7días	70
14días	85
21días	95
28días	100

Fuente: Instituto Americano del Concreto (2014)

La NTP 339.034 (2008, p. 3) señala que ensayos **a la resistencia a compresión** en laboratorios son realizados mediante la aplicación de cargas de compresión axial a muestras cilíndricas, en velocidades normalizadas y en rangos establecidos para causar falla a la probeta; y describe el procedimiento para dicho ensayo, de la manera siguiente:

1. Verificar que las probetas cumplan con las medidas 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm), ó 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm).
2. Obtener peso de probetas cuando se encuentra endurecida.
3. Tomar medida en cm de altura de probeta.
4. Tomar medida de diámetro de probeta.
5. Poner almohadillas de neopreno en la base.
6. Generar rotura de probeta, esto se logra aplicando velocidad continua y contante de la carga desde el principio, teniendo presente registrar el valor de la máxima carga.
7. Determinar la resistencia, cuyo valor se obtiene al dividir cargas máximas que soporto la probeta por área promedio de la sección.
8. Registrar fecha de llegada de las probetas al laboratorio y de la prueba realizada, su codificación, su diámetro, antigüedad, la carga máxima que se aplicó, la falla según su tipo, y todas las fracturas que se identifican así como

también deberá registrarse la masa de los cilindros, en caso de que se mida.

Según Hernández y Rodas (2018, p. 20), **resistencia a flexión**, esfuerzo que resulta de aplicar fuerzas en sentido perpendicular en el eje del elemento que tiende doblarlo, lo cual se mide en base al módulo de rotura y es inferior a la compresión; y se obtiene a partir de una viga sometida a carga en el eje central (tercios de la luz). Este ensayo se ejecuta sobre la viga con 150 x 150 x 500 mm (ASTM C78), dentro de 28 días de curado, debido a representar resistencia del diseño de concreto. La resistencia promedio de flexión para pavimentos rígidos es usualmente de 10 a 15 % superior a la resistencia mínima que se especifica para que se acepte un concreto. (Reglamento Nacional de Edificaciones 2010, p. 50)

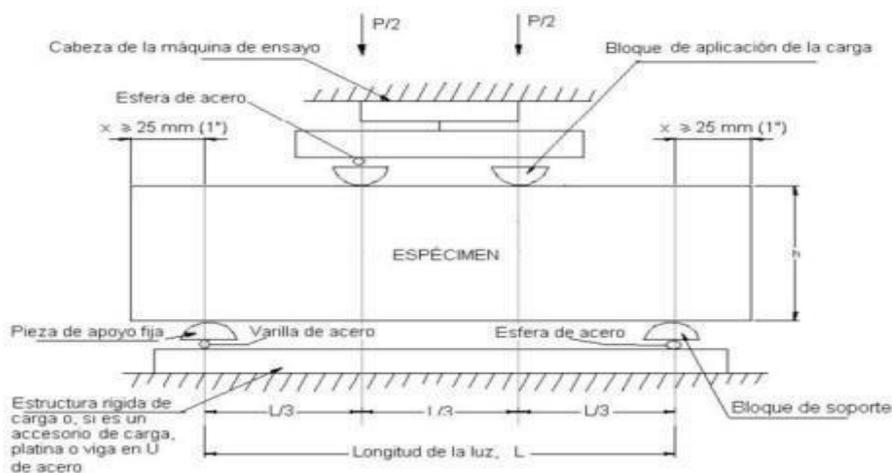


Figura 3. Ensayo de resistencia a la flexión.

Fuente: MTC E 709 (2016)

De acuerdo con la norma MTC (2016, p. 825), módulo de rotura se calcula:

$$Mr = \frac{PL}{bd^2} \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

Mr: Módulo de rotura

P: Carga máxima aplicada

L: Longitud libre entre apoyos

b: Ancho de muestra

d: Altura de muestra

El módulo de rotura es considerado uno de los parámetros más importantes y su valor debe ser mayor o igual a 34 kg/cm² (Reglamento Nacional de Edificaciones 2010, p.). De igual manera el (MTC 2014, p. 231) expresa que los pavimentos están sometidos siempre a flexión a falla, ubicado en el punto tercio central de la luz de la viga.

El MTC (2014, p. 231) sostiene que el concreto debe tener una flexión debe superior a 34 Kg/cm² y una compresión mayor a 210 Kg/cm² (ver tabla 5).

Tabla 5 Valores idóneos de resistencia del concreto

Resistencia a la flexión (Mr) Kg/cm ²	Resistencia a la compresión Kg/cm ²
34	210
40	280
42	300
45	350

Fuente: MTC (2014)

La NTP 339.078 (2017, p. 1) indica que el ensayo de resistencia a la flexión deberá realizarse según lo siguiente:

1. Extraer la viga del área de curado y retirar con la ayuda de una espátula todas las rebabas que pueda tener.
2. Se mide y se marca la viga (centro y tercios de luz).
3. Determinar las superficies en una viga con una aproximación de 1mm (luz, ancho, altura).
4. Posicionar sobre los rodillos la viga y aplicar carga de manera suave y constante para causar rotura.

6. Realizar los respectivos registros del ensayo (fecha de llegada de la viga al laboratorio, fecha de ensayo, código de viga, superficie o dimensiones y carga aplicada)

En lo referido a la **resistencia a la tracción**, de acuerdo con Masías (2018, p. 18), en el caso del concreto, se obtiene a partir de la resistencia a fallas en losa de concreto no reforzada.

Tanto la tracción como la compresión están implicadas dado que, al disminuir la compresión, disminuye la tracción; situación que puede revertirse cuando al lograrse una adherencia buena entre la pasta y el agregado (Masías 2018, p.18).

La tracción directa (f_t) o tracción del concreto, es un valor que oscila entre el 8% y el 15% ; y el tipo de ensayo para ella depende en gran medida de la resistencia en compresión (f'_c); en tanto, el ensayo en tracción directa no es fácil de realizar; lo cual corresponde al tamaño de la probeta, la baja tracción del concreto, su fragilidad ante la fuerza soportada y la dificultad de recibir cargas sin producir concentraciones de esfuerzos que distorsione los resultados de los ensayos; es un resultado que también depende de los agregados y de la presencia estados biaxiales o triaxiales, y avanza con mayor rapidez en el tiempo que la compresión (Ottazzi 2011, p. 16).

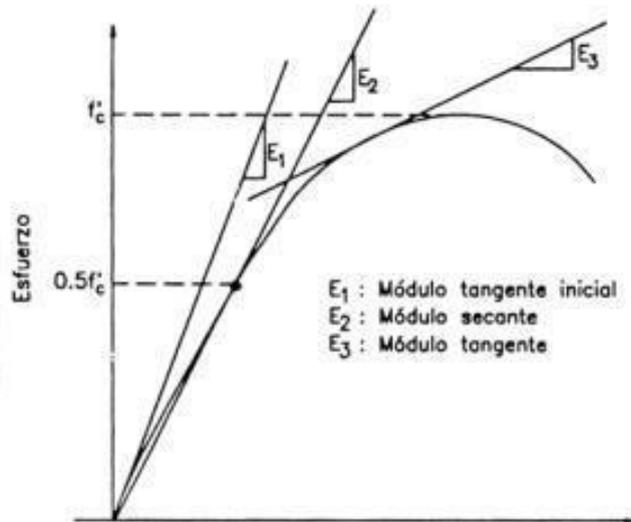


Figura 4. Ensayo de tracción directa.

Fuente: Ottazzi (2011, p. 16)

En concordancia con la NTP 339.084 (2017, p. 4), resistencia a tracción es obtenido por ensayo de compresión diametral y el ensayo de este módulo se realiza como se describe a continuación:

1. Medir las dimensiones del cilindro.
2. Poner en forma centrada para evitar fallas.
3. Iniciar el ensayo hasta lograr su ruptura.

En referencia a los **pavimentos rígidos**, de acuerdo con Castro, Castro y Castro (2020, p. 17), son losas de concreto hidráulico armado o simple, que por su rigidez tiene la capacidad de absorber gran parte de los esfuerzos y distribuirlos de manera uniforme, razón por la cual tienen la propiedad de soportar cargas vehiculares; estas losas se apoyan sobre la subrasante para brindar estructura y funcionalidad.

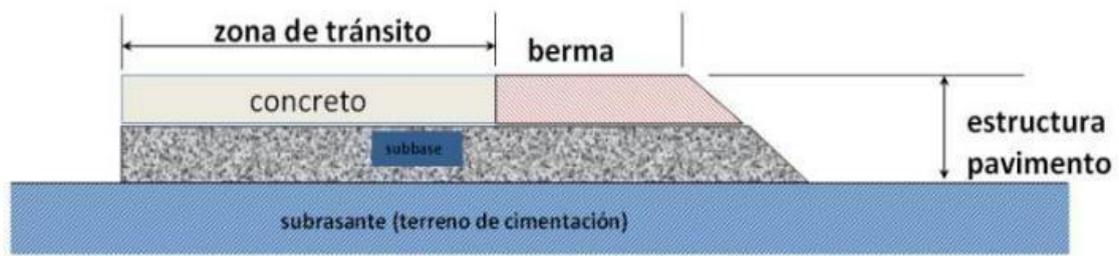


Figura 5. Estructura de pavimento rígido.

Fuente: Pacco (2021, p. 14)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Lo referido al enfoque fue cuantitativo, visto que las variables estudiado se procesaron partiendo de la observación, las cuales se midieron posteriormente empleando para este fin pruebas estadísticas (Hernández- Sampieri y Mendoza 2018, p. 34).

En relación al tipo de investigación, se optó por aplicada pues tuvo como característica la aplicación inmediata, para solventar los problemas que se presentan dentro del objeto de estudio (Cabezas, Naranjo y Torres 2018, p. 34)

En lo que se refiere al diseño, este fue cuasiexperimental ya que la variable independiente tuvo una manipulación intencional a efecto de que se analicen que efecto generó esta manipulación de variable dependiente, partiendo de una situación que estuvo previamente controlada por el investigador (Hernández- Sampieri y Mendoza 2018, p. 173).

En función nivel o alcance, investigación fue explicativa debido a que este tipo de estudios tienen como fin responder la causa o causas que propicia el problema estudiado, explicar porque está ocurriendo y las condiciones en las cuales se manifiesta, o también saber porque puede darse la relación entre más de dos variables (Hernández-Sampieri y Mendoza 2018, pp. 111-112).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado

Definición conceptual: El polietileno de alta densidad (HDPE), ofrece un desempeño adecuado dentro del denominado concreto sustentable al ser un tipo de plástico que solamente ha sido utilizado una sola vez (Napper y Thompson,2020, p. 6; Patrício et al., 2020, p. 6). Se obtiene de envases de productos lácteos, detergentes o productos químicos, de las bolsas que se emplean para productos frescos, así como de tuberías para drenajes, saneamiento y para proteger cables (REPSOL, 2022, p. 2).

Definición operacional: El polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado medirá en función al porcentaje adicionado.

Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido

Definición conceptual: Son características que se obtienen a partir de ensayo de laboratorio donde el concreto endurecido es sometido a esfuerzos, siendo las de mayor importancia resistencia a compresión, flexión y tracción (Solís, Moreno y Arcudia, 2008, p. 216).

Definición operacional: Las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido será medido por medio de resistencia a compresión, flexión y tracción.

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable independiente Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado	El polietileno de alta densidad (HDPE), ofrece desempeño adecuado dentro del denominado concreto sustentable al ser un tipo de plástico que solamente ha sido utilizado una sola vez (Napper y Thompson, 2020, p. 6; Patrício et al., 2020, p. 6). Se obtiene de envases de productos lácteos, detergentes o productos químicos, de las bolsas que se emplean para productos frescos, así como de tuberías para drenajes, saneamiento y para proteger cables (REPSOL, 2022, p. 2)	El polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado se medirá en función del porcentaje de adición	Dosificación	Porcentaje de adición 0% (patrón)	De razón
				Porcentaje de adición 2.5% (experimental)	De razón
				Porcentaje de adición 5% (experimental)	De razón
				Porcentaje de adición 7.5% (experimental)	De razón
Variable dependiente Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido	Las propiedades mecánicas son características se obtiene a partir de ensayos de laboratorio donde el concreto endurecido es sometido a esfuerzos. Propiedades mecánicas más importantes para distintos tipos de concreto son resistencia a compresión y flexión (Solís, Moreno y Arcudia, 2008, p. 216)	Las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido será medida a partir de resistencia a compresión, flexión y tracción	Resistencia a compresión	Carga axial máxima	De razón
				Resistencia	De razón
			Resistencia a flexión	Fuerza perpendicular máxima	De razón
				Módulo de rotura	De razón
			Resistencia a tracción	Tracción indirecta	De razón
				Resistencia	De razón

3.3. Población, muestra y muestreo

La población corresponde al conjunto de unidades que serán analizadas y que se encuentran dentro del espacio donde se realiza el estudio (Carrasco, 2019, p. 236). Para esta investigación, la población estuvo representada por la totalidad del concreto hidráulico para pavimento rígido en Lima.

El muestreo empleado se basó fue el no probabilístico, por medio del cual se seleccionó la muestra a partir de una intención clara o de un criterio preestablecido. La muestra que se obtuvo fue una representación de la población en estudio (Niño 2019, p. 57).

La muestra, se define como un subgrupo del total de elementos de la población que permite la obtención de información, debiendo esta ser representativa con el propósito de poder realizar la generalización de los resultados que se obtengan (Hernández-Sampieri y Mendoza 2018, p. 196). En este sentido, las muestras estuvieron representada por 9 probetas cilíndricas de concreto hidráulico para pavimento rígido sin adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado denominado muestra de control y 27 probetas cilíndricas de concreto hidráulico para pavimento rígido con adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado denominado muestra experimental, todo

por lo establecido en norma NTP 339.034. También fue parte de la muestra 3 vigas prismáticas de concreto hidráulico para pavimento rígido sin adición de material reciclado se denominó muestra de control y 9 vigas prismáticas de concreto hidráulico para pavimento rígido con adición de material reciclado se denominó muestra experimental, todo a partir de lo establecido a la norma NTP 339.078. Finalmente integró la muestra 3 probetas cilíndricas de concreto hidráulico para pavimento rígido sin adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado se denominó muestra de control y 9 probetas cilíndricas de concreto hidráulico para pavimento rígido con adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado se denominó muestra experimental, todo enfocado a lo establecido a normas NTP 339.084. (ver tabla 6)

Tabla 6 Muestra de la investigación

Tipo de muestra	Ensayo	7 días de curado	14 días de curado	28 días de curado	Total
Probetas control	Resistencia a compresión	3	3	3	9
Probetas experimentales		9	9	9	27
Prisma control	Resistencia a flexión	-	-	3	3
Prisma experimental		-	-	9	9
Probetas control	Resistencia a tracción			3	3
Probetas experimentales				9	9

Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó para efecto de investigación como técnica la observación, siendo Hernández-Sampieri y Mendoza (2018, p. 97) lo define como un método empírico el cual le permite al investigador apreciar de una forma directa el objeto en estudio basándose en las condiciones naturales que se da, basado en los objetivos que se ha establecido previamente, requiriendo del empleo de medios científicos para su realización. Así mismo, el instrumento utilizado fue ficha de registro de observación, siendo definida por Arias (2020, p. 55) como aquel instrumento que permite identificar los aspectos del objeto en estudio (características, funcionalidad, comportamiento, entre otros), siendo utilizada en estudios con diseño experimental y en los que poseen un diseño no experimental.

Los instrumentos deben poseer con su respectiva validez, y consiste en

aquel grado que señala si el contenido de un instrumento se diseñó adecuadamente en concordancia a lo que está dispuesto a medir (Arispe et al. 2020, p. 79). Para efecto del presente estudio, se utilizó validez de contenido mediante juicio de expertos, emitido por 03 docentes expertos pertenecientes a la Universidad Cesar Vallejo (ver anexo 4).

También se debe señalar, que un instrumento debe poseer una adecuada confiabilidad, siendo esta el grado que indica que el mencionado instrumento al momento de aplicarse a una misma muestra repetidamente produce unos resultados que son consistentes e iguales (Arispe et al. 2020, p. 81).

Durante la ejecución del estudio, los ensayos de laboratorios requeridos para propiedades físicas en agregados y aquellos necesarios para conocer propiedades mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos rígidos adicionando polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado (compresión, flexión y tracción) se realizaron en laboratorios certificados que disponen de equipos funcionales y calibrados correctamente a partir de los parámetros señalados en las respectivas normas (ver anexo 5).

3.5. Procedimiento

El procedimiento propuesto en el desarrollo de la investigación a efecto de determinar propiedades mecánicas con concreto hidráulico en pavimentos rígidos con adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Lima 2022, se realizó de acuerdo a lo indicado en la figura 6.



Figura 6. procedimiento.

El procedimiento a seguir se realizó a partir de las siguientes etapas:

1. Limpieza del polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado. Esta actividad tuvo como fin eliminar la suciedad e impurezas que pueda presentar en la superficie del mismo.
2. Preparación del polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado. Luego de encontrarse limpio el material reciclado, se verificó que el mismo se diera de acuerdo a las características necesarias para la incorporación a la mezcla de concreto, verificando su tamaño.
3. Determinar las propiedades físicas de agregados. Fue realizado ensayos granulométricos, módulo de fineza, humedad (%), peso unitario suelto, compactado de agregado gruesos y finos en diseño de mezcla de concreto hidráulico a utilizar.
4. Diseño de la mezcla de concreto hidráulico: Siguiendo procedimientos especificados en el método ACI, se realizó diseños en mezcla de concreto hidráulico para pavimento rígido, siendo dos tipos de mezcla: control (sin adición de material reciclado) y experimental (con adición de porcentajes de HDPEr en proporciones de 2.5%, 5% y 7.5% respectivamente).
5. Determinación de propiedades mecánicas: Se realizaron ensayos para conocer propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido:
 - a. Resistencia a compresión: Se ejecutó siguiendo los señalado en la NTP 339.034 (muestra control y muestra experimental) siendo los días de curado para las probetas: 7, 14 y 28 días respectivamente.
 - b. Resistencia a flexión: Se ejecutó siguiendo los señalado en la NTP 339.078 (muestra control y muestra experimental) para 28 días de curado de prismas diseñados.
 - c. Resistencia a tracción: Se ejecutó siguiendo los señalado en la NTP 339.084 (muestra control y muestra experimental) para los 28 días de curado de las probetas diseñadas.
6. Analizar los resultados: Se desarrolló análisis de resultados del

procesamiento estadístico descriptivo e inferencial que permita comprobar cuál es el comportamiento mecánico de la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en mezcla de concreto hidráulico para pavimento rígido.

3.6. Método de análisis de datos

Recopilada toda información de ensayos hechos a las muestras control y experimental relacionados a propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígidos en adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, se procedió a la tabulación de los mismos. Posteriormente, se trasladados al software estadístico SPSS V26 con la finalidad de realizar el análisis estadístico descriptivo, empleando para ello tablas de frecuencia, así mismo se dio análisis inferencial, a través de prueba de regresión lineal con Anova, lo que permitió comprobar las hipótesis planteadas. Toda la información estadística se presentó por medio del empleo de tablas y gráficos. Seguidamente se realizó la confrontación de los resultados obtenidos con la bibliografía científica que da soporte a la investigación para el desarrollo de la discusión respectiva. Finalmente, se realizaron la conclusión y recomendación respectiva.

3.7. Aspectos éticos

La investigación destaco estándares existentes y permitidos dentro del campo de la investigación científica, en las normas ISO 690-2 y guía de elaboración de trabajos de investigación de la UCV. Así mismo, se respetaron los valores éticos como lo son originalidad, seriedad y compromiso con las informaciones.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo

4.1.1. Caracterización de los insumos para diseño de mezclas de concreto

Agregados naturales: El material grueso (piedra chancada) y el material fino (arena natural), se extrajeron desde una cantera Trapiche ubicada distrito en Comas. Dichos agregados naturales cumplen los especificado dentro de las normas NTP 400.037.



Figura 7. Ubicación de la cantera.



Figura 8. Cantera Trapiche.



Figura 9. Agregados naturales.

Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado: Se adquirió de empresa especializada en la recolección y tratamiento de material reciclado. Una vez recolectado el material reciclado, el mismo se procedió a su lavado y desinfección con hipoclorito sódico (ver figura 10), posteriormente se sometió a su trituración (ver figura 11), obteniéndose granos con tamaños entre 3 a 5 mm (ver figura 12)



Figura 10. Lavado de material reciclado.



Figura 11. Triturado de material reciclado.



Figura 12. Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado.

Cemento: Se empleó cemento portland tipo I (uso general), el cual se acoge a especificaciones técnicas propuestas en la NTP 334.009.

Tabla 7 Propiedades físicas y químicas cemento portland tipo I

Parámetro	Unidad	Valor	Requisito
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.13	No específica
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
C2S	%	12	No específica
C3S	%	55	No específica
C3A	%	10	No específica
C4AF	%	10	No específica
MgO	%	2.9	Máximo 6.0

Fuente: Cementos SOL

Agua: Fue empleado agua potabilizado proveniente de la red pública, lo cual se encuentra en límites establecidos por norma NTP 339.088.

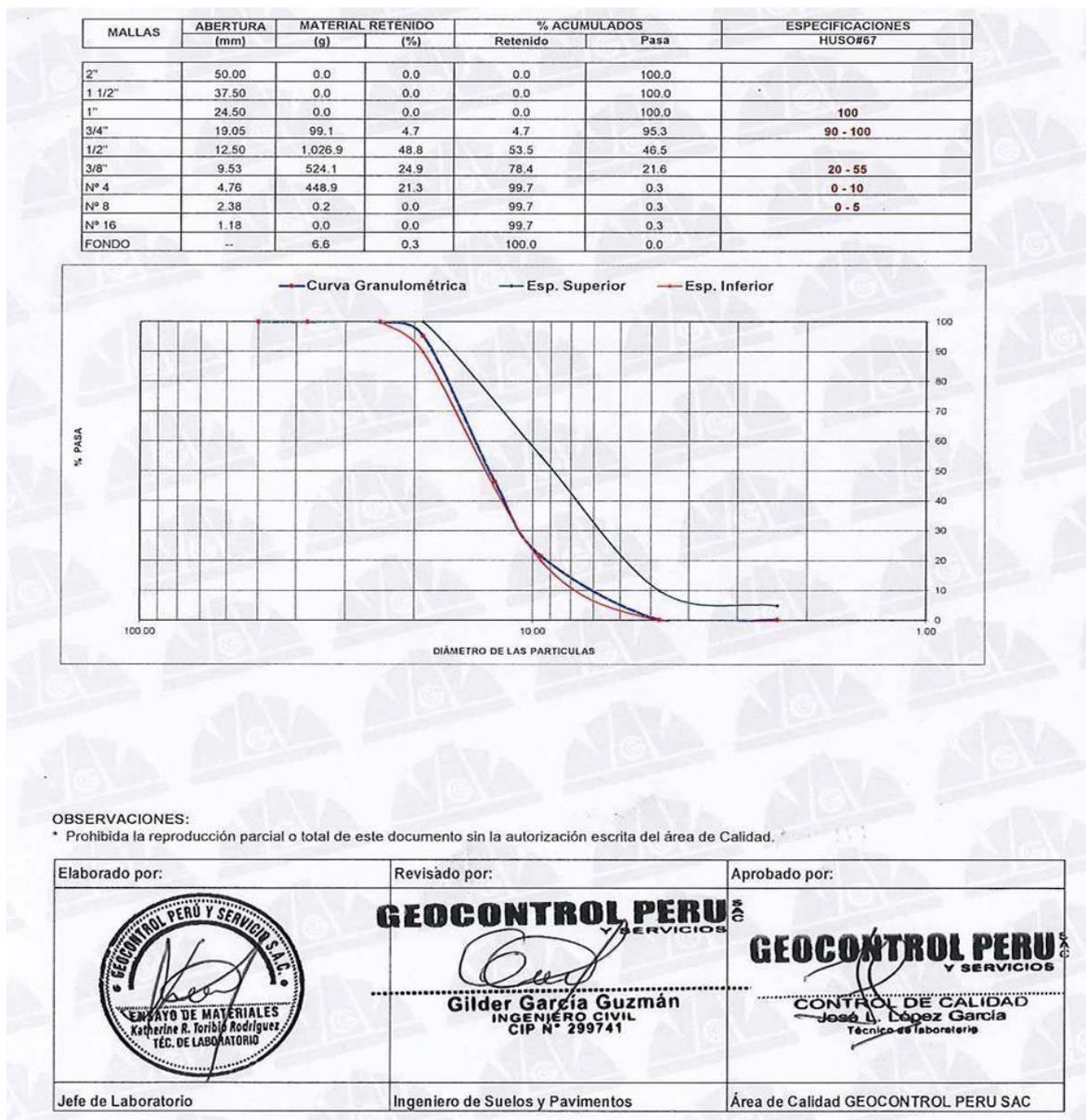
Tabla 8 Límites máximo permisibles del agua para diseño de mezclas de concreto

Descripción	Valor	LMP
Sólidos en suspensión	500	ppm máximo
Materia Orgánica	3	ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm máximo
Cloruro (ion CL)	1000	ppm máximo
pH	5 a 8	ppm máximo

Fuente: NTP 339.088

4.1.2. Análisis de las propiedades físicas de los agregados naturales

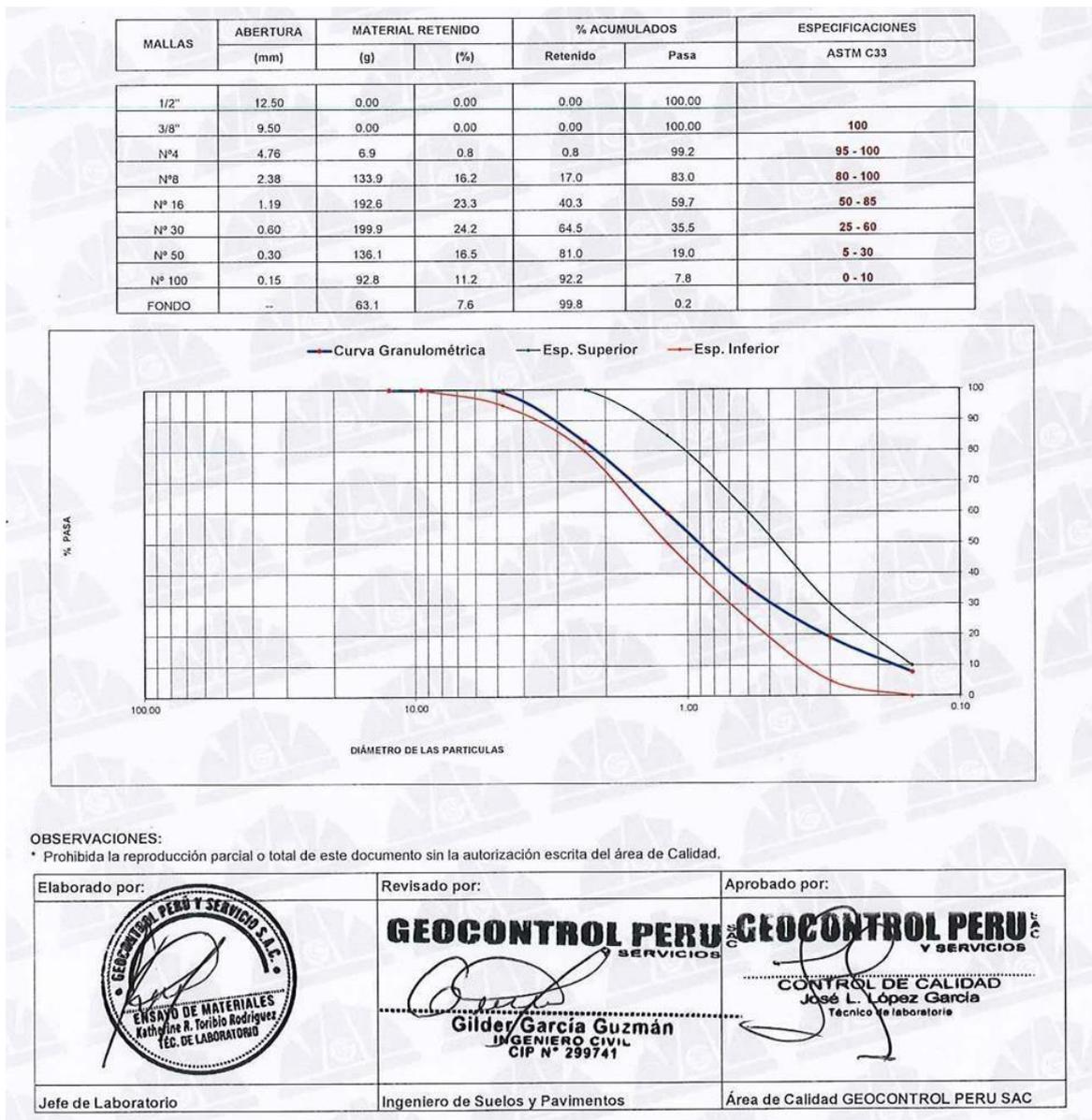
Figura 13 Análisis granulométrico agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Apresiasiéndose la figura 13, se llevó a cabo la granulometría para el material grueso todo conforme a lo señalado en la norma NTP 400.012, evidenciándose que posee una granulometría competente al diseño de mezclas de concreto, al encontrarse en los parámetros para el uso granulométrico 56 conforme a lo que señala la norma NTP 400.037 estando dentro de los límites inferior y superior esperados.

Figura 14 Análisis granulométrico agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Al apreciarse figura 14, se llevó a cabo granulometría con el material fino todo conforme a lo señalado en la norma NTP 400.012, evidenciándose que cuenta con una granulometría competente para un diseño de mezclas de concreto, al encontrarse en los parámetros que señala la norma NTP 400.037 estando dentro de límites inferiores y superiores.

Tabla 9 Propiedades físicas de los agregados

Propiedad física	Agregado fino	Agregado Grueso
Módulo de fineza	2.96	6.82
Humedad (%)	2.00	0.40
Peso unitario suelto (gr/c ³)	1.535	1.420
Peso unitario compactado (gr/c ³)	1.761	1.614

Fuente: Elaboración propia

Al apreciar tabla 9, el valor reportado para módulo de fineza en agregado fino se ubica en los estándares que señala la norma NTP 400.012. Ahora bien, el material grueso, se aprecia un valor que es superior al agregado fino, sin embargo, está en los parámetros que señala la norma.

En cuanto al porcentaje de humedad, se aprecia que al material fino posee un valor de 2.0%, siendo superior al valor que posee el agregado grueso (0.40%). Esta información es esencial pues se logra conocer con exactitud la cantidad de agua requerida para el amasado, a fin que se logre resistencia requerida.

En lo que respecta a peso unitario suelto y compactado para agregado fino tuvo un valor 1.535 y 1.761 gr/c³ respectivamente, así mismo, peso unitario suelto y compactado para el agregado grueso obtuvo un valor 1.420 y 1.614 gr/c³ respectivamente, infiriéndose que en los dos tipos de agregados, peso unitario compactado es mayor al suelto, pues añade una cantidad mayor de material por volumen propuesto.

4.1.3. Diseño de mezcla

Diseño de mezcla de concreto con diseño 280 kg/cm², fue realizado por medio de especificaciones de la norma ACI 211. La tabla 10 muestra el diseño para un concreto patrón.

Tabla 10 Diseño de mezcla para concreto patrón

DATOS DE ENTRADA		VALOR	UNIDAD
Resistencia a compresión requerida		280	kg/cm ²
Asentamiento		3.7	in
Módulo de fineza agregado fino		2.96	-
Módulo de fineza agregado grueso		6.82	-
Tamaño máximo nominal		3/4	in
Peso específico cemento SOL Tipo I		3.12	gr/cm ³
Peso unitario suelto agregado fino		1535	kg/cm ³
Peso unitario suelto agregado grueso		1420	kg/cm ³
Peso compactado agregado fino		1761	kg/cm ³
Peso compactado agregado grueso		1614	kg/cm ³
Absorción agregado fino		1.4	%
Absorción agregado grueso		1.1	%
Humedad natural agregado fino		2.0	%
Humedad natural agregado grueso		0.4	%
DISEÑO EN ESTADO SECO m³			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	353	kg/m ³
Agua	A	215	lt/m ³
Agregado fino	AF	795	kg/m ³
Agregado grueso	AG	870	kg/m ³
CORRECCIÓN POR HUMEDAD m³			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Agregado fino	AF	810.5	kg/m ³
Agregado grueso	AG	873.9	kg/m ³
CANTIDAD DE MATERIAL m³ EN PESO POR HUMEDAD			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	353	kg/m ³
Agua	A	216	lt/m ³
Agregado fino	AF	811	kg/m ³
Agregado grueso	AG	874	kg/m ³
CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO DE ESPECÍMENES (45 lt)			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	15.89	Kg
Agua	A	9.73	Lt
Agregado fino	AF	36.47	Kg
Agregado grueso	AG	39.33	Kg

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al diseño de mezcla para el concreto experimental, como se realizó la adición del material reciclado al concreto patrón, se mantuvo el mismo diseño variando solamente el peso del material de polietileno de alta densidad de acuerdo

en porcentajes dosificados, apreciados en las tablas 11, 12 y 13.

Tabla 11 Cantidad de material reciclado para una dosificación del 2.5%

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO 2.5%			
CANTIDAD DE MATERIAL m³ EN PESO POR HUMEDAD			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	353	kg/m ³
Agua	A	216	lt/m ³
Agregado fino	AF	811	kg/m ³
Agregado grueso	AG	874	kg/m ³
Polietileno de alta densidad (2.5%)	HDPE	8.83	kg/m ³
CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO DE ESPECÍMENES (45 lt)			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	15.89	Kg
Agua	A	9.73	Lt
Agregado fino	AF	36.47	Kg
Agregado grueso	AG	39.33	Kg
Polietileno de alta densidad (2.5%)	HDPE	0.40	Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12 Cantidad de material reciclado para una dosificación del 5%

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO 2.5%			
CANTIDAD DE MATERIAL m³ EN PESO POR HUMEDAD			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	353	kg/m ³
Agua	A	216	lt/m ³
Agregado fino	AF	811	kg/m ³
Agregado grueso	AG	874	kg/m ³
Polietileno de alta densidad (5%)	HDPE	17.65	kg/m ³
CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO DE ESPECÍMENES (45 lt)			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	15.89	Kg
Agua	A	9.73	Lt
Agregado fino	AF	36.47	Kg
Agregado grueso	AG	39.33	Kg
Polietileno de alta densidad (5%)	HDPE	0.79	Kg

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Cantidad de material reciclado para una dosificación del 7.5%

POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO 2.5%			
CANTIDAD DE MATERIAL m ³ EN PESO POR HUMEDAD			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	353	kg/m ³
Agua	A	216	lt/m ³
Agregado fino	AF	811	kg/m ³
Agregado grueso	AG	874	kg/m ³
Polietileno de alta densidad (7.5%)	HDPE	26.48	kg/m ³
CANTIDAD DE MATERIAL PARA EL DISEÑO DE ESPECÍMENES (45 lt)			
DATOS	DENOMINACIÓN	VALOR	UNIDAD
Cemento	C	15.89	Kg
Agua	A	9.73	Lt
Agregado fino	AF	36.47	Kg
Agregado grueso	AG	39.33	Kg
Polietileno de alta densidad (7.5%)	HDPE	1.19	Kg

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Ensayo de laboratorio.

4.1.4. Resultados del objetivo específico 1: Resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%.

Tabla 14 Ensayo a compresión antigüedad 7 días

Identificación de la probeta	Edad	% HDPE RECICLADO	Diseño (kg/cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo promedio (kg/cm ²)	% Diseño	% Promedio Diseño
PP-01	7 días	0%	280	219.80	223.00	79%	80%
PP-02			280	222.40		79%	
PP-03			280	226.80		81%	
PE-01-HDPE2.5	7 días	2.50%	280	235.90	236.77	84%	85%
PE-02-HDPE2.5			280	239.80		86%	
PE-03-HDPE2.5			280	234.60		84%	
PE-01-HDPE5	7 días	5.00%	280	222.10	223.70	79%	80%
PE-02-HDPE5			280	219.70		78%	
PE-03-HDPE5			280	229.30		82%	
PE-01-HDPE7.5	7 días	7.50%	280	206.10	209.80	74%	75%
PE-01-HDPE7.5			280	209.40		75%	
PE-01-HDPE7.5			280	213.90		76%	

Fuente: Elaboración propia

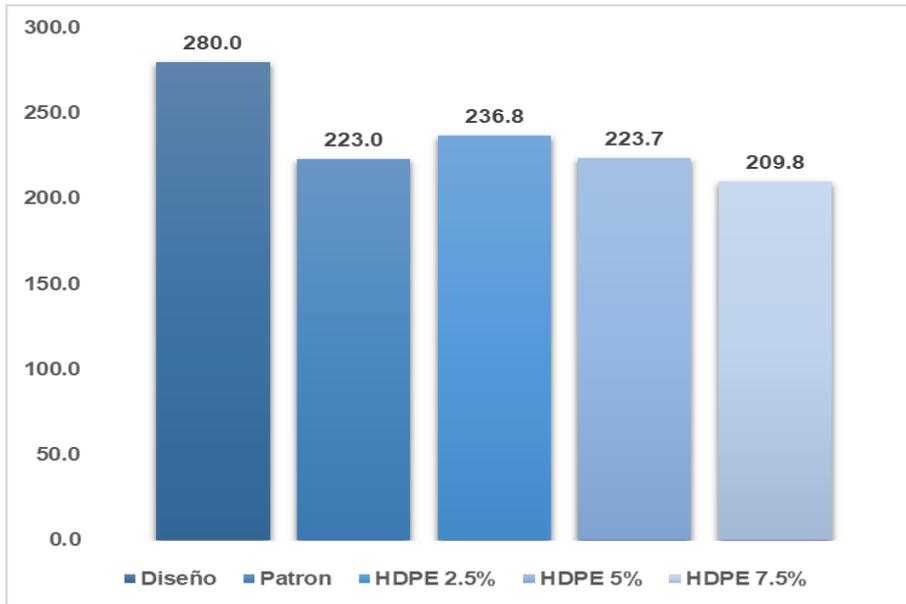


Figura 15. Ensayo a compresión antigüedad 7 días.

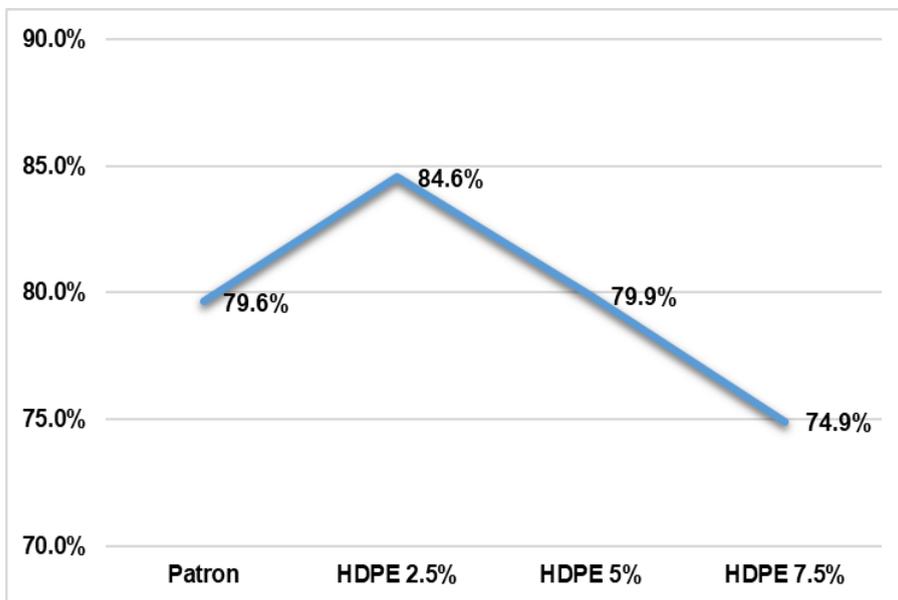


Figura 16. Resistencia alcanzada en relación al diseño antigüedad 7 días.

Al apreciar tabla 14 y en las figuras 15 y 16, para una antigüedad de 7 días el promedio de compresión logrado para el concreto patrón fue de 223.0 kg/cm² siendo el porcentaje de resistencia promedio alcanzado respecto al diseño del 79.6%. En cuanto al concreto experimental, con una adición de 2.5% de HDPE

reciclado reportó una compresión promedio de 236.8 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 84.6%, evidenciando una mejora en la compresión del 6.2% respecto al concreto patrón. Así mismo, con una adición del 5% de HDPE reciclado reportó una compresión promedio de 223.7 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 79.9%, sin evidenciar mejora alguna respecto al concreto patrón. Finalmente, con una adición de 7.5% de HDPE reciclado reportó una compresión promedio de 209.8 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 74.9%, evidenciando una disminución en la compresión del 5.9% en relación al concreto patrón.

Tabla 15 Resiste Ensayo a compresión antigüedad 14 días

Identificación de la probeta	Edad	% HDPE REICLADO	Diseño (kg/cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo promedio (kg/cm ²)	% Diseño	% Promedio Diseño
PP-01	14 días	0%	280.0	244.9	244.6	87.5%	87.4%
PP-02			280.0	245.8		87.8%	
PP-03			280.0	243.1		86.8%	
PE-01-HDPE2.5	14 días	2.50%	280.0	244.7	247.9	87.4%	88.5%
PE-02-HDPE2.5			280.0	251.7		89.9%	
PE-03-HDPE2.5			280.0	247.4		88.4%	
PE-01-HDPE5	14 días	5.00%	280.0	223.3	222.3	79.8%	79.4%
PE-02-HDPE5			280.0	217.9		77.8%	
PE-03-HDPE5			280.0	225.6		80.6%	
PE-01-HDPE7.5	14 días	7.50%	280.0	225.2	224.7	80.4%	80.2%
PE-01-HDPE7.5			280.0	220.5		78.8%	
PE-01-HDPE7.5			280.0	228.3		81.5%	

Fuente: Elaboración propia

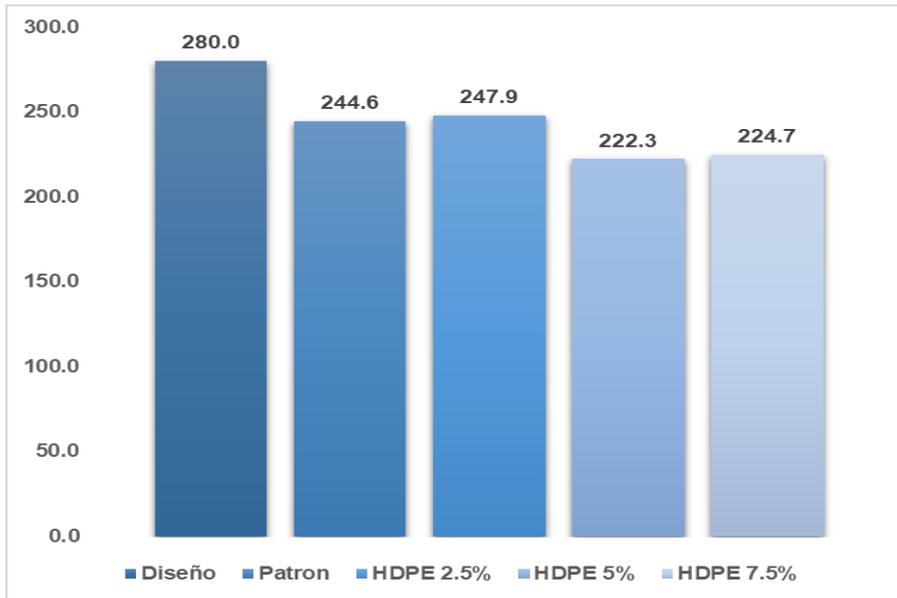


Figura 17. Ensayo a compresión antigüedad 14 días.

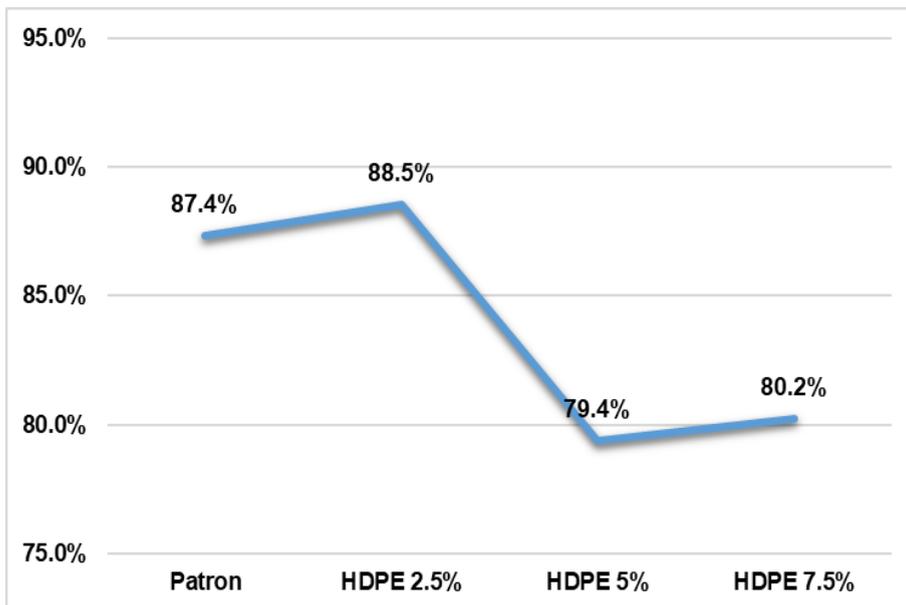


Figura 18. Resistencia alcanzada en relación al diseño antigüedad 14 días.

Al observar tabla 15, en las figuras 17 y 18, para una antigüedad de 14 días el promedio de compresión logrado por el concreto patrón es de 244.6 kg/cm² siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 87.4%. En cuanto al concreto experimental, con una adición de 2.5% de HDPE reciclado reportó una compresión

promedio de 247.9 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 88.05%, evidenciando una mejora en la compresión del 1.4% respecto al concreto patrón. Así mismo, con una adición del 5% de HDPE reciclado se reportó una compresión promedio de 223.3 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 79.4%, evidenciando disminución en la compresión de 9.1% respecto al concreto patrón. Finalmente, con una adición de 7.5% de HDPE reciclado se reportó compresión promedio de 224.7 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 80.2%, evidenciando disminución en la compresión de 8.1% respecto al concreto patrón.

Tabla 16 Ensayo a compresión antigüedad 28 días

Identificación de la probeta	Edad	% HDPE RECICLADO	Diseño (kg/cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo promedio (kg/cm ²)	% Diseño	% Promedio Diseño
PP-01	28 días	0%	280.0	301.9	295.7	107.8%	105.6%
PP-02			280.0	292.4		104.4%	
PP-03			280.0	293.0		104.6%	
PE-01-HDPE2.5	28 días	2.50%	280.0	305.6	309.3	109.1%	110.5%
PE-02-HDPE2.5			280.0	316.8		113.1%	
PE-03-HDPE2.5			280.0	305.4		109.1%	
PE-01-HDPE5	28 días	5.00%	280.0	282.3	284.7	100.8%	101.7%
PE-02-HDPE5			280.0	291.7		104.2%	
PE-03-HDPE5			280.0	280.0		100.0%	
PE-01-HDPE7.5	28 días	7.50%	280.0	253.2	255.5	90.4%	91.2%
PE-01-HDPE7.5			280.0	249.6		89.2%	
PE-01-HDPE7.5			280.0	263.6		94.1%	

Fuente: Elaboración propia

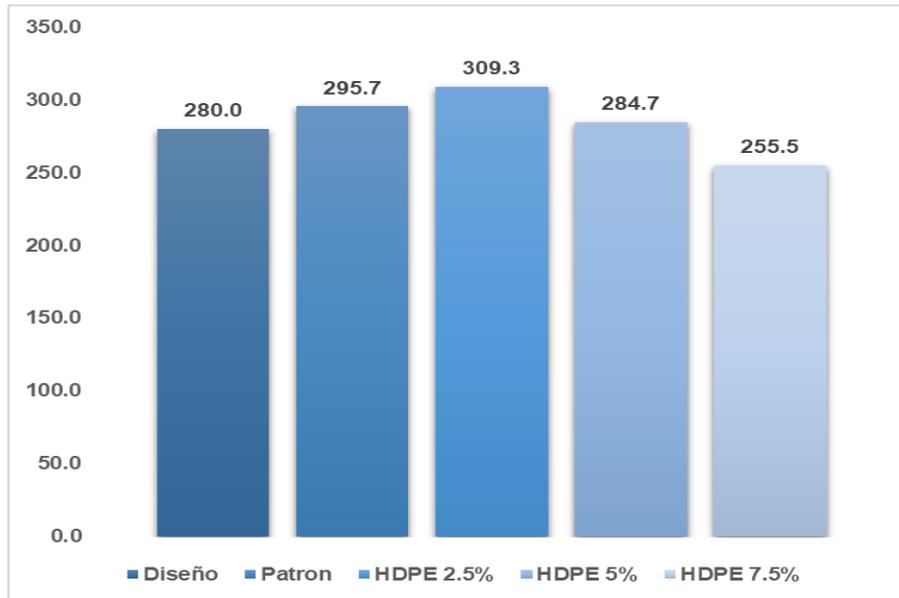


Figura 19. Ensayo a compresión antigüedad 28 días.

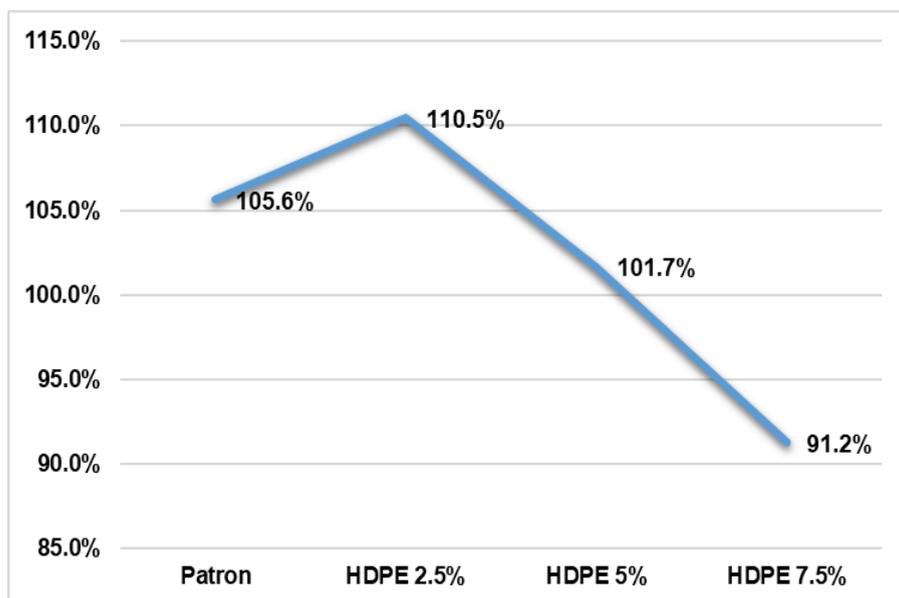


Figura 20. Resistencia alcanzada en relación al diseño antigüedad 28 días.

Al apreciar tabla 16, en las figuras 19 y 20, para una antigüedad de 28 días el promedio de compresión logrado en el concreto patrón fue de 295.7 kg/cm² siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 105.6%. En cuanto al concreto experimental, con una adición de 2.5% de HDPE reciclado reportó una compresión promedio de 309.30 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 110.5%, evidenciando un incremento en la compresión del 4.6%

respecto al concreto patrón. Así mismo, con una adición del 5% de HDPE reciclado se reportó compresión promedio de 284.7 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 101.7%, evidenciando una disminución en la compresión del 3.8% respecto al concreto patrón. Finalmente, con una adición de 7.5% de HDPE reciclado se reportó una compresión promedio de 255.5 kg/cm², siendo el porcentaje alcanzado respecto al diseño del 91.2%, evidenciando una disminución en la compresión del 13.6% respecto al concreto patrón.

Al observarse en los resultados anteriores, el mejor resultado obtenido en el concreto hidráulico respecto al diseño propuesto 280 kg/cm² se logra con la adición de 2.5% y 5% de HDPE reciclado. Sin embargo, al comparar los resultados de la compresión del diseño experimental en relación a los resultados del diseño patrón, se evidenció que la mezcla con adición del 2.5% de HDPE reciclado reporta el mejor resultado en los diferentes días de curado (7, 14 y 28 días). También es preciso señalar, que a medida que se da un aumento del porcentaje de adición de HDPE reciclado se experimenta una reducción de la compresión alcanzada.

4.1.5. Resultados del objetivo específico 2: Resistencia a flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%.

Tabla 17 Ensayo a flexión antigüedad 28 días

Identificación de la viga	Edad	% HDPE Reciclado	Luz libre	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)
VP-01	28 días	0%	45	42.8	43.6
VP-02			45	44.3	
VP-03			45	43.9	
VE-01-HDVE2.5	28 días	2.50%	46	44.0	45.4
VE-02-HDVE2.5			47	46.6	
VE-03-HDVE2.5			48	45.6	
VE-01-HDVE5	28 días	5.00%	45	42.9	42.1
VE-02-HDVE5			45	41.5	
VE-03-HDVE5			45	41.9	
VE-01-HDVE7.5	28 días	7.50%	45	40.5	40.9
VE-01-HDVE7.5			45	40.8	
VE-01-HDVE7.5			45	41.5	

Fuente: Elaboración propia

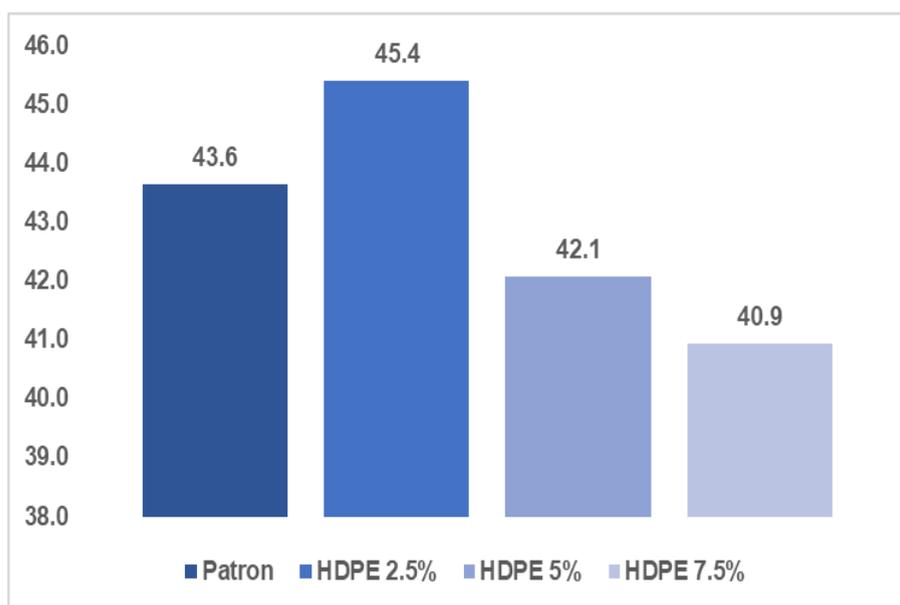


Figura 21. Ensayo a flexión antigüedad 28 días.

Al apreciar tabla 17 y 21, a una antigüedad de 28 días la flexión promedio del concreto patrón es 43.6 kg/cm², ahora bien, el concreto

experimental con una adición de 2.5% de HDPE reciclado denoto una flexión promedio de 45.4 kg/cm², evidenciando incremento respecto al concreto patrón del 4.0%. Así mismo, con una adición del 5% de HDPE reciclado se reportó una flexión promedio de 42.1 kg/cm², evidenciando disminución respecto al concreto patrón del 3.5%. Finalmente, con una adición de 7.5% de HDPE reciclado se reportó una flexión promedio de 40.9 kg/cm², evidenciando una disminución respecto al concreto patrón del 6.2%.

Como se evidencia en los anteriores resultados, el mejor resultado obtenido del concreto experimental respecto al concreto patrón, se logró para mezcla experimental en adición del 2.5% de HDPE reciclado, que a medida que se da un aumento del porcentaje de adición de HDPE reciclado se experimenta una reducción de la compresión alcanzada, así mismo, se debe indicar que a medida que se da un aumento en porcentaje de adición de HDPE reciclado se experimenta una reducción de la flexión alcanzada.

4.1.6. Resultados del objetivo específico 3: Resistencia a tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%.

Tabla 18 Ensayo a tracción antigüedad 28 días

Identificación de la probeta	Edad	% HDPE Reciclado	Diámetro (cm)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
PP-01	28 días	0%	10	11486.1	36.6	35.0
PP-02			10	10536.9	33.5	
PP-03			10	10974.8	34.9	
PE-01-HDPE2.5	28 días	2.50%	10	12182.4	38.8	38.3
PE-02-HDPE2.5			10	11951.3	38.0	
PE-03-HDPE2.5			10	11976.9	38.1	
PE-01-HDPE5	28 días	5.00%	10	10991.5	35.0	34.8
PE-02-HDPE5			10	11002.1	35.0	
PE-03-HDPE5			10	10821.7	34.4	
PE-01-HDPE7.5	28 días	7.50%	10	10191.5	32.4	32.9
PE-01-HDPE7.5			10	9997.4	31.8	
PE-01-HDPE7.5			10	10864.9	34.6	

Fuente: Elaboración propia

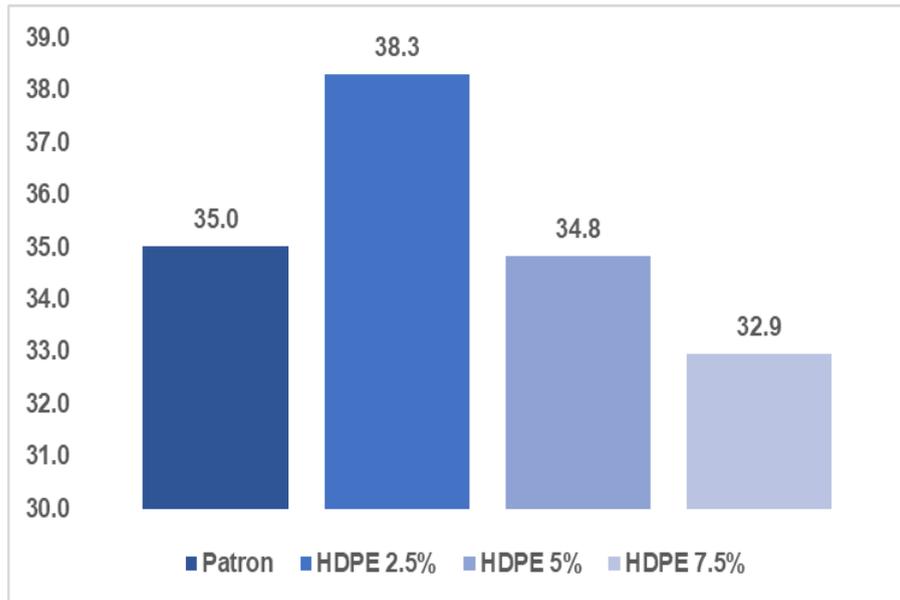


Figura 22. Ensayo a tracción antigüedad 28 días.

Al apreciar tabla 18 y 22, a una antigüedad por 28 días la resistencia promedio del concreto patrón es 35.0 kg/cm², ahora bien, concreto experimental con una adición de 2.5% de HDPE reciclado reportó resistencia promedio de 38.3 kg/cm², evidenciando un incremento en la resistencia obtenida del 9.4% respecto al concreto patrón. Así mismo, con una adición del 5% de HDPE reciclado se reportó resistencia promedio 34.08 kg/cm², evidenciando insignificante disminución del 0.6% respecto al concreto patrón, pudiéndose decir que es similar la resistencia promedio obtenida. Finalmente, con una adición de 7.5% de HDPE reciclado reportó resistencia promedio de 32.9 kg/cm², evidenciando disminución de 5.9% respecto al concreto patrón.

Al observar los resultados anteriores, el mejor resultado obtenido del concreto experimental en relación al concreto patrón, se logra una mezcla con adición del 2.5% y 5% de HDPE reciclado, en este sentido, se debe indicar que a medida que se da un aumento del porcentaje de adición de HDPE reciclado se experimenta una reducción de la resistencia alcanzada.

4.2. Análisis inferencial

Proceso de contrastación de hipótesis específicas se dio a partir de pruebas de regresión lineal, obteniendo la ANOVA, lo que permitió validar el modelo matemático resultante del referido análisis. Antes de ello, se requirió conocer como es el comportamiento de los datos, es decir, validar si presentan un comportamiento normal o un comportamiento no normal. Visto que el total de datos a ser analizados son inferiores a 30 ($n=18$), se utilizó prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, siendo la regla de decisión a considerar:

Si $\rho \leq 0.05$, datos muestran un comportamiento no normal

$\rho > 0.05$, datos muestran un comportamiento normal

Tabla 19 Prueba de normalidad para la resistencia a compresión

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Compresión	,941	9	,596
Flexión	,899	9	,245
Tracción	,909	9	,311

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

Al apreciar tabla 19 el p valor reportado para las tres pruebas del comportamiento mecánico del concreto hidráulico es mayor 0.05, con lo cual se afirma que los datos analizados poseen un comportamiento normal, la comprobación de las hipótesis específicas será por medio de la prueba de regresión lineal con Anova. Para todos los casos, se aplicarán los siguientes criterios estadísticos

$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_n = 0$ $H_a:$

$\beta_0 \neq \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_n \neq 0$ Siendo la regla

de decisión

Si $\rho \leq 0.05$, rechaza la hipótesis nula

$\rho > 0.05$, acepta la hipótesis nula

Comprobación de hipótesis específica 1

Ho: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% no mejora la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

Ha: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

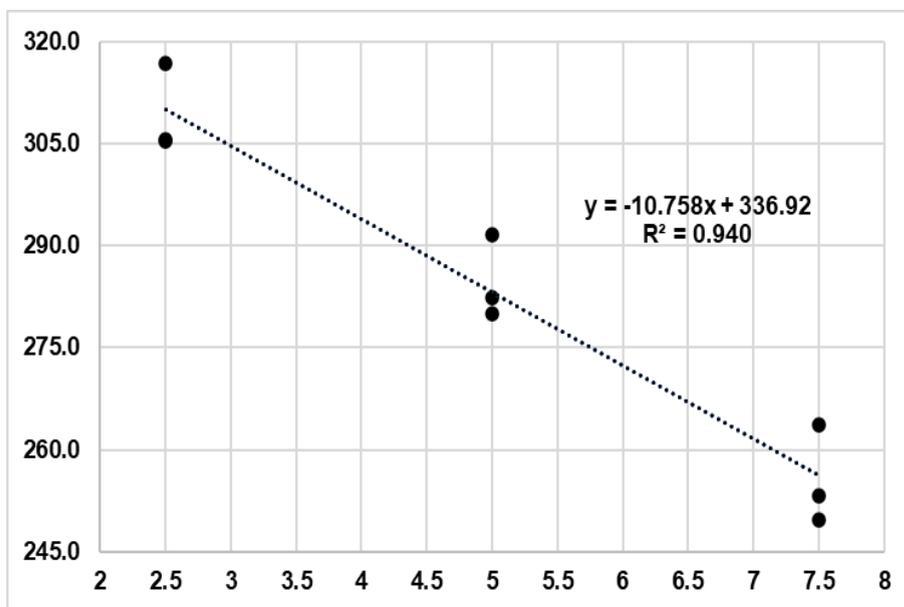


Figura 23. Diagrama de dispersión dosificación – resistencia a compresión.

Al apreciar figura 23, el diagrama de dispersión muestra como es la distribución de datos tomados en ensayos compresión respecto a la línea de tendencia de regresión lineal relacionada al incremento del porcentaje de dosificación de HDPE reciclado.

Tabla 20 Modelo de regresión lineal resistencia a compresión

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
(Constante)	336,919	5,555		60,650	,000
Dosificación	-10,758	1,029	-,969	-10,459	,000

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

- a. Variables predictoras: (Constante) Dosificación de HDPE reciclado
 b. Variable dependiente: Resistencia a compresión
 c. El modelo es: $\hat{Y} = 336.92 - 10.758X$

Tabla 21 Resumen del modelo de regresión lineal resistencia a compresión

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,969	,940	,931	6,29896

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

Al apreciar tabla 21, con la adición del porcentaje de HDPE reciclado se alcanzan mejoras en resistencia a compresión de 94.0%.

Tabla 22 Anova resistencia a compresión

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	4340,025	1	4340,025	109,384	,000
Residuo	277,738	7	39,677		
Total	4617,763	8			

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

Al apreciar tabla 22, la significancia de la prueba de Anova fue menor que 0.05, lo que evidencia que existe diferencias significativas de la varianza en compresión alcanzada en las muestras experimentales a las que se les adicionó HPDE reciclado en función del porcentaje de dosificación, con lo que, es aceptada la hipótesis alternativa permitiendo afirmar la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023, siendo la mezcla con adición de 2.5% y 5% de HDPE reciclado la que reporta mejores resultados de compresión respecto al diseño propuesto al alcanzar a los 7

días de curado un 84.6% y 79.4% respectivamente, a los 14 días 88.5% y 79.9% respectivamente, y a los 28 días 110.5% y 101.7% respectivamente.

Comprobación de hipótesis específica 2

Ho: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% no mejora la resistencia a flexión del concreto hidráulico en pavimentos rígidos, Lima 2023.

Ha: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

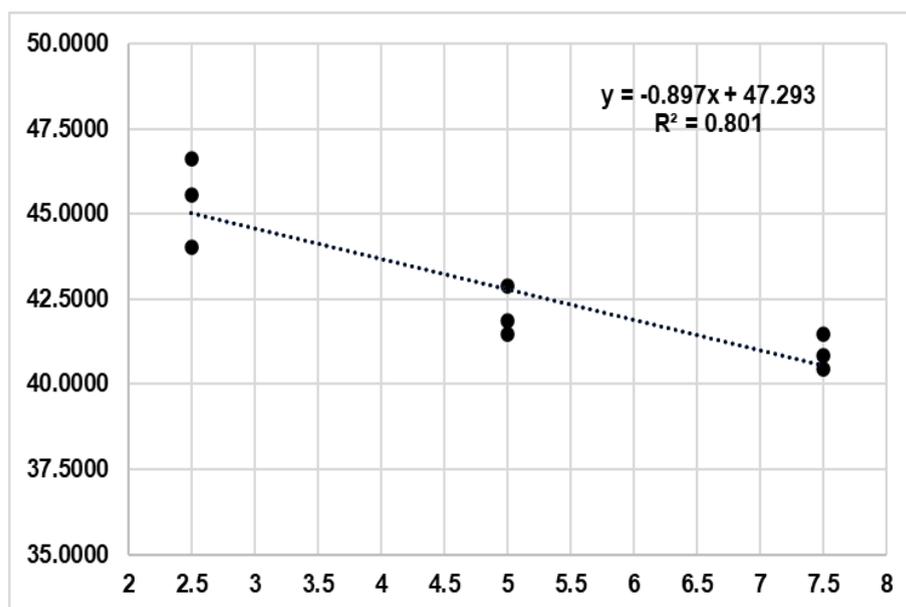


Figura 24. Diagrama de dispersión dosificación – resistencia a flexión.

Al apreciar figura 24, el diagrama de dispersión muestra como es la distribución de los datos que reportó el ensayo de flexión respecto a la línea de tendencia de regresión lineal relacionada al incremento del porcentaje de dosificación de HDPE reciclado.

Tabla 23 Modelo de regresión lineal resistencia a flexión

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
(Constante)	47,293	,912		51,854	,000
Dosificación	-,897	,169	-,895	-5,311	,001

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

- a. Variables predictoras: (Constante) Dosificación de HDPE reciclado
 b. Variable dependiente: Resistencia a flexión
 c. El modelo es: $\hat{Y} = 47.293 - 0.897X$

Tabla 24 Resumen del modelo de regresión lineal resistencia a flexión

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,895	,801	,773	1,03416

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

Al apreciar la tabla 24, con la adición del porcentaje de HDPE reciclado se alcanzan mejoras en la resistencia a flexión del 80.1%.

Tabla 25 Anova resistencia a flexión

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	30,171	1	30,171	28,211	,001
Residuo	7,486	7	1,069		
Total	37,657	8			

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

Al apreciar tabla 25, la significancia de la prueba de Anova es menor que 0.05, lo que evidencia que existe diferencias significativas de la varianza flexión alcanzada en las muestras experimentales a las que se les adicionó HPDE reciclado en función del porcentaje de dosificación, por lo tanto, es aceptada la hipótesis alternativa permitiendo afirmar que la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023, siendo la mezcla con adición de 2.5% la que reporta mejores resultados de flexión al incrementarse respecto al concreto patrón en un 4.0%.

Comprobación de hipótesis específica 3

Ho: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% no mejora la resistencia a tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

Ha: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) tracción en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

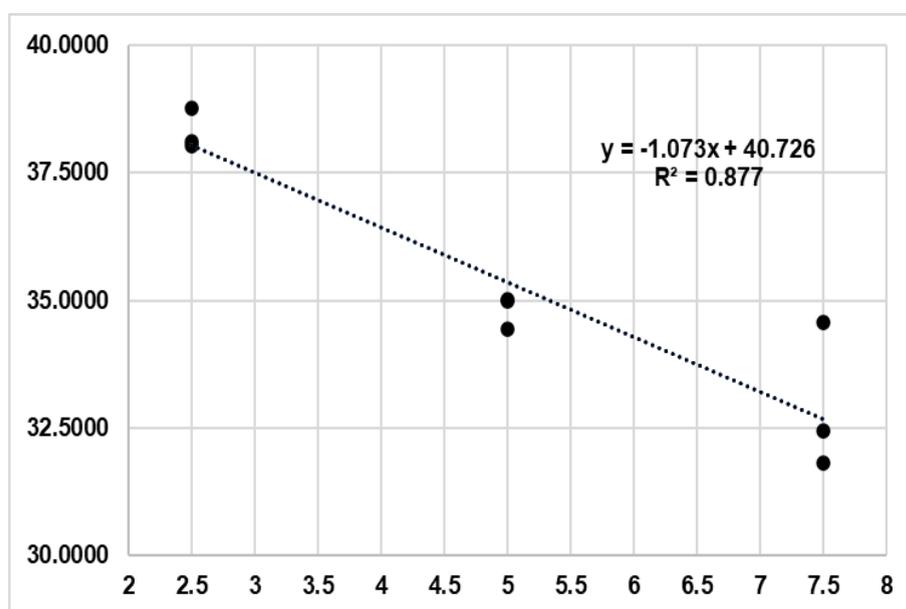


Figura 25. Diagrama de dispersión dosificación – resistencia a tracción.

Al apreciar figura 24, el diagrama de dispersión muestra como es la distribución de datos extraídos en ensayos de tracción respecto a la línea de tendencia de regresión lineal relacionada al incremento del porcentaje de dosificación de HDPE reciclado.

Tabla 26 Modelo de regresión lineal resistencia a tracción

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
(Constante)	40,726	,820		49,640	,000
Dosificación	-1,073	,152	-,936	-7,064	,000

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

- a. Variables predictoras: (Constante) Dosificación de HDPE reciclado
- b. Variable dependiente: Resistencia a tracción
- c. El modelo es: $\hat{Y} = 40.726 - 1.073X$

Tabla 27 Resumen del modelo de regresión lineal resistencia a tracción

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,936	,877	,859	,93027

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

Al apreciar tabla 27, con la adición del porcentaje de HDPE reciclado se alcanzan mejoras en la resistencia a tracción del 87.7%.

Tabla 28 Anova resistencia a tracción

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	43,182	1	43,182	49,898	,000
Residuo	6,058	7	,865		
Total	49,240	8			

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados SPSS V26

Al apreciar tabla 28, la significancia de la prueba de Anova es menor que 0.05, lo que evidencia existencia de diferencias significativas de la varianza tracción alcanzada en las muestras experimentales a las que se les adicionó HPDE reciclado en función del porcentaje de dosificación, por lo tanto, se aceptó la hipótesis alternativa permitiendo afirmar la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023, siendo la mezcla con adición de 2.5% de HDPE reciclado la que reporta mejores resultados en la resistencia alcanzada respecto al concreto patrón en un 9.4%.

Comprobación de hipótesis general

Ho: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2022.

Ha: La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

Para contrastar la hipótesis general, se diseñó una tabla estadística resumen que señala comportamiento de propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado.

Tabla 29 Comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico

Dosificación	Compresión (kg/cm²)	Flexión (kg/cm²)	Tracción (kg/cm²)
HDPE 0.0%	295.7	43.6	35.0
HDPE 2.5%	309.2	45.4	38.3
HDPE 5.0%	284.6	42.1	34.8
HDPE 7.5%	255.4	40.9	32.9

Fuente: Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio

Al apreciar tabla 29, al adicionar HDPE reciclado en dosificaciones de 2.5%, 5% y 7.5%, se obtienen mejoras en el comportamiento de propiedades mecánicas del concreto hidráulico en pavimentos rígidos.

Tabla 30 Regresión lineal del comportamiento mecánico del concreto hidráulico $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Dosificación	Compresión (kg/cm ²)	Flexión (kg/cm ²)	Tracción (kg/cm ²)
2.5	310.0	45.1	38.0
3	304.6	44.6	37.5
3.5	299.3	44.2	37.0
4	293.9	43.7	36.4
4.5	288.5	43.3	35.9
5	283.1	42.8	35.4
5.5	277.8	42.4	34.8
6	272.4	41.9	34.3
6.5	267.0	41.5	33.8
7	261.6	41.0	33.2
7.5	256.2	40.6	32.7
8	250.9	40.1	32.1

Fuente: Elaboración propia a partir de ensayos de laboratorio

Al apreciar tabla 30, la proyección del modelo de regresión lineal para la resistencia a compresión, flexión y tracción producto del análisis inferencial, demuestran que la incorporación HDPE reciclado en porcentaje 2.5%, 5% y 7.5% mejoran el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.

I. DISCUSIÓN

Para el primer objetivo específico, que señalaba determinar el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023, se logró determinar que el concreto hidráulico con adición de 2.5% y 5% de HDPE reciclado reportan un mejor comportamiento a los 28 días de curado respecto al diseño propuesto, al reportar una compresión de 309.3 y 284.7 kg/cm² respectivamente, obteniendo incrementos del 10.5% y 1.7%, ahora bien, relación al concreto patrón el concreto hidráulico con adición de 2.5% reportó a los 28 días de curado una mejor compresión al reportar 309.3 kg/cm² obteniendo un incremento de 4.6%.

Estos resultados son congruentes con los reportados por Agip y Bustamante (2022), quienes evidenciaron que la incorporación de fibras PET recicladas al concreto hidráulico permite obtener un valor de compresión que se incrementa en un 5% con relación al concreto patrón. De igual forma, se recalca que los resultados obtenidos en este estudio son concordantes a los reportados por Vilcas y Mamani (2021) quienes evidenciaron que cuando se ha incorporado fibra plástica a la mezcla de concreto para pavimentos rígidos se alcanzan resistencias de 375 y 337.5 kg/cm² respectivamente a lo referido a la muestra patrón, lo que permite corroborar una influencia positiva de la adición de fibras plásticas a las mezclas de concreto para pavimento rígido.

De igual modo, estos resultados que obtuvimos en la investigación si corresponden al trabajo que llevó a cabo Pablo (2018) quien demostró que al adicionar fibras de polietileno en una dosis de 1.50 Kg/m³ a mezclas de concreto hidráulico, reporta una compresión de 319.32 kg/cm², obteniendo un incremento del 14%. Finalmente, se puede indicar que los resultados del presente estudios son congruentes con los reportados en el trabajo de , Beltrán (2020), quien evidenció que las mezclas de concreto con agregados de 5%, 10% y 15%, reportan aumentos en la compresión obtenida de 27%, 48% y 65% respectivamente en lo que se refiere a la mezcla patrón, por lo que afirman a mayor porcentaje de agregados plásticos reciclados mayor es la resistencia a compresión del concreto.

Se debe resaltar por parte del Instituto Americano del Concreto (2014), la resistencia mínima que debe reportar el concreto respecto al diseño propuesto en función de los días de curado es 70% a los 7 días, 85% a los 14 días y 100% a los 28

días, en este estudio se evidenció que el concreto hidráulico con adición del 2.5% y 5% de HDPE reciclado cumplen con lo antes expuesto, ya que se logró un porcentaje de compresión respecto al diseño propuesto de 84.6%, 88.5% y 110.5% a los 7, 14 y 28 días con 2.5% de adición y de 79.9%, 79.4% y 101.7% a los 7, 14 y 28 días con 5% de adición.

Para el segundo objetivo específico, que señalaba determinar el comportamiento de la resistencia a flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023, se logró demostrar para un concreto hidráulico con adición de 2.5% HDPE reciclado reporta un mejor comportamiento a los 28 días en relación al concreto patrón, evidenciando un incremento respecto al concreto patrón del 4.0%, quien reportó una flexión de 43.6 kg/cm².

Estos resultados son congruentes con los reportados por Agip y Bustamante (2022), quienes demostraron que al que la incorporación de fibras PET recicladas al concreto hidráulico permite obtener un incremento en la flexión del 117.7% respecto al concreto patrón, así como por los reportados por Mendoza y Vilchez (2021) quienes al remplazar HDPE por agregados finos en porcentajes de 10%, 20% y 30% en mezclas de concreto hidráulico, lograron reportar un valor de flexión 54.0, 58.0 y 58.0 kg/cm² siendo superior al concreto patrón que reportó un valor de 51.0 kg/cm².

De la misma manera, los resultados que se han obtenido, se corresponden con el trabajo presentado por Flores (2020) quien demostró alcanzar una flexión para la mezcla de concreto para pavimentos rígidos con incorporación de fibras de plástico (tipo B + piedra ½") de 60.09 kg/cm², y con fibras de plásticos (tipo B + piedra ¾") de 65.73 kg/cm², logrando incrementar la resistencia a la flexión de 5.67 y 10.56% respecto al valor reportado en la mezcla patrón que fue de 56.68 kg/cm². De la misma manera con el estudio realizado por Soriano y Gutiérrez (2022) quienes remplazaron en mezcla de concreto el material fino (arena) por HDPE reciclado en un 5% y 7%, logrando una flexión de 49 kg/cm², siendo superior al valor reportado por el concreto patrón 40 kg/cm²

Se debe resaltar que de acuerdo al MTC (2014) el valor mínimo que debe presentar un módulo de rotura en el diseño de $F_c = 280$ kg/cm² para que sea considerado aceptable será de 40 kg/cm²; es así que la investigación demostró que el concreto hidráulico modificado con la adición de HPDE reciclado en proporciones de 2.5% y 5% reportaron un módulo de rotura de 45.4 y 42.1 kg/cm² respectivamente,

por lo que, al adicionar 7.5% de HDPE reciclado a mezcla de concreto, alcanza valor de flexión de 40.9 kg/cm², estando en el valor mínimo permitido según la norma señalada. En todos los casos se evidencia que el concreto modificado cumple con las exigencias establecidas.

Para el tercer objetivo específico, que señalaba determinar el comportamiento de la resistencia a tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023, se logró determinar que para el concreto hidráulico con adición de 2.5% HDPE reciclado reporta un mejor comportamiento a los 28 días en relación al concreto patrón, al reportar 38.3 kg/cm², evidenciando un incremento respecto al concreto patrón del 9.4%, quien reportó una resistencia de 35.0 kg/cm².

Estos resultados son congruentes con los reportados por Vilcas y Mamani (2021), quienes diseñaron un concreto experimental para pavimento rígido al que se le incorporó fibra plástica, logrando contar con resistencia promedio de 35.79 kg/cm² lo cual fue superior al valor mostrado en el concreto patrón fue de 27.83 kg/cm²; de manera similar corresponden con los resultados del trabajo de Mendoza y Vilchez (2021), quienes remplazaron el material fino (arena) por HDPE en dosis de 10%, 20% y 30% en mezcla de concreto en pavimentos rígidos, evidenciando una resistencia 21.5, 27.4 y 29.5 kg/cm², superiores al concreto patrón que fue 18.4 kg/cm².

Es importante indicar, el comportamiento evidenciado de la resistencia obtenida cumple lo señalado por Masías (2018), al indicar que la tracción como la compresión están implicadas pues el mismo comportamiento (aumento o disminución) que ocurra en la compresión es similar en la tracción, es así que los resultados muestran que para la muestra experimental con adición de 2.5% de HDPE reciclado, se produce un incremento a la muestra patrón del 4.6% en la compresión y de 9.4% para la tracción, siendo luego un comportamiento de disminución a razón del aumento en la dosificación de HDPE reciclado, mostrando un descenso de la compresión y la tracción en 3.8% y 0.6% para 5% de adición de material reciclado y de 13.6% y 5.9% para 7.5% de adición de material reciclado respectivamente.

II. CONCLUSIONES

Se determinó que al adicionar polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentaje 2.5%, 5% y 7.5% mejoró el comportamiento de compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos (prueba de regresión lineal con ANOVA $p > 0.05$) aceptando la hipótesis alternativa propuesta en el estudio, demostrándose así mismo, que en relación al diseño propuesto $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, las muestras experimentales reportaron una compresión promedio para los respectivos días de curado superior al valor mínimo señalado en la normativa, lo que demuestra que la adición de HDPE reciclado mejoró esta propiedad mecánica, siendo entonces viable el empleo de este tipo de concreto para pavimentos rígidos.

Se concluye, al adicionar polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentaje 2.5%, 5% y 7.5% mejoró la flexión del concreto hidráulico en pavimentos rígidos (prueba de regresión lineal con ANOVA $p > 0.05$) aceptando la hipótesis alternativa propuesta en el estudio, demostrándose así mismo, que en relación al diseño propuesto $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, las muestras experimentales reportaron una flexión promedio que supera e iguala lo señalado en la normativa vigente 40 kg/cm^2 , lo que demuestra que la adición de HDPE reciclado mejoró esta propiedad mecánica, siendo entonces viable el empleo para este concreto en pavimentos rígidos.

Se determina que la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentaje 2.5%, 5% y 7.5% mejoró el comportamiento de la tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos (prueba de regresión lineal con ANOVA $p > 0.05$) aceptando la hipótesis alternativa propuesta en el estudio, demostrándose así mismo, que el comportamiento logrado en la tracción de las muestras experimentales se corresponde con el comportamiento logrado en la compresión, por lo tanto, se demostró que la adición de HDPE reciclado mejoró esta propiedad mecánica, siendo entonces viable el empleo de este tipo de concreto para pavimentos rígidos.

Se determinó que la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado mejoró el comportamiento de propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, ya que se reportó una compresión, flexión y tracción promedio que está por encima del valor que reportó el concreto patrón en 4.6%, 4.0% y 9.4% respectivamente con un porcentaje de adición del 2.5%, así mismo se demostró que el comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado reportó mejores resultados

al diseño propuesto, siendo viable su empleo en la construcción de pavimentos rígidos. Ratificándose lo señalado por Soriano y Gutiérrez (2022), quienes plantearon que aun cuando los estudios de mezclas modificadas para concreto con adición de HDPE reciclado están aún en una etapa prematura, los resultados favorables alcanzados permiten proyectar su empleo pavimentos rígidos, convirtiéndose de esta manera en una alternativa de concreto sustentable.

Las limitaciones del estudio fueron en relación al tiempo para su desarrollo, lo que ocasionó que se realizaran los ensayos estrictamente relacionados al tema de estudio, obviándose otros que pudieron complementar los resultados alcanzados en la investigación como lo son los asociados al concreto fresco, pues la literatura científica muestra su utilidad para este tipo de trabajos investigativos.

III. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir desarrollando estudios con el empleo del material reciclado usado en este estudio (HDPE) en dosis diferentes y combinándolos con aditivos para el concreto, para de esta forma obtener una mejor respuesta al comportamiento mecánico de este tipo de concreto.

Se recomienda incluir ensayos para concreto en estado fresco, lo cual permitirá relacionarlos con los ensayos de concreto endurecido, a fin de tener un mejor análisis del comportamiento mecánico como se evidencia en la literatura científica.

Se recomienda seguir desarrollando estudios similares a partir del modelo de comprobación estadística que permite evidenciar diferencias significativas en los valores reportados en los distintos ensayos asociados al comportamiento mecánico del concreto hidráulico, demostrándose la viabilidad del estudio.

Se recomienda al estudiante de ingeniería civil continuar con el interés por la investigación relacionadas a la modificación de mezclas de concreto hidráulico para pavimentos rígidos añadiendo material plástico reciclado en diferentes proporciones, a fin de evidenciar las mejoras alcanzadas en el comportamiento mecánico de este tipo de concreto.

Se recomienda realizar estudios similares al presente pues se evidenció las ventajas de la utilización del material en diseño de concreto hidráulico para pavimento rígido el cual presenta valores en su comportamiento mecánico que lo hacen confiable, eficiente y que se alinean a las nuevas tendencias constructivas.

REFERENCIAS

- AGIP, F. y BUSTAMANTE, J., 2022. Influencia del uso de fibras Pet recicladas en las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico $f'c$ 210 kg/cm², Chiclayo 2022 [en línea]. Tesis de Pregrado. Mayobamba, Perú: Universidad César Vallejo. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94379>.
- ARIAS, J., 2020. Proyecto de tesis: Guía de elaboración [en línea]. Arequipa: Editorial José Luis Arias González. ISBN 978-612-00-5416-1. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350072280_Proyecto_de_Tesis_guia_para_la_elaboracion.
- ARISPE, C., YANGALI, J., GUERRERO, M., LOZADA, O., ACUÑA, L. y ARELLANO, C., 2020. La investigación científica. S.I.: Univerisdad Internacional de Ecuador.
- AWOYERA, P. y DAS, A., 2020. Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective | Lector mejorado de Elsevier. Case Studies in Construction Materials, vol. 12, pp. 1-11. DOI 10.1016/j.cscm.2020.e00330.
- BELTRÁN, J., 2020. Revisión de los factores que influyen en el desempeño del concreto hidráulico elaborado con adiciones de plástico reciclado [en línea]. Tesis de Grado. Mexicali, México: Universidad Autónoma de Baja California. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/handle/20.500.12930/2096>.
- BLANCAS, V., 2020. Evaluación de mezclas de concreto modificadas con PET reciclado y adición mineral; su influencia en el módulo de ruptura y en la durabilidad de pavimentos rígidos [en línea]. Tesis de Grado. Morelia, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3155.
- CABEZAS, E., NARANJO, D. y TORRES, J., 2018. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. S.I.: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Disponible en:

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>.

CABLE NEWS NETWORK, 2021. Los 10 países que vierten más plástico a los océanos. CNN Español [en línea]. [Consulta: 14 septiembre 2022]. Disponible en: <https://cnnespanol.cnn.com/2021/06/11/10-paises-plastico-oceanos-latinoamerica-orix/>.

CAMARGO, N. y HIGUERA, C., 2017. Concreto hidráulico modificado con sílice obtenida de la cascarilla del arroz. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 27, pp. 91-109. DOI 10.18359/rcin.1907.

CARRASCO DÍAZ, S., 2019. Metodología de la investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Lima: San marcos EIRL.

CASTRO, M., CASTRO, L. y CASTRO, P., 2020. Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido. Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico, vol. 5, no. 9, pp. 12-36. DOI https://redib.org/Record/oai_articulo2833942-aplicaci%C3%B3n-pr%C3%A1ctica-del-m%C3%A9todo-aashto-93-para-el-dise%C3%B1o-de-pavimento-r%C3%ADgido.

CHUHUA, S., ZHANG, W., INTAN, N., SAMPATH, J., PFAENDTNER, J. y LIN, H., 2021. Deconstruction of high-density polyethylene into liquid hydrocarbon fuels and lubricants by hydrogenolysis over Ru catalyst. Chem Catalysis, vol. 1, no. 2, pp. 437-455. ISSN 2667-1093. DOI 10.1016/j.checat.2021.04.002.

CULCAS, E. y YRIGOIN, S., 2021. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto estructural adicionando polietileno de alta densidad, La Victoria, Chiclayo, Lambayeque [en línea]. Tesis de Pregrado. Chiclayo, Perú: Universidad César Vallejo. [Consulta: 2 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92635>.

EL PERUANO, 2021. El reciclaje, factor clave para la transformación social. [en línea]. [Consulta: 14 septiembre 2022]. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/122521-el-reciclaje-factor-clave-para-la-transformacion-social>.

- ESTÉVEZ, R., 2013. Guía de los símbolos de reciclaje. [en línea]. [Consulta: 5 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.ecointeligencia.com/2013/04/guia-de-los-simbolos-de-reciclaje-2/>.
- FLORES, E., 2020. Determinar la resistencia a la flexión que alcanza el concreto reforzado con fibras de plástico PET reciclado en los pavimentos rígidos en la ciudad de Huánuco – 2019. [en línea]. Tesis de Grado. Huánuco, Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/6070>.
- GARCIA, J. y ROBERTSON, M., 2017. The future of plastics recycling. Science, vol. 358, no. 6365, pp. 870-872. DOI 10.1126/science.aag0324.
- GEYER, R., JAMBECK, J. y LAVENDER, J., 2017. Producción, uso y destino de todos los plásticos jamás fabricados. Science Advances, vol. 3, no. 7, pp. 1-5. DOI 10.1126/sciadv.1700782.
- GONZÁLES, R., 2017. Análisis comparativo de la resistencia a compresión de un concreto convencional utilizando muestras cilíndricas y cúbicas [en línea]. Tesis de Pregrado. Chiclayo, Perú: Universidad Señor de Sipán. [Consulta: 2 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/3950>.
- HERNÁNDEZ, M. y RODAS, R., 2018. Determinación de las propiedades mecánicas del concreto $F_c=210kg/cm^2$ para pavimento, adicionando cenizas de caña de azúcar, Moyobamba, San Martín, 2018 [en línea]. Tesis de Grado. San Martí, Perú: Universidad César Vallejo. [Consulta: 5 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31630>.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C., 2018. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. S.I.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C. V.
- JANI, Y. y HOGLAND, W., 2014. Waste glass in the production of cement and concrete – A review. Journal of Environmental Chemical Engineering, vol. 2, no. 3, pp. 1767-1775. ISSN 2213-3437. DOI 10.1016/j.jece.2014.03.016.

- JIA, C., XIE, S., ZHANG, W., INTAN, N.N., SAMPATH, J., PFAENDTNER, J. y LIN, H., 2021. Deconstruction of high-density polyethylene into liquid hydrocarbon fuels and lubricants by hydrogenolysis over Ru catalyst. *Chem Catalysis*, vol. 1, no. 2, pp. 437-455. ISSN 2667-1093. DOI 10.1016/j.cheecat.2021.04.002.
- KINNANE, O., O'HEGARTY, R. y REILLY, A., 2019. What is a sustainable or low impact concrete? *Academic Journal of Civil Engineering*, vol. 37, no. 2, pp. 621-626. ISSN 2680-1000. DOI 10.26168/icbbm2019.90.
- MASÍAS, K., 2018. Resistencia a la flexión y tracción en el concreto usando ladrillo triturado como agregado grueso [en línea]. Tesis de Pregrado. Piura, Perú: Universidad de Piura. [Consulta: 2 noviembre 2022]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3484>.
- MENDOZA, J. y VILCHEZ, M., 2021. Análisis del concreto con sustitución parcial del agregado fino por agregado de polietileno de alta densidad (HDPE) para concreto no estructural en Lima [en línea]. Tesis de Pregrado. S.I.: Universidad Peruana de las Ciencias aplicadas. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/655330>.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2021. Cifras del mundo y el Perú. [en línea]. [Consulta: 14 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>.
- MORENO, S., 2008. Diseño sustentable de materiales de construcción; caso del concreto de matriz de cemento Pórtland. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, vol. 15, no. 3, pp. 306-310. ISSN 1405-0269, 2395-8782. DOI <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10415308>.
- MTC, 2014. Manual de carreteras. 2da edición. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. Lima, Perú, 2014.
- MTC, 2016. Manual de ensayos de materiales. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. Lima: s.n.
- NAPPER, I.E. y THOMPSON, R.C., 2020. Plastic debris in the marine environment:

History and future challenges. Global Challenges, vol. 4, no. 6, pp. 1-9. ISSN 2056-6646. DOI 10.1002/gch2.201900081.

NIÑO, V., 2019. Metodología de la investigación. Diseño, ejecución e informe. 2°. Bogota: Ediciones de la U. ISBN 978-958-792-075-8.

NTP 334.082, 2008. Norma Técnica Peruana 334.082 Cementos Portland. Especificación de la Performance. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. Lima, Perú: s.n.

NTP 339.034, 2008. Norma Técnica Peruana 339.034. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. Lima, Perú: s.n.

NTP 339.078, 2017. Norma Técnica Peruana 339.034. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. Lima, Perú: s.n.

NTP 339.084, 2017. Norma Técnica Peruana 334.082 Cementos Portland. Especificación de la Performance. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. Lima, Perú: s.n.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS, 2022. La contaminación por plástico crece sin cesar, en tanto que la gestión de residuos y el reciclaje se quedan cortos, dice la OCDE [en línea]. 2022. S.l.: s.n. [Consulta: 14 septiembre 2022]. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/data/global-plastic-outlook_c0821f81-en.

OTTAZZI, G., 2011. Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado [en línea]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. [Consulta: 2 noviembre 2022]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1055>.

PABLO, J., 2018. Evaluación de la influencia de las fibras de polietileno en el diseño, construcción y durabilidad de pavimento de concreto en la ciudad de Cerro de Pasco - 2017. Tesis de Pregrado. Cerro de Paso, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

PACCO, J., 2021. Propiedades físicas y mecánica del concreto hidráulico modificado con mucilago de waraco para pavimentos rígidos, Macusani, Puno 2021 [en línea]. Tesis de Grado. Puno, Perú: Universidad César

Vallejo. [Consulta: 5 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74871>.

PATRÍCIO, A., PRATA, J., WALKER, T., CAMPOS, D., DUARTE, A.C., SOARES, A., BARCELÒ, D. y ROCHA, T., 2020. Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Science of The Total Environment*, vol. 742, pp. 1-8. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.140565.

PEACOCK, A., 2000. *Hanbook of polyetilhene: Structures, properties and applications*. S.I.: CRC Press.

RAMOS, W. y PRETELL, V., 2021. Obtención de combustibles líquidos a partir de residuos de polietileno de alta densidad. *Prospective and trends in technology and skills for sustainable social development. Leveraging emerging technologies to construct the future: Proceedings of the 19th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology* [en línea]. Buenos Aires, Argentina: s.n., pp. 1-8. [Consulta: 28 septiembre 2022]. DOI 10.18687/LACCEI2021.1.1.94. Disponible en: <http://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/meta/FP94.html>.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2010. *Pavimentos urbanos*. Lima, Perú: s.n.

REINAR, S.A., 2017. *Concreto Hidráulico*. Reinar S.A. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.reinarsa.com/2017/07/25/concreto-hidraulico/>.

REPSOL, 2022. *Polietileno de alta y baja densidad - Usos y aplicaciones*. REPSOL [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/quimica/productos/polietileno/index.cshtml>.

SANMARTÍN, G., ZHIGUE, R. y ALAÑA, T.P., 2017. EL RECICLAJE: UN NICHOS DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO CON ENFOQUE AMBIENTALISTA. *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 9, no. 1, pp. 36-40. ISSN 2218-3620. DOI

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202017000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

SOLÍS, R., MORENO, E. y ARCUDIA, C., 2008. Estudio de la resistencia del concreto por el efecto combinado de la relación agua-cemento, la relación grava-arena y el origen de los agregados. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 31, no. 3, pp. 213-224. ISSN 0254-0770. DOI http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0254-07702008000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

SOLIS-CAMPOS, F. y SANTA ANA, P., 2022. PEAD reciclado reforzado por fibra de vidrio. Aplicación en cubiertas. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, vol. 10, no. Especial2, pp. 126-135. ISSN 2007-6363. DOI [10.29057/icbi.v10iEspecial2.8700](https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial2.8700).

SORIANO, M. y GUTIÉRREZ, J., 2021. Diferencias en el desempeño del concreto sustentable a partir de la incorporación de agregados reciclados. *Revista Aristas*, vol. 8, no. 16, pp. 10-14. ISSN 2007-9478. DOI http://revistaaristas.tij.uabc.mx/index.php/revista_aristas/article/view/73.

SORIANO, M. y GUTIÉRREZ, J., 2022. Desempeño del concreto hidráulico con adición de residuos plásticos: Una alternativa de concreto sustentable. *Revista Aristas*, vol. 9, no. 17, pp. 19-25. ISSN 2007-9478. DOI http://revistaaristas.tij.uabc.mx/index.php/revista_aristas/article/view/143.

SOUNDARARAJAN, K., CHANDRASEKARAN, R., MANAKKAL, R. y SUNITA, V., 2019. Plastic pollutants: effective waste management for pollution control and abatement. *ScienceDirect*, vol. 12, pp. 72-84. ISSN 2468-5844. DOI [10.1016/j.coesh.2019.08.006](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.08.006).

TIAN, Z., ZHU, X., CHEN, X., NING, Y. y ZHANG, W., 2022. Microstructure and damage evolution of hydraulic concrete exposed to freeze–thaw cycles. *Construction and Building Materials*, vol. 346, pp. 128-466. ISSN 0950-0618. DOI [10.1016/j.conbuildmat.2022.128466](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128466).

UNIVERSIDAD DE BARCELONA, s.f. Polietileno de alta densidad. [en línea]. [Consulta: 5 octubre 2022]. Disponible en: <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/polietileno-de-alta-densidad>.

VENITEZ, J., CÓRDOBA, Y., MENA, K. y PÉREZ, O., 2020. Propiedades mecánicas de concretos modificados con plástico marino reciclado en reemplazo de los agregados finos. Revista Politécnica, vol. 16, no. 31, pp. 77-84.

VILCAS, C. y MAMANI, G., 2021. Diseño del pavimento rígido incorporando fibra plástica en el Jirón José Santos Chocano, Villa María del Triunfo 2021 [en línea]. S.I.: Universidad César Vallejos. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66776>.

ZSCHIMMER & SCHWARZ ESPAÑA, 2021. Zschimmer & Schwarz España. ZS España [en línea]. [Consulta: 28 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/como-se-recicla-el-plastico-tipos-de-plasticos-y-proceso-de-reciclaje/>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Lima 2022								
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala		
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:						
¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Lima 2023?	Determinar el comportamiento de las propiedades del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado, Lima 2023	la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023	Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado	Dosificación	Porcentaje de adición 0% (patrón) Porcentaje de adición 2.5% (experimental) Porcentaje de adición 5% (experimental) Porcentaje de adición 7.5% (experimental)	Razón		
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido	Resistencia a flexión	Fuerza perpendicular máxima Módulo de rotura	Razón		
¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023?	Determinar el comportamiento de la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023	La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a compresión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023.					Resistencia a compresión	Carga axial máxima Resistencia
¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a la flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023?	Determinar el comportamiento de la resistencia a la flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023	La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a flexión del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023					Resistencia a flexión	Fuerza perpendicular máxima Módulo de rotura
¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a la tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023?	Determinar el comportamiento de la resistencia a la tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5%, Lima 2023	La adición de polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado en porcentajes de 2,5%, 5% y 7.5% mejora la resistencia a tracción del concreto hidráulico para pavimentos rígidos, Lima 2023					Resistencia a tracción	Tracción indirecta Resistencia
Diseño de investigación:		Población y Muestra:	Técnicas e instrumentos:		Método de análisis de datos:			
Enfoque: Cuantitativo		Probetas control 9 (resistencia a compresión)	Técnica: Observación		Estadística descriptiva			

Tipo: Aplicada	Probetas experimentales 27 (resistencia a compresión)	Instrumento: ficha de registro de observación	Estadística inferencial
Diseño: Experimental	Prisma control 3 (resistencia a flexión)		
Alcance: Explicativo	Prisma experimental 9 (resistencia a flexión)		
	Probetas control 3 (resistencia a tracción)		
	Probetas experimentales 9 (resistencia a tracción)		

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable independiente Polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado	El polietileno de alta densidad (HDPE), ofrece un desempeño adecuado dentro del denominado concreto sustentable al ser un tipo de plástico que solamente ha sido utilizado una sola vez (Napper y Thompson, 2020, p. 6; Patrício et al., 2020, p. 6). Se obtiene de envases de productos lácteos, detergentes o productos químicos, de las bolsas que se emplean para productos frescos, así como de tuberías para drenajes, saneamiento y para proteger cables (REPSOL, 2022, p. 2)	El polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado se medirá en función del porcentaje de adición	Dosificación	Porcentaje de adición 0% (patrón)	De razón
				Porcentaje de adición 2.5% (experimental)	De razón
				Porcentaje de adición 5% (experimental)	De razón
				Porcentaje de adición 7.5% (experimental)	De razón
Variable dependiente Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido	Las propiedades mecánicas son características se obtiene a partir de ensayos de laboratorio donde el concreto en estado endurecido es sometido a esfuerzos. Las propiedades mecánicas más importantes de cualquier tipo de concreto son la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión (Solís, Moreno y Arcudia, 2008, p. 216)	Las propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimento rígido se medirán a partir de la resistencia a compresión, flexión y tracción	Resistencia a compresión	Carga axial máxima	De razón
				Resistencia	De razón
			Resistencia a flexión	Fuerza perpendicular máxima	De razón
				Módulo de rotura	De razón
			Resistencia a tracción	Tracción indirecta	De razón
				Resistencia	De razón

Anexo 3. Instrumentos

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023

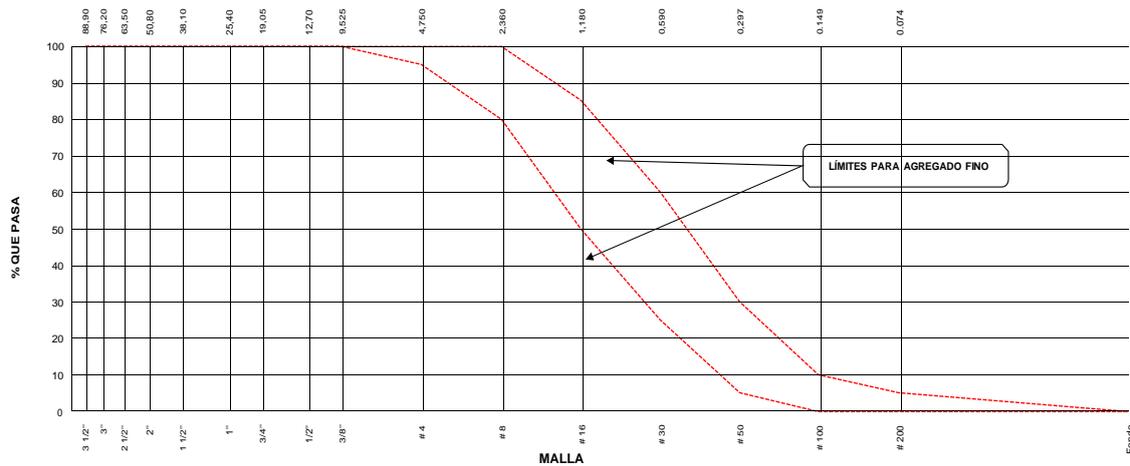
ELABORADO POR : ALBUJAR ACUÑA, MIJUEL JAVIER
 UBICACIÓN DE PROYEC :
 FECHA DE EMISIÓN :

AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA GRUESA						
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP" / ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm				100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm				100.00	100.00
3"	76.20 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm				100.00	100.00
2"	50.80 mm				100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm				100.00	100.00
1"	25.40 mm				100.00	100.00
3/4"	19.05 mm				100.00	100.00
1/2"	12.70 mm				100.00	100.00
3/8"	9.53 mm				100.00	100.00
# 4	4.75 mm				95.00	100.00
# 8	2.36 mm				80.00	100.00
# 16	1.18 mm				50.00	85.00
# 30	0.59 mm				25.00	60.00
# 50	0.30 mm				5.00	30.00
# 100	0.15 mm				0.00	10.00
# 200	0.07 mm				0.00	5.00
Fondo	0.01 mm				0.00	0.00

TARA	
T+MH	
T+MS	
T+ML	

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (kg/m³)	
P. Especif. de Masa SSS (kg/m³)	
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m³)	
P. Unitario Compactado (kg/m³)	
P. Unitario Suelto (kg/m³)	
Absorción (%)	
Contenido de Humedad (%)	
Módulo de Fineza	
% < Malla Nº 200 (0.75 mm)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023

ELABORADO POR : ALBUJAR ACUNA, MIJUEL JAVIER

UBICACIÓN DE PROYECTO : _____

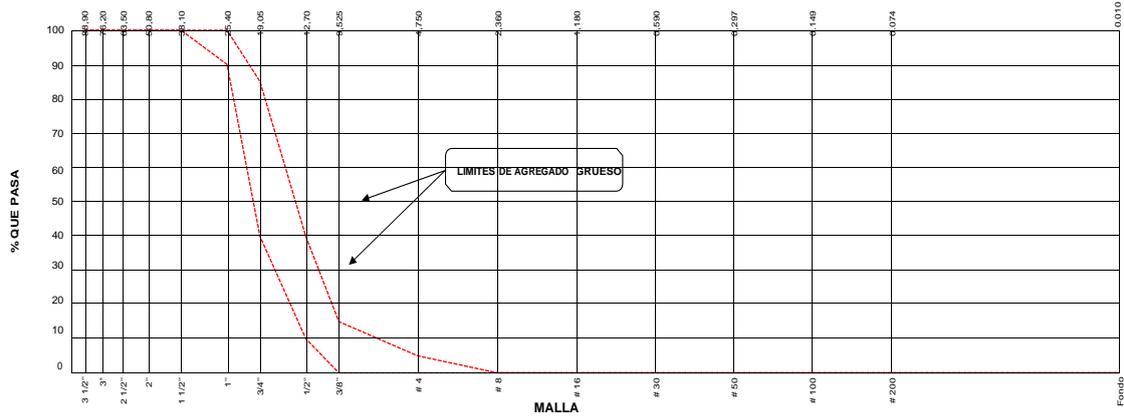
FECHA DE EMISIÓN : _____

AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 56							
Malla		Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"*	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm					100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm					100.00	100.00
3"	76.20 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm					100.00	100.00
2"	50.80 mm					100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm					100.00	100.00
1"	25.40 mm					90.00	100.00
3/4"	19.05 mm					40.00	85.00
1/2"	12.70 mm					10.00	40.00
3/8"	9.53 mm					0.00	15.00
# 4	4.75 mm					0.00	5.00
# 8	2.36 mm					0.00	0.00
# 16	1.18 mm					0.00	0.00
# 30	0.59 mm					0.00	0.00
# 50	0.30 mm					0.00	0.00
# 100	0.15 mm					0.00	0.00
# 200	0.07 mm					0.00	0.00
Fondo	0.01 mm					0.00	0.00

TARA	
T+MH	
T+MS	
T+ML	

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	
Absorción (%)	
Tamaño Máximo	
Tamaño Máximo Nominal	
Módulo de Fineza	
% < Malla Nº 200 (0.75 µm)	
Contenido de Humedad (%)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



MATESTLAB SAC		
REALIZADO POR Nombre y firma:	VERIFICADO POR Nombre y firma:	AUTORIZADO POR Nombre y firma:

PROYECTO

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023

ELABORADO POR

ALBUJAR ACUÑA, MIJUEL
JAVIER

UBICACIÓN DE PROYECTO

FECHA DE EMISIÓN

Propiedad física	Agregado fino	Agregado Grueso
Módulo de fineza		
Humedad (%)		
Peso unitario suelto (kg/m ³)		
Peso unitario compactado (kg/m ³)		

PROYECTO

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023

ELABORADO POR

ALBUJAR ACUÑA, MIJAEEL JAVIER

UBICACIÓN DE PROYECTO

FECHA DE EMISIÓN

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.034

Identificación de la probeta	Edad	Diseño (kg/cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo promedio (kg/cm ²)	% Diseño	% Promedio Diseño
	7 días					
	7 días					
	7 días					
	7 días					
	14 días					
	14 días					
	14 días					
	14 días					
	28 días					
	28 días					
	28 días					
	28 días					

PROYECTO

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023

ELABORADO POR

ALBUJAR ACUÑA, MIJAEEL JAVIER

UBICACIÓN DE PROYECTO

FECHA DE EMISIÓN

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.078

Identificación de la viga	Edad	Luz libre	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Módulo de rotura promedio (kg/cm ²)
	28 días			
	28 días			
	28 días			
	28 días			

PROYECTO

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023

ELABORADO POR

ALBUJAR ACUÑA, MIJAEEL JAVIER

UBICACIÓN DE PROYECTO

FECHA DE EMISIÓN

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO NTP 339.084

Identificación de la probeta	Edad	Diámetro	Esfuerzo (kg/cm ²)	Longitud	Resistencia a Tracción (kg/cm ²)	Resistencia a Tracción Promedio (kg/cm ²)
	28 días					
	28 días					
	28 días					
	28 días					

Anexo 4. Certificados de validez de los instrumentos

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: García Álvarez, María Ysabel

Especialidad: Ingeniería civil

Autor del instrumento: Albujar Acuña Mijail

Instrumento de evaluación: Análisis granulométrico del agregado, módulo de fineza, humedad (%), peso unitario suelto, peso unitario compactado, resistencia a la compresión, resistencia a tracción por compresión diametral del concreto y resistencia a la flexión del concreto.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) MUY BUENA (5)

CRITERIOS	INDICACIONES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Concreto en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: CONCRETO .					X
ORGANIZACION	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permite hacer inferencias en función a la hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento. Permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: CONCRETO					X
METODOLOGIA	La relación entre la técnica y el instrumento propuesto responde al propósito de la investigación. Desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: tener en cuenta que el instrumento es valido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable)

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN

50

Carabaylo, 12 de diciembre del 2022

Dra. MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ



Ingeniera Civil
CIP N° 45905

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Rodríguez Sois, Carmen Beatriz

Especialidad: Ingeniería civil

Autor del instrumento: Albujar Acuña Mijail

Instrumento de evaluación: Análisis granulométrico del agregado, módulo de fineza, humedad (%), peso unitario suelto, peso unitario compactado, resistencia a la compresión, resistencia a tracción por compresión diametral del concreto y resistencia a la flexión del concreto.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) MUY BUENA (5)

CRITERIOS	INDICACIONES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Concreto en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: CONCRETO .					X
ORGANIZACION	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permite hacer inferencias en función a la hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento. Permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: CONCRETO					X
METODOLOGIA	La relación entre la técnica y el instrumento propuesto responde al propósito de la investigación. Desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable)

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN

50

Carabaylo, 12 de diciembre del 2022


.....
CARMEN BEATRIZ
RODRIGUEZ SOLIS
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 50202

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Rodríguez Sois, Carmen Beatriz

Especialidad: Ingeniería civil

Autor del instrumento: Albujar Acuña Mijail

Instrumento de evaluación: Análisis granulométrico del agregado, módulo de fineza, humedad (%), peso unitario suelto, peso unitario compactado, resistencia a la compresión, resistencia a tracción por compresión diametral del concreto y resistencia a la flexión del concreto.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) MUY BUENA (5)

CRITERIOS	INDICACIONES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Concreto en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: CONCRETO .					X
ORGANIZACION	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permite hacer inferencias en función a la hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento. Permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: CONCRETO					X
METODOLOGIA	La relación entre la técnica y el instrumento propuesto responde al propósito de la investigación. Desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						50

(Nota: tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable)

OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN

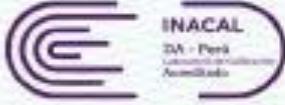
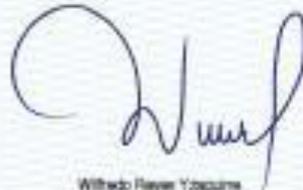
50

Carabaylo, 12 de diciembre del 2022



CONDORI TELLO
Ingeniero Civil
CIP N° 259025

Anexo 4. Certificados de confiabilidad de equipos de laboratorio

 <p>SMC SPECIALIZED METROLOGY CENTER S.A.C.</p>	<p>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 035</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado</p> <p>Registro N° LC - 035</p>						
<h1 style="margin: 0;">Certificado de Calibración</h1> <h2 style="margin: 0;">LM22-C-889</h2>								
<p>Número de OE: 519-2022</p>								
<p>CUENTE</p> <p>Razón Social : GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C.</p> <p>Dirección : CAL 21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO (LIMA - LIMA - LIMA)</p>								
<p>FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN</p> <p>Fecha de Calibración : 2023-10-01</p> <p>Lugar de Calibración : En las Instalaciones del Cliente</p> <p>Fecha de Emisión : 2023-10-04</p>								
<p>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO (ELECTRÓNICA)</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Marca : CHAUS</td> <td style="width: 33%;">Identificación : NO INDICA</td> </tr> <tr> <td>Modelo : RP21PE36ZH</td> <td>Procedencia : USA</td> </tr> <tr> <td>Serie : 8942167884</td> <td>Ubicación : LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO</td> </tr> </table>			Marca : CHAUS	Identificación : NO INDICA	Modelo : RP21PE36ZH	Procedencia : USA	Serie : 8942167884	Ubicación : LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
Marca : CHAUS	Identificación : NO INDICA							
Modelo : RP21PE36ZH	Procedencia : USA							
Serie : 8942167884	Ubicación : LABORATORIO SUELOS CONCRETO Y ASFALTO							
<p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Capacidad de Indicación : 30000 g</td> <td style="width: 33%;">Capacidad Mínima(Min) : 200 g</td> </tr> <tr> <td>Resolución (d) : 1 g</td> <td>Número de Divisiones (n) : 30000</td> </tr> <tr> <td>Div. de Verificación (k) : 1 g (*)</td> <td>Clase de Exactitud : II</td> </tr> </table>			Capacidad de Indicación : 30000 g	Capacidad Mínima(Min) : 200 g	Resolución (d) : 1 g	Número de Divisiones (n) : 30000	Div. de Verificación (k) : 1 g (*)	Clase de Exactitud : II
Capacidad de Indicación : 30000 g	Capacidad Mínima(Min) : 200 g							
Resolución (d) : 1 g	Número de Divisiones (n) : 30000							
Div. de Verificación (k) : 1 g (*)	Clase de Exactitud : II							
<p>MÉTODO DE CALIBRACIÓN</p> <p>La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrón, siguiendo el procedimiento PC-011 - 4ª Ed. : 2010 - Indecopi "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II", este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la NMP 003.2008.</p>								
<p>Sello</p> 	<p>Método</p>  <p>Armando Matti Berríos</p>	<p>Director Técnico</p>  <p>Wilfredo Rojas Yzaguirre</p>						
<p>El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, se coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p>								
<p>PC-011-F-02Ed 03</p>	<p>Página 1 de 4</p>							
<p>J. Thomas Cashmore N° 8812 - 116, Condesa de Bakke, San Martín de Porres Tel : 502-0889 / Cel : 993-088-435 / E-mail: ventas@smc-peru.com - metrologia@smc-peru.com Este documento puede ser reproducido totalmente con autorización de SMC S.A.C. Cancele de validez sin ello correspondiente.</p>								

Certificado de Calibración

LM22-C-889

Número de OIE: 519-2022

PATRONES UTILIZADOS

Patrón / Valor / Clase	Identificación y/o Serie	N° de Certificado	Trazabilidad
Juego de Pesas / 1 kg a 5 kg / F1	LM-IM-108	LM-C-094-2022	DM - INACAL
Pesa / 20 kg / F1	LM-IM-156	E243-L-40NA-2021-2	LO JUSTO
Juego de Pesas / 1 mg a 1 kg / F1	LM-IM-151	E1279-2131A-2022-1	LO JUSTO

RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL

- Ajuste de cero :	Tiene	- Display :	Tiene
- Oscilación libre :	Tiene	- Nivelación :	Tiene
- Plataforma :	Tiene	- Sistema de Tapa :	No Tiene
- Escala :	No Tiene	- Cursor :	No Tiene

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,2 °C
Humedad Relativa	79 %	79 %



ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1* (aproximadamente 50% Máx)		15000,0 g	
l	ΔL	Σ	
g	g	g	
15000	0,5	0,0	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,5	0,0	
15000	0,5	0,0	
15000	0,5	0,0	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
15000	0,6	-0,1	
$\Delta E = E_{\text{máx}} - E_{\text{mín}}$		0,1	g
E.M.P.		2g	

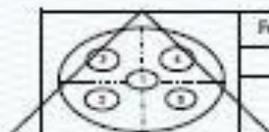
Carga L3* (aproximadamente 100% Máx)		30000,0 g	
l	ΔL	Σ	
g	g	g	
30000	0,7	-0,2	
30000	0,4	-0,9	
30000	0,3	-0,8	
30000	0,3	-0,8	
30000	0,3	-0,8	
30000	0,3	-0,8	
30000	0,3	-0,8	
30000	0,4	-0,9	
30000	0,3	-0,8	
30000	0,3	-0,8	
30000	0,3	-0,8	
$\Delta E = E_{\text{máx}} - E_{\text{mín}}$		0,7	g
E.M.P.		3g	

Certificado de Calibración

LM22-C-889

Número de OE: 519-2022

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Forma del Platillo
CIRCULAR

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,2 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	79 %	79 %

Posición	Carga Mínima g	I		
		g	μL	ε
1	10,0	10	0,5	0,0
2		10	0,6	-0,1
3		10	0,6	-0,1
4		10	0,6	-0,1
5		10	0,6	-0,1

Carga (L) g	I					EMP
	g	μL	ε	εc	g	
10000,0	10000	0,7	-0,2	-0,2	2 g	
	10000	0,7	-0,2	-0,1	2 g	
	9999	0,5	-0,8	-0,7	2 g	
	10000	0,6	-0,1	0,0	2 g	
	10000	0,6	-0,1	0,0	2 g	

ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,3 °C
Humedad Relativa	79 %	79 %



Carga L g	Carga Creciente			
	I g	μL	ε	εc
10	10,0	0,6	-0,1	0,0
200	200,0	0,6	-0,1	0,0
1500	1500,0	0,6	-0,1	0,0
3000	3000,0	0,7	-0,2	-0,1
5000	5000,0	0,7	-0,2	-0,1
10000	10000,0	0,6	-0,1	0,0
12000	12000,0	0,6	-0,1	0,0
15000	15000,0	0,6	-0,1	0,0
17000	17000,0	0,5	0,0	0,1
20000	20001,0	0,6	0,7	0,6
24000	24001,0	0,6	0,7	0,6
27000	27000,0	0,6	-0,1	0,0
30000	30000,0	0,6	-0,1	0,0

I g	Carga decreciente			EMP
	μL	ε	εc	
201	0,6	0,7	0,6	1 g
1501	0,6	0,7	0,6	1 g
3001	0,7	0,6	0,9	1 g
5001	0,7	0,6	0,9	2 g
10001	0,6	0,7	0,6	2 g
12001	0,6	0,7	0,6	2 g
15001	0,6	0,7	0,6	2 g
17001	0,6	0,7	0,6	2 g
20001	0,6	0,7	0,6	2 g
24001	0,7	0,6	0,9	3 g
27000	0,7	-0,2	-0,1	3 g
30000	0,6	-0,1	0,0	3 g

PO-01-F-0202 03

Página 3 de 4

Certificado de Calibración

LM22-C-889

Número de OE: 519-2022

LEYENDA

L :	Carga colocada sobre la balanza	Ec :	Error corregido
T :	Indicación de la balanza	ΔL :	Carga Agregada
E :	Error encontrado	EMP :	Error Máximo Permisible.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición

$$U_k = 2^* \sqrt{2,90 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 1,05 \times 10^{-4} R^2}$$

Lectura Corregida

$$R_{\text{Corregida}} = R - 5,76 \times 10^{-4} R$$

R : Indicación de lectura de la balanza (g)

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura $k=2$. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.

OBSERVACIONES:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos única y exclusivamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Los resultados de las calibraciones no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El certificado de calibración carece de validez sin las firmas de los responsables.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un período de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Como no se cuenta con el manual o este no brinda información del coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura, se ha considerado como $\Delta T: 0,0001^\circ\text{C}$, según el PC-011-4^o Ed. 2010 - Indecopi "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II".

(*) El Valor de "n", capacidad mínima y clase de exactitud lo indica la balanza

Se ajustó la balanza antes de su calibración. SI

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Valor Nominal (g)	Carga (g)	Indicación (g)
Aprox. al 50 % de la cap. máx.	15000,0	14995
Aprox. al 100 % de la cap. máx.	30000,0	29998



Certificado de Calibración

LM22-C-1087

Número de OE: 680-2022

CLIENTE

Razón Social : GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C.
Dirección : CAL 21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO (LIMA - LIMA - LIMA)

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2022-10-01
Lugar de Calibración : En las instalaciones del Cliente
Fecha de Emisión : 2022-10-04

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICO (ELECTRÓNICA)

Marca	: NO INDICA	Identificación	: NO INDICA
Modelo	: FA2004	Procedencia	: NO INDICA
Serie	: 346027	Ubicación	: LABORATORIO AREA DE QUIMICOS

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad de Indicación	: 200 g	Capacidad Mínima(Min)	: 0,0100 g
Resolución (d)	: 0,0001 g	Número de Divisiones (n)	: 200000
Div. de Verificación (e)	: 0,001 g (*)	Clase de Exactitud	: I

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrón; siguiendo el procedimiento PC-011 - 4ª Ed. : 2010 - Indecopi "Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase I*", este procedimiento cumple con los ensayos realizados a las balanzas de funcionamiento no automático de acuerdo a la NMP 803.2006.

Sello



Métrologo

Armando Martín García

Director Técnico

Wilfredo Rojas Yagüeira

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, es coherente con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Certificado de Calibración

LM22-C-1087

Número de OI: 680-2022

PATRONES UTILIZADOS

Patrón / Valor / Clase	Identificación y/o Serie	N° de Certificado	Trazabilidad
Juego de Pesas / 1 mg a 1 kg / E2	LM-M-147	LM-C-278-2021	DM - INACAL

RESULTADOS

INSPECCIÓN VISUAL

- Ajuste de cero :	Tiene	- Display :	Tiene
- Caudalación libre :	Tiene	- Nivelación :	Tiene
- Plataforma :	Tiene	- Sistema de trazo :	No tiene
- Escala :	No tiene	- Cursor :	No tiene

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	77 %	77 %



ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1+ (aproximadamente 50% Max)		100,00003 g	
l	ΔL	E	
g	g	g	g
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
100,0004	-	0,0004	
$\Delta E = E_{max} - E_{min}$		0,0000	g
E.M.P		0,002	g

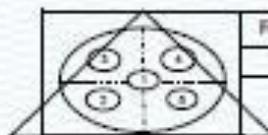
Carga L3+ (aproximadamente 100% Max)		200,00008 g	
l	ΔL	E	
g	g	g	g
200,0001	-	0,0000	
200,0001	-	0,0000	
200,0000	-	-0,0001	
200,0000	-	-0,0001	
200,0000	-	-0,0001	
200,0000	-	-0,0001	
200,0001	-	0,0000	
200,0001	-	0,0000	
200,0001	-	0,0000	
200,0000	-	-0,0001	
200,0000	-	-0,0001	
$\Delta E = E_{max} - E_{min}$		0,0001	g
E.M.P		0,003	g

Certificado de Calibración

LM22-C-1087

Número de OE: 620-2022

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Forma del Platillo
CIRCULAR

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	77 %	77 %

Posición	Carga Mínima g	l g	uL g	e g
1	0,00200	0,0022	-	0,000
2		0,0025	-	0,000
3		0,0021	-	0,000
4		0,0018	-	0,000
5		0,0021	-	0,000

Carga (L)	l g	uL g	e g	Ec g	EMP
70,00005	70,0011	-	0,001	0,001	0,002 g
	70,0007	-	0,001	0,000	0,002 g
	70,0007	-	0,001	0,001	0,002 g
	70,0007	-	0,001	0,001	0,002 g
	70,0004	-	0,000	0,000	0,002 g

ENSAYO DE PESAJE

Condiciones Ambientales	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,0 °C
Humedad Relativa	77 %	79 %



Carga L g	Carga Creciente			
	l g	uL g	e g	Ec g
0,0020	0,0020	-	0,000	
0,0100	0,0100	-	0,000	0,000
10,0000	10,0000	-	0,000	0,000
20,0000	20,0001	-	0,0001	0,0001
40,0001	40,0003	-	0,0003	0,0003
50,0000	50,0001	-	0,0001	0,0001
80,0001	80,0003	-	0,0002	0,0002
100,0000	100,0002	-	0,0002	0,0002
120,0001	120,0002	-	0,0001	0,0001
150,0001	150,0000	-	-0,0001	-0,0001
180,0001	180,0000	-	-0,0001	-0,0001
170,0001	169,9999	-	-0,0002	-0,0002
200,0001	199,9999	-	-0,0002	-0,0002

Carga L g	Carga decreciente				EMP
	l g	uL g	e g	Ec g	
0,0010	-	-0,0001	-0,0001	0,001 g	
10,0001	-	0,0001	0,0001	0,001 g	
20,0002	-	0,0002	0,0002	0,001 g	
40,0003	-	0,0003	0,0003	0,001 g	
50,0003	-	0,0003	0,0003	0,002 g	
80,0003	-	0,0002	0,0002	0,002 g	
100,0003	-	0,0003	0,0003	0,002 g	
120,0002	-	0,0001	0,0001	0,002 g	
150,0001	-	0,0001	0,0001	0,002 g	
180,0001	-	0,0000	0,0000	0,002 g	
169,9999	-	-0,0002	-0,0002	0,002 g	
199,9999	-	-0,0002	-0,0002	0,003 g	

PO-03-F-02Rev 03

Página 3 de 4

Certificado de Calibración

LM22-C-1087

Número de OE: 680-2022

LEYENDA

L : Carga colocada sobre la balanza	E _c : Error corregido
T : Indicación de la balanza	ΔL : Carga Agregada
E : Error encontrado	EMP : Error Máximo Permisible

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición

$$U_{95} = 2 \cdot \sqrt{7,78 \times 10^{-9} \text{ g}^2 + 2,17 \times 10^{-10} \text{ R}^2}$$

Lectura Corregida

$$R_{\text{corregida}} = R - 3,15 \times 10^{-7} \text{ R}$$

R : Indicación de lectura de la balanza (g)

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura k=2. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.

OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos única y exclusivamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Los resultados de las calibraciones no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El certificado de calibración carece de validez sin las firmas de los responsables.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Como no se cuenta con el manual o este no brinda información del coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura, se ha considerado como $\Delta T: 0,00001^{\circ}\text{C}^{-1}$, según el PC-011-4* Ed: 2010 - Indecopi "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II".

(*) El Valor de "n", capacidad mínima y clase de exactitud lo indica la balanza

El presente Certificado de Calibración sustituye al Certificado de Calibración

Se ajustó la balanza antes de su calibración: SI

Previo al ajuste del instrumento se encontraron los siguientes resultados para dos valores de carga.

Valor Nominal (g)	Carga (g)	Indicación (g)
Aprox. al 50 % de la cap. max.	100,0000	99,9289
Aprox. al 100 % de la cap. max.	200,0001	199,8548



Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OT: 519-2022

CLIENTE

Razón Social : GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C.
Dirección : CAL.21 MZA. B LOTE. 57 0TR. LOS ROSALES DE PRO (LIMA - LIMA - LIMA)

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2022-10-01 al 2022-10-01
Lugar de Calibración : INSTALACIONES DEL CLIENTE
Fecha de Emisión : 2022-10-05

EQUIPO A CALIBRAR

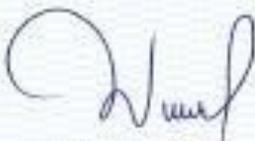
Equipo a Calibrar	: Termo	Identificación	: 660
Marca	: No Indica	Procedencia	: No Indica
Modelo	: MS-H3	Ubicación	: Área de Químicos
Serie	: No Indica		

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Tipo de Indicador	: Digital	Tipo de Selector	: Digital
Alcance de Escala	: No Indica	Alcance de Escala	: No Indica
División mínima	: 1 °C	División mínima	: 1 °C
Tipo de ventilación	: Natural	Carga utilizada (%)	: 100 %
Superficies Internas	: 2	Temperatura de calibración	: 300 °C ± 30 °C
Posición de ventilación	: No Aplica		

MÉTODO PARA EL MAPEO TÉRMICO

La Calibración se ha realizado mediante la determinación de la temperatura, por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018- "Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medida Isotermos con aire como medio termostático"- SNM-INDECOP (Segunda Edición)

Sello	Métrologo	Director Técnico
		
	Armando Merin Davila	Wilfredo Rivas Ybañez

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, de acuerdo con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario deberá recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OE: 519-2022

PATRONES UTILIZADOS

Nombre del patrón	Identificación y/o Serie	Nº de Certificado	Trazabilidad
Termómetro Multicanal	LT-IM-30	LT22-451	SMC S.A.C.
Termopigrometro	LT-IM-48	TM22-0588	TSD
Cinta métrica	LD-IM-02	L-1526-2021	METROL
Cronómetro	LO-IM-16	LTF-C-031-2022	INACAL - DM
Voltímetro	LE-IM-01	MD4732	JLI METROLOGY

NOMIENCLATURA

- Indicación Equipo = Lecturas en el dispositivo de indicación del equipo calibrado.
- T.prom. = Temperatura promedio de los sensores por cada intervalo
- ΔT = Diferencia entre máxima y mínima temperatura en cada intervalo de registro
- T. PRO = Promedio de indicaciones corregidas para cada sensor durante el tiempo total.
- T. MÁX = La máxima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total.
- T. MIN = La mínima de las indicaciones para cada sensor durante el tiempo total.
- DTT = Desviación de Temperatura en el Tiempo


RESUMEN DE RESULTADOS DE TEMPERATURA

300,0 °C ± 30 °C

PARÁMETROS	Valor	Incertidumbre Expandida
Máxima temperatura registrada durante la calibración	306,5 °C	1,8 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración	219,9 °C	0,3 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT)	14,0 °C	0,1 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE)	77,2 °C	1,5 °C
Estabilidad (\pm)	7,01 °C	0,05 °C
Uniformidad	85,8 °C	1,6 °C

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Las incertidumbres de medición calculadas (U), han sido determinadas a partir de sus incertidumbres estándares de medición combinadas, multiplicadas por el factor de cobertura $k=2$. Estos valores han sido calculados para un nivel de confianza del 95%.

OBSERVACIONES

La temperatura de trabajo esperada de 300 °C, el selector de temperatura del equipo ha sido programado a 300 °C

El servicio de calibración se realizó a 100 % de su carga.

La tolerancia encontrada para la temperatura de 300 °C, es de 30 °C

NOTAS

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Los datos de los sensores registrados, han sido obtenidos luego de haber aproximado y estabilizado a la temperatura de trabajo dentro de la cámara durante 30-45 minutos.

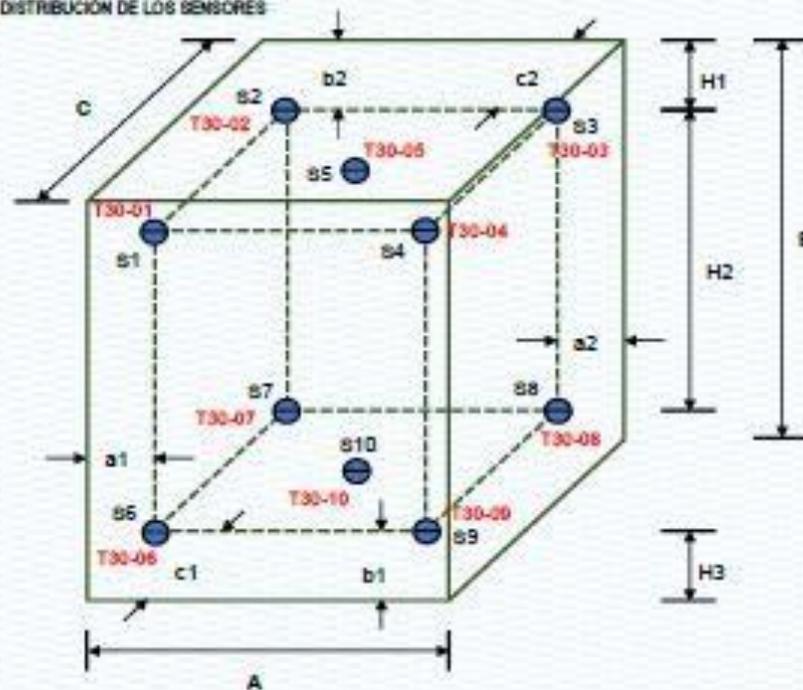
Página 7 de 8

Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OT: 519-2022

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES



● = Sensor de Temperatura

A, B, C = Dimensiones del Volumen Interno

Los sensores T30-05 y T30-10 están ubicados en los centros de sus respectivos niveles aproximadamente.

Dimensiones Internas		
A	45,0	cm
B	80,0	cm
C	45,0	cm

Ubicación de los sensores					
a1	7,0	cm	a2	7,0	cm
b1	10,0	cm	b2	10,0	cm
c1	7,0	cm	c2	7,0	cm

Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OT: 519-2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

PARA LA TEMPERATURA DE 300,0 °C ± 30,0 °C

Tiempo	Indicador	Indicaciones corregidas de los 10 sensores expresados en °C										T. prom.	ΔT.
		T30-01	T30-02	T30-03	T30-04	T30-05	T30-06	T30-07	T30-08	T30-09	T30-10		
1-10 14h 05m	300	222,5	227,0	232,4	219,9	221,6	251,8	252,5	253,5	253,5	275,8	249,1	73,8
1-10 14h 07m	300	222,8	226,3	232,1	220,6	222,0	254,7	252,1	252,5	253,5	285,9	252,7	65,8
1-10 14h 09m	300	222,7	227,1	231,8	220,2	221,9	252,4	254,0	257,9	251,4	275,7	249,9	77,7
1-10 14h 11m	300	222,7	227,1	232,8	221,2	222,0	253,5	255,4	255,5	252,4	253,3	251,6	75,4
1-10 14h 13m	300	222,2	226,8	232,5	220,9	221,7	252,5	255,9	252,2	252,3	253,8	250,9	61,3
1-10 14h 15m	300	222,6	227,7	233,5	220,7	221,6	253,1	252,8	255,7	251,0	275,5	249,9	75,0
1-10 14h 17m	300	222,2	226,9	232,5	220,8	221,6	253,3	252,3	255,1	252,4	252,4	251,8	64,2
1-10 14h 19m	300	222,9	226,6	233,1	221,1	222,2	251,9	252,7	252,4	251,7	253,0	249,5	71,5
1-10 14h 21m	300	223,3	227,6	233,2	220,6	222,1	254,1	252,3	255,1	252,3	255,0	252,7	64,2
1-10 14h 23m	300	222,9	227,3	232,5	220,7	222,2	251,7	254,1	254,0	251,3	275,8	249,7	73,4
1-10 14h 25m	300	223,6	226,9	233,2	221,5	222,4	253,5	255,5	255,5	252,5	253,9	251,7	75,0
1-10 14h 27m	300	223,0	227,7	233,1	220,5	222,0	252,4	255,8	255,5	252,1	251,0	252,7	75,0
1-10 14h 29m	300	223,1	227,9	234,4	220,9	222,1	252,4	254,3	253,4	252,8	251,0	252,2	73,4
1-10 14h 31m	300	223,1	227,6	233,8	220,6	222,4	252,5	255,3	255,5	252,8	251,7	252,9	77,7
1-10 14h 33m	300	222,9	227,2	234,0	221,4	222,3	251,7	252,8	252,5	252,4	275,8	249,7	71,4
1-10 14h 35m	300	222,7	226,8	233,0	221,0	222,4	253,7	252,2	254,3	252,5	252,5	252,0	62,2
1-10 14h 37m	300	222,4	227,6	233,8	221,1	221,6	252,5	252,0	255,7	251,4	275,2	249,9	74,5
1-10 14h 39m	300	223,4	227,2	232,7	221,3	222,6	254,3	252,9	252,5	254,8	255,9	252,9	62,2
1-10 14h 41m	300	222,8	227,9	233,7	220,9	222,0	252,4	255,5	254,3	252,3	251,1	252,2	74,5
1-10 14h 43m	300	222,9	227,0	233,5	221,7	222,7	253,0	257,5	255,5	252,5	252,9	251,4	77,9
1-10 14h 45m	300	222,4	227,0	232,9	221,5	222,4	251,8	255,2	255,1	252,3	252,1	251,1	77,5
1-10 14h 47m	300	222,6	227,4	233,8	221,7	222,2	252,5	252,0	254,2	252,1	251,1	252,0	72,5
1-10 14h 49m	300	222,7	227,0	232,5	221,3	222,5	252,9	252,1	255,4	254,8	255,0	252,5	64,0
1-10 14h 51m	300	222,3	227,4	234,0	221,5	222,2	251,9	252,5	255,3	252,1	275,1	249,6	73,8
1-10 14h 53m	300	223,4	226,0	233,7	221,2	222,3	254,9	252,1	254,1	254,0	255,3	252,9	62,8
1-10 14h 55m	300	222,6	227,3	233,9	221,3	222,3	251,0	252,5	255,5	252,2	275,2	249,9	74,2
1-10 14h 57m	300	223,2	227,2	234,1	221,7	222,5	253,4	255,4	255,5	254,5	253,8	252,0	77,9
1-10 14h 59m	300	222,7	227,0	233,5	221,1	222,7	252,5	257,2	257,3	252,8	251,2	252,6	75,2
1-10 15h 01m	300	222,6	227,6	233,5	221,3	222,9	253,1	252,8	252,1	252,4	251,4	252,4	72,5
1-10 15h 03m	300	222,5	227,1	234,0	221,8	222,3	252,8	255,5	252,2	252,8	251,7	251,7	75,5
1-10 15h 05m	300	222,6	227,9	233,5	221,3	223,1	252,5	252,5	252,7	251,9	275,9	250,1	72,2
T. PROM.	300	222,9	227,3	233,2	221,1	222,2	252,9	255,9	255,3	252,7	251,7	Temperatura promedio general	
T. MAX	300	223,6	228,0	234,4	221,7	223,1	254,9	252,9	255,5	254,8	255,9		
T. MIN	300	222,2	226,3	231,8	219,9	221,6	251,0	252,5	252,4	252,5	275,8		
DTT	0	1,6	1,7	2,6	1,8	1,5	3,9	12,3	14,0	4,2	7,0	252,6	

CONCLUSIÓN EL RESULTADO ES NO CONFORME



Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OE: 519-2022

GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

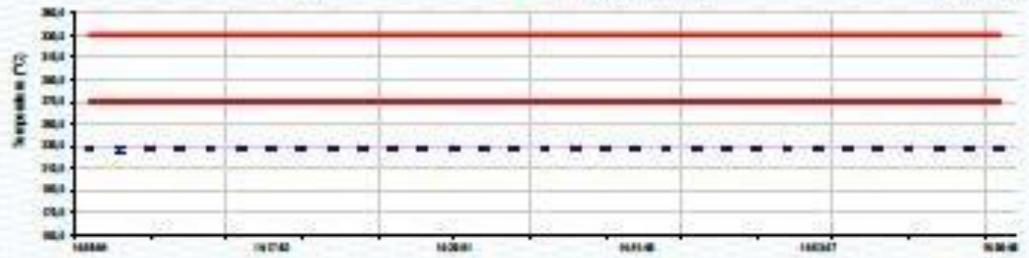
PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C a 330,0 °C
NIVEL SUPERIOR



• T30-01

Temperatura Límite Superior e Inferior

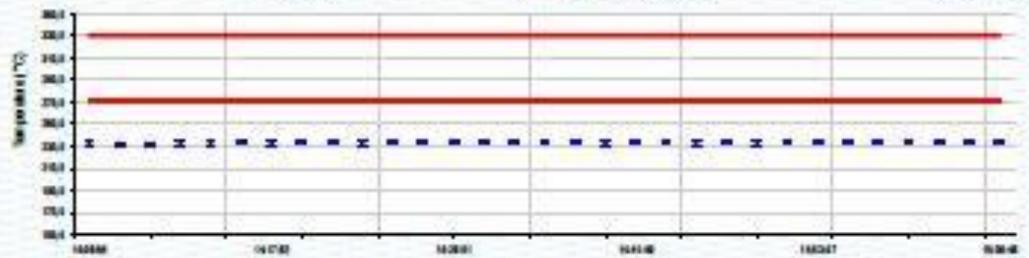
I Incertidumbre



• T30-02

Temperatura Límite Superior e Inferior

I Incertidumbre



• T30-03

Temperatura Límite Superior e Inferior

I Incertidumbre

PO-03-F-02 Ed. 03



Página 5 de 8

Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OT: 519-2022

GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

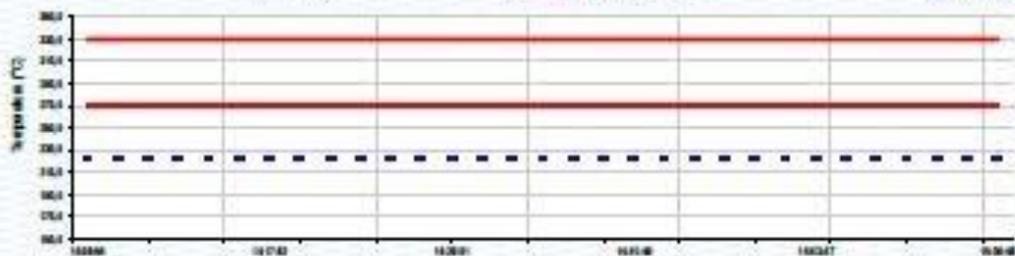
PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C @ 330,0 °C
NIVEL SUPERIOR



* T30-04

Temperatura
— Límite Superior e inferior

I Incubadora



* T30-05

Temperatura
— Límite Superior e inferior

I Incubadora



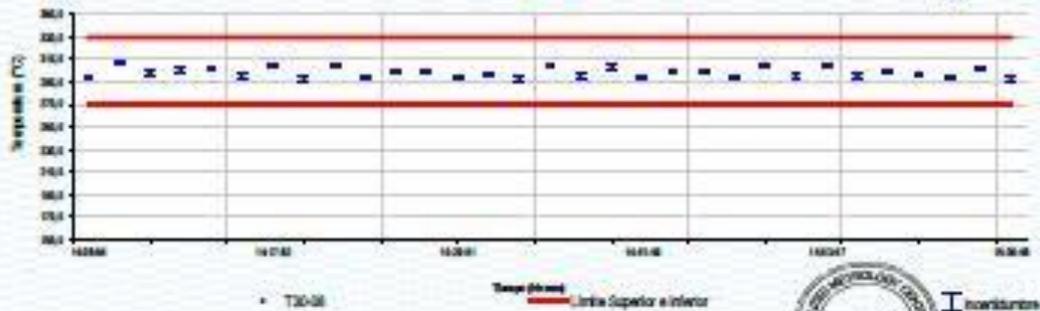
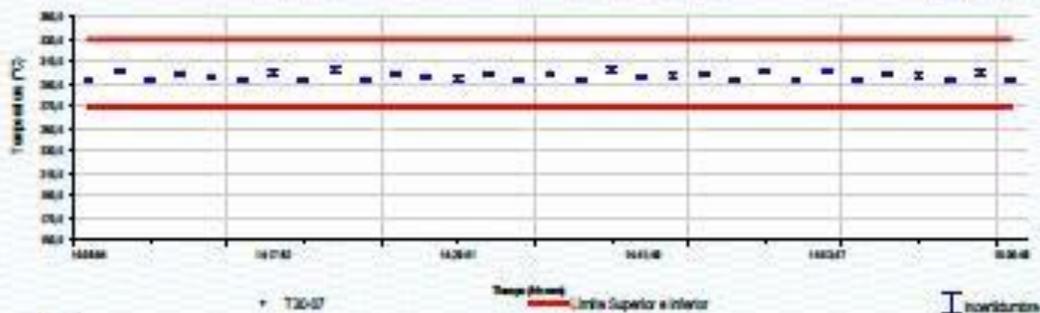
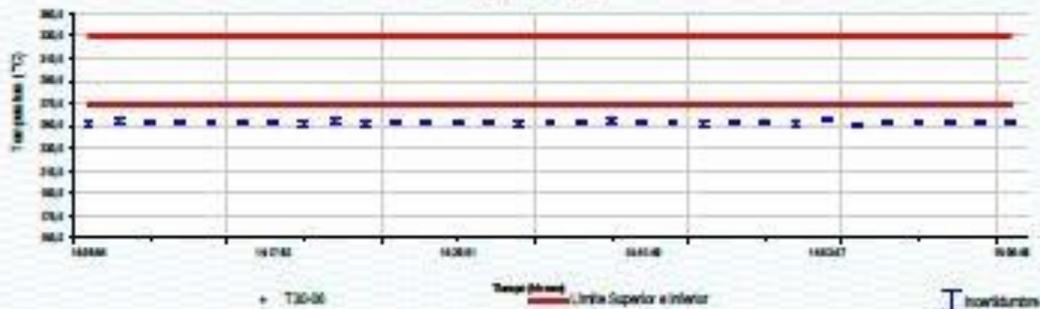
Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OT: 519-2022

GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C a 330,0 °C
NIVEL INFERIOR



PO-03-F-01 Ed. 03



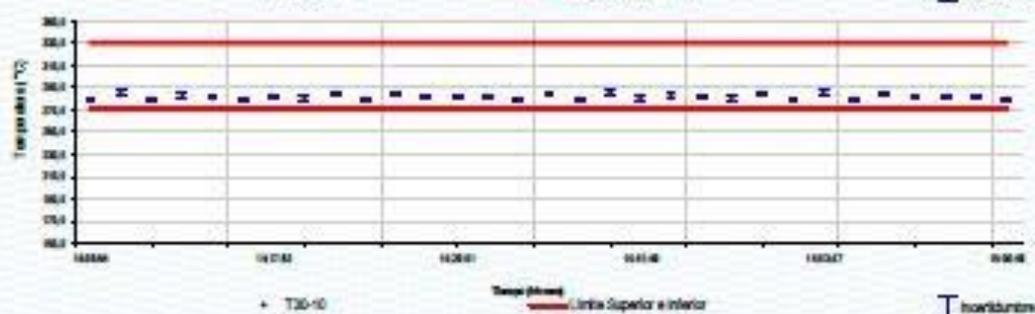
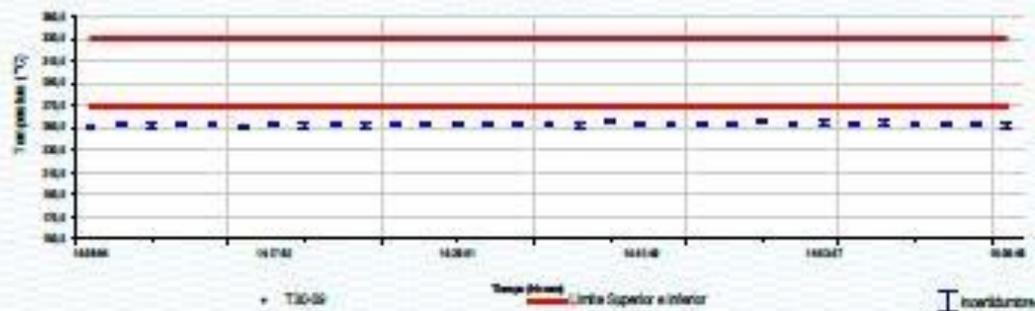
Certificado de Calibración

LT22-660

Número de OE: 519-2022

GRÁFICO DE ESTABILIDAD DE TEMPERATURAS

PARA LA TEMPERATURA DE 270,0 °C a 330,0 °C
NIVEL INFERIOR



Certificado de Calibración

LM22-155

Número de OT: 519-2022

CLIENTE

Razón Social : GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C.
Dirección : CAL 21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO (LIMA - LIMA - LIMA)

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2022-10-01
Lugar de Calibración : En las instalaciones del cliente
Fecha de Emisión : 2022-10-05

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA DE CONCRETO

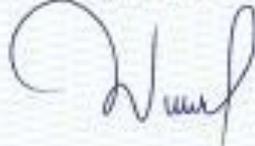
Marca	: ELE INTERNACIONAL	Identificación	: NO INDICA
Modelo	: ADR TOUCH HEAD	Procedencia	: NO INDICA
Serie	: 1887-1-00074	Ubicación	: Laboratorio

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad	: 2000	KN
Resolución	: 0,01	KN

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI PUCP, tomando como referencia la Norma UNE EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de ensayo uniaxiales estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión, verificación y calibración del sistema de fuerza"

Sello	Metrologo	Director Técnico
		
	Armando Merin Garcia	Wilfredo Reyes Yaguirre

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, en coherencia con las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
SMC S.A.C. - como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a su vez mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la trazabilidad de las mediciones que realiza, con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Certificado de Calibración

LM22-155

Número de OT: 519-2022

PATRONES UTILIZADOS

Descripción del Instrumento	Identificación y/o Serie
Celda de Carga Patrón (40 tn)	LC-8M-18

CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18,9 °C	16,5 °C
Humedad Relativa	79 %	80 %

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Indicación del Patrón	Indicación de Fuerza (Ascenso)			
	Valor de Indicación			
F, (kgf)	F1 (kgf)	F2 (kgf)	F3 (kgf)	Fprom (kgf)
1880	1519,7	1519,5	1519,8	1519,8
3660	3757,0	3757,1	3756,8	3757,0
5440	5930,8	5940,0	5939,9	5939,9
8665	8090,8	8090,8	8090,8	8090,7
10985	10580,5	10580,7	10580,7	10580,8
13010	12449,2	12449,3	12449,0	12449,2
15310	14220,1	14220,3	14220,3	14220,2
17855	18977,2	18977,4	18977,4	18977,3
20075	19394,0	19394,2	19393,8	19394,0
22540	21981,3	21981,5	21981,3	21981,4
24875	23993,6	23993,7	23993,6	23993,6
27036	28109,8	28109,8	28109,8	28109,7
29145	28138,2	28138,3	28138,3	28138,3
32096	31191,7	31191,8	31191,8	31191,7
35101	34703,0	34702,8	34703,1	34703,0
RETORNO A CERO	0	0	0	



INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de medición calculada (U), ha sido determinada a partir de la incertidumbre estándar de medición combinada, multiplicada por el factor de cobertura $k=2$. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza del 95%.

OBSERVACIONES

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del instrumento durante la calibración. SMC S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.

Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "Servicio de Calibración".

Anexo 5. Certificados ensayos de laboratorio



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe

Gerencia@geocontrolperu.com.pe

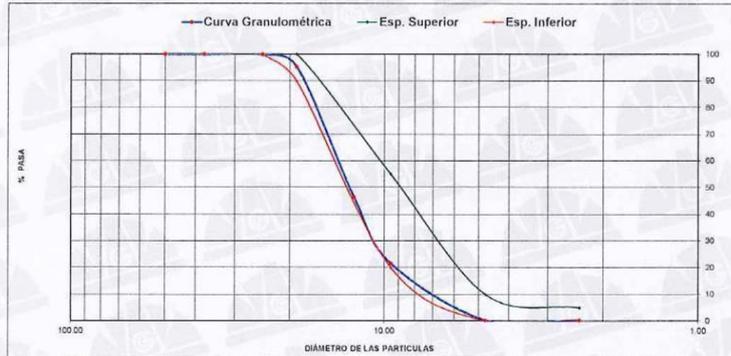
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LTC-AG-002
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	Revisión	2
	DE AGREGADO GRUESO	Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Mijael Javier Albuja Acuña		
PROYECTO	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023		
UBICACIÓN	: Lima.	Fecha de ensayo:	24/04/2023

MATERIAL	: AGREGADO GRUESO	CANTERA:	TRAPICHE
PESO INICIAL HÚMEDO (g):	2.115.1	% W =	0.4
PESO INICIAL SECO (g):	2.105.8	MF =	6.82

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO#67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.05	99.1	4.7	4.7	95.3	90 - 100
1/2"	12.50	1,026.9	48.8	53.5	46.5	
3/8"	9.53	524.1	24.9	78.4	21.6	20 - 55
Nº 4	4.76	448.9	21.3	99.7	0.3	0 - 10
Nº 8	2.38	0.2	0.0	99.7	0.3	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	99.7	0.3	
FONDO		6.6	0.3	100.0	0.0	



OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	<p>Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p>	<p>GEOCONTROL PERU S.A.C. CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

www.geocontrolperu.com.pe



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
 Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
 Gerencia@geocontrolperu.com.pe

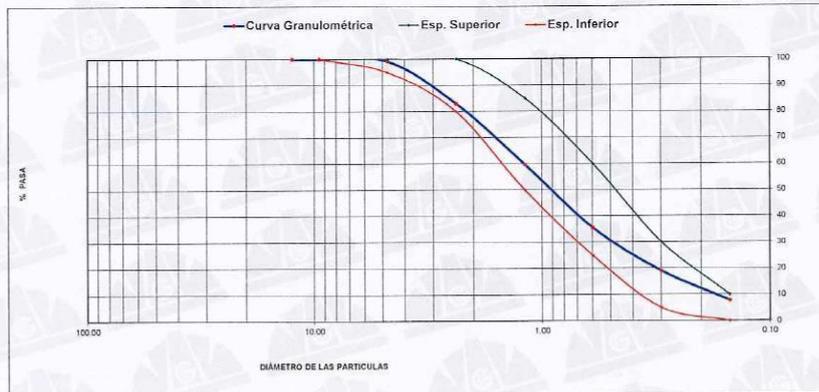
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Mijael Javier Albuja Acuña
PROYECTO	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023
UBICACIÓN	: Lima. Fecha de ensayo: 24/04/2023

MATERIAL : AGREGADO FINO
 PESO INICIAL HÚMEDO (g): 842.2
 PESO INICIAL SECO (g): 825.3
 CANTERA: TRAPICHE
 % W = 2.0
 MF = 2.98

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.75	6.9	0.8	0.8	99.2	95 - 100
Nº8	2.38	133.0	16.2	17.0	83.0	80 - 100
Nº 16	1.19	192.6	23.3	40.3	59.7	50 - 85
Nº 30	0.60	199.9	24.2	64.5	35.5	25 - 60
Nº 50	0.30	136.1	16.5	81.0	19.0	5 - 30
Nº 100	0.15	92.8	11.2	92.2	7.8	0 - 10
FONDO	--	63.1	7.6	99.8	0.2	



OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  Enayda R. Toribio Rodríguez Téc. de Laboratorio	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS



RUC. 20609900327
 Cel: 963583788 - 933910417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
 Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
 Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO	Código	FOR-LTC-AG-018
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Mijael Javier Albuja Acuña
PROYECTO	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 24/04/2023

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA: TRAPICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	29255	29260	29264
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20055	20060	20064
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.419	1.420	1.420

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.420
-------------------------------	------	-------

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32005	32002	32008
2	Peso del Molde	g	9200	9200	9200
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22805	22802	22808
4	Volumen del Molde	cc	14130	14130	14130
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.614	1.614	1.614

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.614
-----------------------------------	------	-------

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS

Elaborado por: 	Revisado por: Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por: José L. López García Téc. de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos
 Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
 Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO UNITARIO DE AGREGADO FINO	PESO	Código	FOR-LAB-AG-015
			Revisión	2
			Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Mjael Javier Albuja Acuña
PROYECTO	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 24/04/2023

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	5922	5923	5919
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4300	4301	4297
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.536	1.536	1.535
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.535		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6560	6556	6554
2	Peso del Molde	g	1622	1622	1622
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4938	4934	4932
4	Volumen del Molde	cc	2800	2800	2800
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.760	1.762	1.761
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.761		

OBSERVACIONES:
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Tofalo Rodriguez <small>INGENIERA DE LABORATORIO</small>	 Gilder Garcia Guzman <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small>	 José L. Lopez Garcia <small>Técnico de laboratorio</small>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU SAC
Y SERVICIOS



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe

Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM C127

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Mijael Javier Albuja Acuña
PROYECTO	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 24/04/2023

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	A	g	1512.0	1492.0	1502.0
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca	B	g	2393.0	2378.0	2385.5
3	Peso muestra Seco	C	g	2375.0	2346.0	2360.5
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		g/cc	2.72	2.68	2.70
5	Peso específico de masa = C/B-A		g/cc	2.70	2.65	2.67
6	Peso específico aparente = C/C-A		g/cc	2.75	2.75	2.75
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100		%	0.8	1.4	1.1

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:  Mijael Javier Albuja Acuña Téc. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 289741	Aprobado por:  JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS

www.geocontrolperu.com.pe



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe

Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
ASTM C128

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Mijael Javier Albuja Acuña
PROYECTO	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 24/04/2023

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : TRAPICHE

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	967.5	966.4	967.0
2	Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón	g	653.1	652.8	653.0
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	314.4	313.6	314.0
4	Peso de la Muestra Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	646.3	645.9	646.1
5	Peso del Balón	g/cc	153.1	153.1	153.1
6	Peso de la Muestra Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	493.2	492.8	493.0
7	Volumen del Balón (V)	cc	500.8	500.8	500.8

RESULTADOS				
PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.65	2.63	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = ((2)-(5))/(V-W))	g/cc	2.68	2.67	2.68
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-((2)-(5)-A)])	g/cc	2.75	2.73	2.74
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $\frac{((2)-(5)-A)}{A} \times 100$	%	1.4	1.4	1.4

OBSERVACIONES:

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

www.geocontrolperu.com.pe



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe

Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	27/04/2023

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio						
SOLICITANTE	: Mijael Javier Albuja Acuña						
TESIS	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023						
UBICACION	: LIMA					Fecha de ensayo:	24/04/2023
f'c 280 kg/cm² (PATRÓN)							
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³	
CEMENTO SOL TIPO I	3.12						
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.96	2.0	1.4	1535.0	1761.0	
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.4	1.1	1420.0	1614.0	
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE							
A)	VALORES DE DISEÑO						
	1	ASENTAMIENTO		3.7	pulg		
	2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4"			
	3	RELACION AGUA CEMENTO		0.609			
	4	AGUA		215			
	5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0			
	6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.33			
	7	TEMPERATURA C°		25.5	°c		
B)	ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO			353.000	Kg/m³	8.3 Blc/m³	
	Volumen absoluto del cemento			0.1131	m³/m³		
	Volumen absoluto del Agua			0.2150	m³/m³		
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m³/m³		
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.348	
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3010	m³/m³	0.627	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3260	m³/m³		
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					0.975	
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			353	Kg/m³		
	AGUA			215	Lts/m³		
	AGREGADO FINO			795	Kg/m³		
	AGREGADO GRUESO			870	Kg/m³		
	PESO DE MEZCLA			2233	Kg/m³		
D)	CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			810.5	Kg/m³		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			873.9	Kg/m³		
E)	CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			-0.80	Lts/m³	-4.8	
	AGREGADO GRUESO			0.70	Lts/m³	6.1	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					1.3	
						216.3 Lts/m³	
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			353	Kg/m³		
	AGUA			216	Lts/m³		
	AGREGADO FINO			811	Kg/m³		
	AGREGADO GRUESO			874	Kg/m³		
	PESO DE MEZCLA			2254	Kg/m³		
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (45 lL)						
	CEMENTO			15.89	Kg		
	AGUA			9.73	Lts		
	AGREGADO FINO			36.47	Kg		
	AGREGADO GRUESO			39.33	Kg		
	PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)	
	C	1.0				C	1.0
	A.F	2.30				A.F	2.24
	A.G	2.48				A.G	2.62
	H2o	26.0				H2o	26.0

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU
Y SERVICIOS

www.geocontrolperu.com.pe



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe

Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	27/04/2023

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio					
SOLICITANTE	: Mijael Javier Alujar Acuña					
TESIS	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023					
UBICACION	: LIMA			Fecha de ensayo: 24/04/2023		
f'c 280 kg/cm ² (2.5%HDPE)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.96	2.0	1.4	1535.0	1761.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.4	1.1	1420.0	1614.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A)	VALORES DE DISEÑO					
	1	ASENTAMIENTO		3	pulg	
	2	TAMANO MAXIMO NOMINAL		3/4"		
	3	RELACION AGUA CEMENTO		0.609		
	4	AGUA		216		
	5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		2.0		
	6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.33		
	7	TEMPERATURA C°		25.5	°c	
B)	ANALISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO			353.000	Kg/m ³	8.3
	Volumen absoluto del cemento			0.1131	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2150	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m ³ /m ³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.348
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3010	m ³ /m ³	0.627
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3260	m ³ /m ³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					0.975
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO					
	CEMENTO			353	Kg/m ³	
	AGUA			216	L/m ³	
	AGREGADO FINO			795	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			870	Kg/m ³	
	PESO DE MEZCLA			2233	Kg/m ³	
D)	CORRECCION POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO			810.5	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			873.9	Kg/m ³	
E)	CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
	AGREGADO FINO			-0.60	Lts/m ³	-4.8
	AGREGADO GRUESO			0.70	Lts/m ³	6.1
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					1.3
						216.3
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO					
	CEMENTO			353	Kg/m ³	
	AGUA			216	Lts/m ³	
	AGREGADO FINO			811	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			874	Kg/m ³	
	2.5% HDPE			8.83	Kg/m ³	
	PESO DE MEZCLA			2254	Kg/m ³	
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (45 lt.)					
	CEMENTO			15.89	Kg	
	AGUA			9.73	Lts	
	AGREGADO FINO			36.47	Kg	
	AGREGADO GRUESO			39.33	Kg	
	2.5% HDPE			0.40	Kg	
	PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)
	C			1.0		1.0
	A.F			2.30		2.24
	A.G			2.48		2.62
	H2o			26.0		26.0

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

www.geocontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	27/04/2023

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Mijael Javier Albujaer Acuña
TESIS : Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023
UBICACION : LIMA Fecha de ensayo: 24/04/2023

MATERIAL	f'c 280 kg/cm² (5%HDPE)					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.96	2.0	1.4	1535.0	1761.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.4	1.1	1420.0	1614.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			2.7	pulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.609		
4	AGUA			215		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.33		
7	TEMPERATURA C°			25.5	%c	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			353.000			
	Volumen absoluto del cemento			8.3	Kg/m³	Bts/m³
	Volumen absoluto del Agua			0.1131	m³/m³	
	Volumen absoluto del Aire			0.2150	m³/m³	
				0.0200	m³/m³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3010	m³/m³	0.927
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3280	m³/m³	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						0.975
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			353	Kg/m³	
	AGUA			215	L/m³	
	AGREGADO FINO			795	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			870	Kg/m³	
D) PESO DE MEZCLA						
	CORRECCION POR HUMEDAD			2233	Kg/m³	
	AGREGADO FINO HUMEDO			810.5	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			873.9	Kg/m³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			%	Lts/m³	
	AGREGADO GRUESO			-0.50	-4.8	
				0.70	6.1	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				1.3	
					216.3	Lts/m³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			353	Kg/m³	
	AGUA			216	Lts/m³	
	AGREGADO FINO			811	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			874	Kg/m³	
	5% HDPE			17.65	Kg/m³	
G) PESO DE MEZCLA						
	CANTIDAD DE MATERIALES (45 IL.)			2254	Kg/m³	
	CEMENTO			15.89	Kg	
	AGUA			9.73	Lts	
	AGREGADO FINO			36.47	Kg	
	AGREGADO GRUESO			39.33	Kg	
	5% HDPE			0.79	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	1.0		C	1.0		
A.F	2.30		A.F	2.24		
A.G	2.48		A.G	2.62		
H2o	26.0		H2o	26.0		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine Z. Toribio Rodríguez <small>INGENIERA DE LABORATORIO</small>	 Ghider García Guzmán <small>INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</small>	 José L. López García <small>Fecha de elaboración</small>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS



RUC. 20609900327

Cel: 963583788 - 933910417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

Email: Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe
Gerencia@geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-JJ
		Fecha	27/04/2023

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Mijael Javier Albuja Acuña
TESIS	: Propiedades mecánicas del concreto hidráulico para pavimentos rígidos con la adición de polietileno de alta densidad HDPE reciclado, lima 2023
UBICACION	: LIMA
	Fecha de ensayo: 24/04/2023

f'c 280 kg/cm² (7.5%HDPE)						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m³	P. UNITARIO C. Kg/m³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.96	2.0	1.4	1535.0	1761.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.82	0.4	1.1	1420.0	1614.0

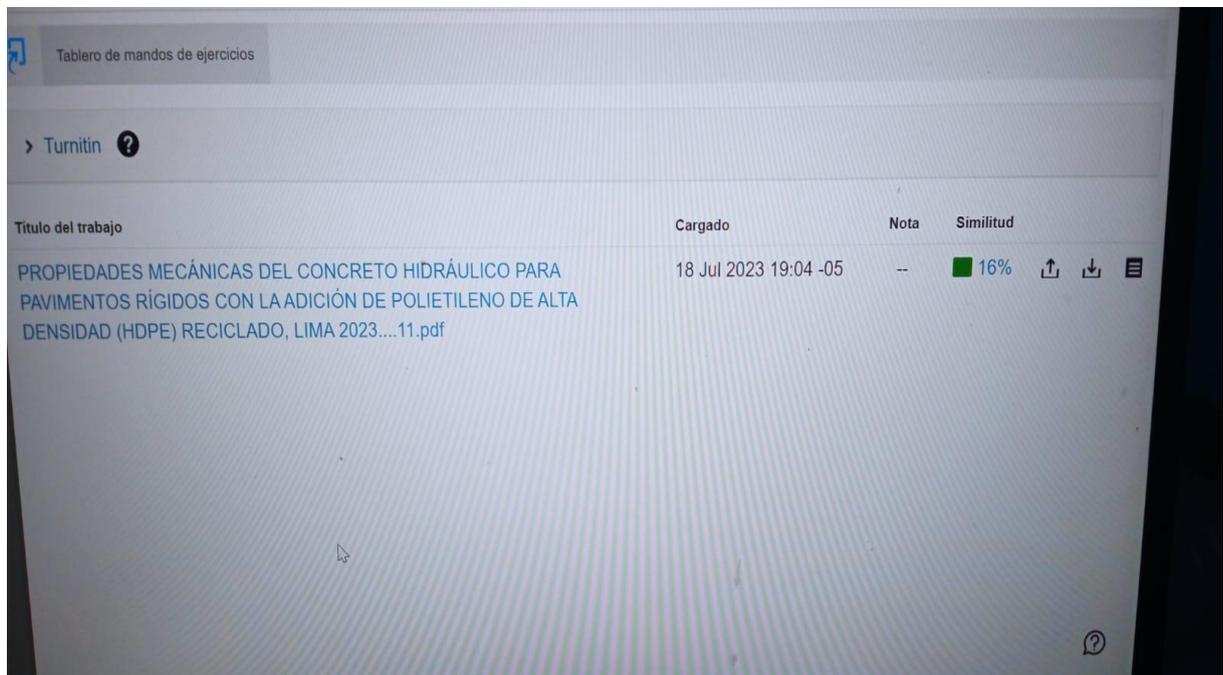
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			2.3	in	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.609		
4	AGUA			215		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.23		
7	TEMPERATURA C°			25.5		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		353.000		8.3	Btu/m³
	Volumen absoluto del cemento			0.1131	m³/m³	
	Volumen absoluto del Agua			0.2150	m³/m³	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m³/m³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					0.348
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3010	m³/m³	0.827
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3200	m³/m³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					0.975
C) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO SECO						
	CEMENTO			353	Kg/m³	
	AGUA			215	L/m³	
	AGREGADO FINO			795	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			870	Kg/m³	
D) PESO DE MEZCLA						
	CORRECCION POR HUMEDAD			2233	Kg/m³	
	AGREGADO FINO HUMEDO			810.5	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			873.9	Kg/m³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			-0.60	Lts/m³	
	AGREGADO GRUESO			0.70	6.1	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				1.3	
					216.3	Lts/m³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m³ POR EN PESO HUMEDO						
	CEMENTO			353	Kg/m³	
	AGUA			216	Lts/m³	
	AGREGADO FINO			811	Kg/m³	
	AGREGADO GRUESO			874	Kg/m³	
	7.5% HDPE			26.48	Kg/m³	
G) PESO DE MEZCLA						
CANTIDAD DE MATERIALES (45 lt.)						
	CEMENTO			15.89	Kg	
	AGUA			9.73	Lts	
	AGREGADO FINO			36.47	Kg	
	AGREGADO GRUESO			39.33	Kg	
	7.5% HDPE			1.19	Kg	
PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
	C					1.0
	A.F		2.30		A.F	2.24
	A.G		2.48		A.G	2.62
	H2o		26.0		H2o	26.0

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

www.geocontrolperu.com.pe

GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS

POCENTAJE DE SIMILITUD EN EL TURNITIN



Tablero de mandos de ejercicios

> Turnitin ?

Titulo del trabajo	Cargado	Nota	Similitud
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023....11.pdf	18 Jul 2023 19:04 -05	--	16%    

?



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUAROTO CASQUILLAS ENRIQUE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS CON LA ADICIÓN DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE) RECICLADO, LIMA 2023", cuyo autor es ALBUJAR ACUÑA MIJAIL JAVIER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 15 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUAROTO CASQUILLAS ENRIQUE EDUARDO DNI: 08120578 ORCID: 0000-0002-8757-6621	Firmado electrónicamente por: EHUAROTOC el 20- 07-2023 16:10:34

Código documento Trilce: TRI - 0593121