

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización
de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Arturo Leonardo Lopez Salazar

ASESOR

Luis Quiroz Quiñones

<https://orcid.org/0000-0001-9193-0307>

Chiclayo, 2024

**Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y
estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque**

PRESENTADA POR

Arturo Leonardo Lopez Salazar

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Juan Merino Roncero

PRESIDENTE

Justo David Pedraza Franco

SECRETARIO

Luis Quiroz Quiñones

VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, porque siempre he tenido su apoyo incondicional, el cual me ha llevado al final de mis estudios y ser una mejor persona cada día gracias a los valores que me han inculcado.

A mis abuelas, quienes fueron las que siempre estuvieron para mí y me dieron sus sabios consejos en los momentos más difíciles cuando más lo necesité.

Agradecimiento

Primeramente a DIOS, por todas las bendiciones que me ha concedido en mi vida, siendo una de ellas la culminación de mi formación profesional con buena salud y al lado de mis seres queridos.

A los docentes que tuvieron a cargo mi formación académica a lo largo de mi carrera, por su excelente calidad tanto profesional como humana, que generaron en mí grandes expectativas de la ingeniería civil.

Un agradecimiento especial para mi asesor, Ing. Luis Quiroz Quiñones, quien con sus buenas actitudes y apoyo permanente contribuyó para llegar al final de este trabajo de investigación.

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	pdfcookie.com Fuente de Internet	3%
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	3%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	fdocuments.es Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	es.slideshare.net Fuente de Internet	

Índice

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Revisión de literatura	17
Antecedentes del problema.....	17
Bases teóricas científicas	18
Materiales y métodos	21
Tipo y nivel de investigación	21
Diseño de investigación.....	23
Población, muestra, muestreo.....	25
Población	25
Muestra	26
Criterios de selección	30
Operacionalización de variables.....	32
Variable independiente	32
Variable dependiente	32
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
Técnicas	33
Instrumentos.....	34
Plan de procesamiento y análisis de datos.....	36
Fase I.....	36
Fase II	36
Fase III.....	36
Fase IV.....	37
Matriz de consistencia	37
Consideraciones éticas.....	38
Resultados	39
Estudio de tráfico y de cargas.....	39
Generalidades.....	39
Alcances.....	39
Información existente	39
Índice medio diario	40

Factores de corrección	40
Ubicación de puntos de control vehicular.....	40
Establecimiento de horas de control	41
Clasificación vehicular	42
Tasa de crecimiento anual.....	44
Tráfico proyectado.....	47
Factores destructivos.....	50
Cálculo de ejes equivalentes	51
Estudio topográfico	53
Introducción	53
Metodología de trabajo	54
Cálculo de la poligonal de levantamiento topográfico	54
Estudios físicos - químicos de la cáscara de arroz y de huevo	58
Producción de la cáscara de huevo	58
Producción de la cáscara de arroz.....	59
Proceso y análisis de los datos.....	59
Temperatura de calcinación	62
Composición química	63
Potencial de hidrógeno (PH).....	65
Estudio de mecánica de suelos	68
Trabajo de campo.....	68
Ubicación de calicatas	69
Descripción de resultados de ensayos.....	70
Muestras convencionales	70
Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	70
Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	71
Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	71
Muestras modificadas (1 ^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA).....	71
Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	71
Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	72
Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	73
Muestras modificadas (2 ^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)	73
Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	73
Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	74

Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	74
Muestras modificadas (3 ^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA).....	74
Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	74
Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	75
Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz "E" S/N Sector Las Brisas)	76
Resultados de estudios de mecánica de suelos	76
Diseño de mezclas	77
Peso unitario del concreto.....	78
Cantidad de material por metro cúbico.....	79
Diseño de mezcla convencional $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	79
Diseño de mezcla experimental (1 ^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA) ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$) ..	84
Diseño de mezcla experimental (2 ^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA) ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$) ..	89
Diseño de mezcla experimental (3 ^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA) ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$) ..	95
Elaboración de probetas de ensayo	100
Evaluación de las propiedades del concreto en estado fresco	101
Evaluación de las resistencias a la compresión del concreto en estado endurecido	103
Permeabilidad del concreto	108
Diseño estructural del pavimento rígido.....	112
Generalidades.....	112
Estructura del pavimento	113
Caracterización climática.....	113
Clasificación del suelo	113
Clasificación de las vías en estudio	114
Criterios de evaluación	114
Capacidad de soporte de carga del suelo	115
Carga por rueda.....	116
Diseño AASHTO 1993	116
Diseño de pavimento rígido para vía local convencional	117
Diseño de pavimento rígido para vía local modificada (1 ^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)	122
Diseño de pavimento rígido para vía local modificada (2 ^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)	127
Diseño de pavimento rígido para vía local modificada (3 ^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)	132
Estudio de rentabilidad	137

Costo de producción de concreto convencional	137
Costo de producción de concreto experimental (1 ^{era} adición)	138
Costo de producción de concreto experimental (2 ^{da} adición)	138
Costo de producción de concreto experimental (3 ^{era} adición)	139
Costo de estabilización de suelo convencional	140
Costo de estabilización experimental (1 ^{era} adición)	140
Costo de estabilización experimental (2 ^{da} adición)	141
Costo de estabilización experimental (3 ^{era} adición)	141
Presupuesto de pavimento rígido convencional	143
Presupuesto de pavimento rígido experimental (1 ^{era} adición)	144
Presupuesto de pavimento rígido experimental (2 ^{da} adición)	145
Presupuesto de pavimento rígido experimental (3 ^{era} adición)	146
Influencia técnica	147
Influencia económica	148
Respuesta estructural	150
Discusión	151
Conclusiones	160
Recomendaciones	163
Referencias bibliográficas	165
Anexos	167

Resumen

La finalidad del presente estudio fue producir concreto y estabilizar el suelo mediante el uso de la cáscara de arroz y de huevo, la cual mejore las propiedades físico – mecánicas de las mismas para pavimentos rígidos de baja transitabilidad. Para ello se elaboraron probetas de concreto convencional como modificado bajo tres adiciones combinadas: 1^{era}: (75% PCH + 25% CCA), 2^{da}: (50% PCH + 50% CCA) y 3^{era}: (25% PCH + 75% CCA) para un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Las resistencias a la compresión de dichas probetas modificadas respecto a la convencional fueron de 375.33 kg/cm^2 para la primera adición, 349.40 kg/cm^2 para la segunda y para la tercera de 346.51 kg/cm^2 . En cuanto a la estabilización de suelos se tomaron muestras convencionales y modificadas bajo las mismas adiciones anteriormente descritas. Se sabe bien que si la capacidad de soporte de un suelo (CBR) es mayor a 6%, el suelo no necesita una estabilización o mejoramiento, y de acuerdo a lo determinado, el CBR promedio convencional fue de 7.38%, mientras que la primera adición de 6.48%, 6.31% para la segunda y 7.36% para la tercera adición. A pesar que el suelo de la calle El Vaticano S/N del Sector Las Brisas no necesita estabilización, se consideró dicho proceso permitiendo dar una respuesta técnica - económica en cuanto a la rentabilidad del concreto y estabilización de suelos con cáscara de arroz y de huevo para pavimentos rígidos de bajo tránsito., siendo la primera adición con mejor respuesta estructural respecto a una convencional.

Palabras clave: Concreto, estabilización, cáscara de arroz, cáscara de huevo, pavimento rígido.

Abstract

The purpose of this study was to produce concrete and stabilize the soil through the use of rice and egg shells, which improves their physical-mechanical properties for rigid pavements with low trafficability. For this purpose, conventional and modified concrete specimens were prepared under three combined additions: 1st: (75% PCH + 25% CCA), 2nd: (50% PCH + 50% CCA) and 3rd: (25% PCH + 75% CCA) for a $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$. The compressive strengths of these modified specimens with respect to the conventional one were 375.33 kg/cm^2 for the first addition, 349.40 kg/cm^2 for the second and 346.51 kg/cm^2 for the third. As for soil stabilization, conventional and modified samples were taken under the same additions described above. It is well known that if the bearing capacity of a soil (CBR) is greater than 6%, the soil does not need stabilization or improvement, and as determined, the average conventional CBR was 7.38%, while the first addition was 6.48%, 6.31% for the second and 7.36% for the third addition. Although the soil of El Vaticano S/N Street in the Las Brisas Sector does not need stabilization, this process was considered to provide a technical-economic response in terms of the profitability of concrete and soil stabilization with rice and eggshell for low traffic rigid pavements, with the first addition having a better structural response than a conventional one.

Keywords: Concrete, stabilization, rice husk, eggshell, rigid pavement.

Introducción

Existen diferentes razones sobre la situación problemática de estabilizar un suelo en lugar de llevar a cabo su pavimentación. En muchos casos, prima el criterio económico de minimizar costos respecto a alternativas convencionales, que aunque no sean ideales, al menos las soluciones propuestas buscan cada vez minimizar el impacto de problemas, como la formación de ahuellamiento y el levantamiento de polvo producidos por el flujo vehicular. En otros casos, por la inaccesibilidad de conformar mejores vías, caminos o pavimentos dentro de nuestras zonas urbanas o rurales, incrementa la dificultad de preservar mejores estructuras viales, ya que existen muchas deficiencias en cuanto al mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos en nuestro país.

En cualquiera de estos casos, nuestros caminos sin pavimentar, ya sea a nivel de trocha o afirmado, requieren de constantes mejoramientos frecuentes e intensos para contrarrestar los daños causados por el desplazamiento mecánico de partículas finas y gruesas debido al desplazamiento de los vehículos, lo que conlleva a que dichos suelos se debiliten aún más, cuando estos están expuestos a condiciones de humedad o flujos vehiculares mucho mayores que los previstos.

Por lo tanto, debe alcanzarse un estado estable para evitar los asentamientos diferenciales y que se garantice la durabilidad y resistencia ante las deformaciones permanentes originadas por la fatiga.

La red vial repercute mucho en la rentabilidad de nuestra región, debido al alto costo de ejecución que implican durante su tiempo de vida útil, por lo que se tienen que adicionar los sobrecostos que generan tener nuestras vías en pésimo estado, razón por la cual, es muy considerable proveer de pavimentos ideales con presupuestos cada vez más ajustados.

En la etapa de diseño se deben predimensionar los espesores de cada capa de los pavimentos, de tal modo, que permita definir los materiales a usar de acuerdo a las especificaciones técnicas dadas por norma.

La variabilidad de los suelos en el Departamento de Lambayeque, consolida determinar nuevas alternativas de solución que permitan mejorar la estabilidad del suelo, primando siempre su eficiencia y eficacia operativa y duradera.

La mayoría de nuestras vías locales sin pavimentar son de baja transitabilidad, donde radican suelos mayormente de mala calidad y baja capacidad portante, los cuales requieren un estudio más detallado en cuanto a su apropiada estabilización para emplearla como base de un determinado pavimento rígido.

El Departamento de Lambayeque, en específico la Ciudad de Chiclayo, tiene actualmente calles intransitables sin pavimentación alguna, aproximadamente en un 55%. Razón por la cual, las autoridades locales de Chiclayo deben preocuparse y trabajar de manera conjunta por la ejecución, supervisión y fiscalización de cada vía que se pretenda pavimentar, puesto que deben de considerar adecuadamente los costos de estabilización de los suelos, ya que en la mayoría de los casos, esta partida constructiva no es abarcada en su totalidad dentro del costo real de ejecución, conllevando a generar sobrecostos de rehabilitación y mantenimiento justamente por no asignar correctamente los materiales y por no realizar procesos constructivos adecuados que prolongan el tiempo de vida útil y reducen los tiempos de viaje.

Los residuos sólidos derivados del rubro industrial, sobretodo de la actividad agrícola y avícola, como lo es la producción de arroz y de huevo, en ningún caso son reaprovechados ni desechados de manera correcta. El arroz que es un producto de primera necesidad en nuestros hogares, donde la cáscara obtenida producto del proceso derivado de pilado se torna cada vez más difícil, puesto que su disposición final como residuo urbano es muy costosa, y cada día va de aumento en porcentajes cada vez más grande. Del mismo modo, el huevo como insumo alimenticio va en aumento, y de la misma forma que la cáscara de arroz, la cáscara de huevo no es sustancialmente aprovechado o tomado como medida de solución para disminuir la contaminación ambiental, ya que no se utilizan ni se conocen correctamente las propiedades mecánicas que otorga este insumo como material sustitutivo de la puzolana en el cemento.

De lo descrito anteriormente, es indispensable estudiar las propiedades mecánicas de ambos materiales, con el fin de obtener concretos sustentables con el medio ambiente para pavimentos rígidos de baja transitabilidad, y que, a su vez, permita aumentar la eficiencia de un suelo, estabilizándola con un porcentaje determinado de incorporación de estos materiales de manera aplicativa y experimental.

Actualmente se vienen realizando muchas investigaciones sobre estos dos materiales, las cuales buscan encontrar una dosificación estable incorporando ciertos porcentajes de mezcla de la ceniza de la cáscara de arroz y cáscara de huevo dentro de los estudios de estabilizaciones de suelos, conformación de subrasantes, subbases, bases y preparación de concreto mucho más rentables y óptimas, que otorgarían ciertas ventajas sobre suelos pobres y concretos con mayor resistencia a la compresión.

Según la tesis de Loayza, P. (2014), "Efecto de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a compresión del hormigón normal", evaluó lo siguiente: los hormigones suplementados con ceniza de cascarilla de arroz (RHA) alcanzaron resistencias 57,64 kg/cm², 77,29 kg/cm², 96,68 kg/cm² y 76,20 kg/cm² superiores a las del hormigón normal con un contenido de RHA del 5%, 10%, 15% y 20%, respectivamente.[1]

Alvarado y Guerra (2018) en su estudio denominado: "Impacto de la adición de ceniza de cascarilla de arroz activada alcalinamente en la estabilización ecológica de la mezcla suelo-sedimento en la provincia de Virú", propusieron determinar si la adición de ceniza de cascarilla de arroz activada alcalinamente a la mezcla suelo-sedimento en la provincia de Virú producía el efecto de estabilización ecológica pretendido. En el transcurso de esta investigación puramente experimental, se recogieron muestras de suelo para analizar en laboratorio las propiedades del material. La adición de ceniza de cascarilla de arroz como estabilizante resultó en un aumento del valor del CBR de 5,1% a 31,1%. Además, se observó una tendencia al alza tanto en el ángulo de fricción interna como en la cohesión. [2]

Llamoga, (2017) en su trabajo: "Evaluación de la capacidad portante y potencial de expansión de suelos arcillosos utilizados como subrasante mediante la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016", utilizó una metodología experimental para examinar los impactos de la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz en la subrasante en porcentajes de peso de 4%, 7% y 10%. El análisis de laboratorio de las muestras de suelo reveló que el CBR alcanzó su valor máximo cuando las proporciones de ceniza de cascarilla de arroz aumentaron de 2,85% a 7,8% y de 85% a 4,52%, respectivamente. [3]

Chhinder P., Meenakshi D., Anil M., Ankit M. & Kirti S. (2016), en su artículo: "Effect of using eggshell powder and micro silica partially in place of cement in M25 concrete", llegaron a las siguientes conclusiones: El ESP y la micro sílice pueden añadirse al hormigón en una proporción del 2,5% cada uno sin comprometer su resistencia; aumentan las resistencias a la compresión y a la tracción por fractura del hormigón convencional; el mortero tiene una composición más uniforme; y mejora la trabajabilidad de la mezcla de hormigón.. [4]

De acuerdo a lo descrito líneas arriba, podemos hacer énfasis de la gran utilidad de estos dos materiales, como componentes sustituyentes de cemento y estabilizante para fines de pavimentación rígida de baja transitabilidad. Por lo cual, se pueden determinar nuevas alternativas de solución eco sostenibles que permitan mejorar la funcionalidad de este tipo de pavimentos.

En consecuencia, la problemática de esta investigación radicó bajo las premisas siguientes: La contaminación a nivel mundial cada día crece descomunalmente, puesto que nuestra sociedad aún no es consciente de las grandes pérdidas de los recursos que nos otorgan nuestros ecosistemas.

Razón por la cual, la cáscara de huevo y de arroz no es reaprovechado ni desechado correctamente, y su uso en la producción de concreto y estabilización de suelos para fines de pavimentación rígida de bajo tránsito, no es aún definida, ya que las dosificaciones y porcentajes de adición, dependerán exclusivamente de las condiciones físicas – químicas de estos materiales.

En cuanto al panorama nacional, se sabe que nuestras construcciones dependen del cemento, cuyo proceso de obtención, debilita mucho más el suelo por las grandes explotaciones tanto a tajo abierto como tajo cerrado, sobre todo en las canteras de piedra caliza. Por otra parte, los residuos procedentes de la actividad industrial la cáscara de arroz y la cáscara de huevo originados por el consumo diario, no son dispuestos correctamente, por lo que empeora más aún la situación ambiental de nuestro Perú. En lo que respecta a nuestra realidad local, Chiclayo está muy contaminada por el alto grado de lechos de residuos sólidos urbanos dentro de nuestra ciudad. Por ello, es de suma importancia, buscar mejoras continuas en cuanto al reaprovechamiento de la cáscara de arroz y cáscara de huevo, con la finalidad de contribuir a reducir la contaminación que tanto nos aqueja.

Por lo tanto, se planteó la siguiente cuestión: ¿Cómo afecta el uso de cáscara de arroz y cáscara de huevo en las propiedades del concreto y en la estabilización de suelos para pavimentos rígidos en la región de Lambayeque? De la misma forma se concibió la posterior hipótesis: El uso de cáscara de arroz y cáscara de huevo como aditivos en la producción de concreto y la estabilización de suelos mejora las propiedades mecánicas, la durabilidad y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos en la región de Lambayeque.

En cuanto al aspecto social y ambiental, esta investigación se justificó en encontrar nuevos materiales de construcción, que sirvan a economizar y sobre todo a solucionar los problemas ambientales que a diario apreciamos en nuestro entorno, como también, que permitan sintetizar mejores respuestas de diseño en cuanto a la producción de concreto y estabilización de suelos. Por ende, el uso de la cáscara de arroz y cáscara de huevo es viable, ya que hay disponibilidad de estos insumos en grandes cantidades.

Acerca del aspecto técnico y económico, la investigación se justificó haciendo referencia a la gran importancia de sustituir el cemento y a la estabilización del suelo mediante utilidad de la cáscara de arroz y la cáscara de huevo, empleando métodos estudiados que nos ayudará satisfactoriamente en la reducción de los costos de ejecución de los pavimentos rígidos de bajo tránsito y de la estabilización del suelo mismo.

A partir de estas consideraciones generales, la investigación tuvo como objetivo general: evaluar la producción de concreto y estabilización del suelo usando la cáscara de arroz y de huevo para pavimentos rígidos de baja transitabilidad en el Departamento de Lambayeque.

Como objetivos específicos, a) plantear la vía de baja transitabilidad a estabilizar para pavimento rígido, b) medir la calcinación de la cáscara de arroz y cáscara de huevo, c) establecer la mezcla de la cáscara de arroz y cáscara de huevo cuando están activados térmicamente, d) precisar el potencial de hidrógeno de la cáscara de arroz y cáscara de huevo, e) cuantificar la proporción agua - cemento para el concreto tradicional y experimental, f) diseñar la producción del concreto experimental combinando dosis de cáscara de arroz y cáscara de huevo con cemento, g) evaluar el $f'c$ del concreto convencional y experimental, h) analizar la permeabilidad del concreto convencional y experimental, i) precisar los costos de la cáscara de arroz y cáscara de huevo, analizando su influencia en pavimentos rígidos de baja transitabilidad, j) identificar la cantidad de cáscara de arroz y cáscara de huevo a utilizar en la producción del concreto experimental, k) comparar los costos de producción del concreto convencional con los costos del concreto producido con cáscara de arroz y cáscara de huevo, y l) determinar la rentabilidad del uso de la cáscara de arroz y de la cáscara de huevo en la producción de concreto para pavimentos rígidos de baja transitabilidad.

Revisión de literatura

Antecedentes del problema

Vizcarra Arapa, Santiago y Lujan Cabrera, Ismael Lorenzo [5], hacen referencia al comportamiento de las arcillas granulares, en las que la granulometría del agregado grueso supera el 41%. En este estudio se evalúa el efecto de la fibra de arroz en enmiendas de suelos con 4% de cal. Alcanzando 52.5% CBR, 1.77g/cm³ MDS, y 16.4% OCH, la respuesta óptima de estabilización se alcanzó con 17% CCA.

E. Matthey, Pedro; A. Robayo, Rafael; E. Díaz, Jherson; Delvasto, Silvio y Monzó José [6], determinaron determinar las consecuencias de sustituir parcialmente la puzolana en el proceso de fabricación, se incorporó este residuo a los diseños de las mezclas de hormigón.

Mory Espinoza, Wuelmer Antenor [7], investigan el efecto de la incorporación de cascarilla de arroz en suelos infértiles, lo que resulta en una reducción de la densidad máxima seca y un aumento del contenido óptimo de humedad. El suelo que mejora la tendencia gana un 107% en comparación con el suelo no tratado cuando se incorpora un 4%.

López Barbarán, Junior [8], logra un suelo inorgánico arcilloso de alta plasticidad de clasificación SUCS "CH", que permite mejorar la subrasante de una calle en la ciudad de Moyobamba, región San Martín.

Ramal Montejo, Rodolfo; Raymundo Juárez, José Emmanuel y Chávez Ancajima, Jhonatan Smith [9] examinan la estabilización con ceniza de cascarilla de arroz. La cascarilla de arroz, por ser una sustancia económica y benéfica para mejorar las características de un suelo determinado, es, en consecuencia, un agente de estabilización de suelos altamente efectivo.

García Santos, Ximena Julieta [10], utilizan el software Plaxis 8.2. Como se indicó, la incorporación de cascarilla de arroz resultó en una mejora correspondiente de 41.89% en la cohesión del suelo y 4.8% en el módulo de elasticidad del suelo.

Saldaña Cabanillas, Juan Carlos [11], analiza y evalúa la cascarilla de arroz y la cáscara de huevo como materiales sustitutos del cemento al 10% y 20%, respectivamente.

Se determinó que el hormigón experimental presenta una resistencia a compresión de 404 kg/cm², superior en un 0,75% a la del hormigón convencional, y de 389 kg/cm² a los 28 días.

Bases teóricas científicas

Las bases teóricas necesarias para elaborar la investigación son de forma cuantitativa, utilizando diversos materiales, diseños de mezclas y ensayos. Por ende, es importante conocer las definiciones y términos utilizados en los trabajos de laboratorio, además de definir los ensayos a los que fueron sometidos los agregados y los especímenes. Entre las definiciones principales tenemos las siguientes:

NTP E.050. Suelos y Cimentaciones. 2018. Perú: RNE.

Estipula procedimientos técnicos para el muestreo y realización de la mecánica de suelos. A su vez, establece los lineamientos necesarios para la determinación del número de calicatas de acuerdo al tipo de obra a realizar. [12]

NTP CE.020. Estabilización de suelos y taludes. 2018. Perú: RNE.

Este acápite regula el procedimiento de toma de muestras y especificaciones técnicas para la estabilización de suelos a nivel de subrasante y taludes tanto inferiores como superiores, los cuales estipulan las herramientas para la estabilización de suelos y taludes. [13]

NTP E.060. Concreto armado. 2018. Perú: Reglamento nacional de edificaciones.

Esta norma cuenta con especificaciones especiales para la preparación y colocación de concreto simple en el capítulo 3, 4 y 5. Las disposiciones de estos capítulos son aplicables a diseños de mezclas cuyo fundamento debe cumplir con lo siguiente:

- ✓ La mezcla recién formulada debe poseer las cualidades necesarias de trabajabilidad, consistencia y cohesividad para poder introducirla con precisión en los moldes.
- ✓ En sentido estricto, las propiedades de la mezcla endurecida deben corresponder a la función prevista de la estructura.
- ✓ Se establecerá el coste mínimo por unidad cúbica de hormigón cementado que sea coherente con la calidad deseada.[14]

Se revisó esta parte de la norma, debido a que se pueden utilizar los métodos establecidos para la producción de los especímenes de concreto convencional y experimental.

ACI (Instituto Americano del Concreto). Requisitos de reglamento para concreto estructural.

Menciona que el concreto de alta resistencia, tiene las características de los materiales las siguientes:

- ✓ Se aconsejan preferentemente los cementos tipo I y II, que contienen elevados niveles de silicato tricálcico.
- ✓ Agregado grueso: Piedras caracterizadas por una diversa gama de tamaños, altas densidades y una estructura y gradación geológica sanas, así como un bajo nivel de absorción.
- ✓ Agregado fino: Aquel que contiene una cantidad insignificante de material fino.
- ✓ Agua: Obligatorio para cumplir los criterios especificados.
- ✓ Componentes suplementarios: Sustancias que mejoran las características tanto del hormigón recién mezclado como del endurecido. [15]

Método AASHTO. Diseño de Pavimentos Rígidos. 1993. EEUU.

Por el método mencionado, diseñaremos de forma óptima la pavimentación rígida, la cual nos permitirá determinar con mayor precisión los espesores de losa y subbase, así como también, nos otorga ciertas consideraciones técnicas de capacidad de carga que estará en función al estudio de tráfico y a los niveles de servicio en cuanto a la superficie de rodadura. [16]

CE.010. Pavimentos Urbanos. 2018. Perú: RNE.

Se establecen las reglas mínimas y criterios de diseño para la pavimentación urbana, sea esta rígida o flexible. Como también, fija los parámetros técnicos para la conservación de las vías urbanas. [17]

Norma Británica. Ensayos físicos – químicos. 1988. Reino Unido. Parte 812.

Se normalizan los procedimientos de estudios físicos – químicos de materiales orgánicos, inorgánicos y modificados para cualquier campo de la ingeniería, los cuales fijan los materiales, equipos, rangos permisibles de validación experimental en cuanto a la toma de datos cuantitativos que determinaran la estructura o composición química de cualquier material en estudio, entre otros parámetros. [18]

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

El estudio de esta investigación fue aplicado, porque se usó la cáscara de arroz y de huevo para producir concreto y estabilizar el suelo experimentalmente, cuyo fin estuvo dirigido a mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los diseños de mezcla y estabilizaciones convencionales mediante la adición de la cáscara de arroz y de huevo, y que a su vez, proporcione mejores características de resistencia y durabilidad, en cuanto a parámetros de diseño para pavimentos rígidos de baja transitabilidad en beneficio de la sociedad.

La metodología fue experimental basándose en la observación, puesto que la permeabilidad y $f'c$ del concreto, tienden a cambiar por la sustitución de cemento al incorporarse una determinada proporción de cáscara de arroz y de huevo. De la misma manera, para la parte convencional y experimental de la estabilización del suelo.

Se realizó un estudio cuantitativo y experimental en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental (USAT), en los cuales se obtuvieron los resultados de la mecánica de suelos (propiedades físico – mecánicas tanto para las condiciones naturales como para las modificadas por las adiciones combinadas de la ceniza de la cáscara de arroz y de huevo). Mientras que los resultados de los diseños de mezclas, permeabilidad y rotura de probetas tanto para las convencionales y modificadas, estas han sido comparadas entre las condiciones iniciales de un concreto convencional cuyo $f'c$ es de 280 kg/cm^2 y bajo ciertas proporciones de cáscara de arroz y de huevo con dosis de cemento tipo I para pavimentos rígidos de bajo tránsito.

En cuanto a los ensayos físicos – químicos, han sido realizadas externamente en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias (UNPRG), cuyos resultados permitieron determinar la composición química y potencial de hidrógeno de la cáscara de arroz y de huevo.

Es importante describir lo siguiente: de acuerdo a la calcinación de la cáscara de arroz y de huevo se conoció la pérdida de la masa a una determinada temperatura de manera independiente y combinada. Esto es esencial, ya que permitió cuantificar las cantidades necesarias que se emplearon para las tres adiciones propuestas en esta investigación.

La composición química igualmente fue determinada de manera independiente y combinada, lo cual, al ser activadas térmicamente en función a la nueva masa hallada y los espectros FRXDE, se encontró el potencial de hidrógeno, el cual es un factor que se insertó en la presente investigación, ya que como se sabe, la cáscara de arroz y de huevo tienen propiedades de absorción altas, lo que influye en la variación de la relación agua – cemento del concreto, y por ende, en la permeabilidad de la misma.

Es por ello que fue importante medir la permeabilidad de las probetas de concreto, puesto que la cáscara de arroz y de huevo ofrecen básicamente dicha propiedad de absorción, ya que esto puede convertir al concreto en un material mucho más permeable. Es por esta razón que se consideró este ensayo para fines de pavimentación rígida de baja transitabilidad, ya que el factor externo de humedad y precipitación juega un rol muy importante sobre la durabilidad del concreto.

La investigación es aplicada, ya que también se procedió a experimentar por medio de ensayos, los cuales permitieron analizar la utilidad de la cáscara de arroz y de huevo al convertirse en componentes sustituyentes del cemento y estabilizantes del suelo.

En cuanto a la evaluación de la producción del concreto, se formaron cuatro grupos de muestras que permitieron medir la resistencia a la compresión y permeabilidad de la misma. El primer grupo sirvió para analizar el concreto convencional, mientras que los 3 grupos restantes, permitió medir experimentalmente la resistencia y permeabilidad del concreto bajo 3 tipos de adiciones, cuyas combinaciones de ambos materiales sobre las muestras de concreto se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Adiciones combinadas de PCH y CCA para concreto experimental.

Adición	Combinación
1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA
2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA
3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA

Fuente: Elaboración propia.

Legenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

Del mismo modo, para la evaluación de la estabilización del suelo usando cáscara de arroz y cáscara de huevo, se conformaron 4 grupos. El primer grupo midió la parte convencional, mientras que los otros 3 grupos la parte experimental. A continuación en la Tabla 2, se presentan las adiciones combinadas que se usaron para el análisis de la estabilización del suelo.

Tabla 2. Adiciones combinadas de PCH y CCA para estabilización experimental de suelo.

Adición	Combinación
1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA
2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA
3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA

Fuente: Elaboración propia.

Legenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

Diseño de investigación

La investigación fue cuantitativa, ya que se agenció de la estadística para procesar los resultados obtenidos en laboratorio, de acuerdo a los ensayos repetitivos de permeabilidad, granulometría, límites de Atterberg, resistencia a la compresión, composición química, potencial de hidrógeno, proctor modificado y CBR, cuyos resultados permitieron determinar el mejor comportamiento de los materiales constituyentes a evaluar.

Población, muestra, muestreo

Población

La finalidad fue evaluar la producción del concreto y la estabilización del suelo para pavimentación rígida de baja transitabilidad, por el cual se usó la cáscara de arroz y de huevo para estudiar su desempeño.

Es por ello, que se efectuaron probetas de concreto experimental, como a su vez, se realizaron determinadas probetas de suelos estabilizados con las 3 adiciones de la combinación de la cáscara de arroz y de huevo detallados en las Tablas 1 y 2, cuyos valores obtenidos para ambos casos, sirvieron como parámetros de comparación entre las probetas convencionales.

De manera general, la población está compuesta por 1 grupo de muestras convencionales y 3 experimentales constituidas por cáscara de arroz y de huevo para producción de concreto y suelo estabilizado, las cuales han sido ensayadas en laboratorio.

Respecto a la población para ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto convencional y experimental, se obtuvo una población de 15 muestras para la parte convencional, mientras que para la parte experimental, se determinaron 45 muestras, En total se obtuvo una población de 60 muestras tal y como se puede apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3. Población para ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto convencional y experimental.

Grupo	Tipo	Combinación	Resistencia	Permeabilidad	Población
1	Convencional	-	12	3	15
2	1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	12	3	15
3	2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	12	3	15
4	3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	12	3	15
					60

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

En lo que concierne a la población para ensayos de estabilización del suelo convencional y experimental, se consideró una población de 12 muestras en total para el ensayo de proctor modificado. De igual manera, para el ensayo de CBR, se estableció 12 muestras en total como se puede ver en la Tabla 4.

Tabla 4. Población para ensayos de estabilización del suelo convencional y experimental.

Grupo	Tipo	Combinación	Proctor Modificado	CBR	Población
1	Convencional	-	3	3	6
2	1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	3	3	6
3	2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	3	3	6
4	3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	3	3	6
					24

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

En cuanto a la población para ensayos físicos - químicos de cáscara de arroz, cáscara de huevo, adición combinada, cemento portland tipo I y sustitución de cemento portland tipo I en 10% con adición combinada, se consideró 9 muestras para la calcinación y determinación de masa, mientras que para la composición química, se estableció 9 muestras. Del mismo modo, para la determinación del potencial de hidrógeno, se consideró 15 muestras, tal y como se detalle en la Tabla 5.

Tabla 5. Población para ensayos físicos - químicos de PCH, CCA, adición combinada, CPPTI y sustitución de CPPTI en 10% con adición combinada.

Grupo	Tipo	Combinación	Calcinación y masa	Composición química	Potencial de hidrógeno	Población
2	1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	3	3	5	11
3	2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	3	3	5	11
4	3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	3	3	5	11
						33

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

CPPTI = Cemento portland tipo I.

Muestra

La ASTM C109 estipula que para cualquier diseño de mezcla se deben ensayar 3 especímenes de concreto a los 7, 14, 21 y 28 días, por ende, se consideró 3 especímenes mínimos por edad para cada grupo. Teniendo en cuenta las consideraciones por norma, obtenemos una muestra de 12 especímenes de concreto convencional y 36 especímenes de concreto experimental para las 3 adiciones combinadas de cáscara de arroz y de huevo. En la Tabla 6 se detalla el muestreo correspondiente.

Tabla 6. Muestreo para concreto convencional y experimental.

Tipo	Combinación	Concreto convencional y experimental				Total de especímenes
		7 días	14 días	21 días	28 días	
Convencional	-	3	3	3	3	12
1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	3	3	3	3	12
2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	3	3	3	3	12
3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	3	3	3	3	12
						48

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

La NTP E.060 nos señala que para la realización del ensayo de permeabilidad, se ensayan 3 especímenes a los 28 días, por lo que se consideró 12 especímenes (3 especímenes por cada diseño de mezcla) para este acápite. Dicho muestreo puede verse en la Tabla 7.

Tabla 7. Muestreo para ensayo de permeabilidad de concreto convencional y experimental.

Tipo	Combinación	Permeabilidad	
		28 días	Total de especímenes
Convencional	-	3	3
1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	3	3
2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	3	3
3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	3	3
			12

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

De acuerdo al número de calicatas mínimo exigido por la NTP E.050 de Suelos y Cimentaciones y la CE.010 de Pavimentos Urbanos, se ejecutaron 3 calicatas para la vía local en estudio (Calle El Vaticano S/N Mz “E”, Sector: Las Brisas), y en función a la estratigrafía del suelo, se consideró 1 espécimen de suelo estabilizado convencional para determinar el proctor modificado y CBR de la subrasante respectivamente.

De la misma manera, para las 3 adiciones contempladas en este estudio, se consideró 1 espécimen estabilizada modificada con cáscara de arroz y de huevo para cada calicata, teniendo en sí, 3 especímenes convencionales y 9 especímenes modificadas para la estabilización del suelo, tal como se muestran en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Muestreo para ensayo de Proctor Modificado.

Tipo	Combinación	Proctor Modificado			
		Calicata N° 1	Calicata N° 2	Calicata N° 3	Total de especímenes
Convencional	-	1	1	1	3
1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	1	1	1	3
2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	1	1	1	3
3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	1	1	1	3
Fuente: Elaboración propia.					12

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

Tabla 9. Muestreo para ensayo de CBR.

Tipo	Combinación	CBR			
		Calicata N° 1	Calicata N° 2	Calicata N° 3	Total de especímenes
Convencional	-	1	1	1	3
1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	1	1	1	3
2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	1	1	1	3
3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	1	1	1	3
Fuente: Elaboración propia.					12

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

En cuanto a los ensayos físicos – químicos, de acuerdo a los alcances técnicos de la Norma Británica (Parte 812), para la calcinación y determinación de la masa de la cáscara de arroz, cáscara de huevo y adición combinada de ambos insumos, se consideró 1 espécimen por cada prefijo de manera independiente. De esta manera se obtuvieron 3 especímenes por cada adición combinada, los cuales conformaron un total de 9 especímenes como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10. Muestreo para determinación de composición química de PCH, CCA y adición combinada.

Grupo	Tipo	Combinación	Composición química	Total especímenes
2	1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	3	3
3	2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	3	3
4	3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	3	3
Fuente: Elaboración propia.				9

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

CPPTI = Cemento portland tipo I.

Para la determinación de la composición química de la cáscara de arroz, cáscara de huevo y adición combinada de ambos materiales, se consideró 1 espécimen independiente. En tal sentido se obtuvo 3 especímenes por cada adición combinada, dando un total de 9 especímenes como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Muestreo para calcinación y determinación de masa de PCH, CCA y adición combinada.

Grupo	Tipo	Combinación	Calcinación y masa	Total especímenes
2	1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	3	3
3	2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	3	3
4	3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	3	3
Fuente: Elaboración propia.				9

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

En lo que respecta a la determinación del potencial de hidrógeno para la cáscara de arroz, cáscara de huevo, adición combinada, cemento portland tipo I y sustitución del cemento portland en 10% con adición combinada, se consideró 5 especímenes por cada adición combinada anteriormente mencionadas. En total se obtuvo 15 especímenes, tal y como se puede observar en la Tabla 12.

Tabla 12. Muestreo para determinación de potencial de hidrógeno de PCH, CCA, adición combinada, CPPTI y sustitución de CPPTI en 10% con adición

Grupo	Tipo	Combinación	Potencial de hidrógeno	Total especímenes
2	1 ^{era} adición	75% PCH + 25% CCA	5	5
3	2 ^{da} adición	50% PCH + 50% CCA	5	5
4	3 ^{era} adición	25% PCH + 75% CCA	5	5
Fuente: Elaboración propia.				15

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de la cáscara de arroz.

CPPTI = Cemento portland tipo I.

El muestreo, fue identificado y descrito de acuerdo a los parámetros correspondientes por norma, cuyo entorno de desarrollo fue en la Calle El Vaticano S/N Mz “E” del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo.

Criterios de selección

Los criterios para la selección de los materiales de este estudio son los siguientes:

El agregado grueso proviene de la cantera Tres Tomas en el Distrito de Mesones Muro de la Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque.

El agregado fino fue adquirido también de la cantera Tres Tomas en el Distrito de Mesones Muro de la Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque.

El cemento portland tipo I es de la marca Pacasmayo, el cual es comercializado en diferentes ferreterías de la Ciudad de Chiclayo.

La cáscara de arroz fue obtenida del Molino Induamerica, el cual está ubicado en la Panamericana km 775+000, cuyo insumo también es comercializado en el mercado mayorista Moshoqueque. En cuanto a la cáscara de huevo, esta fue adquirida en las avícolas del mercado mayorista Moshoqueque.

A. Ensayos de mecánica de suelos

Según NTP E.050 de suelos y cimentaciones, la CE.0.10 de pavimentos urbanos: el muestro de suelos para fines de estabilización de suelos y pavimentación, se realizó a una profundidad mínima o nivel de desplante (Df) de 1.50 m, con un ancho de 1.00 m x 1.00 m de largo. La determinación del CBR estará de acuerdo al tipo de suelo.

B. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico, se realizó partiendo de un BM, aplicando el método de la poligonal cerrada.

C. Estudio de tráfico

Se ejecutó en función a los parámetros técnicos del MTC, cuya finalidad será la de determinar la carga vehicular para pavimentos rígidos de baja transitabilidad en función al tipo de vía de estudio (local).

D. Ensayos físico – químicos

Se realizaron ensayos de acuerdo a las normas de los laboratorios físico – químicos especializados.

E. Estabilización del suelo

Este acápite se rigió de acuerdo a NTP CE.020 de estabilización de suelos y taludes.

F. Diseño de mezcla de concreto

Se emplearon las consideraciones técnicas del ACI 318S y de la NTP CE.010 de pavimentos urbanos.

G. Ensayos de rotura en laboratorio

Los ensayos de compresión del concreto se basaron en los fundamentos normados por la MTC E 609 - 2000.

H. Diseño de pavimentos

El diseño de la pavimentación rígida estuvo regida por el método AASHTO 93.

Operacionalización de variables

Variable independiente

Son los factores que se manipulan en el estudio, que en este caso serían los materiales utilizados.

- Uso de cáscara de arroz como aditivo en el concreto.
- Uso de cáscara de huevo como aditivo en el concreto.
- Combinación de ambos materiales (cáscara de arroz y cáscara de huevo).

Variable dependiente

Es lo que se mide o evalúa como resultado de la manipulación de las variables independientes.

- Propiedades mecánicas del concreto (resistencia a la compresión, durabilidad, flexibilidad).
- Estabilidad del suelo en pavimentos rígidos (resistencia al esfuerzo cortante, capacidad de carga, asentamiento).
- Durabilidad y resistencia a largo plazo de los pavimentos rígidos con estos aditivos.

Tabla 13. Operacionalización de variables.

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ÍNDICE
VARIABLE INDEPENDIENTE	VARIABLE DEPENDIENTE				
Evaluación de la producción de concreto y estabilización del suelo	Disponibilidad de insumos	Producción y consumo de de arroz y huevo	MINAGRI	Excel	%, varianzas, promedios, desviación estándar
	Costos	Producción y consumo de de arroz y huevo - Aplicación	MINAGRI - Costos de operación	Excel - S10	% - Unidad de medida
	Temperatura de calcinación	Descomposición térmica o cambio de estado físico químico	Ensayo fisicoquímico	Laboratorio físico - químico especializado	%, varianzas, promedios, desviación estándar
	Composición química	Estructura química de los materiales	Ensayo químico	Laboratorio químico especializado	%, varianzas, promedios, desviación estándar
	Potencial de hidrogeno	Grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución	Ensayo fisicoquímico	Laboratorio físico - químico especializado	%, varianzas, promedios, desviación estándar
	Proporción	Diseño de mezcla del concreto patrón y experimental	Cantidad de materiales para el concreto patrón/experimental y estabilización	MTC E 609-2000	%
	Relación agua - cemento	Diseño de mezcla del concreto patrón y experimental	Dosificación para el concreto patrón y experimental	MTC E 609-2000	Adimensional
	Permeabilidad	Profundidad de penetración de agua bajo presión	Penetración máxima y penetración media	UNE 83309-1990	mm
	Resistencia a la compresión	Carga axial máxima sobre el área del cubo	Ensayo de rotura a la compresión de concreto	MTC E 609-2000	kg/cm ²
	Tipo de suelo	Características del suelo	Ensayo de granulometría	NTP 339.128 ASTM D422	%
	Ensato de humedad		NTP 339.127 ASTM D2216	%	
	Ensato de límite plástico y líquido		NTP 339.129 ASTM D4318	%	
	Ensayo de proctor modificado		NTP 339.141 ASTM D1557	%	
	Ensayo de CBR		NTP 339.145 ASTM D1883	%	

Fuente: Elaboración propia.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Este estudio se basó en los ensayos en laboratorio, que en su mayoría fueron interpretados y analizados de manera visual, como son los aspectos de homogeneidad y trabajabilidad de la mezcla de concreto.

Los resultados fueron cuantitativos, por lo que se crearon formatos de control que ayudaron a interpretar los resultados de forma ordenada, siendo estas diseñadas para cada ensayo realizado, como lo son: perfil estratigráfico, granulometría, clasificación SUCS, compresión de concreto, permeabilidad, proctor modificado y CBR. De tal manera que se pudo analizar los resultados de las muestras de concreto convencional y experimental, como también las muestras estabilizadas de suelo.

Instrumentos

Se emplearon los siguientes:

- **Programas de cómputo**

Power point, excel, AutoCAD, s10, word, civil 3D.

- **Instrumentos topográficos**

Estudios: Secciones transversales, curvas de nivel, perfiles longitudinales.

Equipos: Mira, trípode, gps, estación total, wincha.

Und: glb.

- **Laboratorio de mecánica de suelos**

Granulometría: ASTM D422.

Equipos: Balanza, cucharas, horno, tamices, pala.

Und: %

Contenido de humedad: ASTM D2216.

Equipos: Taras, balanza, espátulas, horno de secado, cucharas.

Und: %.

Límites de Atterberg: ASTM D4318.

Equipos: Cucharas, taras, copa casagrande, horno de secado, ranurador, balanza, espátulas, superficie de rodadura, calibrador.

Und: %.

Proctor modificado: ASTM D1557.

Equipos: Horno, balanza, espátulas, molde cilíndrico, cucharas, martillo metálico, tamises.

Und: gr/cm^3 , %.

Ensayo de CBR: NTP 339.145.

Equipos: Pisón, trípode y extensómetro, molde cilíndrico, disco espaciador de acero, pesas de plomo anular, pistón circular, prensa hidráulica, balanza, horno, tamises, papel filtro, tanques, cronómetro.

Und: %.

- **Laboratorio de concreto**

Ensayo de rotura a la compresión del concreto: MTC E 609-2000.

Equipos: Prensa hidráulica electrónica, bloques de apoyo con base de neopreno.

Und: kg/cm^2 .

- **Laboratorios físicos - químicos**

Se emplearon todos los instrumentos inmersos en la composición química, potencial de hidrogeno y en la calcinación de la cáscara de arroz y cáscara de huevo.

Plan de procesamiento y análisis de datos

Fase I:

1. Coordinar con la autoridad local y vecinal.
2. Inspeccionar la zona.
3. Recolectar bibliografía y antecedentes.
4. Revisar normativa actual e información disponible.

Fase II:

5. Estudio de tráfico urbano.
6. Estudio topográfico.
7. Elaborar los planos topográficos.
8. Mecánica de suelos.
9. Memoria de cálculo mecánica de suelos.

Fase III:

10. Ensayos físicos – químicos.
11. Memoria de cálculo ensayos físicos – químicos.
12. Diseños de mezclas.
13. Ensayos de rotura de probetas de concreto.
14. Aplicación estabilización del suelo en la zona de estudio.
15. Diseño de la pavimentación rígida.
16. Planos definitivos.
17. Evaluación impacto ambiental.
18. Costo - beneficio.

Fase IV:

19. Análisis y resultados.

20. Conclusiones y recomendaciones.

Matriz de consistencia

Tabla 14. Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores
¿Qué resultados se obtendrían en la producción de concreto sustituyendo el cemento y estabilizando el suelo mediante el uso de cáscara de arroz y de huevo para pavimentos rígidos de baja transitabilidad?	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la producción de concreto y estabilización del suelo usando la cáscara de arroz y de huevo para pavimentos rígidos de baja transitabilidad en el Departamento de Lambayeque. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plantear la vía de baja transitabilidad para pavimento rígido. • Medir la calcinación de la cáscara de arroz y de huevo. • Establecer la mezcla de la cáscara de arroz y de huevo cuando están activados térmicamente. • Precisar el potencial de hidrógeno de la cáscara de arroz y de huevo. • Cuantificar la proporción agua - cemento para el concreto tradicional y experimental. • Diseñar la producción del concreto experimental combinando dosis de cáscara de arroz y de huevo con cemento. • Evaluar el f'c del concreto convencional y experimental. • Analizar la permeabilidad del concreto convencional y experimental. • Precisar los costos de la cáscara de arroz y de huevo, analizando su influencia en pavimentos rígidos de baja transitabilidad. • Identificar la cantidad de cáscara de arroz y de huevo a utilizar en la producción del concreto experimental. • Comparar los costos de producción del concreto convencional con los costos del concreto producido con cáscara de arroz y de huevo. • Determinar la rentabilidad del uso de la cáscara de arroz y de huevo en la producción de concreto para pavimentos rígidos de baja transitabilidad. 	<p>La cáscara de arroz y de huevo, lograrían desarrollar capacidades cementantes que aumentarían la permeabilidad, resistencia del concreto y estabilización del suelo para fines de pavimentación rígida de baja transitabilidad.</p>	<p>Variable independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la producción de concreto y estabilización del suelo. <p>Variables dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezcla a disponibilidad de insumos. • Costos. • Temperatura de calcinación. • Composición química. • Potencial de hidrógeno. • Proporción agua - cemento. • Permeabilidad. • f'c. • Tipo del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones éticas

Conforme a los principios científicos que rigen el reglamento nacional peruano y en relación al código ético del Colegio de Ingenieros del Perú, el estudio se desarrolló bajo las siguientes consideraciones éticas:

Dado que este proyecto pretendía servir de referencia para la utilización de cáscaras de arroz y de huevo en la estabilización de suelos y la producción de hormigón para pavimentos rígidos de bajo tráfico, mejorando así las propiedades físico-mecánicas tanto del suelo como del hormigón, la información recopilada es exacta e inalterada.

Los resultados relativos a las muestras de suelo estabilizado para los ensayos proctor modificado y CBR, junto con la fracturación y permeabilidad de las muestras de hormigón, se determinaron mediante la aplicación de fórmulas matemáticas que se adhieren estrictamente a los principios científicos que se divulgaron anteriormente. De igual forma, los ensayos físico-químicos de arroz y cáscara de huevo fueron realizados en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la UNPRG, mientras que los ensayos de mecánica de suelos son válidos y confiables debido a que fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la USAT.

La Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo ha autorizado y sancionado el proyecto de utilización de partículas de arroz y huevo en la producción de hormigón y estabilización de suelos para pavimentos rígidos de bajo tráfico.

Este estudio aporta nueva información sobre el diseño de mezclas de hormigón y estabilización de suelos para pavimentos rígidos de bajo tráfico, contribuyendo así al desarrollo sostenible. Los datos adquiridos para la ejecución de los diversos ensayos realizados se ajustan a toda la normativa aplicable.

Resultados

Estudio de tráfico y de cargas

Generalidades

El estudio de tráfico tuvo por finalidad: cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se desplazan en la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo.

Alcances

Como parte del estudio definitivo sobre el uso de cáscaras de arroz y huevo en la producción de hormigón y la estabilización del suelo para pavimentos rígidos de bajo tráfico, se realizó este estudio de tráfico.

El objetivo principal del estudio, fue determinar el tráfico existente en el punto de control, tomados en base a su transitabilidad y tipos de vías existentes en la Ciudad de Chiclayo, a su vez, se determinó la distribución vehicular y su proyección, para el periodo de vida útil de 20 años.

El estudio a través de los trabajos de gabinete tuvo los siguientes alcances:

- Determinación del volumen y distribución del tráfico vehicular.
- Índice medio diario promedio anual.
- Factor de crecimiento anual.
- Factores destructivos por tipo de vehículo.

Información existente

El estudio de tráfico se basó en la información proporcionada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y de Provías, la misma que consiste en el tráfico vehicular registrado mensualmente, desde el año 2013 hasta el año 2022, por cada tipo de vehículo.

Índice medio diario

En base a la información existente, se calcularon los índices medio anuales para cada tipo de vehículo y por cada año. Para realizar el cálculo del índice medio diario, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{IMD} = \left(\frac{\text{VOL}}{365} \right) * \text{F.C}$$

Dónde:

- IMD = Índice medio diario absoluto.
- VOL. = Volumen promedio del año por tipo de vehículo.
- F.C. = Factores de corrección.

Factores de corrección

Es necesario aplicar un factor de corrección a los volúmenes de tráfico determinados por una estación de control, ya que estos volúmenes fluctúan a lo largo del año debido a diversos factores (cosecha, celebraciones religiosas o cívicas, estaciones húmedas o áridas, costumbres regionales, etc.).

Para determinar los índices medio diarios anuales de cada punto de control, se utilizó los factores de corrección de la estación de control “Mocce” del mes de diciembre del 2016.

Factores de corrección vehículos ligeros: 0.6605 (ver anexo 1).

Factores de corrección vehículos pesados: 0.6739 (ver anexo 2).

Ubicación de puntos de control vehicular

El criterio técnico que se tomó en cuenta para la ubicación del punto de control vehicular, fue en función al tipo y transitabilidad de las vías de la Ciudad de Chiclayo.

En este caso, de acuerdo a la clasificación de vías por el tipo de tráfico, Chiclayo cuenta con vías arteriales como por ejemplo la Av. Bolognesi, vías colectoras como el caso de la Av. Balta y vías locales todas las demás calles y jirones que conforman la red vial de Chiclayo.

Para efectos de esta investigación, la vía en estudio está clasificada como vía local por ser de bajo tránsito.

Punto de Control N° 01: Calle El Vaticano Mz “E” S/N – Sector Las Brisas.

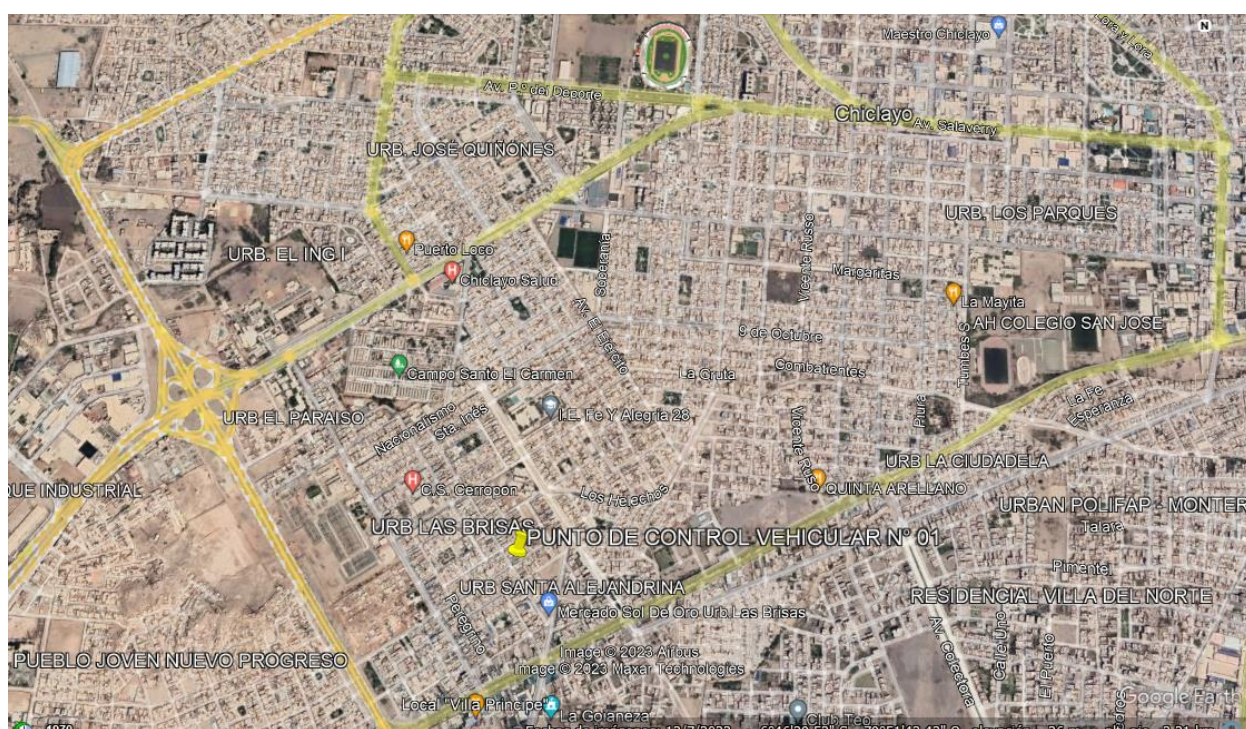


Figura 1. Ubicación del punto de control vehicular N° 01 en la Ciudad de Chiclayo.

Establecimiento de horas de control

Para el estudio de tráfico, se estableció las horas de control en función a la transitabilidad de la Calle El Vaticano S/N Mz “E” del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo.

Tabla 15. Establecimiento de horas de control vehicular del punto N° 01.

ESTABLECIMIENTO DE HORAS DE CONTROL		
TIPO	CANTIDAD	HORARIO
Hora Muerta	1.00	12:00 a.m - 01:00 a.m.
Hora Muerta	1.00	01:00 a.m - 02:00 a.m.
Hora Muerta	1.00	02:00 a.m - 03:00 a.m.
Hora Muerta	1.00	03:00 a.m - 04:00 a.m.
Hora Muerta	1.00	04:00 a.m - 05:00 a.m.
Hora Normal	1.00	05:00 a.m - 06:00 a.m.
Hora Punta	1.00	06:00 a.m - 07:00 a.m.
Hora Punta	1.00	07:00 a.m - 08:00 a.m.
Hora Normal	1.00	08:00 a.m - 09:00 a.m.
Hora Normal	1.00	09:00 a.m - 10:00 a.m.
Hora Normal	1.00	10:00 a.m - 11:00 a.m.
Hora Normal	1.00	11:00 a.m - 12:00 p.m.
Hora Punta	1.00	12:00 p.m - 01:00 p.m.
Hora Punta	1.00	01:00 p.m - 02:00 p.m.
Hora Normal	1.00	02:00 p.m - 03:00 p.m.
Hora Normal	1.00	03:00 p.m - 04:00 p.m.
Hora Normal	1.00	04:00 p.m - 05:00 p.m.
Hora Normal	1.00	05:00 p.m - 06:00 p.m.
Hora Punta	1.00	06:00 p.m - 07:00 p.m.
Hora Punta	1.00	07:00 p.m - 08:00 p.m.
Hora Normal	1.00	08:00 p.m - 09:00 p.m.
Hora Normal	1.00	09:00 p.m - 10:00 p.m.
Hora Normal	1.00	10:00 p.m - 11:00 p.m.
Hora Muerta	1.00	11:00 p.m - 12:00 a.m.
TOTAL		24 horas








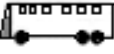
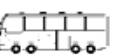



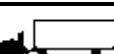


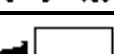



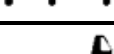
Fuente: Elaboración propia.

Clasificación vehicular

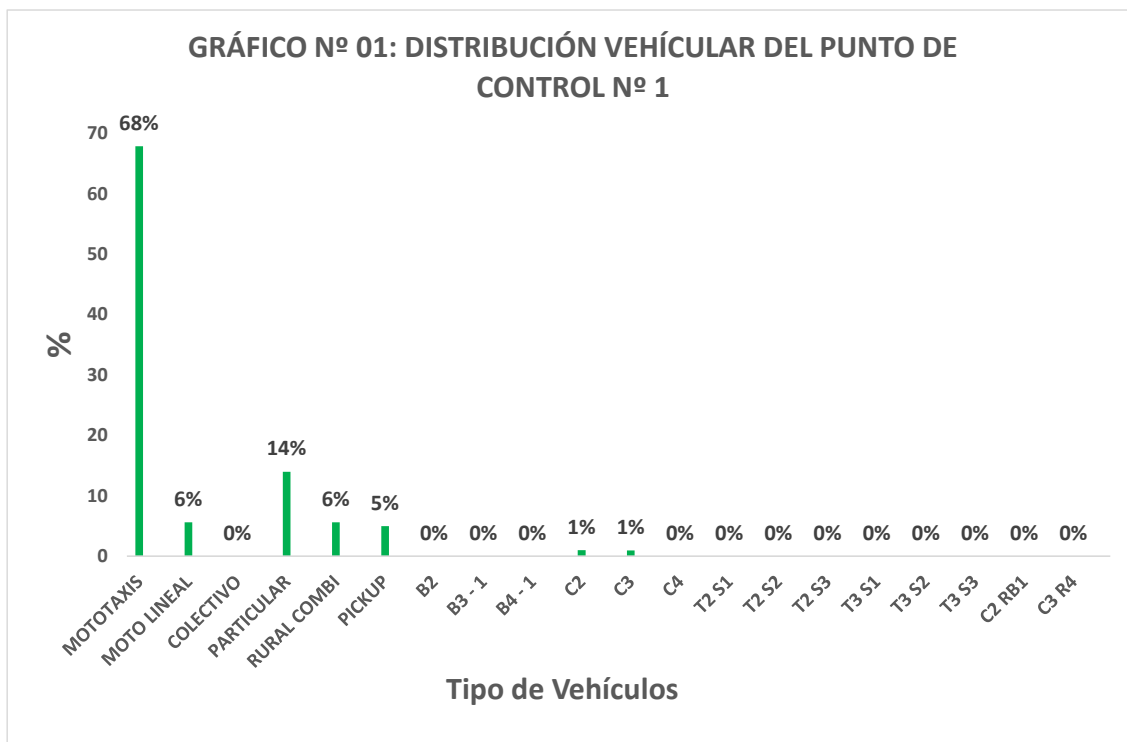
La presencia de vehículos livianos en relación a los vehículos pesados, son mayoritarios en el punto de control, predominando más las mototaxis (68%) y las motolineales (6%).

En relación a los vehículos pesados, es menor la presencia de vehículos de 2 ejes con 2% en el punto de control respectivamente. Estos datos pueden observarse en la tabla 16 y en el gráfico 01.

Tabla 16. Tráfico actual en el punto de control vehicular N° 01 – Calle El Vaticano Mz “E”
S/N Sector Las Brisas.

TRÁFICO ACTUAL				
PUNTO DE CONTROL N° 1				
		TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	%
LIGEROS	MOTOTAXIS		46	68
	MOTO LINEAL		4	6
	COLECTIVO		0	0
	PARTICULAR		9	14
	RURAL COMBI		4	6
	PICKUP		3	5
PESADOS	B2		0	0
	B3 - 1		0	0
	B4 - 1		0	0
	C2		1	1
	C3		1	1
	C4		0	0
	T2 S1		0	0
	T2 S2		0	0
	T2 S3		0	0
	T3 S1		0	0
	T3 S2		0	0
	T3 S3		0	0
	C2 RB1		0	0
	C3 R4		0	0
TOTAL			68	100

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Tasa de crecimiento anual

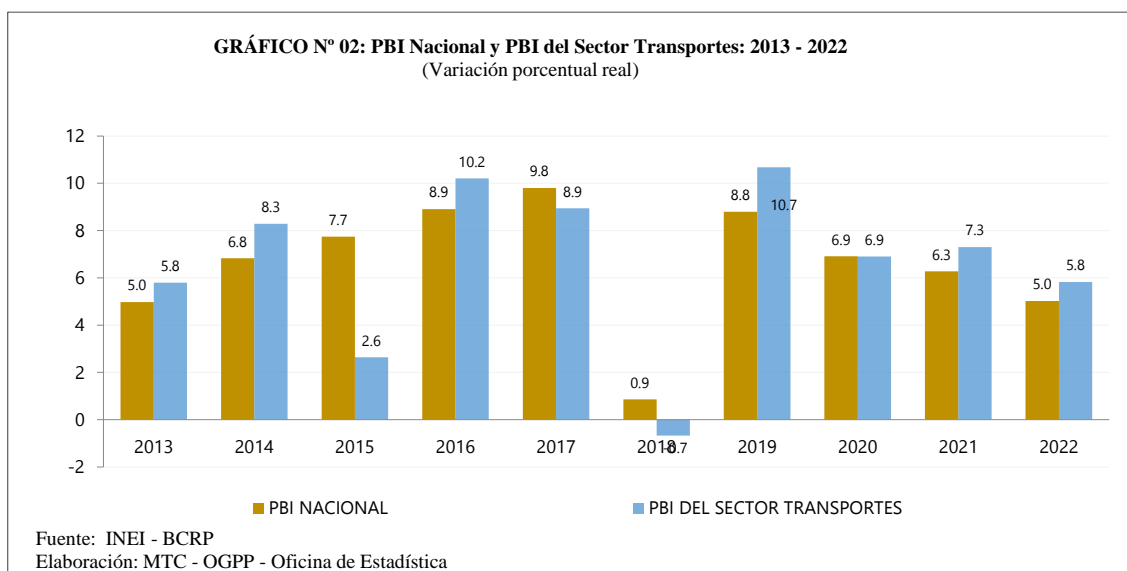
Dadas las considerables fluctuaciones de los datos de tráfico relativos a los distintos tipos de vehículos, así como los importantes descensos y aumentos observados, se ha considerado prudente y práctico establecer el criterio económico de la tasa de crecimiento anual del tráfico. Este criterio, que refleja la tasa de crecimiento del PIB comunicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, se ha calculado en un 5,80% para el periodo de servicio proyectado para 2022, como se ilustra en el cuadro 17.

Tabla 17. PBI nacional y PBI del sector transportes 2013 – 2022.

PBI NACIONAL Y PBI DEL SECTOR TRANSPORTES: 2013 - 2022				
(Millones de nuevos soles de 1994)				
AÑO	PBI NACIONAL	PBI TRANSPORTES	VAR % PBI NACIONAL	VAR % PBI TRANSPORTES
2013	139,141	8,168	5.0	5.8
2014	148,640	8,845	6.8	8.3
2015	160,145	9,079	7.7	2.6
2016	174,407	10,005	8.9	10.2
2017	191,505	10,900	9.8	8.9
2018	193,155	10,826	0.9	-0.7
2019	210,079	11,982	8.8	10.7
2020	224,496	12,808	6.9	6.9
2021	238,590	13,738	6.3	7.3
2022	250,570	14,537	5.0	5.8

Fuente: INEI, BCRP.

Elaboración: MTC - OGPP - Oficina de Estadística.



Para el cálculo de la tasa de crecimiento anual, se aplicó la siguiente fórmula:

$$R_t = (T_2/T_1) (1/m - 1)$$

Dónde:

- Rt.= Tasa de crecimiento anual.
 T1 = IMD del año base por tipo de vehículo.
 Tn = IMD del año n por tipo de vehículo.
 m = Número de períodos desde el año base (m = n - 1).

Tabla 18. Flujo de vehículos ligeros en unidades de pago de peaje (unidades).

FLUJO DE VEHÍCULOS LIGEROS EN UNIDADES DE PAGO DE PEAJE (UNIDADES)		
Período: Enero 2016 - Diciembre 2021		
AÑO - MES	LAMBAYEQUE	TOTAL NACIONAL
2021 - JUN	24740	3050112
2021 - JUL	20427	2868341
2021 - AGO	21730	2591528
2021 - SET	19660	2602051
2021 - OCT	22269	2553834
2021 - NOV	22825	2382117
2021 - DIC	25713	2915009

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provías Nacional.

INEI - Sistema de información regional para la toma de decisiones.

Flujo mensual departamental de vehículos ligeros:

0.01

Porcentaje mensual departamental de vehículos ligeros (%):

0.88

Tasa de crecimiento departamental de vehículos ligeros según var % PBI transportes (%):

2.42

Tabla 19. Flujo de vehículos pesados en unidades de pago de peaje (unidades)

FLUJO DE VEHÍCULOS PESADOS EN UNIDADES DE PAGO DE PEAJE (UNIDADES)		
Período: Enero 2016 - Diciembre 2021		
AÑO - MES	LAMBAYEQUE	TOTAL NACIONAL
2021 - JUN	14559	2237270
2021 - JUL	13266	2086007
2021 - AGO	14640	2176424
2021 - SET	13241	2105170
2021 - OCT	15127	2172200
2021 - NOV	14772	2144575
2021 - DIC	15804	2248732

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provías Nacional.

INEI - Sistema de Información Regional para la Toma de Decisiones.

Flujo mensual departamental de vehículos pesados:

0.01

Porcentaje mensual departamental de vehículos pesados (%):

0.70

Tasa de crecimiento departamental de vehículos pesados según var % PBI transportes (%):

1.92

Tráfico proyectado

Se graficó el IMD de acuerdo al tipo de vehículo y año registrado, para observar su comportamiento y obtener la tasa de crecimiento anual. Además se graficó el IMD anual como se muestra en la tabla 20 y en el gráfico 3.

El tráfico que se adquiere es coherente con el tráfico regular. El tráfico inducido o generado es el tráfico adicional que se produce debido a las políticas de rehabilitación y mantenimiento potencial que se aplican en una carretera específica.

El flujo de tráfico previsto se determina conjuntamente con el flujo de tráfico regular mediante la utilización de variables socioeconómicas denotadas por los índices y factores incorporados en las proyecciones.

Utilizando el índice medio diario anual recogido en el lugar de recuento de vehículos, se generaron proyecciones de tráfico. El periodo de proyección coincide con la vida útil de la carretera, estimada en veinte años.








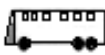









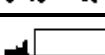
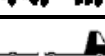
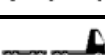
Por lo tanto, sólo se consideró el tráfico actual. Para el cálculo del tráfico futuro se utilizó la siguiente fórmula:

$$T_r = T (1 + R_t)^n$$

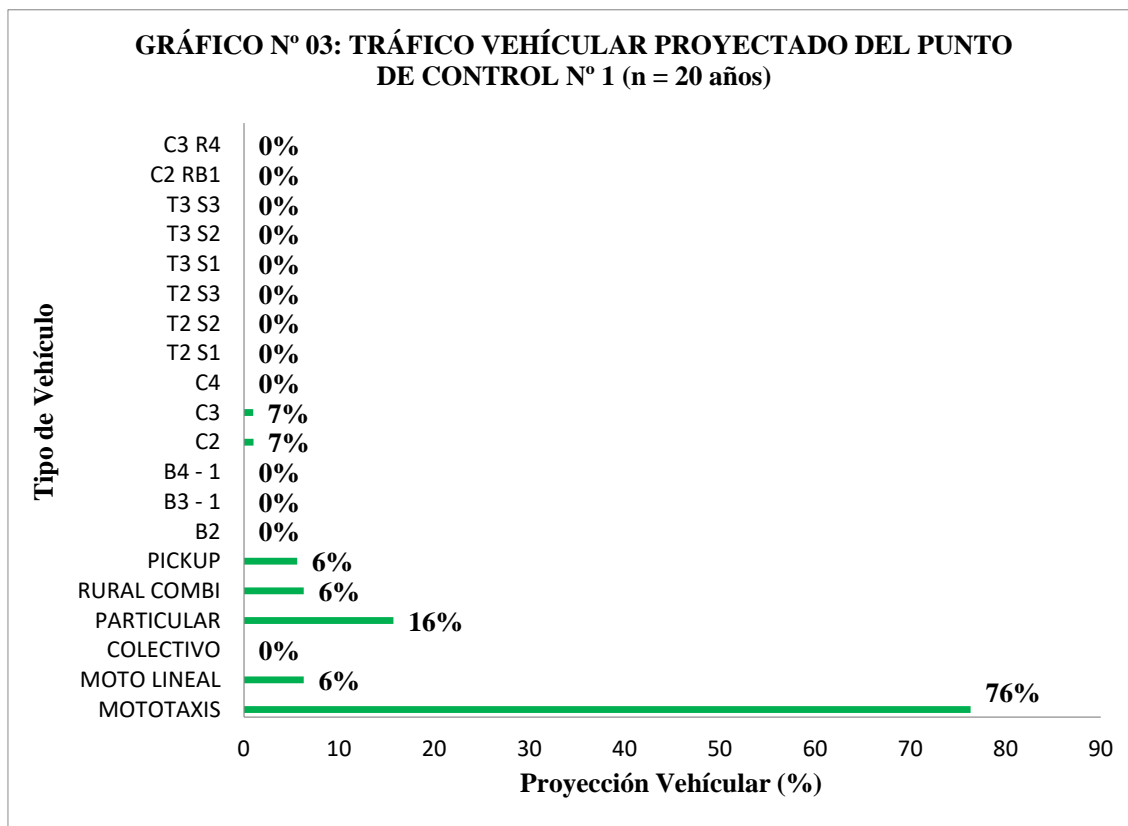
Dónde:

T_r	=	Tráfico en el año n.
T	=	Tráfico actual o en el año base.
R_t	=	Tasa de crecimiento.
n	=	Año para el cual se calcula el volumen de tráfico.

Tabla 20. Tráfico proyectado en el punto de control vehicular N° 01 – Calle El Vaticano
Mz “E” S/N Sector Las Brisas.

		TRÁFICO PROYECTADO				
		PUNTO DE CONTROL N° 1				
TIPO DE VEHÍCULOS		AÑOS				
		2023	2028	2033	2038	2043
LIGEROS	MOTOTAXIS 	46	52	59	67	76
	MOTO LINEAL 	4	4	5	6	6
	COLECTIVO 	0	0	0	0	0
	PARTICULAR 	9	11	12	14	16
	RURAL COMBI 	4	4	5	6	6
	PICKUP 	3	4	4	5	6
PESADOS	B2 	0	0	0	0	0
	B3 - 1 	0	0	0	0	0
	B4 - 1 	0	0	0	0	0
	C2 	1	1	1	1	1
	C3 	1	1	1	1	1
	C4 	0	0	0	0	0
	T2 S1 	0	0	0	0	0
	T2 S2 	0	0	0	0	0
	T2 S3 	0	0	0	0	0
	T3 S1 	0	0	0	0	0
	T3 S2 	0	0	0	0	0
	T3 S3 	0	0	0	0	0
	C2 RB1 	0	0	0	0	0
	C3 R4 	0	0	0	0	0
TOTAL		68	77	87	99	112

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Factores destructivos

Para el cálculo de los factores destructivos de cada tipo de vehículo, se utilizó las siguientes relaciones:

$$EE = (Ps/8.20)^{4.5}$$

$$EE = (Pd/15.30)^{4.5}$$

$$EE = (Pt/22.95)^{4.5}$$

Dónde:

EE = Factores destructivos o ejes equivalentes.

Ps = Carga por eje simple.

Pd = Carga por eje tándem o doble.

Pt = Carga por eje triple.

El factor de carga como el factor de presión neumática influyen en las superficies pavimentadas, se tienen en cuenta como factores destructivos. Las cargas por eje de cada tipo de vehículo pueden determinarse consultando el "Reglamento nacional de vehículos - normas de peso y dimensiones para circulación en las carreteras de la red vial nacional según resolución ministerial 375-98-MTC/15.02 del 10 de setiembre 1998".

Cálculo de ejes equivalentes

En base a esta información básica, se calculó el número acumulado de repeticiones de carga (EAL). El cálculo de EAL se realizó para 20 años (ver tabla N° 21).

La fórmula general de cálculo se detalla a continuación, teniendo en cuenta que esta fórmula es para cada tipo de vehículo, efectuándose la sumatoria de los mismos, teniendo el EAL para el diseño del pavimento:

$$EAL = (365 \times IMD ((1 + (Rt/100))^{N^{\circ}} - 1)) / (N^{\circ}/100) \times EE$$

Dónde:





















IMD = Índice medio diario corregido.

Rt. = Tasa de crecimiento anual expresada en porcentaje.

N° = Periodo de análisis – años.

EE = Factores destructivos o ejes equivalentes según tipo de vehículo.

Tabla 21. EAL de diseño en el punto de control vehicular N° 01 – Calle El Vaticano Mz “E” S/N
Sector Las Brisas.

CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO										
PUNTO DE CONTROL N° 1										
	TIPO DE VEHÍCULOS	IMDa ACTUAL	IMD ANUAL	EJES DE VEHÍCULO	PESO VEHÍCULO (Ton)	PESO VEHÍCULO (lbs)	FACTOR DESTRUCTIVO	FACTOR DE CRECIMIENTO CALCULADO	EAL	
LIGEROS	MOTOTAXIS		46	16807	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	25.69950386	0.013
					Simple	0.38	826.73	9.35359E-07	25.69950386	0.404
	MOTO LINEAL		4	1386	Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	25.69950386	0.001
					Simple	0.18	385.81	3.03046E-08	25.69950386	0.001
	COLECTIVO		0	0	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	25.69950386	0.000
					Simple	1.50	3306.93	0.000478904	25.69950386	0.000
	PARTICULAR		9	3461	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	25.69950386	42.600
					Simple	1.50	3306.93	0.000478904	25.69950386	42.600
	RURAL COMBI		4	1386	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	25.69950386	17.061
					Simple	3.50	7716.18	0.021684223	25.69950386	772.506
	PICKUP		3	1231	Simple	1.50	3306.93	0.000478904	25.69950386	15.154
					Simple	3.50	7716.18	0.021684223	25.69950386	686.139
B2		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
B3 - 1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	24.39438267	0.000	
B4 - 1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	16.00	35273.96	1.223005706	24.39438267	0.000	
C2		1	246	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	2944.130	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	1359.358	
C3		1	237	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	2838.983	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	12022.609	
C4		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Triple	23.00	50706.32	1.009841368	24.39438267	0.000	
T2 S1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
T2 S2		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	0.000	
T2 S3		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
				Triple	25.00	55115.56	1.469629749	24.39438267	0.000	
T3 S1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
T3 S2		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	0.000	
T3 S3		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	0.000	
				Triple	25.00	55115.56	1.469629749	24.39438267	0.000	
C2 RB1		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
				Tándem	11.00	24250.85	0.226545607	24.39438267	0.000	
C3 R4		0	0	Simple	7.00	15432.36	0.490657955	24.39438267	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	0.000	
				Tándem	18.00	39683.20	2.07785307	24.39438267	0.000	
EAL TOTAL									20741.559	

Fuente: Elaboración propia.

Estudio topográfico

Introducción

En este informe se detallan los instrumentos y métodos utilizados durante el levantamiento topográfico, así como los cálculos de los puntos de control y la referencia al nivel medio del mar.

Antes del estudio, no existían puntos de control para el levantamiento topográfico, lo que imposibilitaba la realización de verificaciones y replanteos.

Teniendo en cuenta la escala del levantamiento y una vez verificado el alcance de la investigación, se aplicó una metodología por fases para avanzar en el proyecto. En cuanto se definieron los objetivos y el calendario de la fase inicial, se iniciaron las actividades sobre el terreno.

La fase inicial del trabajo de campo consistió en realizar un levantamiento topográfico estableciendo curvas de nivel a intervalos constantes de 1,00 m para las curvas principales y de 0,10 m para las curvas menores. Como punto de referencia se utilizó el nivel medio del mar BM junto con las coordenadas UTM. A continuación, se obtuvieron las secciones transversales y el perfil longitudinal mediante los procedimientos requeridos.

Es imprescindible resaltar que el levantamiento topográfico se realizó utilizando una poligonal cerrada soportada electrónicamente, con mediciones directas realizadas utilizando una estación total como instrumento de precisión. Los valores asignados a los puntos de vértice "A" y "B" establecidos por un GPS topográfico con una precisión de 2,00 m se determinaron para los puntos de vértice de la poligonal utilizando el elipsoide WGS84.

El lugar de la investigación presenta una topografía relativamente llana. Es imperativo que los diseños finales tengan en cuenta la condición no pavimentada del emplazamiento del proyecto.

Metodología de trabajo

Se contempló una brigada de campo formada por un operador de estación total y un ayudante de topografía para la realización del plan topográfico. Se gestionó una memoria fotográfica utilizando un teléfono móvil y un ordenador portátil (portátil HP) para las tareas relacionadas con la oficina.

Utilizando equipos de precisión como una Estación Total Topcon Modelo ES-105 serie GZ-2151 con una precisión de $01''/05''$, se realizó el levantamiento topográfico utilizando las técnicas convencionales de poligonal, trazado, nivelación y secciones. En varios puntos a lo largo de la manzana S/N de la Calle El Vaticano en el Sector Las Brisas, se posicionaron BMs durante el proceso de trazado poligonal.

Utilizando directamente una estación total, se realizó el levantamiento topográfico. Se ha utilizado el sistema UTM WGS 84 para referenciar todas las coordenadas encontradas en los planos de planta. Se tomó como referencia el plano de la sección transversal (Anexo 4) y las curvas de nivel y el plano del perfil longitudinal (Anexo 3).

Cálculo de la poligonal de levantamiento topográfico

I. Medición de distancias electrónicas de la poligonal

$$A - B = 19.61 \text{ m}$$

$$B - C = 72.57 \text{ m}$$

$$C - D = 55.95 \text{ m}$$

$$D - A = 49.18 \text{ m}$$

$$\Sigma_{\text{total}} = 197.31 \text{ m}$$

II. Cálculo de los ángulos internos de la poligonal

$$\angle A = 57^\circ 58' 57.49''$$

$$\angle B = 65^\circ 22' 27.65''$$

$$\angle C = 119^\circ 45' 50.31''$$

$$\angle D = 160^\circ 11' 27.76''$$

$$\Sigma_{\text{total}} = 403^\circ 18' 43.21''$$

III. Cálculo del error de cierre angular (Ea)

❖ Sabemos:

$$I = 180^\circ \cdot (N - 2)$$

$$I = 180^\circ \cdot (13 - 2)$$

$$I = 197^\circ 31'$$

Siendo:

I = Suma Real Angular.

I' = Suma Angular de Campo.

❖ Tolerancia angular:

$$T_a = A \cdot \sqrt{n}$$

$$T_a = 1'' \cdot \sqrt{4}$$

$$T_a = 0.0000036$$

Siendo:

A = Precisión del

Instrumento.

n = # vértices.

❖ Error angular:

$$E_a = I' - I$$

$$E_a = 403^\circ 18' 43.21'' - 403^\circ 18' 43.20''$$

$$E_a = + 0.0000056 \text{ (error por exceso)}$$

El error es menor a la tolerancia por lo que se realizó la compensación respectiva.

IV. Compensación de los ángulos internos de la poligonal

Tabla 22. Compensación de los ángulos internos de la poligonal.

PUNTO	ÁNGULO MEDIDO			ÁNGULO HORIZONTAL	CA	ÁNGULO CORREGIDO
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS			
A	57	58	57	20.0000	-1E-07	19.2540
B	65	22	28	45.2227	-1E-07	44.1110
C	119	45	50	14.5144	-1E-07	14.2540
D	160	11	28	34.4017	-1E-07	33.4248

V. Cálculo de azimuts de los lados de la poligonal

Tabla 23. Cálculo de azimuts de los lados de la poligonal

PUNTO	ÁNGULO CORREGIDO	AZIMUT	AZIMUT CALCULADO		
			GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
A	19.2540		160	00	00
		158.2523			
B	44.1110		45	22	27
		44.1202			
C	14.2540		345	08	16
		343.3111			
D	33.4248		325	19	43
		323.5719			

VI. Cálculo de las coordenadas parciales de los vértices de la poligonal

(Error específico: $E_r = 1/2500$)

(Este) $X = \text{Dist.} (\sin Z)$

(Norte) $Y = \text{Dist.} (\cos Z)$

Tabla 24. Cálculo de las coordenadas parciales de los vértices de la poligonal

PUNTO	AZIMUT	DISTANCIA	ΔN	ΔE
A				
	158.2523	19.61	-32.712	5.639
B			11.461	43.427
	44.1202	72.57		
C			12.158	-16.635
	343.3111	55.95		
D			9.093	-32.431
	323.5719	49.18		

Luego:

$$E_x = -0.013399615$$

$$E_y = -0.003613076$$

❖ **Cálculo del error total de cierre (Et)**

$$E_t = \sqrt{(E_x)^2 + (E_y)^2}$$

$$E_t = \sqrt{(-0.013399615)^2 + (-0.003613076)^2}$$

$$E_t = 0.0138781$$

❖ **Cálculo del error relativo (Erelativo)**

$$E_r = E_t/P$$

$$E_r = (1/p)/E_t$$

$$E_r = 1/(p/E_t)$$

$$E_r = 1/315905.89$$

❖ **Comparando errores:**

$$E_{\text{relativo}} \leq E_r$$

$$1/315905 \leq 1/2500 \quad \text{OK.}$$

El error relativo es menor al error específico, por lo que se realizó la compensación respectiva.

Estudio físicos – químicos de la cáscara de arroz y de huevo

Producción de la cáscara de huevo

Más allá de las fronteras nacionales: En los últimos treinta años (1983-2013), la producción de huevos ha aumentado un 152%. En 2013, se produjeron 73,8 millones de kilogramos de huevos en todo el mundo. En 2013, China era el principal productor mundial de huevos, con un 39% de la producción total. En 2013, se produjeron 253.000 toneladas en el continente asiático. (FAO, 2015)

Por extensión, la producción anual de cáscara de huevo asciende a unos 7,38 millones de toneladas.

El mes de diciembre fue testigo de la carga de 73,0 millones de huevos de gallina fértiles a escala nacional. La producción de huevos de gallina para consumo humano ascendió a 35.000 toneladas durante el mes de referencia (MINAGRI, 2019).

En consecuencia, se puede determinar una producción mensual estimada de 3.938 toneladas de cáscaras de huevo no recicladas o no declaradas.

En cuanto a la producción local, Lambayeque produjo 307 toneladas de huevos de ave en 2016 frente a 262 toneladas en 2015 (MINAGRI-2019).

Sobre esta base, es posible concluir que Lambayeque produce 26,2 toneladas de cáscaras de huevo al año.

Producción de la cáscara de arroz

La FAO estimó que la producción mundial de arroz alcanzó los 759,6 millones de toneladas en 2017 (2018), un aumento de 2,9 millones de toneladas con respecto al año anterior.

En 2018, la FAO proyecta una tasa de crecimiento anual sin precedentes de 769,9 millones de toneladas (510,6 millones de toneladas de arroz blanqueado) en la producción mundial de arroz, un aumento de 10,3 millones de toneladas, basado en su pronóstico inicial de condiciones normales de crecimiento.

Por extensión, la producción anual de arroz con cáscara se estima en 151,9 millones de kilogramos.

En 2015, la nación produjo un estimado de 223 557 toneladas de arroz cereal en su totalidad, según informó el MINAGRI (2019). En consecuencia, sacando conclusiones, la producción nacional anual de arroz cereal asciende a un estimado de 44 711 toneladas.

Lambayeque produjo un estimado de 19,170 kilogramos de arroz bajo riego en el 2015, según lo reportado por el MINAGRI (2019) a nivel local. Por extensión, la producción anual de arroz cereal a nivel local asciende a 3,834 toneladas aproximadamente.

Proceso y análisis de los datos

Los procedimientos subsiguientes se ejecutaron de acuerdo con una secuencia basada en principios científicos y en el contexto, además de criterios individuales esenciales para el experimento:

Un molino arrocero ("Molino Induamerica") situado en el km 775 Panamericana Norte en el municipio de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, proporcionó la ceniza de cascarilla de arroz (CCA). Adicionalmente, el mercado mayorista "Moshoqueque" de la misma ciudad llevó las cáscaras para su venta. El sedimento restante se eliminó pasando por un tamiz las impurezas, incluidos tallos, raíces, follaje, capas negras, insectos y piedras. Tras ser limpiada meticulosamente, la cáscara de arroz se calcinaba hasta su completa disolución en carbón negro en una vasija de barro. En consecuencia, se desprendía dióxido de carbono mientras la cáscara de arroz se calcinaba en un recipiente que evitaba el contacto directo con el fuego. Una vez asentada la ceniza, se redujo a una consistencia fina y homogénea utilizando un mortero o pulverizador de madera.

Utilizando cáscaras de huevo frescas adquiridas en el mercado mayorista "Moshoqueque" del Departamento de Lambayeque, Chiclayo, se fabricó el polvo de cáscara de huevo (PPE). Posteriormente, las cáscaras fueron lavadas con agua para eliminar las membranas. Las cáscaras fueron desecadas a temperatura ambiente. Posteriormente se molieron a mano hasta obtener un polvo. A continuación, se empleó un mortero de madera para reducir las conchas limpias y pulverizadas a un polvo fino y uniforme.

La temperatura de calcinación se determinó mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA). Cada muestra fue analizada en el laboratorio químico de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en Lambayeque, de la cual se recolectó 1 g utilizando el tamiz No. 200. La investigación se realizó utilizando un analizador térmico simultáneo TG_DTA_DSC SETARAM. La cascarilla de arroz, la ceniza de cascarilla de arroz (RHA) y el polvo de cáscara de huevo (EHP) fueron algunas de las numerosas sustancias que se evaluaron.

Se introdujo oxígeno en EHP y CCA mediante un procedimiento de calcinación tamponada en el laboratorio químico de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en la ciudad de Lambayeque.

Al calcinarlo a 900 °C durante tres horas en una mufla, el PCH se activó térmicamente. Una vez enfriada, la sustancia se filtró utilizando un tamiz N° 200. El CCA se activó térmicamente tras una calcinación a 640 °C en la mufla durante dos horas. La sustancia se tamizó a través de un tamiz n.º 200 tras su enfriamiento.

Se utilizó un espectrómetro fabricado Amptek FRXDE en el laboratorio químico de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para determinar la composición química de PCH y CCA mediante fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (FRXDE). El PCH y el CCA se combinaron en un peso de diez gramos.

El compuesto de PCH y CCA formado por un 75% de PCH y un 25% de CCA es la composición que más se asemeja al cemento, según se determinó matemáticamente utilizando la composición química de PCH y CCA. Para determinar la composición química de esta mezcla, se empleó la fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (EDXF).

Determinación del potencial de hidrógeno (PH): Se determinaron los valores de PH de las siguientes sustancias: cemento portland tipo I (CPTI), PCH, CCA, una mezcla de 75% de PCH y 25% de CCA, y CPTI con 10% de sustituciones de PCH y CCA. El laboratorio químico de la UNPRG-Lamayeque analizó los diez gramos de cada muestra que fueron necesarios para esta prueba.

Tres adiciones amalgamadas, que se detallan en los Cuadros 10, 11 y 12, fueron sometidas a análisis fisicoquímicos. En las secciones siguientes se ofrece una sinopsis de las investigaciones fisicoquímicas administradas al arroz y a la cáscara de huevo.

Temperatura de calcinación

Mediante los procedimientos subsiguientes, se determinó la temperatura de calcinación del polvo de cáscara de huevo (EPP):

Según los resultados del análisis termogravimétrico, el material presenta un notable grado de estabilidad térmica hasta 750° C. Es a esta temperatura cuando comienza la descomposición y la pérdida de material, que continúa hasta un descenso precipitado hasta la temperatura máxima de ensayo, donde se observa una reducción aproximada del 45% de su masa inicial. El análisis calorimétrico revela sólo picos endotérmicos marginales a aproximadamente 130° C y 250° C, seguidos de un pronunciado pico de absorción térmica a 900° C, temperatura a la que el material experimenta un cambio estructural y característico.

La temperatura a la que la fibra de arroz se sometió a la calcinación se determinó mediante los resultados posteriores:

El análisis termogravimétrico revela dos caídas de masa: la primera se produce entre 80 y 120°C, y la segunda entre 250 y 340°C. Posteriormente, la masa desciende de forma gradual y paulatina, hasta que ha perdido el 53% de su masa inicial, o alrededor del momento en que alcanza su temperatura máxima de ensayo. Según el análisis calorimétrico, la sustancia presenta dos picos endotérmicos a aproximadamente 100° C y 220° C, seguidos de un pequeño pico de absorción térmica a 430° C. Esta temperatura corresponde a las características y la transición estructural del material.

Los resultados posteriores se utilizaron para determinar la temperatura de calcinación de la ceniza de cáscara de arroz (RHA):

El análisis gravimétrico revela una reducción sustancial de la masa dentro del intervalo de temperaturas de 80 a 150°C. Posteriormente, la disminución de masa es gradual y paulatina, culminando en la pérdida de aproximadamente el 29% de la masa inicial cuando la sustancia alcanza su temperatura máxima de ensayo. El análisis calorimétrico revela la presencia de un pico endotérmico a 140° C, sucedido por un pico marginal de absorción térmica a 640° C. Estos resultados sugieren la posibilidad de que la estructura y las propiedades del material experimenten una transición con la temperatura.

Composición química

Según la fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), la composición química del PCH calcinado a 900° C por 3 horas y la composición química de la CCA por 2 horas, son las siguientes:

Tabla 25. Composición elemental de PCH en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	12.305	11.614
SiO ₂	1.436	1.355
K ₂ O	0.061	0.057
CaO	91.875	86.71
Cr ₂ O ₃	0.017	0.007
Fe ₂ O ₃	0.008	0.008
Ni ₂ O ₃	0.006	0.006
CuO	0.006	0.006
SrO	0.24	0.226
ZrO ₂	0.012	0.011
BaO	0.089	0.101
Total	105.857	100

Fuente: Departamento de Ingeniería de Materiales - FIQIA/UNPRG.

Tabla 26. Composición elemental de CCA en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	3.628	3.586
SiO ₂	90.433	89.378
SO ₂	0.487	0.482
ClO ₂	0.694	0.586
K ₂ O	4.054	4.007
CaO	1.301	1.285
TiO ₂	0.016	0.016
MnO	0.153	0.161
Fe ₂ O ₃	0.187	0.185
CuO	0.009	0.008
ZnO	0.019	0.019
SrO	0.24	0.226
Y ₂ O ₃	0.002	0.002
Total	101.18	100

Fuente: Departamento de Ingeniería de Materiales - FIQIA/UNPRG.

La composición química de la mezcla de PCH y CCA (75% PCH + 25% CCA) se determina mediante fluorescencia de rayos X por dispersión de energía (FRXDE).

Tabla 27. Composición de una mezcla de PCH y CCA en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	5.521	5.167
SiO ₂	29.002	27.144
P ₂ O ₅	3.246	3.038
SO ₂	0.758	0.71
ClO ₂	0.346	0.324
K ₂ O	1.218	1.14
CaO	66.401	62.148
TiO ₂	0.023	0.022
V ₂ O ₅	0.005	0.005
Cr ₂ O ₃	0.006	0.006
MnO	0.054	0.05
Fe ₂ O ₃	0.059	0.488
Ni ₂ O ₃	0.007	0.006
CuO	0.006	0.006
ZnO	0.011	0.011
As ₂ O ₃	0.003	0.002
SrO	0.165	0.155
Y ₂ O ₃	0.003	0.002
ZrO ₂	0.011	0.011
Total	106.844	100

Fuente: Departamento de Ingeniería de Materiales - FIQIA/UNPRG.

Potencial de hidrógeno (PH)

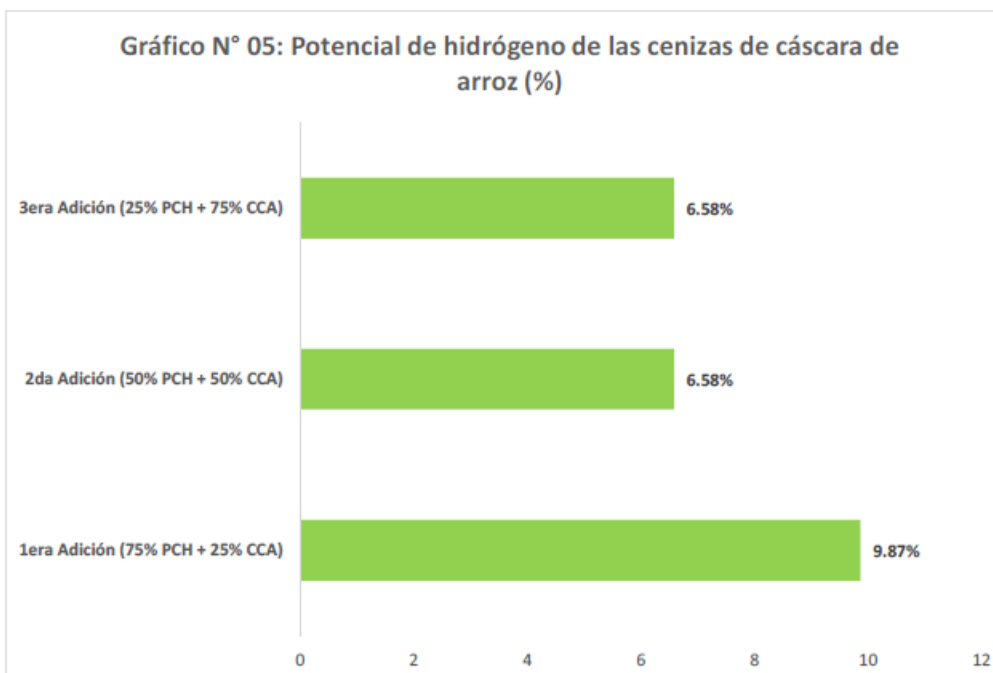
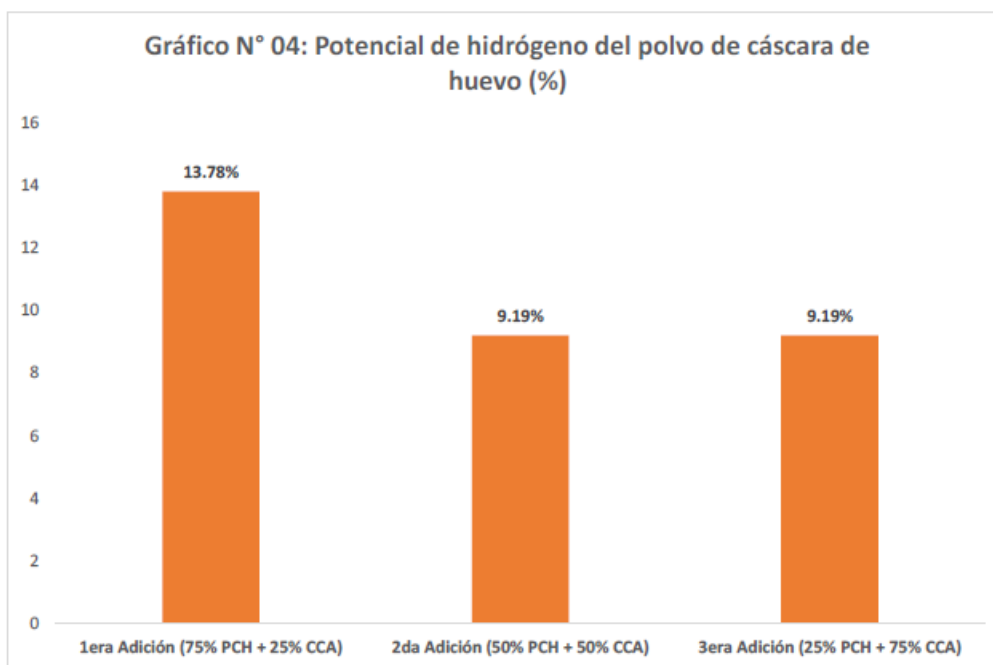
Se determinó el valor de PH del hidrocemento de cemento Portland tipo I (CPTI). Además, se activaron térmicamente combinaciones de ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cáscara de huevo en polvo (PCH), incluyendo 25% de CCA y 25% de PCH,; 50% de PCH y 50% de CCA; y 25% de PCH y 75% de CCA. Además, se utilizaron 3 combinaciones de PCH y CCA para sustituir el 10% del CPTI.

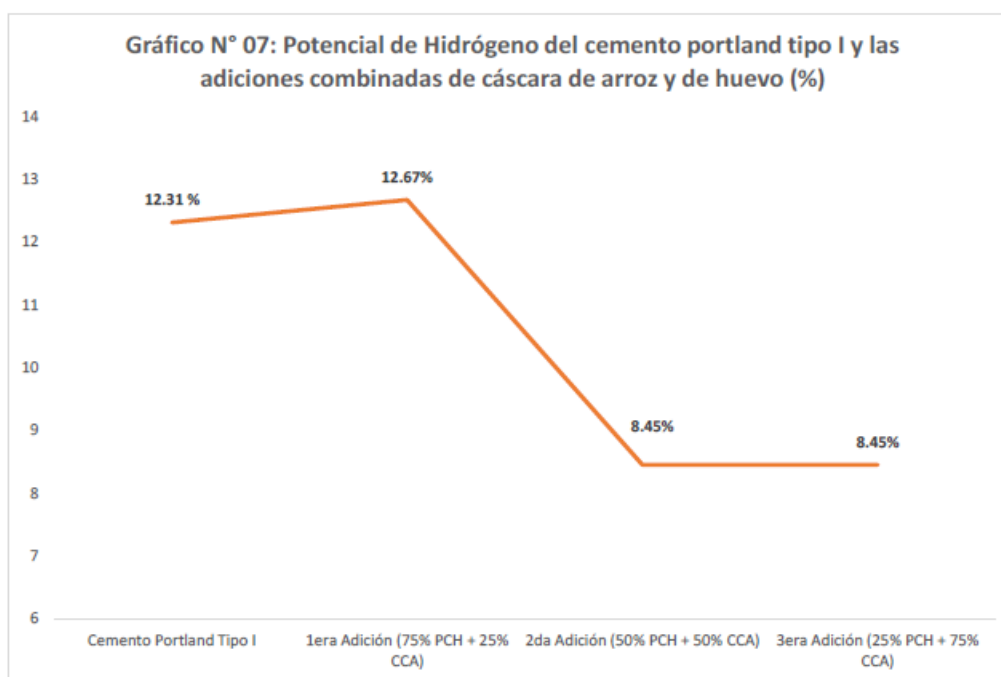
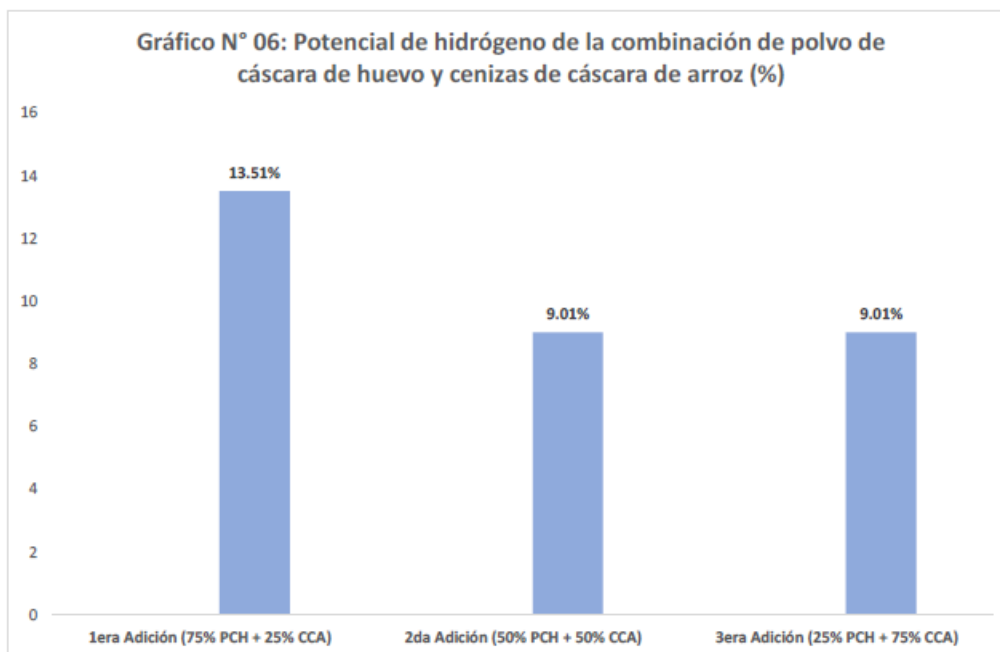
Tabla 28. Potencial de hidrógeno de las adiciones combinadas de CCA y PCH.

POTENCIAL DE HIDRÓGENO			
DETERMINACIONES (Ph)	1 ^{era} Adición	2 ^{da} Adición	3 ^{era} Adición
	75% PCH + 25% CCA	50% PCH + 50% CCA	25% PCH + 50% CCA
Polvo de cáscara de huevo	13.78	9.19	9.19
Cenizas de cáscara de arroz	9.87	6.58	6.58
Combinación de polvo de cáscara de huevo y cenizas de cáscara de arroz	13.51	9.01	9.01
Cemento portland tipo I	12.31	8.21	8.21
Cemento portland tipo I sustituido en 10% por PCH y CCA	12.67	8.45	8.45

Fuente: Departamento de Ingeniería de Materiales - FIQIA/UNPRG.

A continuación se muestran los gráficos 4, 5, 6 y 7 en los cuales podemos comparar los resultados del potencial de hidrógeno de manera independiente para el polvo de la cáscara de huevo (PCH), ceniza de la cáscara de arroz (CCA), adiciones combinadas del polvo de la cáscara de huevo (PCH) y ceniza de la cáscara de arroz (CCA) en las siguientes proporciones (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA), (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA), (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA), cemento portland tipo I y para el cemento portland tipo I sustituido en 10% por cada adición combinada descrita.





Para mayor información de los resultados físicos – químicos de las 3 adiciones de las combinaciones de CCA y PCH contempladas en este estudio, se detallan de acuerdo a los informes emitidos por el laboratorio de la FIQIA de la UNPRG en los anexos 5, 6, 7 respectivamente.

Mecánica de suelos

Contiene los resultados del EMS realizada para el “Uso de la cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimento rígidos de baja transitabilidad en la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas”.

Se determinó las características del suelo de la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo y entregar recomendaciones técnicas y constructivas que resulten convenientes para una posible ejecución de pavimentación rígida que contempla el proyecto ya mencionado.

Para tal estudio, se realizaron los siguientes ensayos bajo normativa ASTM:

- Ensayo granulométrico: ASTM D422.
- Ensayo humedad: ASTM D2216.
- Límites de Atterberg: NTP 339.129 (ASTM D4318).
- Proctor modificado: ASTM D 1557.
- CBR (California Bearing Ratio): ASTM D 1883.
- Sales: ASTM D 2216.

Trabajo de campo

Para la ubicación de las calicatas, se ha tenido en cuenta las consideraciones técnicas estipuladas por las normas E.050 y CE.010. Esta última norma, hace de referencia al tipo de vía que tiene una zona urbana, y en función al ancho de calzada (ancho promedio = 6.32 m) y transitabilidad, se han realizado 3 calicatas, tomadas cada 50 ml en promedio para tramos no pavimentados.

Tabla 29. Puntos de investigación para EMS

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	DISTANCIA (ml)
Expresas	1 cada	500
Arteriales	1 cada	200
Colectoras	1 cada	100
Locales	1 cada	50

Fuente: C.E.010. Pavimentos urbanos.

Se tomaron las dimensiones mínimas para la excavación de las calicatas de 1.00 m x 1.00 m x 1.50 m; tomándose muestras representativas del estrato a efectos de determinar sus características mecánicas.

Ubicación de calicatas



Figura 2. Ubicación de calicatas en Calle El Vaticano Mz “E” del Sector Las Brisas.

Resultados de ensayos

Para efectos del presente estudio, se realizaron 3 calicatas teniendo en cuenta que para el análisis correspondiente a las muestras de suelo estabilizadas convencionalmente (condiciones naturales) y modificadas (adiciones combinadas de CCA y PCH), se procedió a determinar las propiedades mecánicas descritas con anterioridad, en base a los procedimientos normados para cada uno de los ensayos contemplados en este estudio, tanto para la parte convencional como experimental.

Muestras convencionales

Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 56.96" - Oeste: 79° 51' 53.88".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arena arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos SC, con un límite líquido de 28.70%, un límite de plasticidad de 13.60%, un índice de plasticidad de 15.10%, y un contenido de humedad de 13.46%.

Muestra N° 02 (0.50 m – 0.90 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos GC, con un límite líquido de 34%, un límite de plasticidad de 13%, un índice de plasticidad de 20%, y un contenido de humedad de 3.68%.

Muestra N° 03 (0.90 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 33%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 17%, un contenido de humedad de 14.42%, una máxima densidad seca de 1.89 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 16.18% y un CBR al 95% de 8.59.

Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 56.37" - Oeste: 79° 51' 52.49".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.30 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava pobremente graduada con arcillosa y arena, clasificado en el sistema SUCS como suelos GP - GC, con un límite líquido de 31%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 15%, y un contenido de humedad de 2.28%.

Muestra N° 02 (0.30 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 35%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 20%, un contenido de humedad de 15.31%, una máxima densidad seca de 1.84 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 17.43% y un CBR al 95% de 5.43.

Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 55.66" - Oeste: 79° 51' 51.49".

Muestra N° 01 (0.20 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 37%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 22%, un contenido de humedad de 15.88%, una máxima densidad seca de 1.85 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 16.35% y un CBR al 95% de 8.11.

Muestras modificadas (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)**Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)**

Sur: 6° 46' 56.96" - Oeste: 79° 51' 53.88".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arena arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos SC, con un límite líquido de 28.70%, un límite de plasticidad de 13.60%, un índice de plasticidad de 15.10%, y un contenido de humedad de 13.46 %.

Muestra N° 02 (0.50 m – 0.90 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos GC, con un límite líquido de 34%, un límite de plasticidad de 13%, un índice de plasticidad de 20%, y un contenido de humedad de 3.68%.

Muestra N° 03 (0.90 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 33%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 17%, un contenido de humedad de 14.42%, una máxima densidad seca de 1.80 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 18.62% y un CBR al 95% de 5.24.

Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 56.37" - Oeste: 79° 51' 52.49".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.30 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava pobremente graduada con arcillosa y arena, clasificado en el sistema SUCS como suelos GP - GC, con un límite líquido de 31%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 15%, y un contenido de humedad de 2.28%.

Muestra N° 02 (0.30 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 35%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 20%, un contenido de humedad de 15.31%, una máxima densidad seca de 1.75 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 18.62% y un CBR al 95% de 5.22.

Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 55.66" - Oeste: 79° 51' 51.49".

Muestra N° 01 (0.20 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 37%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 22%, un contenido de humedad de 15.88%, una máxima densidad seca de 1.90 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 15.97% y un CBR al 95% de 8.97.

Muestras modificadas (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)**Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)**

Sur: 6° 46' 56.96" - Oeste: 79° 51' 53.88".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arena arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos SC, con un límite líquido de 28.70%, un límite de plasticidad de 13.60%, un índice de plasticidad de 15.10%, y un contenido de humedad de 13.46 %.

Muestra N° 02 (0.50 m – 0.90 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos GC, con un límite líquido de 34%, un límite de plasticidad de 13%, un índice de plasticidad de 20%, y un contenido de humedad de 3.68%.

Muestra N° 03 (0.90 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 33%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 17%, un contenido de humedad de 14.42%, una máxima densidad seca de 1.72 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 18.59% y un CBR al 95% de 5.41.

Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 56.37" - Oeste: 79° 51' 52.49".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.30 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava pobremente graduada con arcillosa y arena, clasificado en el sistema SUCS como suelos GP - GC, con un límite líquido de 31%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 15%, y un contenido de humedad de 2.28%.

Muestra N° 02 (0.30 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 35%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 20%, un contenido de humedad de 15.31%, una máxima densidad seca de 1.86 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 16.23% y un CBR al 95% de 8.50.

Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 55.66" - Oeste: 79° 51' 51.49".

Muestra N° 01 (0.20 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 37%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 22%, un contenido de humedad de 15.88%, una máxima densidad seca de 1.70 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 18.49% y un CBR al 95% de 5.03.

Muestras modificadas (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)**Calicata N° 01 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)**

Sur: 6° 46' 56.96" - Oeste: 79° 51' 53.88".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arena arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos SC, con un límite líquido de 28.70%, un límite de plasticidad de 13.60%, un índice de plasticidad de 15.10%, y un contenido de humedad de 13.46 %.

Muestra N° 02 (0.50 m – 0.90 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava arcillosa, clasificado en el sistema SUCS como suelos GC, con un límite líquido de 34%, un límite de plasticidad de 13%, un índice de plasticidad de 20%, y un contenido de humedad de 3.68%.

Muestra N° 03 (0.90 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 33%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 17%, un contenido de humedad de 14.42%, una máxima densidad seca de 1.92 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 16.66% y un CBR al 95% de 9.57.

Calicata N° 02 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 56.37" - Oeste: 79° 51' 52.49".

Muestra N° 01 (0.00 m – 0.30 m): El perfil del suelo se encuentra representado por grava pobremente graduada con arcillosa y arena, clasificado en el sistema SUCS como suelos GP - GC, con un límite líquido de 31%, un límite de plasticidad de 16%, un índice de plasticidad de 15%, y un contenido de humedad de 2.28%.

Muestra N° 02 (0.30 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 35%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 20%, un contenido de humedad de 15.31%, una máxima densidad seca de 1.68 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 18.70% y un CBR al 95% de 4.39.

Calicata N° 03 (Calle El Vaticano Mz “E” S/N Sector Las Brisas)

Sur: 6° 46' 55.66" - Oeste: 79° 51' 51.49".

Muestra N° 01 (0.20 m – 1.50 m): El perfil del suelo se encuentra representado por arcillosa arenosa de baja plasticidad, clasificado en el sistema SUCS como suelos CL, con un límite líquido de 37%, un límite de plasticidad de 15%, un índice de plasticidad de 22%, un contenido de humedad de 15.88%, una máxima densidad seca de 1.84 g/cm³, un óptimo contenido de humedad de 16.96% y un CBR al 95% de 8.13.

Resultados de estudios de mecánica de suelos

A continuación, se detallan los resultados de cada ensayo obtenidos en el laboratorio de concreto, suelos y pavimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT - Chiclayo).

Tabla 30. Resultados generales EMS

RESULTADOS GENERALES ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS									
TESIS: USO DE CÁSCARA DE ARROZ Y DE HUEVO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS - LAMBAYEQUE									
N° CALICATA	TIPO DE SUELO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	SALES (%)	NIVEL FREÁTICO	LÍMITES DE ATTERBERG			PROCTOR MODIFICADO (%)	CBR (95%)
					LL (%)	LP (%)	IP (%)		
1	M1 = SC	M1 = 13.46	M1 = 0.20	N.P	M1 = 28.70	M1 = 13.60	M1 = 15.10	M3 (MDS = 1.89 g/cm ³) M3 (OCH = 16.18 %)	8.59
	M2 = GC	M2 = 3.68	M2 = 0.15		M2 = 34.00	M2 = 13.00	M2 = 20.00		
	M3 = CL	M3 = 14.42	M3 = 0.17		M3 = 33.00	M3 = 16.00	M3 = 17.00		
2	M1 = GP-GC	M1 = 2.28	M1 = 0.08	N.P	M1 = 31.00	M1 = 16.00	M1 = 15.00	M2 (MDS = 1.84 g/cm ³)	5.43
	M2 = CL	M2 = 15.31	M2 = 0.15		M2 = 35.00	M2 = 15.00	M2 = 20.00	M2 (OCH = 17.43 %)	
3	M1 = CL	M1 = 15.88	M1 = 0.23	N.P	M1 = 37.00	M1 = 15.00	M1 = 22.00	M1 (MDS = 1.85 g/cm ³) M1 (OCH = 16.35 %)	8.11
1EA1	M1 = SC	M1 = 13.46	M1 = 0.20	N.P	M1 = 28.70	M1 = 13.60	M1 = 15.10	M3 (MDS = 1.80 g/cm ³) M3 (OCH = 18.62 %)	5.24
	M2 = GC	M2 = 3.68	M2 = 0.15		M2 = 34.00	M2 = 13.00	M2 = 20.00		
	M3 = CL	M3 = 14.42	M3 = 0.17		M3 = 33.00	M3 = 16.00	M3 = 17.00		
2EA1	M1 = GP-GC	M1 = 2.28	M1 = 0.08	N.P	M1 = 31.00	M1 = 16.00	M1 = 15.00	M2 (MDS = 1.75 g/cm ³)	5.22
	M2 = CL	M2 = 15.31	M2 = 0.15		M2 = 35.00	M2 = 15.00	M2 = 20.00	M2 (OCH = 18.62 %)	
3EA1	M1 = CL	M1 = 15.88	M1 = 0.23	N.P	M1 = 37.00	M1 = 15.00	M1 = 22.00	M1 (MDS = 1.90 g/cm ³) M1 (OCH = 15.97 %)	8.97
1EA2	M1 = SC	M1 = 13.46	M1 = 0.20	N.P	M1 = 28.70	M1 = 13.60	M1 = 15.10	M3 (MDS = 1.72 g/cm ³) M3 (OCH = 18.59 %)	5.41
	M2 = GC	M2 = 3.68	M2 = 0.15		M2 = 34.00	M2 = 13.00	M2 = 20.00		
	M3 = CL	M3 = 14.42	M3 = 0.17		M3 = 33.00	M3 = 16.00	M3 = 17.00		
2EA2	M1 = GP-GC	M1 = 2.28	M1 = 0.08	N.P	M1 = 31.00	M1 = 16.00	M1 = 15.00	M2 (MDS = 1.86 g/cm ³)	8.50
	M2 = CL	M2 = 15.31	M2 = 0.15		M2 = 35.00	M2 = 15.00	M2 = 20.00	M2 (OCH = 16.23 %)	
3EA2	M1 = CL	M1 = 15.88	M1 = 0.23	N.P	M1 = 37.00	M1 = 15.00	M1 = 22.00	M1 (MDS = 1.70 g/cm ³) M1 (OCH = 18.49 %)	5.03
1EA3	M1 = SC	M1 = 13.46	M1 = 0.20	N.P	M1 = 28.70	M1 = 13.60	M1 = 15.10	M3 (MDS = 1.92 g/cm ³) M3 (OCH = 16.66 %)	9.57
	M2 = GC	M2 = 3.68	M2 = 0.15		M2 = 34.00	M2 = 13.00	M2 = 20.00		
	M3 = CL	M3 = 14.42	M3 = 0.17		M3 = 33.00	M3 = 16.00	M3 = 17.00		
2EA3	M1 = GP-GC	M1 = 2.28	M1 = 0.08	N.P	M1 = 31.00	M1 = 16.00	M1 = 15.00	M2 (MDS = 1.68 g/cm ³)	4.39
	M2 = CL	M2 = 15.31	M2 = 0.15		M2 = 35.00	M2 = 15.00	M2 = 20.00	M2 (OCH = 18.70 %)	
3EA3	M1 = CL	M1 = 15.88	M1 = 0.23	N.P	M1 = 37.00	M1 = 15.00	M1 = 22.00	M1 (MDS = 1.84 g/cm ³) M1 (OCH = 16.96 %)	8.13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Clasificación SUCS del muestreo

CLASIFICACIÓN SUCS		
TIPO DE SUELO	CANTIDAD MUESTRAS	%
SC	4	16.67
GC	4	16.67
CL	12	50.00
GP-GC	4	16.67
	24	100.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Propiedades físicos – mecánicos mínimos y máximos.

PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS		
Parámetro	Mínimo	Máximo
Contenido de humedad	2.28%	15.88%
Salas (%)	0.08%	0.23%
Máxima densidad seca (g/cm^3)	1.68	1.92
Óptimo contenido de humedad	15.97%	18.70%
CBR (95%)	4.39%	9.57%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Límites mínimos y máximos de Atterberg.

LÍMITES DE ATTERBERG		
Parámetro	Mínimo	Máximo
Límite líquido	28.70%	37.00%
Límite plástico	13.00%	16.00%
índice de plasticidad	15.00%	22.00%

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de mezclas

Hoy en día, el hormigón es el material de construcción más utilizado. Sin embargo, el calibre final del producto depende de la profesión del ingeniero y de su amplio conocimiento de la sustancia. Se carece de una cantidad considerable de información sobre la naturaleza, los componentes, las propiedades, la selección de las proporciones, el procedimiento de colocación, el control e inspección de la calidad y el tratamiento de los elementos estructurales del hormigón en su conjunto.

La obtención de un hormigón con las propiedades deseadas de densidad, resistencia, durabilidad y facilidad de colocación dependen de las proporciones elegidas por unidad cúbica de hormigón. En consecuencia, esta sección delinea el proceso de diseño de la mezcla para el hormigón convencional destinado a pavimentos rígidos de bajo tráfico. Del mismo modo, se describen exhaustivamente los diseños de mezclas experimentales que incorporan las tres adiciones de CCA y PCH:

- 1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA.
- 2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA.
- 3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA.

De acuerdo con el siguiente criterio, se sustituirán las adiciones mencionadas: 90% CPTI más 10% (PCH + CCA). El diseño de las mezclas de hormigón se realizó de acuerdo con el método ACI 318, en el que se observaron y analizaron los resultados para generar una tabla comparativa.

Densidad

Constituye la suma de todos los elementos que lo componen. Es posible comparar su valor tanto en estado bruto como endurecido. Es posible comparar hormigones de las tres calidades siguientes:

- a) Los hormigones convencionales miden de 2200 a 2400 kg/m³ en peso por unidad de volumen.
- b) Cuando el peso por unidad de volumen es inferior a 1900 kg/m³, el hormigón se considera ligero.
- c) Hormigón con una densidad que oscila entre 2800 y 6000 kg/m³ por unidad de volumen

Cantidad de materiales (m³)

La cantidad de material necesaria por metro cúbico para cada diseño se determinó una vez identificadas las condiciones necesarias del diseño de la mezcla. En cuanto a la variación global del módulo de refino, se obtuvieron valores distintos para cada relación agua-cemento en nuestro caso particular. La cantidad de materiales necesarios para producir un metro cúbico de hormigón se ha aproximado utilizando esta información.

Dado que se ha determinado que las propiedades de todos los elementos utilizados tienen valores estándar tanto en el diseño en seco como en el diseño in situ, basta con centrarse únicamente en el diseño en seco, dado que el diseño in situ puede diferir en función de la metodología de construcción empleada y del nivel de supervisión considerado.

Diseño de mezcla convencional $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

A. Características de los materiales

- Agregados:

Agregado fino	:	Arena gruesa
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Peso Unitario Seco Compactado	:	1789 kg/m ³
Peso Unitario Suelto Seco	:	1568 kg/m ³
Peso Específico Aparente	:	2.626 g/cm ³
Absorción	:	0.62 %
Humedad Natural	:	1.05%
Módulo de Finura	:	2.937
Agregado grueso	:	Piedra chancada
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Perfil	:	Angular
Tamaño Máximo Nominal	:	1”

Peso Unitario Suelto Seco	:	1454 kg/m ³
Peso Específico Aparente	:	2.643 g/cm ³
Peso Unitario Seco Compactado	:	1644 kg/m ³
Absorción	:	0.83%
Humedad Natural	:	0.58%
Módulo de Finura	:	-

- **Cemento:**

Cemento portland ASTM C-150 tipo I Pacasmayo.

Peso específico: 3150 kg/m³

- **Agua:** Potable.

- **Concreto:**

Las especificaciones del concreto son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Consistencia plástica} = 3''$$

B. Elaboración del diseño de mezcla

1° La resistencia media (f'_{cr}) se calcula en relación con la resistencia a la compresión especificada ($f'c$).

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Luego por fórmula:

$$f'_{cr} = 280 + 84 = 364.00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Utilizaremos: } f'_{cr} = 364.00 \text{ kg/cm}^2$$

2° Selección de la consistencia

Plasticidad estructural (SLUMP): 3”

3° Determinación del TMN del árido grueso mediante un ensayo de granulometría realizado en laboratorio:

TMN: 1”

4° Determinación del volumen exacto de agua de mezclado necesaria para el hormigón:

Por metro cúbico, la tasa de mezcla equivale a 193 litros.

5° Determinación del contenido de aire atrapado.

El nivel de aire equivale al 1,5%.

6° Establecimiento de la relación cemento/agua

El diseño que ponemos como prioridad de resistencia se implementa normalmente, debido a la ausencia de preocupaciones térmicas sobre la durabilidad

Basado en la consideración de un espécimen de hormigón con 280 kg/cm² adicionales y sin adición de aire.

$$A/C = 0.466$$

7° Alcances del factor cemento:

$$FC = (V_{\text{agua}})/(a/c) = (193 \text{ lts})/(0.466 \text{ lts/kg}) = 414.16 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de cemento por bolsas} &= 414.16/42.5 = 9.75 \text{ bolsas/m}^3 \\ &\cong 10 \text{ bolsas/m}^3 \end{aligned}$$

8° Determinación del volumen absoluto del material

$$\begin{aligned} \text{Cemento:} & \quad 414.16/3150 = 0.1315 \text{ m}^3 \\ \text{Aire:} & \quad 1.5/100 = 0.015 \text{ m}^3 \\ \text{Agua:} & \quad 193/1000 = 0.193 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen del material:} & \quad 0.3395 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

9° Determinación del volumen agregado global.

$$\text{Agregado global} = 1 - 0.3395 = 0.6605 \text{ m}^3$$

10° Determinación del porcentaje de agregado fino sobre el agregado total.

$$\text{MF del Af} = 2.937$$

Por lo tanto de la tabla de Walker se tendría:

$$\begin{array}{r} 9.75 \text{ -----}x \\ 7 \text{ -----}49 \\ 8 \text{ -----}46 \end{array}$$

$$\therefore X = \% \text{Af} = 40.75 \%$$

11° Determinar el volumen absoluto del Af y Ag:

$$\forall \text{ abs Ag} = 0.6605 \times (100 - 40.75\%) = 0.391 \text{ m}^3$$

$$\forall \text{ abs Af} = 0.6605 \times (40.75\%) = 0.269 \text{ m}^3$$

12° Determinar el peso seco del agregado:

$$\text{Peso seco Ag} = 0.391 \times 2643 = 1033.41 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco Af} = 0.269 \times 2626 = 706.394 \text{ kg}$$

13° Determinación en laboratorio de los valores de diseño:

$$\text{Agua de mezcla} \quad : \quad 193 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} \quad : \quad 706.394 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} \quad : \quad 414.16 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} \quad : \quad 1033.41 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de aire atrapado} \quad : \quad 1.5 \%$$

14° La corrección de la humedad se realiza en los áridos.

➤ Cálculo de los pesos húmedos

$$\text{Peso húmedo Ag} = 1033.41 \times (1 + 0.58/100) = 1039.404 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo Af} = 706.394 \times (1 + 1.05/100) = 713.81 \text{ kg}$$

➤ Cálculo de la humedad superficial

$$\text{Ag} = (0.58 - 0.83) \% = -0.25\%$$

$$\text{Af} = (1.05 - 0.62) \% = 0.43\%$$

➤ Aporte de agua por humedad superficial del agregado

$$\text{Ag} = 1039.404 \times (-0.0025) = -2.599 \text{ lts}$$

$$\text{Af} = 713.81 \times (0.043) = 3.069 \text{ lts}$$

$$\text{Aporte por humedad} = 0.47 \text{ lts}$$

➤ Volumen de agua efectiva

$$\begin{aligned} \forall \text{Agua efectiva} &= \forall \text{agua de mezcla} - \text{Aporte por humedad} \\ &= 193 - (0.47) = 192.53 \text{ lts.} \end{aligned}$$

15° Determinación de los valores de diseño al pie de obra:

Agua de mezcla	: 193.53 lts/m ³
Agregado fino	: 713.81 kg/m ³
Cemento	: 414.16 kg/m ³
Agregado grueso	: 1039.40 kg/m ³
Contenido de aire atrapado	: 1.5 %

16° Finalmente se determinó la disposición al pie de obra:

$$414.16/414.16, 713.81/414.16, 1039.40/414.16, 192.53/9.75$$

1: 1.61: 2.62 / 19.80 lts/bolsa

Diseño de mezcla experimental (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA) (f'c = 280 kg/cm²)

C. Características de los materiales

- Agregados:

Agregado fino	:	Arena gruesa
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Peso Unitario Suelto Seco	:	1568 kg/m ³
Peso Específico Aparente	:	2.626 g/cm ³
Peso Unitario Seco Compactado	:	1789 kg/m ³
Absorción	:	0.62 %
Humedad Natural	:	1.05%

Módulo de Finura	:	2.937
Agregado grueso	:	Piedra chancada
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Perfil	:	Angular
Tamaño Máximo Nominal	:	1”
Peso Unitario Suelto Seco	:	1454 kg/m ³
Peso Específico Aparente	:	2.643 g/cm ³
Peso Unitario Seco Compactado	:	1644 kg/m ³
Absorción	:	0.83%
Humedad Natural	:	0.58%
Módulo de Finura	:	-

- **Cemento:**

Cemento portland ASTM C-150 tipo I Pacasmayo.

Peso específico: 3150 kg/m³

- **Agua:** Potable.

- **Concreto:**

Las especificaciones del concreto son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Consistencia plástica} = 3''$$

D. Elaboración del diseño de mezcla

1° La resistencia media (f'_{cr}) se calcula en relación con la resistencia a la compresión especificada (f'_c).

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Luego por fórmula:

$$f'_{cr} = 280 + 84 = 364.00 \text{ kg/cm}^2$$

Utilizaremos: $f'_{cr} = 364.00 \text{ kg/cm}^2$

2° Determinación de la coherencia

SLUMP (consistencia en el lugar): 3”

3° Análisis granulométrico realizado en laboratorio con el fin de determinar el TMN del árido grueso:

TMN: 1”

4° Determinación del volumen de agua de combinación para hormigón desprovisto de aire incorporado:

Agua de mezclado = 193 litros/m³

5° Especificación del contenido de aire atrapado

Contenido de aire = 1.5%

6° Determinación de la relación cemento/agua:

Dado que no existen preocupaciones en cuanto a la durabilidad del diseño, utilizaremos exclusivamente el diseño que considera el potencial de hidrógeno y la resistencia determinados para la adición del 12,67%.

En el caso de un hormigón con una $f'c$ de 280 kg/cm² y desprovisto de aire atrapado.

$$A/C = 0.466 - (0.466 * 12.67\%) = 0.407$$

7° Métodos de cálculo del factor cemento:

$$\text{Cantidad de cemento por bolsas} = 474.20/42.5 = 11.16 \text{ bolsas/m}^3$$

$$FC = (V_{\text{agua}})/(a/c) = (193 \text{ lts})/(0.407 \text{ lts/kg}) = 474.20 \text{ kg}$$

$$\cong 11 \text{ bolsas/m}^3$$

8° Determinación del volumen absoluto del material.

$$\text{Agua:} \quad 1933/1000 = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento:} \quad 474.20/3150 = 0.1505 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire:} \quad 1.5/100 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de la pasta:} \quad 0.3585 \text{ m}^3$$

9° Determinación del volumen total del árido.

$$V_{\text{agregado global}} = 1 - 0.3585 = 0.6415 \text{ m}^3$$

10° Determinación de la proporción del árido global que ocupa el árido fino.

$$\text{MF del Af} = 2.937$$

Utilizando la tabla de Walker, obtenemos:

$$11.16 \text{ -----}x$$

$$7 \text{ -----}49$$

$$8 \text{ -----}46$$

$$\therefore X = \%Af = 36.52 \%$$

11° Cálculo del volumen absoluto de Af y Ag:

$$\forall \text{ abs Ag} = 0.6415 \times (100 - 36.52\%) = 0.407 \text{ m}^3$$

$$\forall \text{ abs Af} = 0.6415 \times (36.52\%) = 0.2343 \text{ m}^3$$

12° Determinación de los pesos secos de los áridos:

$$\text{Peso seco Ag} = 0.407 \times 2643 = 1075.70 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco Af} = 0.407 \times 2626 = 1068.78 \text{ kg}$$

13° Determinación en laboratorio de los valores de diseño

$$\text{Agua del material} \quad : \quad 193 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} \quad : \quad 1075.70 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} \quad : \quad 474.20 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} \quad : \quad 1068.78 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de aire atrapado:} \quad 1.5 \%$$

14° La corrección por humedad de los áridos se efectúan de la siguiente manera:

➤ Determinación de los pesos húmedos

$$\text{Peso húmedo Ag} = 1075.70 \times (1 + 0.58/100) = 815.62 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo Af} = 1068.78 \times (1 + 1.05/100) = 706.56 \text{ kg}$$

➤ Determinación de la humedad superficial

$$\text{Ag} = (0.58 - 0.83) \% = -0.25\%$$

$$\text{Af} = (1.05 - 0.62) \% = 0.43\%$$

➤ Humedad superficial total

$$A_g = 815.62 \times (-0.0025) = -2.039 \text{ lts}$$

$$A_f = 706.56 \times (0.043) = 3.038 \text{ lts}$$

$$\text{Aporte por humedad} = 0.999 \text{ lts}$$

➤ Volumen efectivo de agua

$$\begin{aligned} \forall \text{Agua efectiva} &= \forall \text{agua de mezcla} - \text{Aporte por humedad} \\ &= 193 - (0.999) = 192.00 \cong 192 \text{ lts.} \end{aligned}$$

15° Determinación de los valores de diseño al pie de obra:

Agua de mezcla	: 192 lts/m ³
Agregado grueso	: 815.62 kg/m ³
Cemento	: 474.20 kg/m ³
Agregado fino	: 706.56 kg/m ³
Contenido de aire atrapado	: 1.5 %

16° En última instancia, la dosificación se ejecuta en la base de la obra::

$$474.20/474.20, 706.56/474.20, 815.62/474.20, 192/11.16$$

1: 1.49: 1.72 / 19.80 lts/bolsa

Diseño de mezcla experimental (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA) (f'c = 280 kg/cm²)

E. Características de los materiales

- **Agregados:**

Agregado fino	:	Arena gruesa
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Peso Unitario Seco Compactado	:	1789 kg/m ³

Peso Específico Aparente	:	2.626 g/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	:	1568 kg/m ³
Absorción	:	0.62 %
Humedad Natural	:	1.05%
Módulo de Finura	:	2.937

Agregado grueso	:	Piedra chancada
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Perfil	:	Angular
Tamaño Máximo Nominal	:	1”
Peso Unitario Seco Compactado	:	1644 kg/m ³
Peso Específico Aparente	:	2.643 g/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	:	1454 kg/m ³
Absorción	:	0.83%
Humedad Natural	:	0.58%
Módulo de Finura	:	-

- **Cemento:**

Cemento portland ASTM C-150 tipo I Pacasmayo.

Peso específico: 3150 kg/m³

- **Agua:** Potable.

- **Concreto:**

Las especificaciones del concreto son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Consistencia plástica = 3”

F. Elaboración del diseño de mezcla

1° El cálculo de la resistencia media (f'_{cr}) en relación con la resistencia a la compresión dada (f'_c)

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Luego por fórmula:

$$f'_{cr} = 280 + 84 = 364.00 \text{ kg/cm}^2$$

Utilizaremos: $f'_{cr} = 364.00 \text{ kg/cm}^2$

2° Consistencia en la elección

Plasticidad estructural (SLUMP): 3"

3° Determinación del TMN del árido grueso a partir de un ensayo de granulometría realizado en laboratorio:

TMN: 1"

4° El volumen de agua de combinación para un hormigón desprovisto de aire incorporado se determina en 193 litros por metro cúbico.

5° Selección del contenido atrapado.

Contenido de aire = 1.5%

6° Determinación de la relación cemento/agua:

Dado que no existen preocupaciones en cuanto a la durabilidad del diseño, utilizaremos únicamente el diseño que considera el potencial de hidrógeno y la resistencia determinados para esta adición de 8,454%.

En el caso de una probeta de hormigón con una $f'c$ de 280 kg/cm² y sin incorporación de aire.

$$A/C = 0.466 - (0.466 * 8.454\%) = 0.427$$

7° Métodos de cálculo del factor cemento:

$$FC = (V_{\text{agua}})/(a/c) = (193 \text{ lts})/(0.427 \text{ lts/kg}) = 451.99 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de cemento por bolsas} &= 451.99/42.5 = 10.64 \text{ bolsas/m}^3 \\ &\cong 11 \text{ bolsas/m}^3 \end{aligned}$$

8° Determinación del volumen absoluto de la mezcla

$$\begin{aligned} \text{Aire:} & \quad 1.5/100 = 0.015 \text{ m}^3 \\ \text{Cemento:} & \quad 451.99/3150 = 0.1435 \text{ m}^3 \\ \text{Agua:} & \quad 193/1000 = 0.193 \text{ m}^3 \\ \text{Volumen de la pasta:} & \quad 0.3515 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

9° Determinación del volumen total del árido.

$$V_{\text{agregado total}} = 1 - 0.3515 = 0.6485 \text{ m}^3$$

10° Determinación de la proporción del árido global que ocupa el árido fino.

$$\text{MF del Af} = 2.937$$

Empleando la tabla de Walker, obtenemos:

$$\begin{array}{r} 10.64 \text{ -----}x \\ 8 \text{ -----}46 \\ 7 \text{ -----}49 \end{array}$$

$$\therefore X = \% Af = 38.08 \%$$

11° Cálculo del volumen absoluto de Af y Ag:

$$\forall \text{ abs Ag} = 0.6485 \times (100 - 38.08\%) = 0.402 \text{ m}^3$$

$$\forall \text{ abs Af} = 0.6485 \times (38.08\%) = 0.247 \text{ m}^3$$

12° Determinación de los pesos secos de los áridos:

$$\text{Peso seco Ag} = 0.402 \times 2643 = 1062.49 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco Af} = 0.247 \times 2626 = 648.62 \text{ kg}$$

13° Determinación en laboratorio de los valores de diseño

$$\text{Agua de mezcla} \quad : \quad 193 \text{ lts/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} \quad : \quad 1062.49 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} \quad : \quad 451.99 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} \quad : \quad 648.62 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Contenido de aire atrapado:} \quad 1.5 \%$$

14° La corrección por humedad de los áridos:

➤ determinación de los pesos húmedos.

$$\text{Peso húmedo Ag} = 1062.49 \times (1 + 0.58/100) = 795.50 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo Af} = 648.62 \times (1 + 1.05/100) = 655.43 \text{ kg}$$

➤ Humedad superficial

$$A_g = (0.58 - 0.83) \% = -0.25\%$$

$$A_f = (1.05 - 0.62) \% = 0.43\%$$

➤ Humedad superficial del árido.

$$A_g = 795.50 \times (-0.0025) = -1.99 \text{ lts}$$

$$A_f = 655.43 \times (0.043) = 2.82 \text{ lts}$$

$$\text{Aporte por humedad} = 0.83 \text{ lts}$$

➤ Volumen de agua efectivo

$$\forall \text{ Agua efectiva} = \forall \text{ agua de mezcla} - \text{Aporte por humedad}$$

$$= 193 - (0.83) = 192.17 \cong 192 \text{ lts.}$$

15° Determinación en obra de los valores de diseño:

Agua de mezcla	: 193 lts/m ³
Agregado grueso	: 795.50 kg/m ³
Cemento	: 451.99 kg/m ³
Agregado fino	: 655.43 kg/m ³
Contenido de aire atrapado	: 1.5 %

16° Concluimos realizando el dosificado in situ:

$$451.99/451.99, 655.43/451.99, 795.50/451.99, 192/10.64$$

1: 1.44: 1.76 / 19.80 lts/bolsa

Diseño de mezcla experimental (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA) ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)

G. Características de los materiales

- Agregados:

Agregado fino	:	Arena gruesa
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Peso Unitario Seco Compactado	:	1789 kg/m ³
Peso Específico Aparente	:	2.626 g/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	:	1568 kg/m ³
Absorción	:	0.62 %
Humedad Natural	:	1.05%
Módulo de Finura	:	2.937

Agregado grueso	:	Piedra chancada
Cantera	:	Tres Tomas – Ferreñafe
Perfil	:	Angular
Tamaño Máximo Nominal	:	1”
Peso Unitario Seco Compactado	:	1644 kg/m ³
Peso Específico Aparente	:	2.643 g/cm ³
Peso Unitario Suelto Seco	:	1454 kg/m ³
Absorción	:	0.83%
Humedad Natural	:	0.58%
Módulo de Finura	:	-

- Cemento:

Cemento portland ASTM C-150 tipo I Pacasmayo.

Peso específico: 3150 kg/m³

- Agua: Potable.

- **Concreto:**

Las especificaciones del concreto son:

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Consistencia plástica = 3''

H. Elaboración del diseño de mezcla

1° Determinación de la resistencia promedio (f'_{cr}), en función de la resistencia a compresión especificada ($f'c$)

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

Por fórmula, entonces:

$$f'_{cr} = 280 + 84 = 364.00 \text{ kg/cm}^2$$

Empleamos: $f'_{cr} = 364.00 \text{ kg/cm}^2$

2° Establecimiento de la consistencia.

Plasticidad estructural (SLUMP): 3''

3° Determinación del TMN del árido grueso a partir de un ensayo de granulometría realizado en laboratorio:

TMN: 1''

4° Determinación del volumen adecuado de agua de amasado para el hormigón sin aire: El agua de amasado es igual a 193 litros por metro cúbico.

5° Selección del contenido de aire; exclusivamente aire atrapado.

El volumen de aire es igual al 1,5%.

6° Determinación de la relación cemento/agua:

Dada la ausencia de preocupaciones en cuanto a la durabilidad del diseño, emplearemos exclusivamente el diseño que considera la resistencia y el potencial de hidrógeno comprobados para la adición del 8,445%.

En el caso de una probeta de hormigón con una $f'c$ de 280 kg/cm² y sin incorporación de aire.

$$A/C = 0.466 - (0.466 * 8.445\%) = 0.4266$$

7° Métodos de cálculo del factor cemento:

$$FC = (V_{\text{agua}})/(a/c) = (193 \text{ lts})/(0.4266 \text{ lts/kg}) = 452.41 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de cemento por bolsas} &= 452.41/42.5 = 10.64 \text{ bolsas/m}^3 \\ &\cong 11 \text{ bolsas/m}^3 \end{aligned}$$

8° Determinación del volumen absoluto de la pasta.

Aire:	$1.5/100 = 0.015 \text{ m}^3$
Agua:	$193/1000 = 0.193 \text{ m}^3$
Cemento:	$452.41/3150 = 0.1436 \text{ m}^3$
Volumen de la pasta:	0.3516 m^3

9° Determinación del volumen total del árido.

$$V_{\text{agregado global}} = 1 - 0.3516 = 0.6484 \text{ m}^3$$

10° Cálculo del porcentaje de incidencia del agregado fino sobre el agregado Global.

$$\text{MF del Af} = 2.937$$

Por lo tanto de la tabla de Walker se tendría:

$$\begin{array}{r} 10.64 \text{-----} x \\ 8 \text{-----} 46 \\ 7 \text{-----} 49 \end{array}$$

$$\therefore X = \% \text{Af} = 38.08 \%$$

11° Cálculo del volumen absoluto del Af y Ag:

$$V_{\text{abs Af}} = 0.6484 \times (38.08\%) = 0.247 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{abs Ag}} = 0.6484 \times (100 - 38.08\%) = 0.401 \text{ m}^3$$

12° Cálculo de los pesos secos de los agregados:

$$\text{Peso seco Af} = 0.247 \times 2626 = 648.62 \text{ kg}$$

$$\text{Peso seco Ag} = 0.401 \times 2643 = 1059.84 \text{ kg}$$

13° Determinación de los valores de diseño en laboratorio:

Cemento	:	452.41 kg/m ³
Agregado fino	:	648.62 kg/m ³
Agregado grueso	:	1059.84 kg/m ³
Agua de mezcla	:	193 lts/m ³
Contenido de aire atrapado:		1.5 %

14° Realizamos la corrección por humedad de los agregados:

- Cálculo de los pesos húmedos

$$\text{Peso húmedo Af} = 648.62 \times (1 + 1.05/100) = 655.43 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo Ag} = 1059.84 \times (1 + 0.58/100) = 796.24 \text{ kg}$$

- Cálculo de la humedad superficial

$$\text{Af} = (1.05 - 0.62) \% = 0.43\%$$

$$\text{Ag} = (0.58 - 0.83) \% = -0.25\%$$

- Aporte de agua por humedad superficial del agregado

$$\text{Af} = 655.43 \times (0.043) = 2.81 \text{ lts}$$

$$\text{Ag} = 796.24 \times (-0.0025) = -1.99 \text{ lts}$$

$$\text{Aporte por humedad} = 0.82 \text{ lts}$$

- Volumen de agua efectiva

$$\begin{aligned} \nabla \text{Agua efectiva} &= \nabla \text{agua de mezcla} - \text{Aporte por humedad} \\ &= 193 - (0.82) = 192.18 \cong 192 \text{ lts.} \end{aligned}$$

15° Determinación de los valores de diseño al pie de obra:

Cemento	: 452.41 kg/m ³
Agregado fino	: 655.43 kg/m ³
Agregado grueso	: 796.24 kg/m ³
Agua de mezcla	: 192 lts/m ³
Contenido de aire atrapado	: 1.5 %

16° Proporcionamiento:

452.41/452.41, 655.43/452.41, 796.24/452.41, 192/10.64

1: 1.44: 1.76 / 19.80 lts/bolsa

En resumen, se muestran los diseños de mezclas obtenidos tanto convencionales como experimentales:

Tabla 34. Diseños de mezcla en pesos por pie³ convencional como experimentales

	Tipo de mezcla	Cemento	Adición	Arena	Piedra	Agua	
	Convencional	1.00	-	1.61	2.62	19.80	Lts/pie ³
1 ^{era} Adición	(75% PCH + 25% CCA)	0.90	0.10	1.49	1.72	19.80	Lts/pie ³
2 ^{da} Adición	(50% PCH + 50% CCA)	0.90	0.10	1.44	1.76	19.80	Lts/pie ³
3 ^{era} Adición	(25% PCH + 75% CCA)	0.90	0.10	1.44	1.76	19.80	Lts/pie ³

Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de las probetas

1° Hallamos las cantidades para 3 probetas por edad para cada diseño estipulado.

$$\text{Volumen: } ((\pi D^2)/4 * h) = (\pi * [(0.15)]^2)/4 * 0.30 = 0.0053 \text{ m}^3$$

De acuerdo a las edades de 7, 14, 21 y 28 días, tenemos 12 probetas en total por diseño:

$$\text{Volumen total de mezcla para cada diseño} = 12 * 0.0053 = 0.06 \text{ m}^3$$

Tabla 35. Cantidades para la producción tradicional y experimental

	Tipo de mezcla	Cemento (kg)	PCH (kg)	CCA (kg)	Arena (kg)	Piedra (kg)	Agua (Lts)
	Convencional	26.35	-	-	45.41	66.12	12.25
1 ^{era} Adición	(75% PCH + 25% CCA)	23.71	1.98	0.66	44.95	51.89	12.21
2 ^{da} Adición	(50% PCH + 50% CCA)	23.71	1.32	1.32	41.70	50.61	12.23
3 ^{era} Adición	(25% PCH + 75% CCA)	23.71	0.66	1.98	41.70	50.65	12.23

Fuente: Elaboración propia.

Leyenda: PCH = Polvo de cáscara de huevo.

CCA = Ceniza de cáscara de arroz.

2º Mezclado

- Humedecemos la superficie con poca agua.
- Mezclamos los agregados.
- Adicionamos cemento a la mezcla de agregados para las probetas convencionales, mientras que para las experimentales, incorporamos CCA y PCH con los porcentajes contemplados.
- Batimos la mezcla con la cantidad de agua de diseño.
- Vaciamos la mezcla preparada a un balde.

Propiedades en estado fresco

1º Consistencia

Medición del asentamiento mediante cono de Abrams.

Tabla 36. Asentamiento teóricos y corregidos de concreto convencional como experimentales.

	Tipo de mezcla	Slump teórico	Slump corregido	Und	Consistencia	Apariencia
	Convencional	3.00	3.02	pulg	Plástica	Semigravosa
1 ^{era} Adición	(75% PCH + 25% CCA)	3.00	3.03	pulg	Plástica	Semigravosa
2 ^{da} Adición	(50% PCH + 50% CCA)	3.00	3.01	pulg	Plástica	Semigravosa
3 ^{era} Adición	(25% PCH + 75% CCA)	3.00	3.00	pulg	Plástica	Semigravosa

Fuente: Elaboración propia.

La consistencia fue plástica con valores de 3" y cómo se aprecia en la tabla, los valores determinados obedecen al asentamiento estipulado.

2º Apariencia

Fue SEMIGRAVOSA.

3º Peso unitario del concreto fresco

Tabla 37. Pesos unitarios teóricos y corregidos del concreto convencional como experimentales

	Tipo de mezcla	Peso unitario teórico	Peso unitario corregido	Und
	Convencional	2361.87	2372.42	kg/m ³
1 ^{era} Adición	(75% PCH + 25% CCA)	2360.33	2367.73	kg/m ³
2 ^{da} Adición	(50% PCH + 50% CCA)	2359.59	2366.98	kg/m ³
3 ^{era} Adición	(25% PCH + 75% CCA)	2330.84	2338.35	kg/m ³

Fuente: Propia.

Evaluación del $f'c$

Al día siguiente de realizadas las probetas, se desmoldaron y se dejaron curar por 7, 14, 21 y 28 días, las cuales fueron ensayadas a compresión en la máquina axial.

De acuerdo al ACI, las resistencias esperadas a los 7 días deben oscilar entre el 60% a 70%, a los 14 días entre 80% a 90%, a los 21 días en 95% y a los 28 días deben alcanzar el 100% de la resistencia requerida, en estos casos, 280 kg/cm².

Tabla 38. $F'c$ convencionales

CONCRETO CONVENCIONAL											
N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	DIAL CARG (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DISEÑO (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	02/05/2023	09/05/2023	7	44880	247.34	280.00	88.33	Corte
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	02/05/2023	09/05/2023	7	44430	244.86	280.00	87.45	Corte
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	02/05/2023	09/05/2023	7	44580	245.68	280.00	87.74	Corte
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	02/05/2023	16/05/2023	14	56360	310.60	280.00	110.93	Corte
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	02/05/2023	16/05/2023	14	58110	320.25	280.00	114.37	Corte
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	02/05/2023	16/05/2023	14	56760	312.81	280.00	111.72	Corte
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	02/05/2023	23/05/2023	21	64100	353.26	280.00	126.16	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	02/05/2023	23/05/2023	21	64170	353.65	280.00	126.30	Corte
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	02/05/2023	23/05/2023	21	64010	352.76	280.00	125.99	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	02/05/2023	30/05/2023	28	70280	387.32	280.00	138.33	Cónica
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	02/05/2023	30/05/2023	28	70160	386.66	280.00	138.09	Cónica
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	02/05/2023	30/05/2023	28	70240	387.10	280.00	138.25	Cónica

Fuente: Elaboración propia.

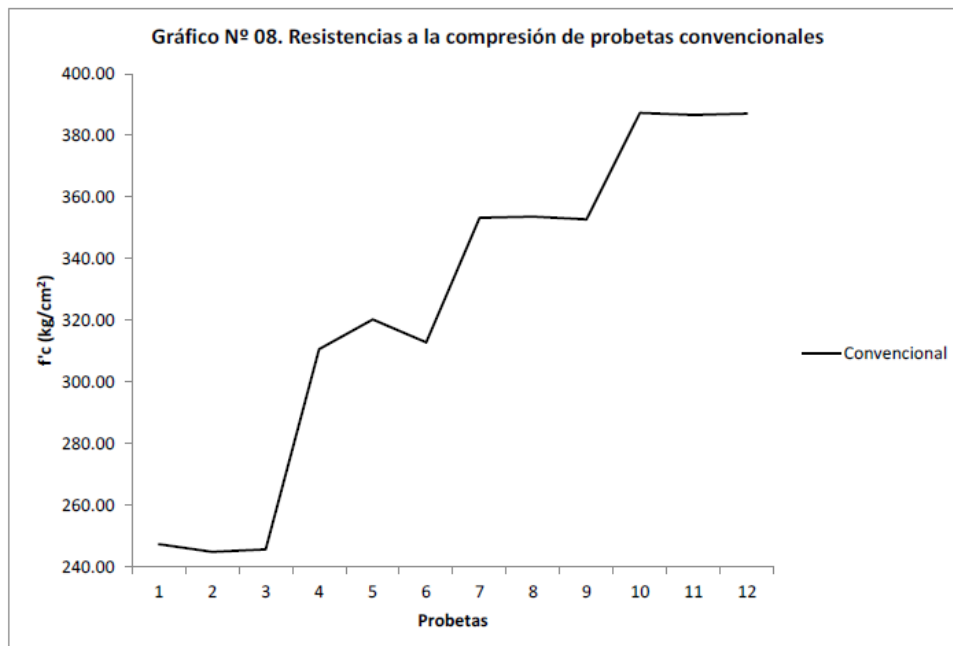


Tabla 39. F'c experimentales (1^{era} adición)

CONCRETO EXPERIMENTAL 1 ^{era} ADICIÓN											
N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	DIAL CARG (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm²)	DISEÑO (kg/cm²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	09/05/2023	16/05/2023	7	42875	236.29	280.00	84.39	Cónica
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	09/05/2023	16/05/2023	7	42455	233.97	280.00	83.56	Corte
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	09/05/2023	16/05/2023	7	42657	235.09	280.00	83.96	Cónica
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	09/05/2023	23/05/2023	14	54356	299.56	280.00	106.99	Corte
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	09/05/2023	23/05/2023	14	56321	310.39	280.00	110.85	Cónica
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	09/05/2023	23/05/2023	14	54755	301.76	280.00	107.77	Cónica
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	09/05/2023	30/05/2023	21	62085	342.15	280.00	122.20	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	09/05/2023	30/05/2023	21	62332	343.52	280.00	122.68	Cónica
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	09/05/2023	30/05/2023	21	62123	342.36	280.00	122.27	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	09/05/2023	06/06/2023	28	68132	375.48	280.00	134.10	Cónica
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	09/05/2023	06/06/2023	28	68134	375.49	280.00	134.10	Corte
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	09/05/2023	06/06/2023	28	68051	375.03	280.00	133.94	Corte

Fuente: Elaboración propia.

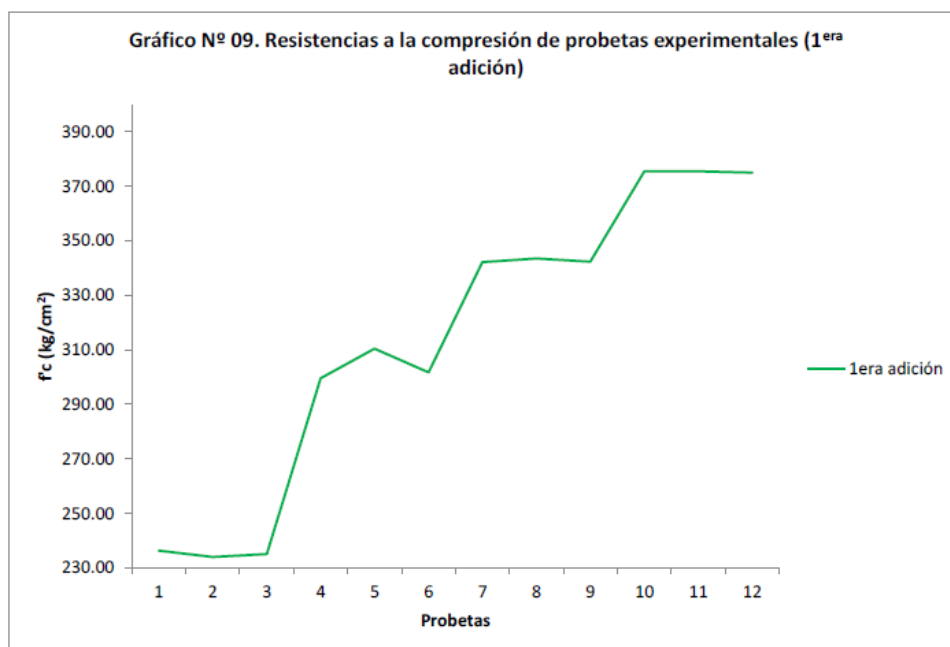


Tabla 40. F'c experimentales (2^{da} adición)

CONCRETO EXPERIMENTAL 2 ^{da} ADICIÓN											
N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	DIAL CARG (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DISEÑO (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	16/05/2023	23/05/2023	7	37654	207.51	280.00	74.11	Corte
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	16/05/2023	23/05/2023	7	37753	208.06	280.00	74.31	Cónica
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	16/05/2023	23/05/2023	7	37967	209.24	280.00	74.73	Cónica
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	16/05/2023	30/05/2023	14	49534	272.99	280.00	97.49	Corte
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	16/05/2023	30/05/2023	14	49542	273.03	280.00	97.51	Cónica
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	16/05/2023	30/05/2023	14	49755	274.20	280.00	97.93	Corte
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	16/05/2023	06/06/2023	21	57435	316.53	280.00	113.05	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	16/05/2023	06/06/2023	21	57645	317.69	280.00	113.46	Corte
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	16/05/2023	06/06/2023	21	57323	315.91	280.00	112.83	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	16/05/2023	13/06/2023	28	63534	350.14	280.00	125.05	Corte
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	16/05/2023	13/06/2023	28	63343	349.09	280.00	124.67	Cónica
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	16/05/2023	13/06/2023	28	63324	348.98	280.00	124.64	Corte

Fuente: Elaboración propia.

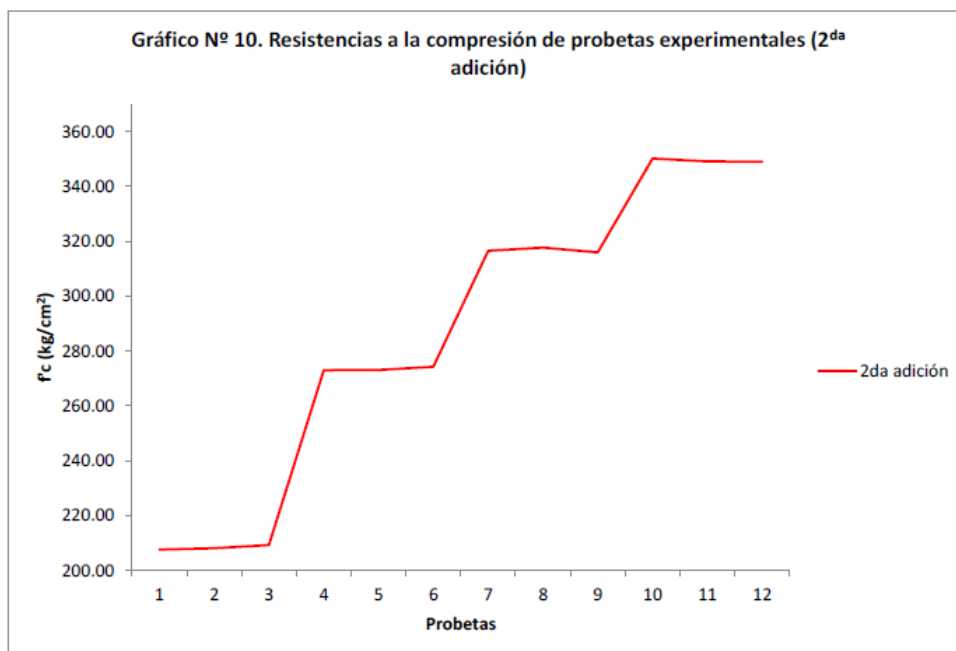
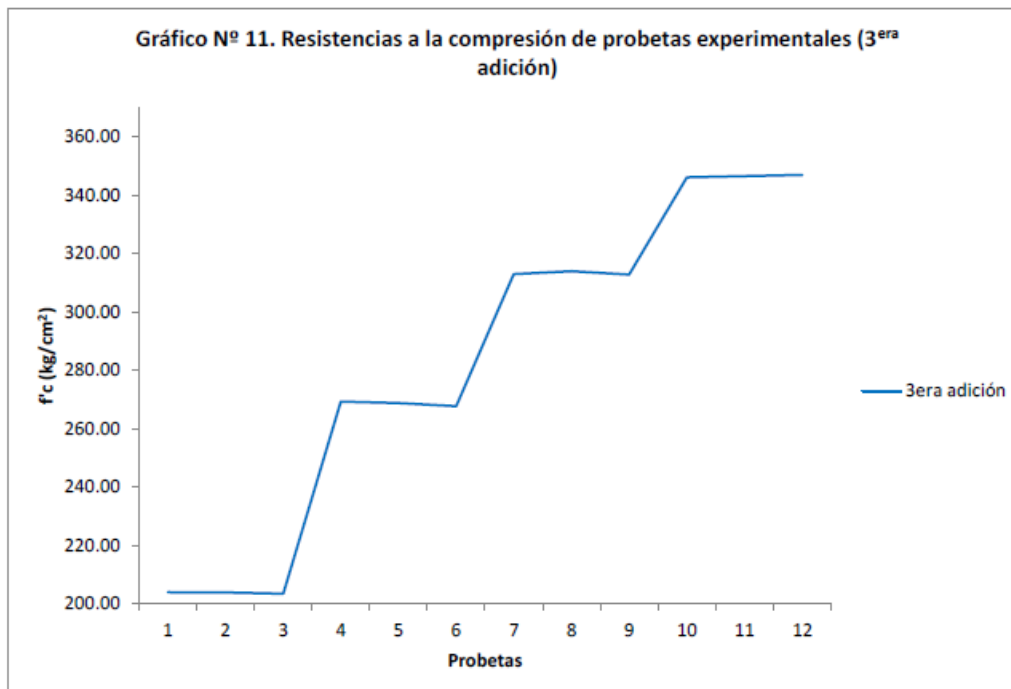


Tabla 41. F'c experimentales (3^{era} adición)

CONCRETO EXPERIMENTAL 3 ^{era} ADICIÓN											
N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	DIAL CARG (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm²)	DISEÑO (kg/cm²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	23/05/2023	30/05/2023	7	36997	203.89	280.00	72.82	Corte
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	23/05/2023	30/05/2023	7	36982	203.81	280.00	72.79	Cónica
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	23/05/2023	30/05/2023	7	36914	203.44	280.00	72.66	Corte
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	23/05/2023	06/06/2023	14	48853	269.23	280.00	96.15	Cónica
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	23/05/2023	06/06/2023	14	48758	268.71	280.00	95.97	Corte
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	23/05/2023	06/06/2023	14	48568	267.66	280.00	95.59	Cónica
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	23/05/2023	13/06/2023	21	56786	312.95	280.00	111.77	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	23/05/2023	13/06/2023	21	56967	313.95	280.00	112.12	Corte
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	23/05/2023	13/06/2023	21	56754	312.78	280.00	111.71	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	23/05/2023	20/06/2023	28	62798	346.08	280.00	123.60	Cónica
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	23/05/2023	20/06/2023	28	62879	346.53	280.00	123.76	Cónica
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	23/05/2023	20/06/2023	28	62952	346.93	280.00	123.90	Corte

Fuente: Elaboración propia.

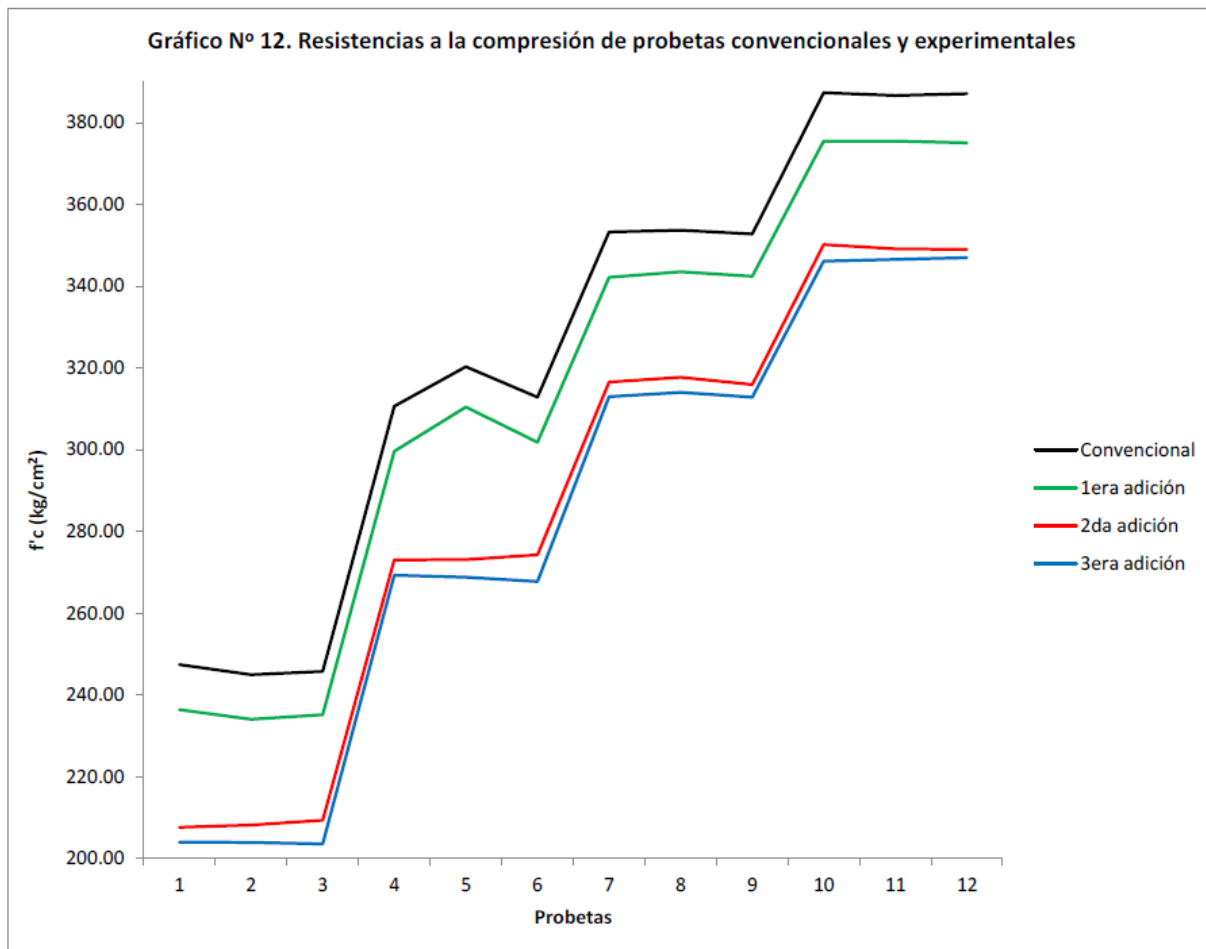


Se presentan los resultados de rotura de probetas convencionales y experimentales.

Tabla 42. F'c convencionales y modificadas.

Resistencias a la compresión de probetas convencionales y experimentales									
Probeta	Convencional	1 ^{era} adición	2 ^{da} adición	3 ^{era} adición	Edad	%f'c conv.	%f'c 1A	%f'c 2A	%f'c 3A
1	247.34	236.29	207.51	203.89	7	88.33	84.39	74.11	72.82
2	244.86	233.97	208.06	203.81	7	87.45	83.56	74.31	72.79
3	245.68	235.09	209.24	203.44	7	87.74	83.96	74.73	72.66
4	310.60	299.56	272.99	269.23	14	110.93	106.99	97.49	96.15
5	320.25	310.39	273.03	268.71	14	114.37	110.85	97.51	95.97
6	312.81	301.76	274.20	267.66	14	111.72	107.77	97.93	95.59
7	353.26	342.15	316.53	312.95	21	126.16	122.20	113.05	111.77
8	353.65	343.52	317.69	313.95	21	126.30	122.68	113.46	112.12
9	352.76	342.36	315.91	312.78	21	125.99	122.27	112.83	111.71
10	387.32	375.48	350.14	346.08	28	138.33	134.10	125.05	123.60
11	386.66	375.49	349.09	346.53	28	138.09	134.10	124.67	123.76
12	387.10	375.03	348.98	346.93	28	138.25	133.94	124.64	123.90

Fuente: Elaboración propia.



Permeabilidad del concreto

Como consecuencia de la formación de fracturas o fisuras causadas por la contracción plástica del hormigón durante el tiempo de fraguado, la permeabilidad denota la pérdida de fluidos a través de los poros del material en un tiempo determinado.

El dióxido de carbono, el agua, el oxígeno, los cloruros, los sulfatos y otros gases y líquidos que penetran en el hormigón a través de sus fisuras determinan la exposición ambiental del material y el grado de daño que sufre. El hormigón cuya durabilidad se ve comprometida es el resultado de las diversas reacciones químicas iniciadas por estos elementos.

De acuerdo a la permeabilidad, puede denotarse que el concreto convencional y experimental cumplen con los estándares de calidad y pueden emplearse como concreto estructural para pavimentos rígidos. El procedimiento para la obtención de los resultados fue el siguiente:

- ✓ Inmediatamente después del desmoldeo de la probeta, se desbasta con un cepillo de alambre una de las caras de la probeta de hormigón que estará sometida a la presión del agua.
- ✓ Deben transcurrir 28 días entre cada espécimen.
- ✓ A continuación, se presurizó el aparato de ensayo con (500 ± 50) kPa de presión durante (72 ± 2) horas después de introducir la probeta.
- ✓ La muestra se extrajo del aparato de ensayo tras la aplicación de agua a presión durante el tiempo designado.
- ✓ Perpendicularmente a la región donde se aplicó la presión del agua, la probeta se dividió en dos.
- ✓ Tras un intervalo prudencial, se utilizó un rotulador para delinear el frente de penetración.

Se detallan los valores obtenidos convencionales y experimentales:

Tabla 43. Permeabilidad de probetas convencionales

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO CONVENCIONAL 280	45	07/07/2023	10/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	32.00	33.16	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	31.55		
M-02	CONCRETO CONVENCIONAL 280	45	07/07/2023	10/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	34.71		
								B	32.07		
M-03	CONCRETO CONVENCIONAL 280	45	07/07/2023	10/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	34.58		
								B	34.07		

Fuente: LEMS W&C EIRL.

Permeabilidad promedio de probetas convencionales = 33.16%.

Tabla 44. Permeabilidad de probetas experimentales (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRÓN 280 + 75%PCH + 25%CCA	45	10/07/2023	13/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	39.22	36.78	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	38.27		
M-02	CONCRETO PATRÓN 280 + 75%PCH + 25%CCA	45	10/07/2023	13/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	40.12		
								B	39.56		
M-03	CONCRETO PATRÓN 280 + 75%PCH + 25%CCA	45	10/07/2023	13/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	31.53		
								B	31.99		

Fuente: LEMS W&C EIRL.

Permeabilidad promedio de probetas experimentales (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA) = 36.78%.

Tabla 45. Permeabilidad de probetas experimentales (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRÓN 280 + 50%PCH + 50%CCA	45	14/07/2023	17/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	36.28	39.01	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	38.25		
M-02	CONCRETO PATRÓN 280 + 50%PCH + 50%CCA	45	14/07/2023	17/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	39.05		
								B	37.34		
M-03	CONCRETO PATRÓN 280 + 50%PCH + 50%CCA	45	14/07/2023	17/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	42.63		
								B	40.48		

Fuente: LEMS W&C EIRL.

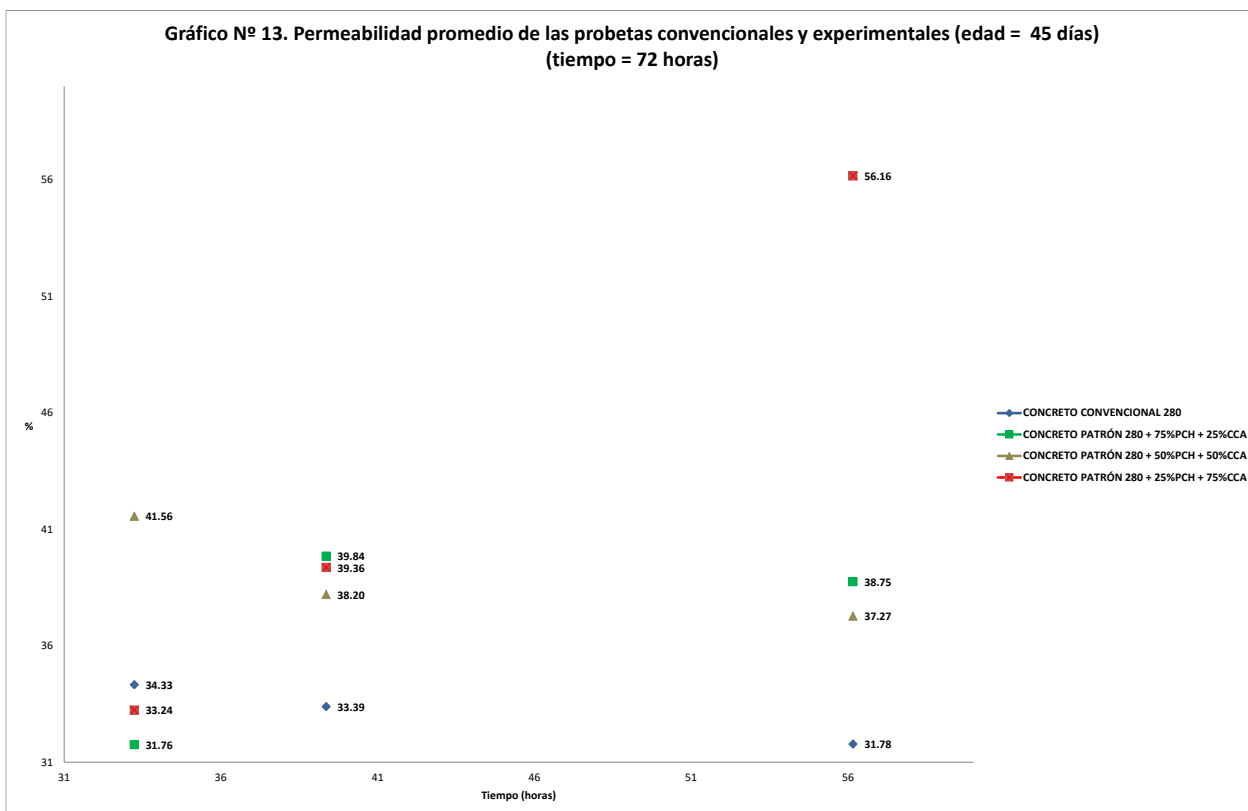
Permeabilidad promedio de probetas experimentales (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA) = 39.01%.

Tabla 46. Permeabilidad de probetas experimentales (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRÓN 280 + 25%PCH + 75%CCA	45	17/07/2023	20/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	58.32	42.92	CUMPLE para elementos en masa o armados
							B	53.99			
M-02	CONCRETO PATRÓN 280 + 25%PCH + 75%CCA	45	17/07/2023	20/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	38.02		
							B	40.69			
M-03	CONCRETO PATRÓN 280 + 25%PCH + 75%CCA	45	17/07/2023	20/07/2023	10:00 AM	10:00 AM	72	A	34.30		
							B	32.17			

Fuente: LEMS W&C EIRL.

Permeabilidad promedio de probetas experimentales (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA) = 42.92%.



Teniendo en cuenta que el agregado representa aproximadamente tres cuartas partes del volumen de un concreto, claramente que las características de los agregados son un factor contribuyente a la porosidad total e influye en la durabilidad del concreto. Por lo que podemos hacer énfasis, a que los porcentajes obtenidos de permeabilidad en las probetas experimentales (1^{era} adición: 36.78%), (2^{da} adición: 39.01%) y (3^{era} adición: 42.92%) respecto a las probetas convencionales (33.16%), corresponden al grado de porosidad de los agregados, el cual varía entre 0% a 50%, entendiéndose que algunos poros del agregado, al estar inmersos, se abren a la superficie, de modo que el agua y otros agentes agresores pueden penetrar en ellos, generando fisuras y grietas en las caras del concreto producido.

De acuerdo a la permeabilidad para probetas convencionales y experimentales presentados en el gráfico N° 13, se puede observar que la permeabilidad máxima es de 56.16% (3^{era} adición), mientras que la permeabilidad mínima es de 31.76% (1^{era} adición), siendo esta última la menos permeable, y por ende, la que tiene mejor comportamiento en términos de durabilidad.

Diseño estructural del pavimento rígido

Generalidades

Se diseñó la estructura del pavimento, así como también, se tuvo en cuenta los resultados de la evaluación superficial en función a la mecánica de suelos y tráfico de la vía.

Para la determinación estructural, se tuvo presente ensayos físicos – químicos, compresión y permeabilidad convencional y modificada para las 3 adiciones anteriormente mencionadas. Dicha información obtenida, se consideraron como parámetros técnicos para una posible pavimentación rígida futura.

En base al tráfico previsto, a la capacidad de soporte del material existente en la vía y a las condiciones ambientales, el pavimento se diseñó para 20 años de vida útil.

Se ha identificado las variables del diseño correspondientes a las cargas aplicadas de tráfico y CBR de la plataforma. Estas variables interrelacionadas hallan el pavimento representativo según demanda actual de la vía.

Estructura

La circulación es restringida, por lo que el diseño del pavimento rígido contempló espesores mínimos normados que garantizan la durabilidad del sistema estructural del pavimento, como también, mejoraría los niveles de servicio de transitabilidad de la vía.

Caracterización climática

Estos factores pueden modificar el comportamiento del pavimento, afectando el sistema estructural.

Clasificación del suelo

Las muestras analizadas en laboratorio EICA – USAT han sido clasificadas por la metodología AASHTO M145-91 y por SUCS.

Se estableció los siguientes lineamientos:

- Tipo de vía.
- Materiales.
- CBR.
- Carga vehicular.

Clasificación de la vía

De acuerdo a la transitabilidad y velocidad vehicular:

- ✓ Expresas.
- ✓ Arteriales.
- ✓ Colectoras.
- ✓ Locales.

La Ciudad de Chiclayo cuenta con 3 tipos de vías: “arteriales” (1er orden: Av. Bolognesi, 2do orden: Av. Sáenz Peña); “colectoras” (Av. Grau, Av. Leguía, Av. Salaverry y Av. Luis Gonzales) y “locales” (todas las demás calles de la Ciudad de Chiclayo).

Criterios de evaluación

Se ha diseñado el pavimento rígido de la vía, teniendo en cuenta independientemente, un diseño convencional y tres diseños experimentales en función a las 3 adiciones combinadas de CCA y PCH, cómo también a lo siguiente:

Sistema de tránsito: calles locales.

Descripción: camino urbano locales.

Cargas frecuentes: 4 – 6 tn/eje simple.

Porcentaje de camiones pesados: 1 – 2 %.

Densidad bruta prom.: 15 – 25 kips.

Tasa de crecimiento: 2 % en 20 años (baja).

CBR

Según los reportes de laboratorio de la EICA de la USAT, se sabe que la sub rasante contiene arcillas arenosas de baja plasticidad (CL), grava arcillosa (GC), arena arcillosa (SC) y grava pobremente graduada con arcilla y arena (GP – GC).

Sus valores de soporte CBR, varían por la ubicación de las calicatas, De acuerdo a los valores promedios obtenidos tanto para la parte convencional como experimental, se llega a la conclusión de que la subrasante no necesita estabilización, puesto que los CBR determinados son mayores al 6%, tal y como se observa en el cuadro 33.

Tabla 47. CBR Promedio al (95%) según ubicación de las calicatas

Pavimentación rígida para vía local	
Tipo de diseño	CBR promedio (95%)
Convencional	7.38
1 ^{era} adición (75% PCH + 25% CCA)	6.48
2 ^{da} adición (50% PCH + 50% CCA)	6.31
3 ^{era} adición (25% PCH + 75% CCA)	7.36

Fuente: Elaboración propia.

Carga por rueda

A juzgar por la situación descrita, se ha tenido en cuenta un fuerte crecimiento en el desarrollo futuro de esta vía, y para aumentar la seguridad, se han previsto superficies rodantes capaces de soportar el tráfico pesado, así como un pavimento en relación con la calidad de la vía.

Diseño AASHTO 1993

Se diseñó la pavimentación rígida para la vía local mediante el método AASHTO 1993, teniendo en cuenta la parte convencional como experimental.

A continuación se detalla los datos calculados del diseño convencional y de los 3 diseños experimentales de pavimentación rígida de acuerdo a las adiciones combinadas de CCA y PCH, los cuales han permitido obtener el espesor de la losa, base y subbase para las secciones finales de servicios.

Diseño de pavimento rígido para vía local convencional

Cuadro 14.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX} : T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL:	LAMBAYEQUE	1.80
PERÍODO DE DISEÑO:		20.00
FACTOR DE DIST. DIRECCIÓN:	0.50	
FACTOR DE DIST. POR CARRIL:	0.90	

EAL	20,741.56
-----	-----------

W18=	2.07E-02
------	----------

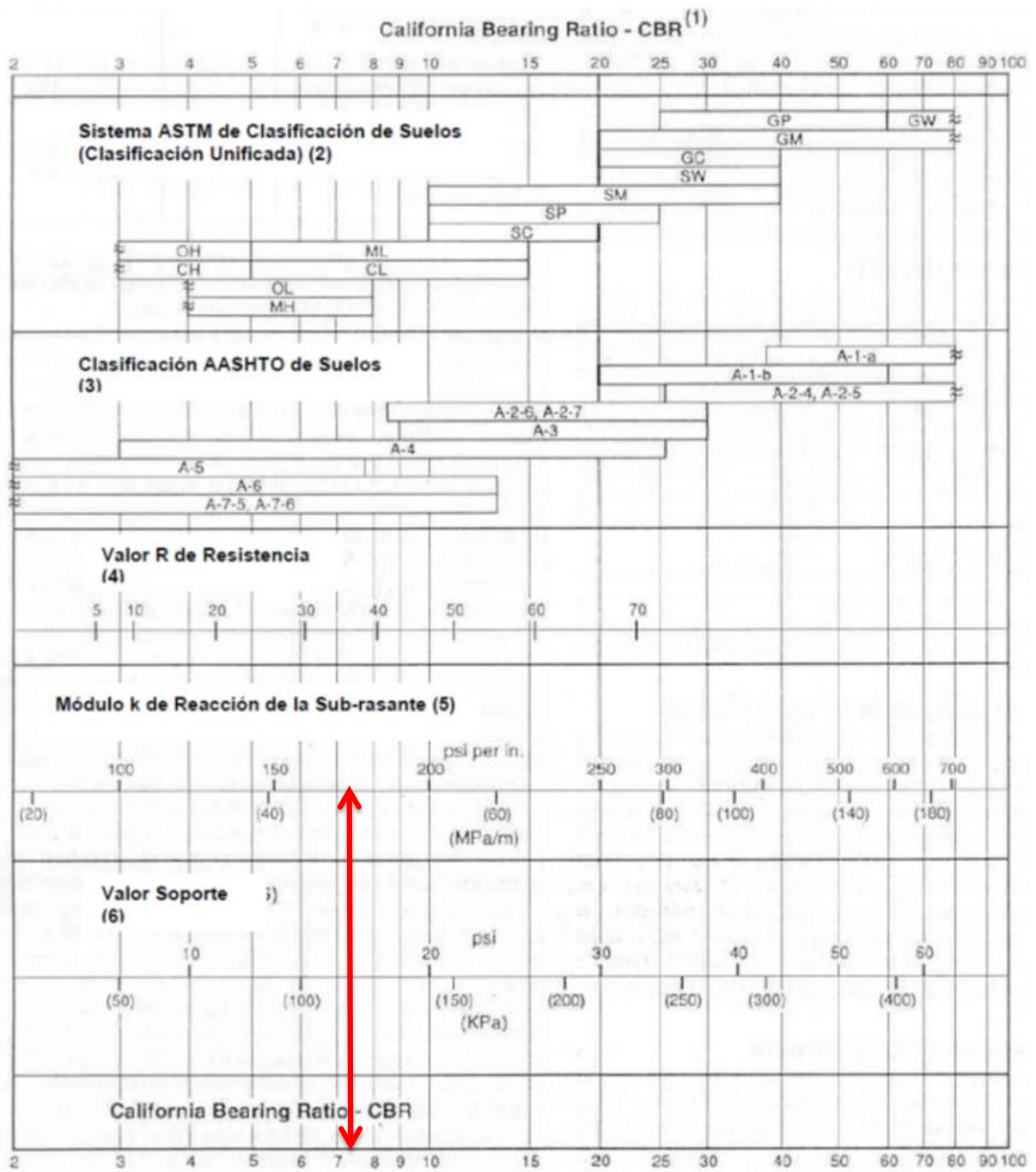
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

• MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE "K"

Del estudio de mecánica de suelos:

CALICATA	CALLE	CBR
C - 01	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	8.59
C - 02	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	5.43
C - 03	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	8.11
CBR AL 95% PROMEDIO =		7.38

Figura D1.
Interrelaciones aproximadas entre clasificaciones de suelos y valores soporte



MÓDULO "K" DE LA SUB RASANTE	173.00	PCI
------------------------------	--------	-----

• SERVICIABILIDAD

SERVICIABILIDAD INICIAL: 4.10
 SERVICIABILIDAD FINAL: 2.10

Cuadro 14.4
 Índice de Serviabilidad Inicial (Pi)
 Índice de Serviabilidad Final o Terminal (Pt)
 Diferencial de Serviabilidad
 Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES AGUMULADOS	INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPS)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

• CONFIABILIDAD

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

CONFIABILIDAD "R"

CONFIABILIDAD "R"	65%
-------------------	-----

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

DESVIACIÓN ESTAND. "So"	-0.385
-------------------------	--------

Cuadro 14.5
 Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)
 y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años
 según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES AGUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P2}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P3}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P4}	500,001	750,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645	

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASH/O33

• PROPIEDADES DEL CONCRETO

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Estimación a través de la resistencia del concreto:

$$S_c = k (f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12$$

Donde:
 f'_c = Resistencia a compresión del concreto en psi.

Dónde:

$$k = 9.5$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

MÓDULO DE ROTURA:	599.52	psi
-------------------	--------	-----

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5}$$

MOD. ELASTICIDAD:	3.60E+06	psi
-------------------	----------	-----

Cuadro 14.7
Valores Recomendados de Resistencia del Concreto
según rango de Tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PEBADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXO TRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

• TRANSFERENCIA DE CARGA

Tabla 3.5. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.

Tipo de pavimento	Hombro Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	si	no
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993

COEF. DE TRANSFERENCIA DE CARGA "J"	3.20
-------------------------------------	------

• DRENAJE

Cuadro 14.9
Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturacion			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

De la tabla: Corresponde un drenaje de buena calidad y 1% de porcentaje de tiempo en que la estructura está expuesta a niveles próximos a la saturación.

COEF. DE DRENAJE "Cd"	1.00
-----------------------	------

RESUMEN

En la siguiente tabla se concentran los datos calculados de las diferentes variables para hacer uso de los monogramas y obtener el espesor de la losa y subbase:

NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE (UND)	VALOR
MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO	K=PCI	173.00
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	EC=PSI	3.60E+06
MÓDULO DE RUPTURA	MR=PSI	599.52
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA	J=ADIM.	3.20
COEFICIENTE DE DRENAJE	Cd=ADIM.	1.00
PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD	Δ PSI=ADIM.	2.00
CONFIABILIDAD	R=%	65%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	So=ADIM.	-0.39
CARGA EQUIVALENTE	ESAL's=Kip x 10 ⁶	2.07E-02

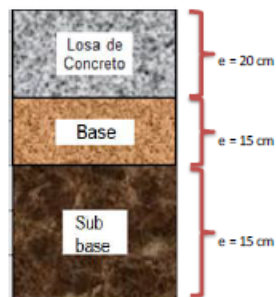
Fuente: Elaboración propia

Figura 14.3a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2 PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE	Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7	PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS		
									75,001-150,000	150,001-300,000	
CBR% HR	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
CBR < 6%	185PCI (52MPa/m)	150cm	150cm	150cm	150cm	170cm	190cm	210cm	230cm	250cm	270cm
		150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm
CBR > 6% < 10%	185PCI (52MPa/m)	150cm	150cm	150cm	150cm	170cm	190cm	210cm	230cm	250cm	270cm
		150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm
CBR > 10% < 20%	223PCI (63MPa/m)	150cm	150cm	150cm	150cm	170cm	190cm	210cm	230cm	250cm	270cm
		150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm
CBR > 20% < 30%	279PCI (79MPa/m)	150cm	150cm	150cm	150cm	170cm	190cm	210cm	230cm	250cm	270cm
		150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm
CBR > 30%	373PCI (105MPa/m)	150cm	150cm	150cm	150cm	170cm	190cm	210cm	230cm	250cm	270cm
		150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm	150cm

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO



Diseño de pavimento rígido para vía local modificada (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)

Cuadro 14.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX} : T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
 PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL: LAMBAYEQUE 1.80
 PERÍODO DE DISEÑO: 20.00
 FACTOR DE DIST. DIRECCIÓN: 0.50
 FACTOR DE DIST. POR CARRIL: 0.90

EAL	20,741.56
W18=	2.07E-02

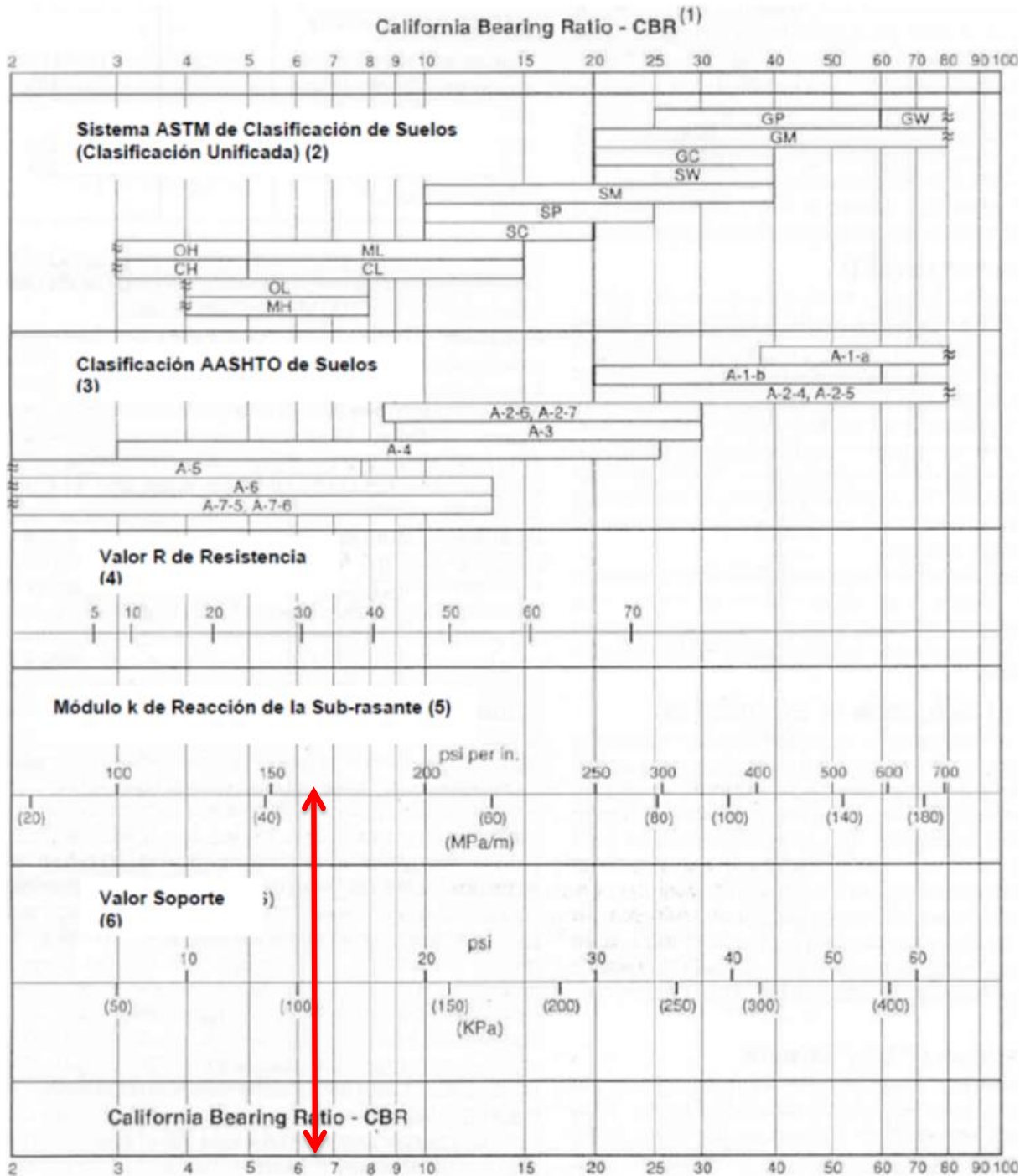
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

• MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE "K"

Del estudio de mecánica de suelos:

CALICATA	CALLE	CBR
C - 01	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	5.24
C - 02	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	5.22
C - 03	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	8.97
CBR AL 95% PROMEDIO =		6.48

Figura D1.
Interrelaciones aproximadas entre clasificaciones de suelos y valores soporte



MÓDULO "K" DE LA SUB RASANTE	163.00 PCI
------------------------------	------------

• **SERVICIABILIDAD**

SERVICIABILIDAD INICIAL: 4.10
 SERVICIABILIDAD FINAL: 2.10

Cuadro 14.4
 Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
 Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)
 Diferencial de Serviciabilidad
 Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001 - 300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001 - 500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001 - 750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750,001 - 1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001 - 1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001 - 3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001 - 5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001 - 7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001 - 10,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10,000,001 - 12,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12,500,001 - 15,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15,000,001 - 20,000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20,000,001 - 25,000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25,000,001 - 30,000,000	4.50	3.00	1.50
T _{P15}	>30,000,000	4.50	3.00	1.50	

• **CONFIABILIDAD**

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

CONFIABILIDAD "R"

CONFIABILIDAD "R" = 65%

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

DESVIACIÓN ESTAND. "So" = -0.385

Cuadro 14.5
 Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)
 y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años
 según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{R1}	100,000 - 150,000	65%	-0.385
	T _{R2}	150,001 - 300,000	70%	-0.524
	T _{R3}	300,001 - 500,000	75%	-0.674
	T _{R4}	500,001 - 750,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{R5}	750,001 - 1,000,000	80%	-0.842
	T _{R6}	1,000,001 - 1,500,000	85%	-1.036
	T _{R7}	1,500,001 - 3,000,000	85%	-1.036
	T _{R8}	3,000,001 - 5,000,000	85%	-1.036
	T _{R9}	5,000,001 - 7,500,000	90%	-1.282
	T _{R10}	7,500,001 - 10,000,000	90%	-1.282
	T _{R11}	10,000,001 - 12,500,000	90%	-1.282
	T _{R12}	12,500,001 - 15,000,000	90%	-1.282
	T _{R13}	15,000,001 - 20,000,000	90%	-1.282
	T _{R14}	20,000,001 - 25,000,000	90%	-1.282
	T _{R15}	25,000,001 - 30,000,000	90%	-1.282
T _{R16}	>30,000,000	95%	-1.645	

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía ASHTO'S

• PROPIEDADES DEL CONCRETO

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Estimación a través de la resistencia del concreto:

$$S_c = k (f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12$$

Donde:
 f'_c = Resistencia a compresión del concreto en psi.

Dónde:

$$k = 9.5$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

MÓDULO DE ROTURA: 599.52 psi

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5}$$

MOD. ELASTICIDAD: 3.60E+06 psi

Cuadro 14.7
Valores Recomendados de Resistencia del Concreto
según rango de Tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

• TRANSFERENCIA DE CARGA

Tabla 3.5. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.

Tipo de pavimento	Hombro Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	si	no
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993

COEF. DE TRANSFERENCIA DE CARGA "J" 3.20

• DRENAJE

Cuadro 14.9
Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

De la tabla: Corresponde un drenaje de buena calidad y 1% de porcentaje de tiempo en que la estructura está expuesta a niveles próximos a la saturación.

COEF. DE DRENAJE "Cd" 1.00

RESUMEN

En la siguiente tabla se concentran los datos calculados de las diferentes variables para hacer uso de los monogramas y obtener el espesor de la losa y subbase:

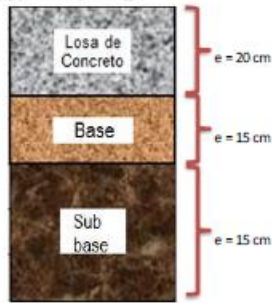
NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE (UND)	VALOR
MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO	K=PCI	163.00
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	EC=PSI	3.60E+06
MÓDULO DE RUPTURA	MR=PSI	599.52
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA	J=ADIM.	3.20
COEFICIENTE DE DRENAJE	Cd=ADIM.	1.00
PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD	ΔPSI=ADIM.	2.00
CONFIABILIDAD	R=%	65%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	So=ADIM.	-0.39
CARGA EQUIVALENTE	ESAL's=Kip x 10 ⁶	2.07E-02

Fuente: Elaboración propia

Figura 14.3a
CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.



Diseño de pavimento rígido para vía local modificada (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)

Cuadro 14.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX} : T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
 PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL:	LAMBAYEQUE	1.80
PERÍODO DE DISEÑO:	20.00	
FACTOR DE DIST. DIRECCIÓN:	0.50	
FACTOR DE DIST. POR CARRIL:	0.90	

EAL	20,741.56
------------	------------------

W18=	2.07E-02
-------------	-----------------

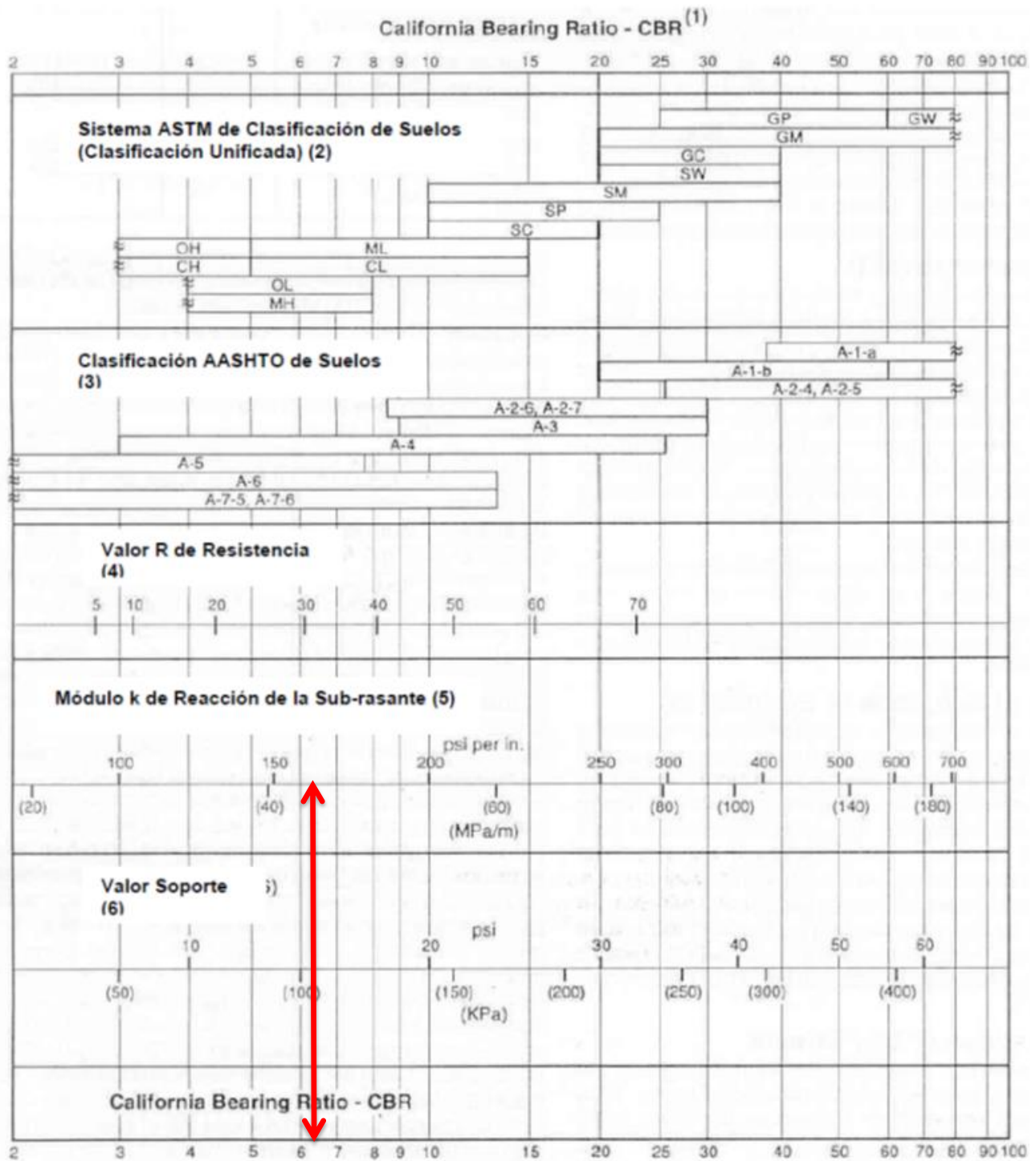
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

• MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE "K"

Del estudio de mecánica de suelos:

CALICATA	CALLE	CBR
C - 01	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	5.41
C - 02	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	8.50
C - 03	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	5.03
CBR AL 95% PROMEDIO =		6.31

Figura D1.
Interrelaciones aproximadas entre clasificaciones de suelos y valores soporte



MÓDULO "K" DE LA SUB RASANTE	161.00	PCI
------------------------------	--------	-----

• **SERVICIABILIDAD**

SERVICIABILIDAD INICIAL: 4.10
 SERVICIABILIDAD FINAL: 2.10

Cuadro 14.4
 Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
 Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)
 Diferencial de Serviciabilidad
 Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (APS)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

• **CONFIABILIDAD**

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

CONFIABILIDAD "R"

Cuadro 14.5
 Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)
 y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años
 según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P2}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P3}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P4}	500,001	750,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
	T _{P6}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P7}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P9}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P10}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P11}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P12}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P15}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
T _{P16}	>30'000,000		95%	-1.645	

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

CONFIABILIDAD "R"	65%
-------------------	-----

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

DESVIACIÓN ESTAND. "So"	-0.385
-------------------------	--------

• PROPIEDADES DEL CONCRETO

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Estimación a través de la resistencia del concreto:

$$S_c = k (f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12$$

Donde:
 f'_c = Resistencia a compresión del concreto en psi.

Dónde:

$$k = 9.5$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

MÓDULO DE ROTURA:	599.52	psi
-------------------	--------	-----

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5}$$

MOD. ELASTICIDAD:	3.60E+06	psi
-------------------	----------	-----

Cuadro 14.7
Valores Recomendados de Resistencia del Concreto según rango de Tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F _c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

• TRANSFERENCIA DE CARGA

Tabla 3.5. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.

Tipo de pavimento	Hombro Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	sí	no
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993

COEF. DE TRANSFERENCIA DE CARGA "J"	3.20
-------------------------------------	------

• DRENAJE

Cuadro 14.9
Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares C_d

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

De la tabla: Corresponde un drenaje de buena calidad y 1% de porcentaje de tiempo en que la estructura está expuesta a niveles próximos a la saturación.

COEF. DE DRENAJE "C _d "	1.00
------------------------------------	------

RESUMEN

En la siguiente tabla se concentran los datos calculados de las diferentes variables para hacer uso de los monogramas y obtener el espesor de la losa y subbase:

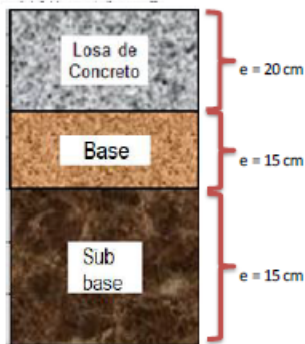
NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE (UND)	VALOR
MÓDULO DE REACCION DEL SUELO	K=PCI	161.00
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO	EC=PSI	3.60E+06
MÓDULO DE RUPTURA	MR=PSI	599.52
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA	J=ADIM.	3.20
COEFICIENTE DE DRENAJE	Cd=ADIM.	1.00
PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD	ΔPSI=ADIM.	2.00
CONFIABILIDAD	R=%	65%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	So=ADIM.	-0.39
CARGA EQUIVALENTE	ESAL's=Kip x 10 ⁶	2.07E-02

Fuente: Elaboración propia

Figura 14.3a
CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y
CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.



Diseño de pavimento rígido para vía local modificada (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)

Cuadro 14.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX} : T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL:	LAMBAYEQUE	1.80
PERÍODO DE DISEÑO:	20.00	
FACTOR DE DIST. DIRECCIÓN:	0.50	
FACTOR DE DIST. POR CARRIL:	0.90	

EAL	20,741.56
-----	-----------

W18=	2.07E-02
------	----------

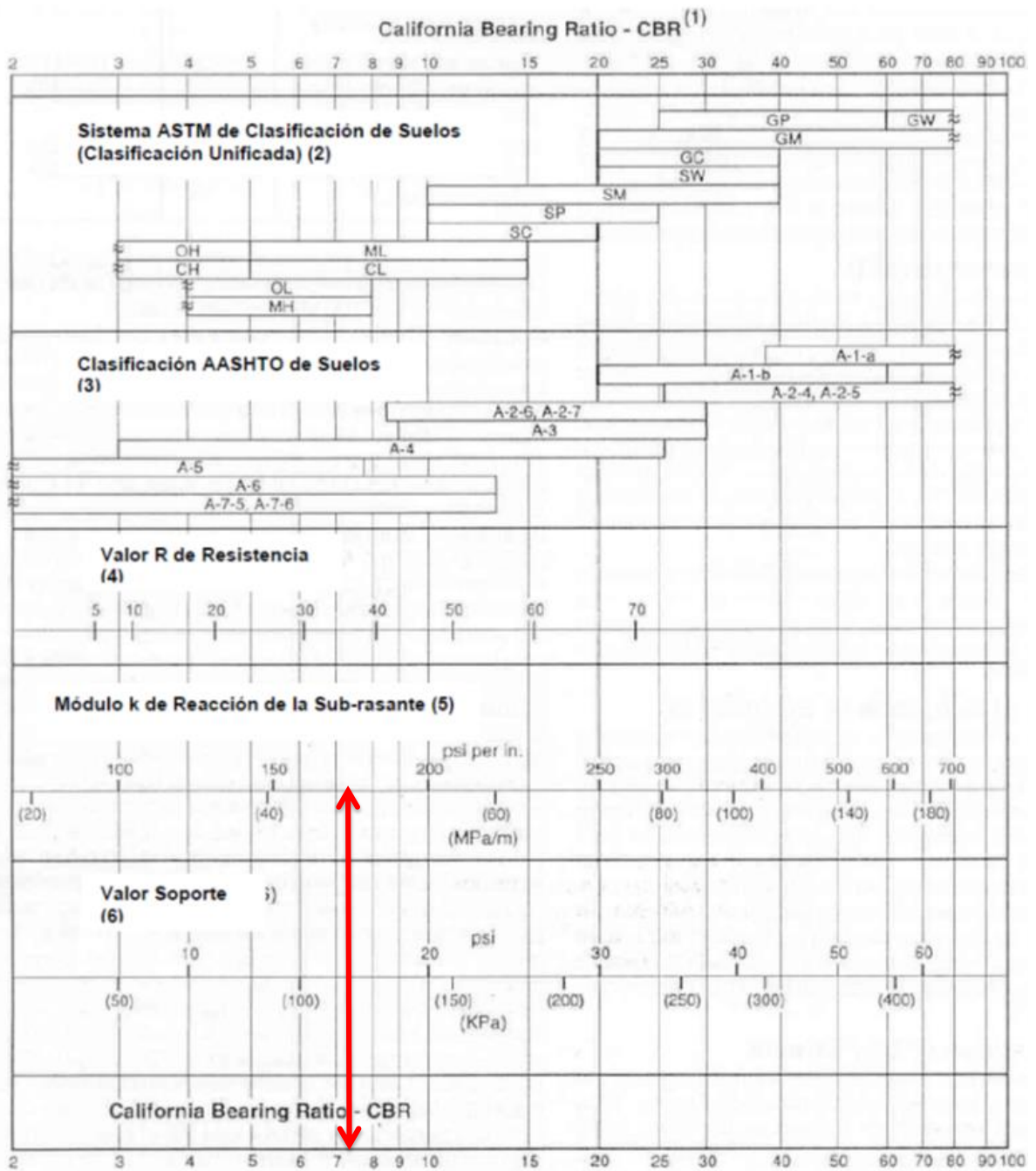
PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

• MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE "K"

Del estudio de mecánica de suelos:

CALICATA	CALLE	CBR
C - 01	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	9.57
C - 02	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	4.39
C - 03	Calle El Vaticano S/N Mz "E"	8.13
CBR AL 95% PROMEDIO =		7.36

Figura D1.
Interrelaciones aproximadas entre clasificaciones de suelos y valores soporte



MÓDULO "K" DE LA SUB RASANTE	172.00	PCI
------------------------------	--------	-----

• SERVICIABILIDAD

SERVICIABILIDAD INICIAL: 4.10
SERVICIABILIDAD FINAL: 2.10

Cuadro 14.4
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Índice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)
Diferencial de Serviciabilidad
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T _{P4}	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T _{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

• CONFIABILIDAD

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

CONFIABILIDAD "R"

CONFIABILIDAD "R"	65%
-------------------	-----

DESVIACIÓN ESTÁNDAR

DESVIACIÓN ESTAND. "So"	-0.385
-------------------------	--------

Cuadro 14.5
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)
y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años
según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T ₀	100,000	150,000	65%	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%	-0.842
	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
T _{P15}	>30'000,000		95%	-1.645	

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

- PROPIEDADES DEL CONCRETO

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Estimación a través de la resistencia del concreto:

$$S'_c = k (f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12$$

Donde:
 f'_c = Resistencia a compresión del concreto en psi.

Dónde:

$$k = 9.5$$

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

MÓDULO DE ROTURA: 599.52 psi

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$$E_c = 57000 (f'_c)^{0.5}$$

MOD. ELASTICIDAD: 3.60E+06 psi

Cuadro 14.7
Valores Recomendados de Resistencia del Concreto
según rango de Tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

- TRANSFERENCIA DE CARGA

Tabla 3.5. Valores de coeficiente de transmisión de carga J.

Tipo de pavimento	Hombro Elementos de transmisión de carga Concreto hidráulico	
	si	no
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de pavimento, AASHTO, 1993

COEF. DE TRANSFERENCIA DE CARGA "J" 3.20

- DRENAJE

Cuadro 14.9
Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

De la tabla: Corresponde un drenaje de buena calidad y 1% de porcentaje de tiempo en que la estructura está expuesta a niveles próximos a la saturación.

COEF. DE DRENAJE "Cd" 1.00

RESUMEN

En la siguiente tabla se concentran los datos calculados de las diferentes variables para hacer uso de los monogramas y obtener el espesor de la losa y subbase:

NOMBRE DE LA VARIABLE	VARIABLE (UND)	VALOR
MÓDULO DE REACCION DEL SUELO	K=PCI	172.00
MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRET O	EC=PSI	3.60E+06
MÓDULO DE RUPTURA	MR=PSI	599.52
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA	J=ADIM.	3.20
COEFICIENTE DE DRENAJE	Cd=ADIM.	1.00
PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD	Δ PSI=ADIM.	2.00
CONFIABILIDAD	R=%	65%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	So=ADIM.	-0.39
CARGA EQUIVALENTE	ESAL's=Kip x 10 ⁶	2.07E-02

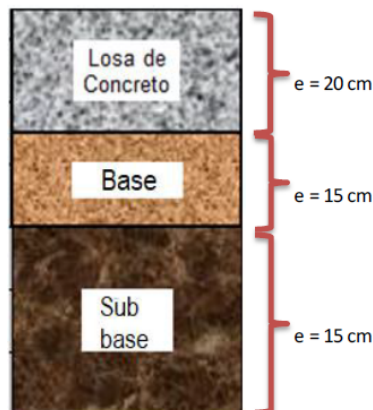
Fuente: Elaboración propia

Figura 14.3a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2 PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.



Estudio de rentabilidad

Se tuvo presente las variables técnicas y económicas obtenidos en función de los precios actuales de mano de obra (hora hombre), materiales y equipos/herramientas (hora equipo). En lo que concierne a la producción del concreto convencional y experimental (costo unitario por m³), se ha considerado un factor de desperdicio del 5%.

Se determinaron los siguientes montos:

Costo producción concreto convencional

Partida	3.2.4	PAVIMENTO DE CONCRETO f _c = 280 kg/cm ²					
Rendimiento	m ³ /DÍA	11.5000	EQ. 11.5000	Costo unitario directo por: m ³		562.16	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.3478	19.75	6.87	
0147010002	OPERARIO	hh	3.0000	1.3913	17.95	24.97	
0147010003	OFICIAL	hh	3.0000	1.3913	14.14	19.67	
0147010004	PEÓN	hh	8.0000	5.5652	12.70	70.68	
						122.19	
Materiales							
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m ³		1.1090	60.00	66.54	
0205010004	ARENA GRUESA	m ³		0.7050	48.00	33.84	
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		12.5000	24.60	307.50	
0239050000	AGUA	m ³		0.2000	3.00	0.60	
						408.48	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	122.19	3.67	
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP	hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91	
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"	hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91	
						31.49	

Costo de producción de concreto convencional por m³ = S/. 562.16

Costo de producción de concreto experimental (1^{era} adición)

Partida	3.2.4		PAVIMENTO DE CONCRETO f'c = 280 kg/cm ²				
Rendimiento	m ³ /DÍA	11.5000	EQ. 11.5000	Costo unitario directo por: m ³		540.07	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.5000	0.3478	19.75	6.87
0147010002	OPERARIO		hh	3.0000	1.3913	17.95	24.97
0147010003	OFICIAL		hh	3.0000	1.3913	14.14	19.67
0147010004	PEÓN		hh	8.0000	5.5652	12.70	70.68
							122.19
Materiales							
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m ³		1.0830	60.00	64.98
0205010004	ARENA GRUESA		m ³		0.6580	48.00	31.58
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		BOL		11.1100	24.60	273.31
0239050000	AGUA		m ³		0.2000	3.00	0.60
0337010001	POLVO CÁSCARA DE HUEVO		m ³		1.0400	14.76	15.35
0147010004	CENIZA CÁSCARA DE ARROZ		m ³		0.3500	1.64	0.57
							386.39
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		0.0300	122.19	3.67
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP		hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"		hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
							31.49

Costo de producción de concreto experimental (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA) por m³ = S/. 540.07

Costo de producción de concreto experimental (2^{da} adición)

Partida	3.2.4		PAVIMENTO DE CONCRETO f'c = 280 kg/cm ²				
Rendimiento	m ³ /DÍA	11.5000	EQ. 11.5000	Costo unitario directo por: m ³		536.12	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.5000	0.3478	19.75	6.87
0147010002	OPERARIO		hh	3.0000	1.3913	17.95	24.97
0147010003	OFICIAL		hh	3.0000	1.3913	14.14	19.67
0147010004	PEÓN		hh	8.0000	5.5652	12.70	70.68
							122.19
Materiales							
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m ³		1.1130	60.00	66.78
0205010004	ARENA GRUESA		m ³		0.6290	48.00	30.19
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		BOL		11.1200	24.60	273.55
0239050000	AGUA		m ³		0.2000	3.00	0.60
0337010001	POLVO CÁSCARA DE HUEVO		m ³		0.6900	14.76	10.18
0147010004	CENIZA CÁSCARA DE ARROZ		m ³		0.6900	1.64	1.13
							382.44
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		% MO		0.0300	122.19	3.67
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP		hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"		hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
							31.49

Costo de producción de concreto experimental (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA) por m³ = S/. 536.12

Costo de producción de concreto experimental (3^{era} adición)

Partida	3.2.4		PAVIMENTO DE CONCRETO f _c = 280 kg/cm ²				
Rendimiento	m ³ /DÍA	11.5000	EQ. 11.5000	Costo unitario directo por: m ³		531.29	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	0.5000	0.3478	19.75	6.87
0147010002	OPERARIO		hh	3.0000	1.3913	17.95	24.97
0147010003	OFICIAL		hh	3.0000	1.3913	14.14	19.67
0147010004	PEÓN		hh	8.0000	5.5652	12.70	70.68
							122.19
Materiales							
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"		m ³		1.1130	60.00	66.78
0205010004	ARENA GRUESA		m ³		0.6280	48.00	30.05
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		BOL		11.1100	24.60	273.31
0239050000	AGUA		m ³		0.2000	3.00	0.60
0337010001	POLVO CÁSCARA DE HUEVO		m ³		0.3500	14.76	5.17
0147010004	CENIZA CÁSCARA DE ARROZ		m ³		1.0400	1.64	1.71
							377.61
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		0.0300	122.19	3.67
0348010007	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11 P3-18 HP		hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
0349070001	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.35"		hm	1.0000	0.6957	20.00	13.91
							31.49

Costo de producción de concreto experimental (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA) por m³ = S/. 531.29

En lo que respecta a los costos de estabilización de suelos tanto convencional como experimental, se han determinado los siguientes precios en base al análisis de costo unitario por m²:

Costo de estabilización de suelo convencional

Partida	3.2.3		CONFORMACIÓN DE BASE e = 0.15 m			
Rendimiento	m ² /DÍA	1,380.0000	EQ. 1,380.0000	Costo unitario directo por: m ²		25.38
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0058	13.97	0.08
0147010004	PEÓN	hh	6.0000	0.0348	12.70	0.44
0.52						
Materiales						
0238500001	AFIRMADO ZARANDEADO	m3		0.6230	35.00	21.81
0239050000	AGUA	m3		0.0220	3.00	0.07
21.88						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.52	0.02
0348120001	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	1.0000	0.0058	130.00	0.75
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0058	160.00	0.93
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0058	220.00	1.28
2.98						

Costo de producción de estabilización de suelo convencional por m² = S/. 25.38

Costo de estabilización de suelo experimental (1^{era} adición)

Partida	3.2.3		CONFORMACIÓN DE BASE e = 0.15 m			
Rendimiento	m ² /DÍA	1,380.0000	EQ. 1,380.0000	Costo unitario directo por: m ²		18.25
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0058	13.97	0.08
0147010004	PEÓN	hh	6.0000	0.0348	12.70	0.44
0.52						
Materiales						
0238500001	AFIRMADO ZARANDEADO	m3		0.3200	35.00	11.20
0239050000	AGUA	m3		0.0220	3.00	0.07
0337010001	POLVO CÁSCARA DE HUEVO	m3		0.2273	14.76	3.35
0147010004	CENIZA CÁSCARA DE ARROZ	m3		0.0758	1.64	0.12
14.75						
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0300	0.52	0.02
0348120001	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	1.0000	0.0058	130.00	0.75
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0058	160.00	0.93
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0058	220.00	1.28
2.98						

Costo de producción de estabilización de suelo experimental (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA) por m² = S/. 18.25

Costo de estabilización de suelo experimental (2^{da} adición)

Partida	3.2.3	CONFORMACIÓN DE BASE e = 0.15 m					
Rendimiento	m ² /DÍA	1,380.0000	EQ. 1,380.0000	Costo unitario directo por: m ²		17.26	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0058	13.97	0.08	
0147010004	PEÓN	hh	6.0000	0.0348	12.70	0.44	
0.52							
Materiales							
0238500001	AFIRMADO ZARANDEADO	m ³		0.3200	35.00	11.20	
0239050000	AGUA	m ³		0.0220	3.00	0.07	
0337010001	POLVO CÁSCARA DE HUEVO	m ³		0.1515	14.76	2.24	
0147010004	CENIZA CÁSCARA DE ARROZ	m ³		0.1515	1.64	0.25	
13.75							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.0300	0.52	0.02	
0348120001	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	1.0000	0.0058	130.00	0.75	
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0058	160.00	0.93	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0058	220.00	1.28	
2.98							

Costo de producción de estabilización de suelo experimental (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA) por m² = S/. 17.25

Costo de estabilización de suelo experimental (3^{era} adición)

Partida	3.2.3	CONFORMACIÓN DE BASE e = 0.15 m					
Rendimiento	m ² /DÍA	1,380.0000	EQ. 1,380.0000	Costo unitario directo por: m ²		18.28	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0058	13.97	0.08	
0147010004	PEÓN	hh	6.0000	0.0348	12.70	0.44	
0.52							
Materiales							
0238500001	AFIRMADO ZARANDEADO	m ³		0.3200	35.00	11.20	
0239050000	AGUA	m ³		0.0220	3.00	0.07	
0337010001	POLVO CÁSCARA DE HUEVO	m ³		0.0758	14.76	1.12	
0147010004	CENIZA CÁSCARA DE ARROZ	m ³		0.2273	1.64	0.37	
12.76							
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	% MO		0.0300	0.52	0.02	
0348120001	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	1.0000	0.0058	130.00	0.75	
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0058	160.00	0.93	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0058	220.00	1.28	
2.98							

Costo de producción de estabilización de suelo experimental (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA) por m² = S/. 16.26

Se presentan de manera resumida los costos de producción del concreto y a su vez las de estabilización de suelo convencional y experimental:

Tabla 48. Producción convencional y experimental

Producción de concreto		
Tipo de mezcla	P.U	Und
Convencional	S/ 562.16	m ³
1 ^{era} adición	S/ 540.07	m ³
2 ^{da} adición	S/ 536.12	m ³
3 ^{era} adición	S/ 531.29	m ³

Fuente: Propia.

En la tabla 48, el concreto experimental (1^{era} y 2^{da} adición) son relativamente más módicos a comparación del costo de producción del concreto convencional en 1.04% y 1.05% respectivamente, siendo la 3^{era} adición, cuyo costo es más económico respecto a las dos adiciones anteriormente mencionadas en un 1.06%.

Tabla 49. Estabilización de suelo convencional y experimental

Estabilización de suelo		
Estabilización	P.U	Und
Convencional	S/ 25.38	m ²
1 ^{era} adición	S/ 18.25	m ²
2 ^{da} adición	S/ 17.25	m ²
3 ^{era} adición	S/ 16.26	m ²

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, podemos observar en la tabla 49, que los costos de estabilización de suelos experimentales (1^{era}, 2^{da} y 3^{era} adición) son relativamente más bajos, dado que las características propias de la vía en estudio carecen de una baja capacidad de soporte, pero sin embargo, se está contemplando la estabilización experimental con el fin de determinar sus costos. Dicho esto, los montos son inferiores a una estabilización convencional en 1.39%, 1.47% y 1.56% respectivamente, siendo la 3^{era} adición, cuyo costo es más económico respecto a las dos adiciones experimentales descritas con anterioridad. A continuación se contemplan los presupuestos de pavimentación rígida convencional y experimental.

Presupuesto de pavimento rígido convencional

Presupuesto

Presupuesto: "USO DE CÁSCARA DE ARROZ Y DE HUEVO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS - LAMBAYEQUE"

Alternativa N° 01 PAVIMENTACIÓN RÍGIDA CONVENCIONAL

Cliente UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Lugar CHICLAYO, LAMBAYEQUE - PERÚ
Fecha JUNIO DEL 2023

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
10	OBRAS PROMISIONALES				14,664.37
11	CASETA OFICINA Y ALMACÉN	GLB	100	850.95	850.95
12	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.60 m x 2.40 m	und	100	1,97.59	1,97.59
13	MANTENIMIENTO Y DESVÍO DE TRÁNSITO	DIA	100	5.03	5.03
14	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	100	12,600.00	12,600.00
20	OBRAS PRELIMINARES				2,314.49
21	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m ²	1,695.10	1.39	2,314.49
30	PAVIMENTACIÓN				256,393.18
31	MOVIMIENTO DE TIERRAS				14,930.81
311	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m ³	1,285.20	6.19	7,985.39
312	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m ²	1,285.20	3.59	4,613.87
313	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	82.78	12.25	2,361.56
32	PISOS Y PAVIMENTOS				189,665.09
321	PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE C/QUIPO	m ²	1,285.20	1.16	1,490.83
322	CONFORMACIÓN DE SUBBASE CON OVER $\bullet \bullet = 0.15 \text{ m}$	m ²	1,285.20	10.78	13,854.46
323	CONFORMACIÓN DE BASE $\bullet \bullet = 0.15 \text{ m}$	m ²	1,285.20	25.38	32,618.36
324	PAVIMENTO DE CONCRETO $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$	m ³	297.04	582.16	172,837.61
325	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA PARA PAVIMENTO	m ²	248.96	28.17	7,023.62
33	SELLADO DE JUNTAS CON ASFALTO RC-250				6,177.53
331	JUNTA DE DILATACIÓN TRANSVERSAL $\bullet \bullet = 12'$	m	428.40	4.51	1,933.29
332	CURADO DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m ²	1,285.20	3.43	4,430.24
34	VEREDAS DE CONCRETO				35,282.25
341	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m ²	3.00	26.25	78.75
342	DEMOLICIÓN DE VEREDAS DE CONCRETO DE H = 0.10 m	m ³	32.46	11.89	386.95
343	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES DE VEREDAS	m ³	32.46	14.25	462.56
344	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE P/VEREDA	m ³	324.60	44.85	14,463.39
345	EXCAVACIÓN UÑAS P/VEREDA	m ³	3.25	1.49	4.84
346	CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE P/VEREDAS	m ³	324.60	5.07	1,645.72
347	VEREDA DE CONCRETO $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, $\bullet \bullet = 4'$	m ³	32.46	355.84	11,560.57
348	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m ²	59.00	34.33	4,462.90
349	JUNTAS ASFÁLTICAS P/VEREDAS	m	324.60	3.34	1,084.16
34.0	CURADO DE VEREDAS	m ²	324.60	3.43	1,113.38
35	SEÑALIZACIÓN				337.59
351	PINTADO DE PASOS PEATONALES	m ²	6.12	12.90	79.95
352	PINTADO LATERAL DE PAVIMENTO	m ²	75.60	3.42	260.55
40	SEGURIDAD				43,585.42
41	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	und	44.00	300.16	13,207.04
42	EQUIPO DE PROTECCIÓN COLECTIVA	GLB	100	8,910.00	8,910.00
43	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD	GLB	100	20,567.50	20,567.50
50	OTROS				1,014.55
51	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	m ²	1,683.20	0.61	1,024.55
	COSTO DIRECTO				317,972.01
	GASTOS GENERALES(7%)				22,258.04
	UTILIDAD(8%)				25,437.76
	SUB TOTAL				365,667.81
	IGV(18%)				65,820.21
	COSTO TOTAL				431,488.02

SON : CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y OCHO CON 02/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto de pavimento rígido experimental (1^{era} adición)

Presupuesto

Presupuesto: "USO DE CÁSCARA DE ARROZ Y DE HUEVO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS - LAMBAYEQUE"

Alternativa N° 01 PAVIMENTACIÓN RÍGIDA EXPERIMENTAL (1^{RA} ADICIÓN)

Cliente: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Lugar: CHI CLAYO, LAMBAYEQUE - PERÚ
Fecha: JUNIO DEL 2028

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio Si.	Parcial Si.
10	OBRAS PROMISIONALES				14,064.37
11	CASETA OFICINA Y ALMACÉN	GLB	1.00	850.05	850.05
12	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.80 m x 2.40 m	und	1.00	1,077.59	1,077.59
13	MANTENIMIENTO Y DESVÍO DE TRÁNSITO	DIA	1.00	15.03	15.03
14	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	2,600.00	2,600.00
20	OBRAS PRELIMINARES				2,314.49
21	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m ²	1,885.10	1.30	2,314.49
30	PAVIMENTACIÓN				241,551.69
31	MOVIMIENTO DE TIERRAS				14,930.81
31.1	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m ³	1,285.20	6.19	7,956.39
31.2	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m ²	1,285.20	3.59	4,613.87
31.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	82.78	2.25	2,361.56
32	PISOS Y PAVIMENTOS				184,823.60
32.1	PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE CEGUIPO	m ²	1,285.20	1.16	1,490.83
32.2	CONFORMACIÓN DE SUBBASE CON OVER e = 0.15 m	m ²	1,285.20	10.78	13,854.46
32.3	CONFORMACIÓN DE BASE e = 0.15 m	m ²	1,285.20	18.25	23,454.90
32.4	PAVIMENTO DE CONCRETO Fc = 280 kg/cm ²	m ²	257.04	540.07	139,819.59
32.5	ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE LOSA PARA PAVIMENTO	m ²	348.96	20.17	7,203.82
33	SELLADO DE JUNTAS CON ASFALTO RC-250				6,177.53
33.1	JUNTA DE DILATACIÓN TRANSVERSAL e = 12"	m	408.40	4.13	1,709.29
33.2	CURADO DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m ²	1,285.20	3.43	4,408.24
34	VEREDAS DE CONCRETO				35,282.25
34.1	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m ²	3.00	26.26	78.78
34.2	DEMOLICIÓN DE VEREDAS DE CONCRETO DE H = 0.10 m	m ³	32.46	11.89	386.96
34.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES DE VEREDAS	m ³	32.46	14.25	462.56
34.4	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE PVEREDA	m ³	324.80	44.65	14,493.39
34.5	EXCAVACIÓN LÑAS PVEREDA	m ³	3.25	1.49	4.84
34.6	CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE PVEREDAS	m ³	324.80	5.07	1,645.72
34.7	VEREDA DE CONCRETO Fc = 175 kg/cm ² , e = 4"	m ³	32.46	365.84	11,860.57
34.8	ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE VEREDAS	m ²	100.00	34.33	4,432.90
34.9	JUNTAS ASFÁLTICAS PVEREDAS	m	324.80	3.34	1,084.16
34.10	CURADO DE VEREDAS	m ²	324.80	3.43	1,113.38
35	SEÑALIZACIÓN				337.50
35.1	PINTADO DE PASOS PEATONALES	m ²	6.12	12.90	78.96
35.2	PINTADO LATERAL DE PAVIMENTO	m ²	75.60	3.42	258.56
40	SEGURIDAD				43,585.42
41	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	und	44.00	301.16	14,067.32
42	EQUIPO DE PROTECCIÓN COLECTIVA	GLB	1.00	8,910.00	8,910.00
43	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD	GLB	1.00	20,587.50	20,587.50
50	OTROS				1,014.55
51	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	m ²	1,883.20	0.51	1,014.55
	COSTO DIRECTO				303,130.52
	GASTOS GENERALES(7%)				21,219.14
	UTILIDAD(8%)				24,250.44
	SUB TOTAL				348,600.10
	IGV(18%)				62,748.02
	COSTO TOTAL				411,348.12

SON : CUATROCIENTOS ONCE MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y OCHO CON 12/100 NUEVOS SOLES

Monto pavimento rígido experimental (2^{da} adición)

Presupuesto

Presupuesto: "USO DE CÁSCARA DE ARROZ Y DE HUEVO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS - LAMBAYEQUE"

Alternativa N° 01 PAVIMENTACIÓN RÍGIDA EXPERIMENTAL (2^{da} ADICIÓN)

Cliente UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Lugar CHICLAYO, LAMBAYEQUE - PERÚ
Fecha JUNIO DEL 2023

Item	Descripción	Und.	Metrado	Presio SI.	Parcial SI.
10	OBRAS PROMOSIONALES				14,664.37
11	CABETA OFICINA Y ALMACÉN	GLB	100	890.95	890.95
12	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.50 m x 2.40 m	und	100	1,57.59	1,577.59
13	MANUTENIMIENTO Y DESVÍO DE TRÁNSITO	DIA	100	15.83	15.83
14	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	100	12,600.00	12,600.00
2.0	OBRAS PRELIMINARES				2,314.49
2.1	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m ²	1,995.10	1.39	2,314.49
3.0	PAVIMENTACIÓN				239,251.95
3.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				14,938.81
3.11	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAQUINARIA	m ³	1,285.20	8.19	7,985.39
3.12	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m ²	1,285.20	3.59	4,613.87
3.13	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	812.78	2.25	2,361.95
3.2	PISOS Y PAVIMENTOS				182,523.10
3.2.1	PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE C/ EQUIPO	m ²	1,285.20	1.16	1,490.83
3.2.2	CONFORMACIÓN DE SUBBASE CON OVER $\sigma = 0.15$ m	m ²	1,285.20	10.78	13,854.46
3.2.3	CONFORMACIÓN DE BASE $\sigma = 0.15$ m	m ²	1,285.20	17.25	22,189.70
3.2.4	PAVIMENTO DE CONCRETO $f_c = 280$ kg/cm ²	m ²	257.04	536.12	137,804.26
3.2.5	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA PARA PAVIMENTO	m ²	246.96	29.17	7,203.82
3.3	SELLADO DE JUNTAS CON ASFALTO RC-250				6,177.53
3.3.1	JUNTA DE DILATACIÓN TRANSVERSAL $\sigma = 12'$	m	428.40	4.13	1,770.29
3.3.2	CURADO DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m ²	1,285.20	3.43	4,408.24
3.4	VEREDAS DE CONCRETO				35,282.25
3.4.1	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m ²	3.00	25.25	75.75
3.4.2	DEMOLICIÓN DE VEREDAS DE CONCRETO DE H = 0.10 m	m ³	32.46	11.89	385.95
3.4.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES DE VEREDAS	m ³	32.46	14.25	462.56
3.4.4	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE P/VEREDA	m ³	324.60	44.85	14,553.39
3.4.5	EXCAVACIÓN UNAS P/VEREDA	m ³	3.25	1.49	4.84
3.4.6	CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE P/VEREDAS	m ³	324.60	5.07	1,645.72
3.4.7	VEREDA DE CONCRETO $f_c = 175$ kg/cm ² , $\sigma = 4'$	m ³	32.46	355.84	11,560.57
3.4.8	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m ²	150.00	34.33	4,422.90
3.4.9	JUNTAS ASFÁLTICAS P/VEREDAS	m	324.60	3.34	1,084.16
3.4.10	CURADO DE VEREDAS	m ²	324.60	3.43	1,113.38
3.5	SEÑALIZACIÓN				337.50
3.5.1	PINTADO DE PASOS PEATONALES	m ²	6.12	12.90	79.05
3.5.2	PINTADO LATERAL DE PAVIMENTO	m ²	75.60	3.42	259.55
4.0	SEGURIDAD				43,585.42
4.1	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	und	44.00	320.15	14,087.32
4.2	EQUIPO DE PROTECCIÓN COLECTIVA	GLB	100	8,910.00	8,910.00
4.3	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD	GLB	100	20,567.50	20,567.50
5.0	OTROS				1,014.55
5.1	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	m ²	1,683.20	0.61	1,014.55
	COSTO DIRECTO				300,830.01
	GASTOS GENERALES(7%)				21,058.10
	UTILIDAD(8%)				24,066.40
	SUB TOTAL				345,954.52
	IGV(18%)				62,271.81
	COSTO TOTAL				408,226.33

SON : CUATROCIENTOS OCHO MIL DOSCIENTOS VEINTISÉIS CON 33/100 NUEVOS SOLES

Presupuesto de pavimento rígido experimental (3^{era} adición)

Presupuesto

Presupuesto: "USO DE CÁSCARA DE ARROZ Y DE HUEVO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS - LAMBAYEQUE"

Alternativa N° 01 PAVIMENTACIÓN RÍGIDA EXPERIMENTAL (3^{ra} ADICIÓN)

Cliente UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
Lugar CHICLAYO, LAMBAYEQUE - PERÚ
Fecha JUNIO DEL 2023

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio Si.	Parcial Si.
1.0	OBRAS PROVISIONALES				W,664.37
1.1	CASETA OFICINA Y ALMACÉN	GLB	1.00	650.95	650.95
1.2	CARTEL DE IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA DE 3.50 m x 2.40 m	und	1.00	1,97.59	1,97.59
1.3	MANTENIMIENTO Y DESVÍO DE TRÁNSITO	DIA	1.00	6.83	6.83
1.4	MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	12,600.00	12,600.00
2.0	OBRAS PRELIMINARES				2,334.49
2.1	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE LA OBRA	m ²	1,965.10	1.19	2,334.49
3.0	PAVIMENTACIÓN				236,737.33
3.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				W,939.81
3.1.1	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE CON MAGUINARIA	m ³	1,285.20	6.19	7,955.39
3.1.2	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m ²	1,285.20	3.59	4,613.87
3.1.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	92.75	22.25	2,061.56
3.2	PISOS Y PAVIMENTOS				189,009.24
3.2.1	PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE CEQUIPO	m ²	1,285.20	1.91	1,460.83
3.2.2	CONFORMACIÓN DE SUBBASE CON OVER e = 0.15 m	m ²	1,285.20	10.78	13,854.46
3.2.3	CONFORMACIÓN DE BASE e = 0.15 m	m ²	1,285.20	16.26	20,907.35
3.2.4	PAVIMENTO DE CONCRETO Fc = 280 kg/cm ²	m ³	257.04	531.29	136,562.75
3.2.5	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA PARA PAVIMENTO	m ²	246.96	29.17	7,203.82
3.3	SELLADO DE JUNTAS CON ASFALTO RC-250				6,077.53
3.3.1	JUNTA DE DILATACIÓN TRANSVERSAL e = 10"	m	425.40	4.13	1,759.29
3.3.2	CURADO DE PAVIMENTO DE CONCRETO	m ²	1,285.20	3.43	4,408.24
3.4	VEREDAS DE CONCRETO				35,282.25
3.4.1	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m ³	3.00	26.25	78.75
3.4.2	DEMOLICIÓN DE VEREDAS DE CONCRETO DE H = 0.10 m	m ³	32.46	11.89	385.95
3.4.3	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE DEMOLICIONES DE VEREDAS	m ³	32.46	14.25	462.56
3.4.4	CORTE DE TERRENO A NIVEL DE SUBRASANTE PVEREDA	m ³	324.60	44.65	14,493.39
3.4.5	EXCAVACIÓN UÑAS PVEREDA	m ³	3.25	1.49	4.84
3.4.6	CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE PVEREDAS	m ³	324.60	5.07	1,645.72
3.4.7	VEREDA DE CONCRETO Fc = 175 kg/cm ² , e = 4"	m ³	32.46	355.84	11,550.57
3.4.8	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m ²	100.00	34.33	4,432.90
3.4.9	JUNTAS ASFÁLTICAS PVEREDAS	m	324.60	3.34	1,084.15
3.4.10	CURADO DE VEREDAS	m ²	324.60	3.43	1,113.30
3.5	SEÑALIZACIÓN				337.59
3.5.1	PINTADO DE PASOS PEATONALES	m ²	6.02	12.90	78.95
3.5.2	PINTADO LATERAL DE PAVIMENTO	m ²	75.60	3.42	259.55
4.0	SEGURIDAD				43,595.42
4.1	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	und	44.00	320.15	14,087.92
4.2	EQUIPO DE PROTECCIÓN COLECTIVA	GLB	1.00	8,910.00	8,910.00
4.3	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD	GLB	1.00	20,507.50	20,507.50
5.0	OTROS				1,034.55
5.1	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	m ²	1,663.20	0.61	1,014.55
	COSTO DIRECTO				298,316.16
	GASTOS GENERALES(7%)				20,882.13
	UTILIDAD(8%)				23,865.29
	SUB TOTAL				343,063.59
	IGV(18%)				61,751.45
	COSTO TOTAL				404,815.03

SON : CUATROCIENTOS CUATRO MIL OCHOCIENTOS QUINCE CON 63/100 NUEVOS SOLES

A continuación se muestran los presupuestos determinados tanto del pavimento rígido convencional como experimental de baja transitabilidad:

Tabla 50. Presupuesto de pavimento rígido convencional y experimental

Pavimento rígido	
Tipo	Presupuesto
Convencional	S/ 431,488.02
1 ^{era} adición	S/ 411,348.12
2 ^{da} adición	S/ 408,226.33
3 ^{era} adición	S/ 404,815.03

Fuente: Propia.

En la tabla 50, la pavimentación rígida experimental 3^{era} adición tanto para concreto como para la estabilización del suelo, es la más económica respecto a los otros pavimentos rígidos experimentales (1^{era} y 2^{da} adición) en 1.02% y 1.01% respectivamente. Si evaluamos la pavimentación rígida experimental (3^{era} adición) respecto a la pavimentación rígida convencional, esta representa un ahorro económico del 1.07%.

Influencia técnica

La estabilización convencional, se determinó que la vía en estudio no necesita estabilización, dado que su capacidad de soporte promedio es del 7.38%, el cual es superior al 6%. Respecto a las adiciones experimentales, el valor de soporte promedio para la 1^{era} adición es de 6.48%, para la 2^{da} adición es de 6.31% y para la 3^{era} adición, 7.36%. Podemos describir que todas las adiciones experimentales superan el 6% del CBR, siendo la 3^{era} adición la que ofrece mayor capacidad de soporte.

De la evaluación por compresión y permeabilidad, el $f'c$ para la pavimentación rígida contemplada fue de 280 kg/cm², cuya resistencia requerida por diseño de mezcla fue de 364 kg/cm².

De los resultados obtenidos por rotura de probetas, para la parte convencional se obtuvo 387.03 kg/cm², para la 1^{era} adición de 375.33 kg/cm², 349.40 kg/cm² para la 2^{da} adición, mientras que para la 3^{era} adición, el valor determinado fue de 346.51 kg/cm². Cabe precisar que los diseños de mezclas experimentales (2^{da} y 3^{era} adición) superan el f'c de 280, pero no logran alcanzar la resistencia requerida. Mientras que la permeabilidad promedio para la 1^{era} adición fue de 36.78%, 39.01% para la 2^{da} adición y 42.92% para la 3^{era} adición. Por lo que el diseño de mezcla de la 1^{era} adición es la más óptima tanto por resistencia como por durabilidad, siendo la menos permeable de las mezclas experimentales.

Influencia económica

Para el análisis correspondiente a este acápite, se ha considerado un porcentaje de participación del 60% por concepto de adelanto de obra y un 40% de saldo pendiente por concepto de liquidación, entrega y recepción de la misma, bajo un costo financiero por concepto de interés de carta fianza del 10%. A continuación se detalla el cálculo para la determinación de la rentabilidad de la pavimentación rígida experimental respecto a la pavimentación rígida convencional.

Tabla 51. Análisis de la rentabilidad de la pavimentación rígida experimental (1^{era} adición) respecto a la pavimentación rígida convencional

Rentabilidad del proyecto	
Valor inicial =	S/ 431,488.02
Valor final =	S/ 411,348.12

Participación	Rentabilidad de la inversión	
60.00%	Adelanto =	S/ 258,892.81
40.00%	Saldo =	S/ 172,595.21
100.00%	Inversión total =	S/ 431,488.02
	Valor final =	S/ 411,348.12
	Costo oferta saldo =	S/ 17,259.52
	Valor final neto =	S/ 221,493.39

Rentabilidad del proyecto =	4.90%
-----------------------------	-------

Costo financiero (%) =	10%
Rentabilidad de la inversión =	16.89%

Fuente: Elaboración propia.

La rentabilidad de la pavimentación rígida experimental (1^{era} adición) para la Calle El Vaticano Mz "E" S/N del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo, es de 4.90% cuyo valor final neto es de S/. 221,493.39.

Tabla 52. Análisis de la rentabilidad de la pavimentación rígida experimental (2^{da} adición) respecto a la pavimentación rígida convencional

Rentabilidad del proyecto		Participación			Rentabilidad de la inversión	
Valor inicial =	S/ 431,488.02	60.00%	Adelanto =	S/ 258,892.81	Valor final =	S/ 408,226.33
Valor final =	S/ 408,226.33	40.00%	Saldo =	S/ 172,595.21	Costo oferta saldo =	S/ 17,259.52
		100.00%	Inversión total =	S/ 431,488.02	Valor final neto =	S/ 218,371.60
Rentabilidad del proyecto = 5.70%		Costo financiero (%) =		10%	Rentabilidad de la inversión =	
					18.56%	

Fuente: Elaboración propia.

La rentabilidad de la pavimentación rígida experimental (2^{da} adición) para la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo, es de 5.70% cuyo valor final neto es de S/. 218,371.60.

Tabla 53. Análisis de la rentabilidad de la pavimentación rígida experimental (3^{era} adición) respecto a la pavimentación rígida convencional

Rentabilidad del proyecto		Participación			Rentabilidad de la inversión	
Valor inicial =	S/ 431,488.02	60.00%	Adelanto =	S/ 258,892.81	Valor final =	S/ 404,815.03
Valor final =	S/ 404,815.03	40.00%	Saldo =	S/ 172,595.21	Costo oferta saldo =	S/ 17,259.52
		100.00%	Inversión total =	S/ 431,488.02	Valor final neto =	S/ 214,960.30
Rentabilidad del proyecto = 6.59%		Costo financiero (%) =		10%	Rentabilidad de la inversión =	
					20.44%	

Fuente: Elaboración propia.

La rentabilidad de la pavimentación rígida experimental (3^{era} adición) para la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo, es de 6.59% cuyo valor final neto es de S/. 214,960.30.

Conforme al desarrollo de las partidas que involucra una pavimentación rígida de baja transitabilidad para la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas, se determina que el pavimento rígido experimental (3^{era} adición) es la más óptima, dado que representa un ahorro económico general del 6.59% tanto para la producción del concreto como para la estabilización misma, siendo esta, la más rentable, dado que la pavimentación rígida convencional simboliza un precio estándar respecto al monto determinado en cada uno de los diseños experimentales.

Respuesta estructural

De acuerdo al análisis de rentabilidad económica y valores técnicos resultantes, la 1^{era} adición es la que mejor respuesta estructural otorga, dado que en términos de resistencia y durabilidad, esta supera la resistencia requerida de 364 ($375.33 > 364$) y alcanza un índice de permeabilidad bajo (36.78%) respecto a las demás probetas experimentales. A su vez, en el proceso de estabilización, dicha adición relativamente alcanza una capacidad de soporte mucho mayor respecto a la estabilización convencional, mejorando las características del suelo ($8.97\% > 8.11\%$), cuya rentabilidad general determinada es de 4.90%.

Discusión

Se consignó la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas, como vía de análisis para estabilización y producción de concreto experimental, mediante el uso de CCA y PCH bajo 3 adiciones con sustitución del cemento en 10%, las cuales han sido definidas anteriormente en la tabla 1.

Del estudio de tráfico: Se realizó el estudio de tráfico teniendo en cuenta las horas punta, horas normales y horas muertas, las cuales fueron definidas con anterioridad en la tabla 15, y en base a ello, se efectuó el conteo vehicular por el lapso de 1 semana (lunes a domingo), cuyo valor resultante para el punto de control vehicular establecido fue de 68 vehículos/día (IMDa), en la cual, según su descomposición vehicular, existe predominan mayoritariamente las mototaxis y motolineales en 68% y 6% respectivamente. Cabe precisar que se determinó el IMDa con el propósito de conocer el EAL de diseño, el cual sirvió para clasificar la calle en estudio según tipo de tráfico y tipo de vía existente en la Ciudad de Chiclayo, y a su vez, dicho valor del EAL calculado, fue tomado en cuenta para el diseño correspondiente de las pavimentaciones rígidas propuestas (convencional y experimental). Dicho esto, el valor determinado del EAL fue de 20741.559 EE (ver cálculo en la tabla 24), el cual es muy bajo según el rango de valores de ejes equivalentes por rueda. Con este resultado, se pudo clasificar la calle como vía local de 4^{to} orden ($20741.559 \text{ EE} < 150000 \text{ EE}$) y de baja transitabilidad de 3^{er} orden ($20741.559 \text{ EE} < 150000 \text{ EE}$).

Del estudio topográfico: Se pudo establecer el ancho de calzada, el cual está comprendida en 6.32 m. El error de cierre relativo calculado fue de $1/315905$, cuyo valor es menor al error específico permitido de $1/2500$, y en base al cierre de la poligonal cerrada, se calcularon los ángulos de cada vértice (azimut y rumbos), cuya triangulación para los desniveles se realizó a 0.10 m (menores) y a 1.00 m (curvas mayores). A su vez, el levantamiento topográfico estuvo geo referenciado a un BM y a un sistema UTM WGS 84 con precisión a $01''/05''$ (2 m de radio).

Se obtuvo los planos de desnivel, perfil y secciones de la calle anteriormente mencionada, cuyos planos elaborados, sirvieron para definir los metrados reales de las partidas que involucra la pavimentación rígida de la misma.

De los ensayos químicos: Se precisaron las composiciones químicas de la cáscara de arroz y de huevo mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X (FRXDE), predominando el dióxido de silicio (SiO_2) en 90.43% para la CCA, mientras que para el PCH, el óxido cálcico (CaO) con 91.88%. A su vez, se determinaron los potenciales de hidrogeno para las 3 adiciones combinadas, cuyos valores fueron de 12.67% (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA), 8.45% (2^{Da} adición: 50% PCH + 50% CCA) y 8.445% (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA) respectivamente; los cuales han sido empleados para la determinación de las relaciones agua/cemento de los concretos experimentales, dado que el enfoque de la presente investigación fue sustituir el cemento en un 10% por la adición combinada de estos insumos, y que a la misma vez, son sustituyentes del suelo como estabilizadores de la misma, bajo las premisas obtenidas por el ensayo termo gravimétrico, cuyas pérdidas de masa obtenidas en un rango de temperatura de 80 °C a 750 °C, son de 53% para la CCA y de 45% para el PCH. Esto representa un total de 470 g por kg para la cáscara de arroz y 550 g por kg para la cáscara de huevo. Respecto a las adiciones combinadas, la masa total fue de 102% y su pérdida de masa hallada fue de 91.20%, el cual representa 10.8 g por kg, del cual se logró desprender como resultado final para cada adición de estabilización del suelo (1^{era}, 2^{da} y 3^{era} adición), las cantidades de 0.777 g para el proctor modificado y de 0.303 g para el CBR.

Saldaña (2018), precisa que el potencial de hidrogeno para la sustitución de cemento portland tipo I al 10% por PCH y CCA fue de 12.67%, el cual es igual al valor de pH determinado para la 1^{era} adición, pero a medida que los porcentajes de PCH son inferiores al 75% y los porcentajes de CCA son superiores al 25%, los valores de pH disminuyen significativamente a 8.45% y 8.445% respectivamente.

EMS: El suelo es mixto, donde las muestras extraídas de las calicatas ejecutadas, han sido clasificadas por método SUCS como arena arcillosa (SC) (16.67%), grava arcillosa (GC) (16.67%), arcilla arenosa de baja plasticidad (CL) (50%) y grava pobremente graduada con arena y arcilla (GP –GC) (16.67%) respectivamente. Se determinó un contenido de humedad mínima de 2.28% y una máxima de 15.88%.

El contenido de sales mínimo determinado fue de 0.08% y un máximo de 0.23%, y en cuanto a los límites de Atterberg, el límite líquido mínimo hallado fue de 28.70% y el máximo de 37%, mientras que el límite plástico mínimo fue de 13% y el máximo de 16%, cuyo índice de plasticidad mínimo fue de 15% y el máximo de 22% respectivamente. Cabe precisar que la vía se encuentra actualmente sin pavimentar.

Estabilización: La NTP CE.020, indica que un suelo no necesita estabilización, cuando el promedio de su CBR al 95% de compactación es mayor al 6%, que de acuerdo a los resultados obtenidos de la estabilización convencional, se determinó que la vía en estudio no necesita estabilización, dado que el CBR es de 7.38% ($7.38\% > 6\%$), Los valores promediados fueron los siguientes: 8.59% (calicata N° 01), 5.43% (calicata N° 02) y 8.11% (calicata N° 03). Para la estabilización experimental bajo la 1^{era} adición (75% PCH + 25% CCA), los valores de los CBR (95%) hallados fueron de 5.24% (calicata N° 01), 5.22% (calicata N° 02) y 8.97% (calicata N° 03). Para la 2^{da} adición (50% PCH + 50% CCA) de 5.41% (calicata N° 01), 8.50% (calicata N° 02) y 5.03% (calicata N° 03); mientras que para la 3^{era} adición (75% PCH + 25% CCA), de 9.57% (calicata N° 01), 4.39% (calicata N° 02) y 8.13% (calicata N° 03). Teniendo en cuenta todos los resultados tanto de la parte convencional como experimental, para el proctor modificado, la mínima DMS obtenida fue 1.68 g/cm^3 , mientras que la máxima fue 1.92. El mínimo OCH fue 15.97% y el máximo 18.7%. Para el CBR (95%), el mínimo valor fue de 4.39% y el máximo de 9.57% respectivamente.

Según Vizcarra y Lujan (2021), los valores máximos determinados de proctor modificado con cal y CCA al 3%, el OCH fue 25.1% y la DMS de 13.71 kN/m³, los cuales, en comparación con los obtenidos, el OCH es inferior en 1.34%, mientras que la densidad máxima seca, es relativamente superior en 1.40%. En cuanto al CBR (95%) para la misma adición, el máximo valor que obtuvieron fue de 29.1%, mientras que el valor máximo determinado en nuestro caso, fue de 9.57%, siendo muy inferior en 3.04%, el cual se debe a las características del suelo mixto de la calle en estudio, sobre todo a la baja plasticidad de la arcilla, el cual otorga un OCH bajo para la 3^{era} adición.

De acuerdo a López (2021), el máximo CBR al 95% con una adición de 15% de CCA fue de 10.5%, el cual es muy próximo al obtenido en la 3^{era} adición, el cual es relativamente superior en 1.10%. Referente al máximo OCH, el valor determinado fue 31.56%, el cual es superior al valor hallado en 1.89%, mientras que el valor de la densidad máxima seca de su estudio fue de 1.40 g/cm³, que en comparación con el valor nuestro es superior en 1.37%.

De los diseños de mezclas: Las dosificaciones en peso determinadas en base al método ACI fueron de 1 : 1.61 : 2.62 / 19.80 l (convencional), 0.90 : 0.1 (75% PCH + 25% CCA) : 1.49 : 1.72 / 19.80 l (1^{era} adición), 0.90 : 0.1 (50% PCH + 50% CCA) : 1.44 : 1.76 / 19.80 l (2^{da} adición) y 0.90 : 0.1 (25% PCH + 75% CCA) : 1.44 : 1.76 / 19.80 l (3^{era} adición). Mientras que las proporciones en volumen fueron de 1 : 1.54 : 2.70 / 19.80 l (convencional), 0.90 : 0.1 (75% PCH + 25% CCA) : 1.42 : 1.77 / 19.80 l (1^{era} adición), 0.90 : 0.1 (50% PCH + 50% CCA) : 1.38 : 1.82 / 19.80 l (2^{da} adición) y 0.90 : 0.1 (25% PCH + 75% CCA) : 1.38 : 1.82 / 19.80 l (3^{era} adición) respectivamente.

Cabe precisar que las cantidades empleadas para la producción de las 12 probetas convencionales fueron de 26.35 kg de cemento, 45.41 kg de arena gruesa, 66.12 kg de piedra chancada y 12.25 l de agua; mientras que para la experimental de la 1^{era} adición fueron de 23.71 kg de cemento, 1.98 kg PCH, 0.66 kg CCA, 44.95 kg arena gruesa, 51.89 kg de piedra chancada y 12.21 l de agua.

Para la 2^{da} adición fueron de 23.71 kg de cemento, 1.32 kg PCH, 1.32 kg CCA, 41.70 kg arena gruesa, 50.61 kg de piedra chancada y 12.23 l de agua. Para la 3^{era} adición fueron de 23.71 kg de cemento, 0.66 kg PCH, 1.98 kg CCA, 41.70 kg arena gruesa, 50.65 kg de piedra chancada y 12.23 l de agua. En cuanto a la evaluación en estado fresco, se determinó un asentamiento teórico de 3” mediante el cono de Abrams, cuyos valores de asentamientos corregidos fueron de 3.02” (convencional), 3.03” (1^{era} adición), 3.01” (2^{da} adición) y 3” (3^{era} adición), presentándose una consistencia plástica de apariencia semigravosa en todos los concretos, las cuales cumplen con el asentamiento previsto según ACI y NTP E.060. En cuanto a los pesos unitarios teóricos obtenidos fueron de 2361.87 kg/m³ (convencional), 2360.33 kg/m³ (1^{era} adición), 2359.59 kg/m³ (2^{da} adición) y 2330.84 kg/m³ (3^{era} adición) los cuales fueron corregidos por humedad, siendo estos de 2372.42 kg/m³ (convencional), 2367.73 kg/m³ (1^{era} adición), 2366.98 kg/m³ (2^{da} adición) y 2338.35 kg/m³ (3^{era} adición) respectivamente.

Según Saldaña (2018), las relaciones agua/cemento determinadas para los concretos experimentales bajo 10% de sustitución por CCA y PCH, fueron de 0.512 y 0.532, los cuales son más altos que el del convencional, cuyo valor fue de 0.485, deduciéndose que el cemento absorbe menos agua que estos insumos. Por lo tanto, en base a nuestros resultados, podemos mencionar lo mismo, ya que las relaciones agua/cemento para los grupos experimentales fueron de 0.525 y 0.505, los cuales son ligeramente similares, mientras que para el concreto convencional fue de 0.466.

De acuerdo con Ramón y Aguirre (2021), la relación agua/cemento que determinaron en el convencional como modificado bajo 5%, 10% y 15% de sustitución de cemento por vidrio reciclado molido fue de 0.56, el cual es relativamente más alto que el de nuestro estudio en 1.20%, 1.07% y 1.11% respectivamente.

De la compresión: La resistencia tanto convencional como experimental fue de 280 kg/cm², cuya resistencia requerida final fue de 364 kg/cm². La evaluación de las probetas fue dada a las edades de 7, 14, 21 y 28 días respectivamente.

Del ensayo de rotura de probetas, se determinaron los siguientes $f'c$ promedio para la edad de 7 días, siendo de 245.96 kg/cm² (convencional), 235.12 kg/cm² (1^{era} adición), 208.27 kg/cm² (2^{da} adición) y 203.71 kg/cm² (3^{era} adición). A los 14 días de 314.55 kg/cm² (convencional), 303.90 kg/cm² (1^{era} adición), 273.41 kg/cm² (2^{da} adición) y 268.53 kg/cm² (3^{era} adición). A los 21 días de 353.22 kg/cm² (convencional), 342.68 kg/cm² (1^{era} adición), 316.71 kg/cm² (2^{da} adición) y 313.23 kg/cm² (3^{era} adición) y a los 28: 387.03 (convencional), 375.33 (1^{era} adición), 349.40 kg/cm² (2^{da} adición) y 346.51 kg/cm² (3^{era} adición).

Cabe reiterar, que el ACI y la NTP E.060, indican que el concreto será aceptado, cuando alcance el 60% a 70 % de su resistencia a los 7 días, a los 14 días entre 80% a 90%, a los 21 días el 95% y a los 28 días el 100% de su resistencia total, además, la resistencia promedio obtenida por rotura de probetas debe ser superior a su resistencia requerida establecida en el diseño de mezcla. Por lo tanto, los porcentajes promedio alcanzados a los 7 días fueron de 87.84% (convencional), 83.97% (1^{era} adición), 74.38% (2^{da} adición) y 72.76% (3^{era} adición). A los 14 días fueron de 112.34% (convencional), 108.54% (1^{era} adición), 97.64% (2^{da} adición) y 95.90% (3^{era} adición). A los 21 días fueron de 126.15% (convencional), 122.38% (1^{era} adición), 113.11% (2^{da} adición) y 111.87% (3^{era} adición), mientras que a los 28 días fueron de 138.22% (convencional), 134.05% (1^{era} adición), 124.79% (2^{da} adición) y 123.75% (3^{era} adición). De lo descrito podemos mencionar que los concretos experimentales superan los 280 kg/cm², pero solo el concreto experimental (1^{era} adición) logra superar la resistencia requerida (375.33 > 364) y es la que tiene mayor aproximación de resistencia requerida que otorga el concreto convencional.

De acuerdo a Saldaña (2018), el $f'c$ a los 28 días bajo sustitución de cemento en 10% por PCH y CCA fue de 388 kg/cm², el cual es relativamente similar al obtenido en la presente investigación, cuyo valor es de 387.03 kg/cm². Según Ramón y Aguirre (2021), el máximo $f'c$ con vidrio reciclado molido al 10% fue de 234.13 kg/cm², el cual es muy inferior al máximo registrado en nuestro estudio de 387.03 kg/cm².

De la permeabilidad: En base al ensayo de penetración estándar, se obtuvieron los valores de permeabilidad del concreto convencional a los 45 días de su producción, cuyo valor promedio fue de 33.16%; mientras que para los concretos experimentales fueron de 36.78% (1^{era} adición), 39.01% (2^{da} adición), 42.92% (3^{era} adición), los cuales según ACI y NTP E.060, cumplen estando dentro del límite permisible (50% <). Independientemente, el pico máximo de permeabilidad se registró en el concreto experimental de la 3^{era} adición, cuyo valor fue de 56.16%, el cual supera el máximo valor permitido para su uso en construcción (56.16% > 50%), y a su vez, el valor mínimo de permeabilidad hallada fue de 31.76% en el concreto experimental de la 1^{era} adición, el cual es inferior al máximo permisible (31.76% > 50%).

Se sabe que la durabilidad es indirectamente proporcional a la resistencia del concreto, pero en este caso, los resultados son favorables, ya que se determinó que el concreto experimental de la 1^{era} adición es la menos permeable, cuya probabilidad de durabilidad en el tiempo es más alta a comparación de los demás concretos experimentales, y a su vez, dicho valor de la 1^{era} adición es la que más se aproxima a la permeabilidad que otorga el concreto convencional. Dicho esto, el concreto experimental de la 1^{era} adición es la que mejor respuesta estructural otorga en términos de durabilidad y compresión.

Según Saldaña (2018), el factor máximo permeable del concreto experimental bajo 10% de sustitución por CCA y PCH fue de 7.15 % (7.15 mm), el cual es muy inferior al valor mínimo determinado en nuestra investigación en 4.44%. De acuerdo a Ramón y Aguirre (2021), la permeabilidad máxima determinada en el concreto experimental bajo sustitución del cemento en 10% por vidrio reciclado molido fue de 72.23% (72.23 mm), el cual no cumple para su uso en construcción. De este resultado, podemos mencionar que la permeabilidad mínima determinada en nuestro caso fue de 31.76% (31.76 mm) (1^{era} adición), el cual es muy inferior.

Del diseño de la pavimentación rígida: Se determinaron los espesores de cada capa del pavimento rígido, en base al valor calculado del EAL de diseño de la vía en estudio y de los resultados de los CBR convencionales y experimentales, bajo la premisa evaluada con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Cabe mencionar, que cualquier tipo de vía, una vez pavimentada, percibe mayor flujo vehicular por eventualidades ajenas al diseño, como el caso de cierre de vías adyacentes por reparación o mantenimiento de los servicios básicos, paralizaciones, festividades políticas o patronales, entre otras, lo que conllevó a contemplar el aumento del espesor de la carpeta de rodadura en 5 cm más, puesto que por el método AASHTO 93, los espesores para todos los pavimentos rígidos evaluados fue de 0.15 m (15 cm), ya que el volumen de tráfico vehicular adicional que puede generarse por las eventualidades descritas, supera en muchos casos la capacidad máxima de diseño inicial.

En lo que concierne al diseño de la pavimentación convencional, se empleó un CBR (95%) promedio de 7.38%, con el EAL de 20741.559 EE y concreto con $f'c$ de 280 kg/cm^2 , del cual se obtuvo un espesor de 0.15 m (15 cm) para la subbase, 0.15 m (15 cm) para la base y 0.20 m (20 cm) para la losa (paños de concreto con juntas de construcción horizontal y vertical). Para la pavimentación rígida experimental (1^{era} adición: 75% PCH + 25 % CCA), se utilizó un CBR (95%) promedio de 6.48%, el mismo EAL de 20741.559 EE y $f'c$ de 280 kg/cm^2 , del cual se obtuvo un espesor de 0.15 m (15 cm) para la subbase, 0.15 m (15 cm) para la base y 0.20 m (20 cm) para la losa de concreto.

En lo que respecta a la pavimentación rígida experimental (2^{da} adición: 50% PCH + 50 % CCA), se utilizó un CBR (95%) promedio de 6.31%, el mismo EAL de 20741.559 EE y $f'c$ de 280 kg/cm^2 , del cual se obtuvo un espesor de 0.15 m (15 cm) para la subbase, 0.15 m (15 cm) para la base y 0.20 m de concreto, mientras que la pavimentación rígida experimental (3^{era} adición: 25% PCH + 75 % CCA), se utilizó un CBR (95%) promedio de 7.36%, el mismo EAL de 20741.559 EE y $f'c$ de 280 kg/cm^2 , del cual se obtuvo un espesor de 0.15 m (15 cm) para la subbase, 0.15 m (15 cm) para la base y 0.20 m (20 cm) para la losa de concreto respectivamente.

Del estudio de rentabilidad: De acuerdo al ACU y metrados, se determinaron los montos de la pavimentación rígida convencional como experimental. Dichos montos corresponden la suma de S/ 431488.02 (pavimento rígido convencional), S/. 411348.12 (pavimento rígido experimental: 1^{era} adición), S/. 408226.33 (pavimento rígido experimental: 2^{era} adición) y S/. 404815.03 (pavimento rígido experimental: 3^{era} adición),

El costo de producción de concreto por m³ para la parte convencional fue de S/. 562.16, mientras que para la parte experimental fueron de S/. 540.07 (1^{era} adición), S/. 536.12 (2^{da} adición) y S/. 531.29 (3^{era} adición). En cuanto al costo de estabilización del suelo por m² fueron de S/. 25.38 (convencional), S/. 18.25 (1^{era} adición), S/. 17.25 (2^{da} adición) y S/. 16.26 (3^{era} adición).

Las rentabilidades económicas determinadas en función a términos financieros y conceptos de adelanto de obra, respecto a la pavimentación rígida convencional, fueron de 4.90% (pavimentación rígida experimental: 1^{era} adición), 5.70% (pavimentación rígida experimental: 2^{da} adición) y 6.59% (pavimentación rígida experimental: 3^{era} adición) respectivamente.

Conclusiones

La vía planteada fue en la Calle El Vaticano Mz “E” S/N del Sector Las Brisas de la Ciudad de Chiclayo, y conforme al estudio de tráfico ejecutado, se determinó un EAL de diseño de 20741.56 EE, del cual se pudo clasificar a la calle como local de 4^o orden y de baja transitabilidad de 3^{er} orden, y a su vez, se consideró el estudio de la estabilización experimental en dicha vía.

De acuerdo a los procedimientos del ensayo térmico diferencial DTA en el laboratorio de la FIQIA de la UNPRG, la CCA presentó dos picos alrededor de 100 °C y 220 °C y una absorción térmica a 430 °C. Mientras que el PCH, gira en torno a 130 °C y 250 °C, cuya absorción térmica alcanza los 900 °C.

Se ensayó una mezcla de 1.5 g de CCA y PCH, del cual, cuando se encuentran activadas térmicamente, sufren caídas de masa. La CCA pierde un 53% de su masa total a una temperatura de 80 °C a 340 °C. En el caso del PCH, esta pierde un 45% de su masa a una temperatura de 750 °C.

Se evaluó el potencial de hidrógeno mediante ensayo de fluorescencia de rayos-X (FRXDE), cuyos valores determinados para la cáscara de arroz fueron de 9.87% (1^{era} adición) y 6.58% (2^{da} y 3^{era} adición); mientras que para la cáscara de huevo se obtuvo 13.78% (1^{era} adición) y 9.19% (2^{da} y 3^{era} adición) respectivamente. Para las adiciones combinadas bajo sustitución del cemento en 10%, se hallaron valores de 12.67% (1^{era} adición), 8.454% (2^{da} adición) y 8.445% (3^{era} adición).

De acuerdo a los diseños realizados por ACI, se determinó 0.466 de a/c en el concreto convencional, mientras que para los concretos experimentales, se obtuvieron valores de 0.407 (1^{era} adición) y 0.427 (2^{da} y 3^{era} adición) respectivamente.

Los resultados correspondientes al diseño de mezcla de concreto convencional en peso fue de 1 (bolsa de cemento) : 1.61 (arena gruesa) : 2.62 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua); y en volumen de 1 (bolsa de cemento) : 1.54 (arena gruesa) : 2.70 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua). Mientras que para experimentales (peso) fueron 0.90 (bolsa de cemento) : 0.10 (75% PCH

+ 25% CCA) : 1.49 (arena gruesa) : 1.72 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua) (1^{era} adición), 0.90 (bolsa de cemento) : 0.10 (50% PCH + 50% CCA) : 1.44 (arena gruesa) : 1.76 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua) (2^{da} adición), 0.90 (bolsa de cemento) : 0.10 (25% PCH + 75% CCA) : 1.44 (arena gruesa) : 1.76 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua) (3^{era} adición); y en volumen fueron de 0.90 (bolsa de cemento) : 0.10 (75% PCH + 25% CCA) : 1.42 (arena gruesa) : 1.77 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua) (1^{era} adición), 0.90 (bolsa de cemento) : 0.10 (50% PCH + 50% CCA) : 1.38 (arena gruesa) : 1.82 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua) (2^{da} adición), 0.90 (bolsa de cemento) : 0.10 (25% PCH + 75% CCA) : 1.38 (arena gruesa) : 1.82 (piedra chancada) / 19.80 litros (agua) (3^{era} adición).

La resistencia de diseño tanto para el concreto convencional como experimental fue de 364 kg/cm², del cual, el factor de compresión convencional fue 387.03 kg/cm². Respecto al concreto experimental fueron 375.33 kg/cm² (1^{era} adición), 349.40 kg/cm² para la (2^{da} adición) y 346.51 kg/cm² (3^{era} adición), siendo el diseño experimental de la 1^{era} adición, la que otorga mayor resistencia a la compresión respecto a las otras adicciones.

La permeabilidad promedio para el concreto convencional fue de 33.16%, mientras que para los concretos experimentales fueron de 36.78% (1^{era} adición), 39.01% (2^{da} adición) y 42.92% (3^{era} adición) respectivamente; siendo el concreto experimental de la 1^{era} adición, la menos permeable, y por ende, la que tiene mayor probabilidad de durabilidad en el tiempo ante efectos de agentes externos.

La cáscara de arroz tiene un valor aproximado en el mercado de S/.1.64 por kg y la cáscara de huevo de S/.14.76 por kg, que sumados dan un costo total de S/.16.24. Al evaluar el costo unitario de concreto convencional por m³, obtenemos ahorros de 1.04% (1^{era} adición), 1.05% (2^{da} adición) y 1.06% (3^{era} adición). Mientras que para la estabilización experimental por m², se obtuvo ahorros de 1.39% (1^{era} adición), 1.47% (2^{da} adición) y 1.56% (3^{era} adición) respectivamente; y de acuerdo a los valores técnicos obtenidos por estabilización del suelo, compresión y permeabilidad, la 1^{era} adición es la que mejor respuesta estructural otorga respecto a una pavimentación rígida convencional, dado que representa un ahorro económico general de 4.90% para las partidas que involucran una pavimentación rígida de baja transitabilidad.

Las cantidades determinadas para la producción del concreto convencional en base a 12 probetas fueron de 26.35 kg (cemento) : 45.41 kg (arena gruesa) : 66.12 kg (piedra chancada) / 12.25 l (agua). Para el modificado 23.71 (cemento) : 1.98 (PCH) : 0.66 kg (CCA) : 44.95 kg (arena gruesa) : 51.89 kg (piedra chancada) / 12.21 l (agua) (1^{era} adición), 23.71 kg (cemento) : 1.32 kg (PCH) : 1.32 kg (CCA) : 41.70 kg (arena gruesa) : 50.61 kg (piedra chancada) / 12.23 l (agua) (2^{da} adición) y 23.71 kg (cemento) : 0.66 kg (PCH) : 1.98 kg (CCA) : 41.70 kg (arena gruesa) : 50.65 kg (piedra chancada) / 12.23 l (agua) (3^{era} adición).

El costo por m³ de producción de concreto convencional determinado fue de S/. 562.16, mientras que para los concretos experimentales fueron de S/. 540.07 (1^{era} adición), S/. 536.12 (2^{da} adición) y S/. 531.29 (3^{era} adición). Podemos concluir que el concreto experimental (3^{era} adición) representa un ahorro económico de 1.06% respecto al concreto convencional; mientras que entre los demás concretos experimentales, esta representa un ahorro de 1.02% y 1.01%. En lo que concierne a la estabilización convencional, el costo por m² fue de S/. 25.38. Para las estabilizaciones experimentales, los costos de estabilización hallados fueron de S/. 18.25 (1^{era} adición), S/. 17.25 (2^{da} adición) y S/. 16.26 (3^{era} adición). Del mismo modo, la 3^{era} adición es la más económica respecto a la estabilización convencional en 1.56%, mientras que entre las adiciones restantes, implica un ahorro de 1.12% y 1.06% respectivamente.

De acuerdo al análisis de la rentabilidad económica de una pavimentación experimental con cáscara de arroz y de huevo respecto a una convencional es de 4.90% (1^{era} adición), 5.70% (2^{da} adición) y 6.59% (3^{era} adición), siendo la 3^{era} adición la más óptima y la que otorga mayor índice de rentabilidad, cuyo valor final neto es de S/. 214,960.30.

Recomendaciones

Las cantidades a emplear, deben determinarse de manera correcta en los laboratorios especializados, ya que sí se tomaran valores de manera empírica o aleatoria, pueden influir negativamente en los resultados, al no aplicarse adecuadamente el proceso de estabilización del suelo como la producción del concreto, tanto convencional como experimental.

Efectuar investigaciones cuyos porcentajes sustitutivos sean mayores al 10%, con la finalidad de conocer la respuesta de aumento o disminución del CBR que puede alcanzar una subrasante en específico, por adiciones combinadas con estos materiales.

Llevar a cabo investigaciones químicas con cáscara de arroz y de huevo con diferentes grados de temperatura, ya que una calcinación controlada puede otorgar puzolanas más reactivas, y por ende, no lograrían aumentar las capacidades estabilizadoras y cementantes de una determinada pavimentación rígida de baja transitabilidad.

Realizar estabilizaciones en suelos arcillosos para determinar su comportamiento, dado que los resultados de la presente investigación, corresponden a un suelo mixto.

Para producción de concretos experimentales, realizar sustituciones de cemento mayores al 10% con la combinación estudiada, cuyo propósito determine la compresión y permeabilidad que pueden alcanzar los especímenes de concreto.

Debido a que la cáscara de huevo fue triturada de manera manual, se recomienda que el insumo mencionado pase por la malla #200, ya que se podría obtener resultados mucho más confiables, puesto que a mayor fineza, la cáscara de huevo trabajaría mucho mejor como agente puzolánico con el cemento.

Disminuir la cantidad de agua empleada en las mezclas de concreto experimental con cáscara de arroz y de huevo, podría obtenerse asentamientos similares, por lo que la reducción de a/c, permitiría obtener concretos óptimos para la construcción de pavimentos rígidos de baja transitabilidad.

Se sugiere la evaluación del concreto experimental empleando a/c inferior a 0.407, ya que podría mejorar los resultados obtenidos de permeabilidad.

Se recomienda que se corroboren los resultados obtenidos, dado a que la composición química de estos insumos es distinta entre sí, por lo que los resultados descritos pueden verse variados.

Siendo, la cáscara de huevo y la cáscara de arroz, residuos orgánicos; sería importante realizar futuras investigaciones orientadas a determinar el ciclo de vida del concreto experimental.

Considerando que los agregados utilizados en el concreto experimental pasan por un proceso de incineración, lo cual, produce dióxido de carbono, se recomienda realizar investigaciones que determinen la huella de carbono que deja el uso de los mismos.

El uso de residuos agroindustriales no solo reduce el volumen de desechos, sino que también promueve una economía circular y sostenible en la región de Lambayeque. Este proyecto tiene el potencial de generar una solución innovadora para la construcción de infraestructuras con menos emisiones de CO₂ y a un menor costo. En ese sentido se recomienda teniendo como base esta tesis, realizar futuras investigaciones orientadas al Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y por consiguiente el cálculo de la huella de carbono (HC) de la presente investigación.

Si bien es cierto los porcentajes adicionados de cáscara de arroz y de huevo en la producción de concreto para estabilización de suelos en pavimentos rígidos, fue tomado en base a antecedentes de investigaciones pasadas, un diseño óptimo que mejoraría la presente investigación es hallar los porcentajes antes descritos en base a un diseño de muestra o diseño de experimentos, sustentado en la ciencia estadística utilizando teorías matemáticas y técnicas para modelar incertidumbres.

Referencias bibliográficas

- [1] Loayza Goicochea, Percy. “Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca. Perú, 2014.
- [2] Alvarado Ruíz, Cinthya Vanessa y Guerra Morillo, Alfredo Carlos. “Influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz activada alcalinamente sobre la estabilización ecológica de la mezcla suelo – sedimento en la Provincia de Virú”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 2018.
- [3] Llamoga Vásquez, Luz Yanet. “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte. Perú, 2017.
- [4] Meenakshi D., Anil M., Ankit M., Chhinder P., & Kirti S. “Efecto del uso de polvo de cáscara de huevo y micro sílice parcialmente en el lugar del cemento en concreto M25”. India, 2016.
- [5] Vizcarra Arapa, Santiago y Lujan Cabrera, Ismael Lorenzo. “Análisis experimental de las características mecánicas de la subrasante arcillosa del camino vecinal N° SM-707 Tarapoto – San Francisco de Río Mayo estabilizada con 3% de cal tras la adición de Cenizas de Cáscara de Arroz (CCA)”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú, 2021.
- [6] E. Matthey, Pedro; A. Robayo, Rafael; E. Díaz, Jherson; Delvasto, Silvio y Monzó José. “Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agroindustrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales”. Universidad del Valle, Cali – Colombia y Universidad Politécnica de Valencia – España. Colombia, 2015.
- [7] Mory Espinoza, Wuelmer Antenor. “Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas”. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura. Perú, 2020.
- [8] López Barbarán, Junior. “Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba - Departamento de San Martín”. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias Aplicadas. Perú, 2021.

- [9] Ramal Montejo, Rodolfo; Raymundo Juárez, José Emmanuel y Chávez Ancajima, Jhonatan Smith. “Materiales alternativos para estabilizar suelos: El uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Señor de Sipán. Perú, 2020.
- [10] García Santos, Ximena Julieta. “Mejoramiento de un suelo arcilloso de la localidad de Pacaisapa – Ayacucho utilizando residuos industriales para evaluarlo en muro hipotético de tierra estabilizado mecánicamente (MSEW)”. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias Aplicadas. Perú, 2019.
- [11] Saldaña Cabanillas, Juan Carlos. “Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz”. Facultad de Ingeniería de la Universidad San Pedro. Perú, 2018.
- [12] Norma Técnica Peruana E.050. “Suelos y Cimentaciones”, Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [13] Norma Técnica Peruana CE.020. “Estabilización de suelos y taludes”, Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [14] Norma Técnica Peruana E.060. “Concreto armado”. Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [15] Instituto Americano del Concreto. “Reglamento Estructural para Edificaciones”. Comité ACI. EE.UU, 2018.
- [16] Método AASHTO. “Diseño de Pavimentos Rígidos”. EEUU, 1993.
- [17] Norma Técnica Peruana CE.010. “Pavimentos Urbanos”, Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú, 2018.
- [18] Norma Británica. Ensayos físicos – químicos. Parte 812. Reino Unido, 1988.

Anexos

Anexo 1. Factores de corrección vehículos ligeros

CÓDIGO	PEAJE	FACTORES DE CORRECCIÓN PROMEDIO PARA VEHÍCULOS LIGEROS (2010 - 2016)											
		ENERO LIGEROS	FEBRERO LIGEROS	MARZO LIGEROS	ABRIL LIGEROS	MAYO LIGEROS	JUNIO LIGEROS	JULIO LIGEROS	AGOSTO LIGEROS	SEPTIEMBRE LIGEROS	OCTUBRE LIGEROS	NOVIEMBRE LIGEROS	DICIEMBRE LIGEROS
P001	AGUAS CALIENTES	0.994	0.980	1.101	1.073	1.104	1.145	0.949	0.973	0.999	1.034	1.030	0.945
P002	AGUAS CLARAS	1.034	1.098	1.133	1.046	0.925	0.903	0.917	0.918	1.089	1.012	1.073	0.917
P003	AMBO	0.722	0.901	0.967	0.754	0.733	0.723	0.719	0.903	1.029	0.942	0.998	0.925
P004	ATCO	0.949	0.739	1.079	1.018	1.159	1.174	0.971	0.993	1.021	0.942	1.159	0.921
P005	AYARI	0.993	0.937	1.003	1.070	1.103	1.079	0.944	0.918	0.942	1.002	1.046	0.973
P006	CAMANA	0.925	0.904	1.039	1.293	1.008	1.361	1.254	1.279	1.370	1.203	1.293	0.944
P007	CANCAS	0.972	0.973	1.094	1.121	1.103	1.210	0.972	0.930	1.016	1.019	1.029	0.994
P008	CARACOTO	1.076	0.996	1.094	1.030	1.070	1.071	0.993	0.977	0.983	0.992	1.077	0.794
P009	CASARACA	1.141	1.104	1.229	0.991	0.940	1.045	0.941	0.921	1.209	0.979	1.145	0.999
P010	CAYC	1.082	1.099	1.354	1.065	1.072	1.072	0.916	0.917	0.923	0.914	1.119	0.917
P011	COGACANCHA	1.021	1.092	1.130	1.001	1.079	1.095	0.917	0.913	0.920	0.949	0.974	0.739
P012	CHACAPAMPA	1.042	0.971	0.988	1.003	1.060	1.268	1.049	0.917	0.919	0.921	1.098	0.979
P013	CHAUHUAPUQUEO	1.104	1.204	1.217	1.047	1.013	1.047	0.907	0.914	1.045	0.947	1.094	0.979
P014	CHICAMA	0.991	0.928	1.036	1.047	1.033	1.077	0.998	0.945	1.033	1.018	1.041	0.743
P015	CHILCA	0.991	0.979	0.704	1.004	1.547	1.013	1.032	1.429	1.546	1.241	1.187	0.921
P016	CHULLQUI	1.049	1.079	1.039	1.010	1.030	0.907	0.933	0.919	0.945	0.937	1.033	0.929
P017	CHULLCANAS	1.010	1.009	1.195	1.125	1.003	1.074	0.971	0.912	0.943	0.979	0.945	0.732
P018	CIUDAD DE DIOS	0.938	0.916	1.100	0.738	1.004	0.971	0.912	0.912	1.062	0.900	1.094	0.944
P019	CORCONA	1.146	1.191	1.203	1.039	0.974	1.038	0.739	0.975	1.085	0.992	1.123	0.988
P020	CRUCE SAYOVAR	0.923	0.946	1.003	1.074	1.152	1.193	0.940	0.994	1.194	0.940	1.081	0.973
P021	CUCULI	0.998	1.009	1.124	1.174	1.127	0.945	0.974	0.918	0.949	0.971	0.972	1.019
P022	DESIVO OLMOS	0.976	1.015	1.132	1.100	1.141	1.098	0.947	0.916	0.919	0.952	1.030	0.779
P023	DESIVO TALARA	0.999	0.979	1.046	1.040	1.149	1.174	0.945	0.909	1.103	1.030	1.032	1.031
P024	EL FISCAL	0.940	0.941	1.029	1.013	1.071	1.129	1.019	0.908	1.009	1.072	1.071	0.936
P025	EL PARASO	0.925	0.915	1.057	0.957	1.114	1.149	0.912	0.973	1.190	1.010	1.029	0.751
P026	FORTALEZA	0.911	0.973	1.010	1.012	1.142	1.102	0.975	1.018	1.197	1.074	1.154	0.925
P027	HUACRAPUQUEO	0.964	0.929	0.919	0.795	1.154	0.961	0.975	0.947	0.945	0.970	1.159	0.979
P028	HUARMAY	0.925	0.904	1.129	1.010	1.098	1.198	0.954	0.959	1.133	1.042	1.149	0.919
P029	ICA	0.982	0.919	1.071	1.074	1.106	1.139	0.933	0.930	1.021	0.979	1.176	0.998
P030	ILAVE	1.034	0.956	0.976	1.011	1.106	1.046	0.963	0.739	1.049	1.039	1.132	0.987
P031	ILO	0.936	0.939	1.017	1.017	1.072	1.109	1.108	1.030	0.964	1.040	1.042	0.932
P032	JAHURI - CHINCHA	0.993	0.972	1.016	0.975	1.129	1.109	0.999	0.902	1.141	1.039	1.029	0.947
P033	LOMA LARGA BAJA	1.042	1.279	1.375	1.297	1.179	1.025	0.920	0.905	0.921	0.919	0.910	0.705
P034	LIMAJUANA	1.079	1.009	1.046	0.915	1.012	1.145	0.919	0.919	1.121	0.971	1.072	1.072
P035	MACUSANI	1.061	1.009	1.040	1.091	1.105	1.109	0.909	0.912	1.029	0.917	1.040	0.798
P036	MARCONA	0.982	0.991	0.992	1.008	1.040	1.030	1.041	1.019	1.033	1.071	1.037	0.799
P037	MATARAMI	0.970	0.986	0.993	1.079	1.119	1.097	1.019	1.019	1.509	1.414	1.391	0.791
P038	MENOCUCHO	0.917	1.007	1.011	1.071	1.046	1.073	0.932	0.904	1.054	0.923	0.709	0.939
P039	MOQUE	1.079	0.971	1.049	1.059	1.049	0.992	0.999	0.954	1.021	1.019	1.093	0.945
P040	MONTALVO	0.946	0.979	1.047	1.054	1.054	1.109	1.048	1.071	1.254	1.067	1.023	0.910
P041	MORROPPE	0.953	0.941	1.021	1.144	1.149	1.171	0.939	0.907	1.020	0.975	1.046	0.946
P042	MOYDAMBA	1.050	1.098	1.003	1.009	1.019	0.979	0.949	0.973	0.971	0.979	0.981	0.938
P043	NAJCA	0.991	0.954	1.047	1.079	1.074	1.037	0.921	0.929	1.091	1.019	1.079	1.037
P044	PACANGUILA	0.997	0.930	1.094	1.071	1.109	1.156	0.919	0.959	1.104	1.041	1.039	0.983
P045	PACSA	1.032	1.010	1.023	0.909	1.074	1.071	0.941	0.949	1.030	0.949	1.050	0.994
P046	PATA	0.939	0.939	0.965	1.004	1.109	1.102	1.040	1.095	1.024	1.049	1.015	0.791
P047	PAMPA CUELLAR	1.047	0.949	1.091	1.096	1.151	1.197	0.943	0.790	1.077	1.024	1.047	0.919
P048	PAMPA GALERA	0.982	1.020	1.125	1.119	1.067	1.042	0.919	0.796	1.046	1.071	1.139	0.939
P049	PAMPAMARCA	0.970	0.975	1.029	1.098	1.109	1.092	0.973	0.949	0.939	0.919	0.999	0.940
P050	PASAJUAS	1.097	0.949	1.190	1.074	1.127	1.119	0.919	0.795	1.095	0.974	1.019	0.920
P051	PEZRO RUIZ	0.970	1.097	1.140	1.110	1.112	1.042	0.949	0.909	0.943	0.974	1.039	0.793
P052	PICHIRUA	1.049	1.104	1.139	1.072	1.024	1.092	0.999	0.979	0.974	0.967	1.072	0.779
P053	PURA SULLANA	1.122	1.099	1.179	1.097	1.059	1.067	0.946	0.973	0.983	0.979	0.940	0.794
P054	PLANCHON	1.022	1.022	1.079	1.040	1.099	1.047	0.940	0.913	0.919	0.919	1.047	0.794
P055	POMAHUACA	0.983	0.987	1.144	1.199	1.140	1.097	0.992	0.949	0.941	0.960	1.079	0.732
P056	PONGO	1.034	1.046	1.099	1.099	1.097	1.039	0.939	0.911	0.979	0.999	0.999	0.995
P057	POZO REDONDO	0.929	0.992	1.019	1.092	1.102	1.099	1.095	1.043	1.199	1.099	1.092	0.947
P058	PUNTA PERDIDA	0.949	0.910	1.129	1.219	1.401	1.401	0.999	0.974	1.194	1.022	1.099	1.079
P059	QUILLA	1.171	1.109	1.291	1.095	1.019	1.073	0.919	0.979	0.989	0.964	1.119	0.917
P060	RUMICHACA	1.079	0.949	1.037	0.979	1.202	1.140	0.977	0.979	1.249	1.071	1.173	0.991
P061	SAN ANTON								1.091	1.299	0.909	1.037	0.999
P062	SAN GABRIEL	1.000	0.919	1.079	1.094	1.122	1.094	0.970	0.909	0.949	0.939	0.979	0.919
P063	SAN LORENDO	0.976	1.029	1.119	1.099	1.104	1.037	0.979	0.934	0.972	0.951	1.023	0.793
P064	SANTA LUCIA	1.019	0.941	1.131	1.102	1.114	1.109	0.999	0.793	1.070	1.017	1.054	0.949
P065	SAYLA	1.047	0.949	1.122	1.099	1.094	1.099	0.919	0.919	0.939	0.982	0.979	0.939
P066	SERPENTE DE PASAMAYO	1.082	1.072	1.099	1.094	1.046	1.094	0.999	0.919	1.037	1.092	1.042	0.993
P067	SICUYANI	1.007	0.929	1.039	1.095	1.133	1.159	0.911	0.791	1.079	1.095	1.195	1.039
P068	SOCOS	1.291	0.974	0.947	0.909	1.094	1.071	0.947	0.994	1.015	1.040	1.039	0.994
P069	TAMBORANDE	0.919	0.959	1.047	1.109	1.099	1.091	1.042	1.042	1.292	0.999	0.912	0.932
P070	TAMAGURI	0.987	0.979	1.042	1.093	1.129	1.099	1.079	0.999	0.993	1.077	1.044	0.779
P071	TUNAN	1.072	1.099	1.124	1.010	1.045	1.099	0.959	0.921	0.974	0.993	1.119	0.999
P072	UNION PROGRESO	1.047	1.093	1.046	1.097	1.094	1.072	0.999	0.937	0.974	1.019	1.041	0.794
P073	UTICUSAMBA	1.291	1.094	1.091	1.097	1.091	1.029	0.943	0.999	0.999	0.999	0.929	0.794
P074	VARIANTE DE PASAMAYO	0.946	0.914	1.043	0.943	1.005	1.119	0.944	0.942	1.077	0.999	1.079	0.779
P075	VARIANTE DE UCHUMAYO	0.771	0.979	1.046	1.147	1.195	1.129	1.040	1.107	1.107	1.107	1.147	0.946
P076	VEGUE	0.941	0.994	1.049	1.092	1.142	1.159	1.019	1.027	1.107	1.027	1.022	0.940
P077	VIRU	1.019	0.940	1.099	1.099	1.119	1.121	0.999	1.031	1.049	0.999	0.999	0.971
P078	YAUCA	0.993	0.999	1.093	1.039	1.119	1.121	0.999	0.940	1.191	1.091	1.139	0.910

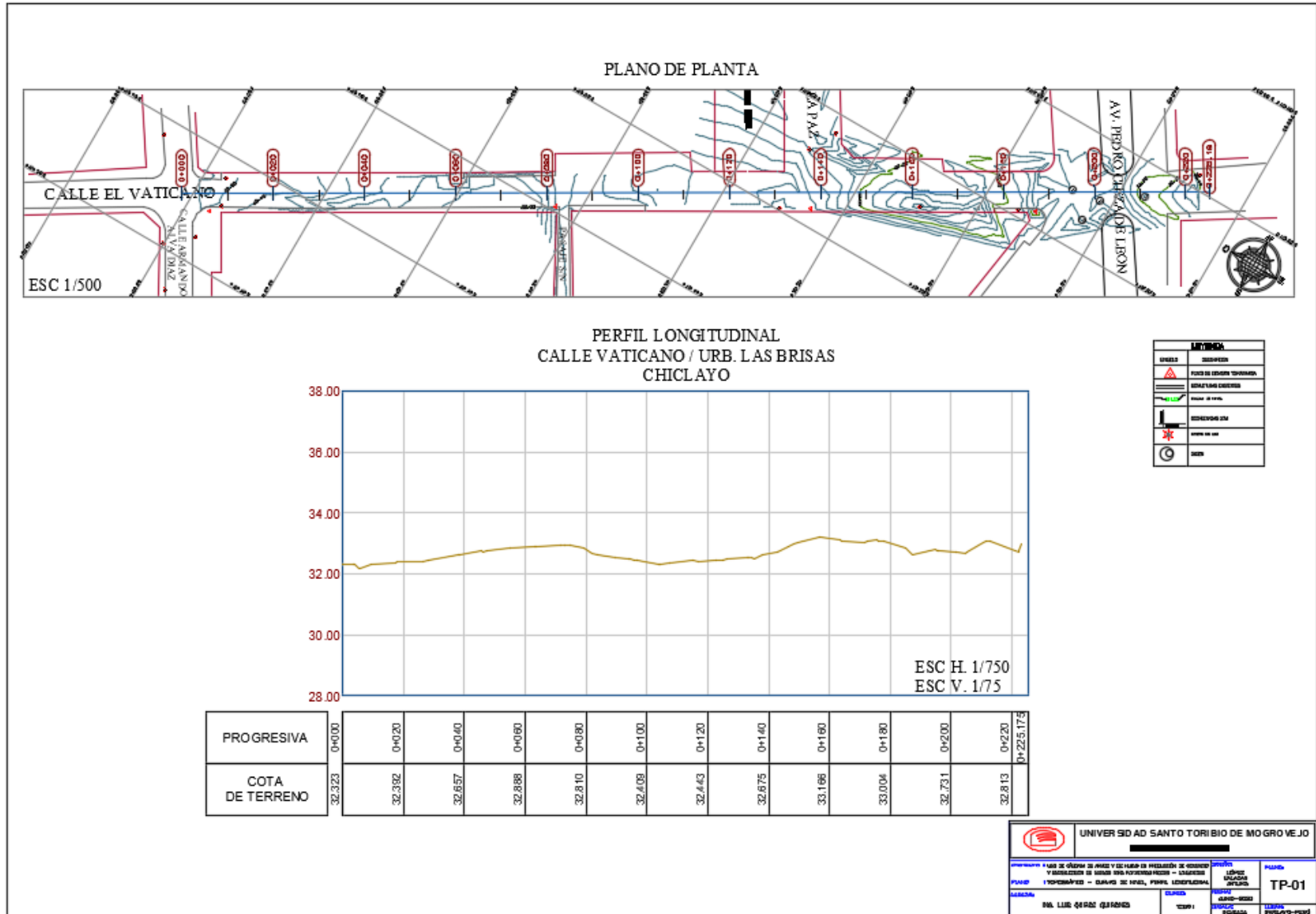
Fuente: Unidades Peaje PVN.
Elaboración: OCGP.

Anexo 2. Corrección (vehículos pesados)

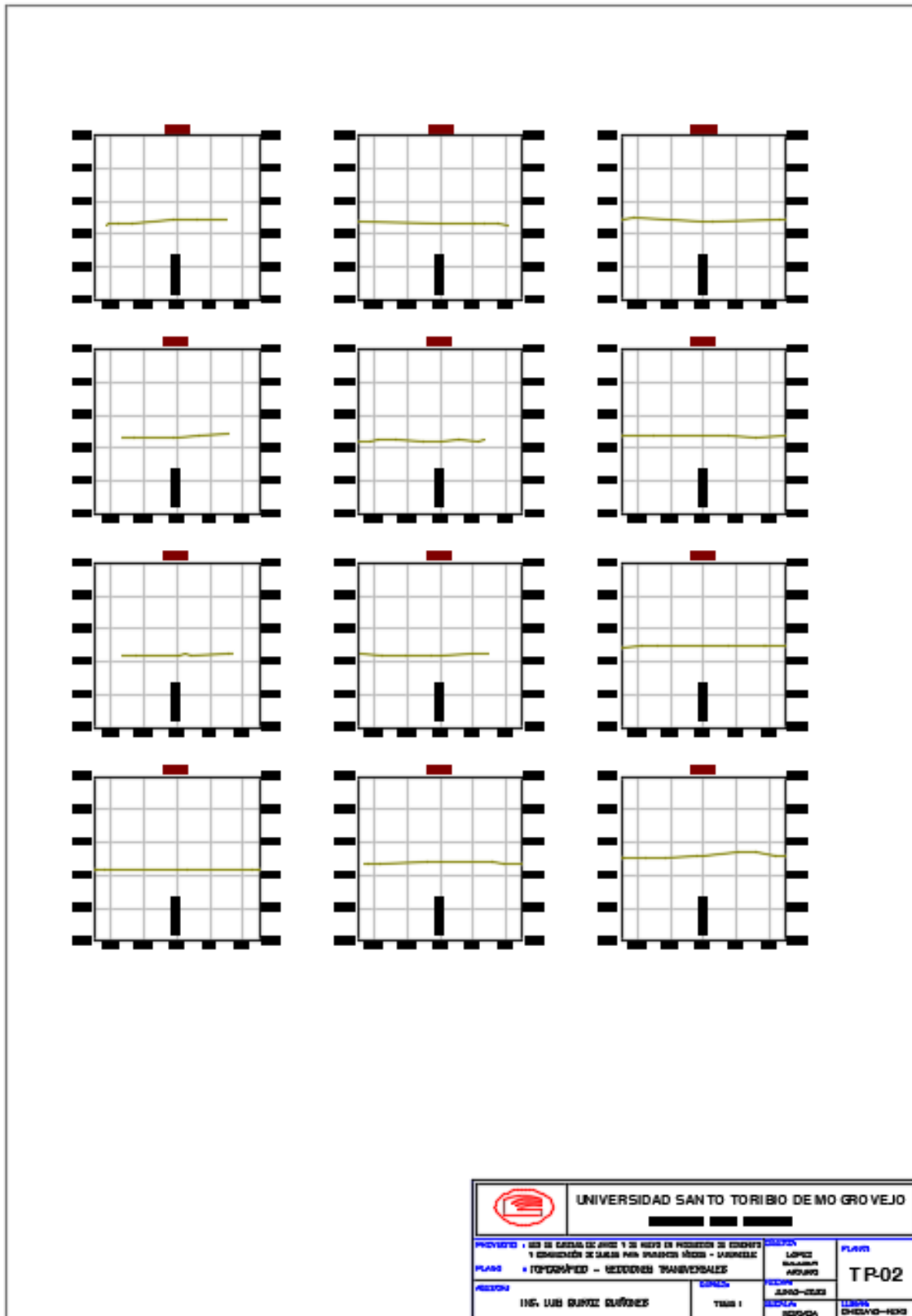
FACTORES DE CORRECCIÓN PROMEDIO PARA VEHÍCULOS PESADOS (2010 - 2016)													
CÓDIGO	PEAJE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICEMBRE
		PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS	PESADOS
P001	AGUAS CALIENTES	1.034	0.971	1.090	1.051	1.070	1.124	0.921	0.974	0.922	0.904	0.943	0.920
P002	AGUAS CLARAS	1.067	1.016	0.961	1.030	0.970	0.923	0.940	0.927	0.910	1.000	1.090	0.920
P003	AMBO	0.797	0.709	0.853	0.782	0.746	0.725	0.750	1.066	1.006	0.922	0.942	0.947
P004	ATCO	1.002	0.991	1.026	1.043	1.032	1.026	1.030	0.992	0.926	0.923	0.923	0.946
P005	AYAVIR	1.077	1.007	1.025	1.023	1.011	1.019	0.994	0.925	0.922	0.946	0.946	0.923
P006	CAMANA	0.970	0.992	1.040	1.070	1.004	1.020	1.070	1.006	1.006	0.947	0.976	0.925
P007	CANCAS	1.060	0.990	1.051	1.042	1.054	1.021	1.041	0.924	1.019	0.921	0.943	0.920
P008	CARACOTO	1.069	1.016	1.029	1.045	1.070	1.041	0.942	0.941	0.925	0.943	0.976	0.923
P009	CASARACA	1.123	1.019	1.121	0.979	0.999	0.970	0.972	0.927	0.973	0.923	1.024	0.946
P010	CATAC	1.026	1.007	1.106	1.076	1.019	0.990	0.921	0.972	0.972	0.944	0.990	0.964
P011	CCASACANCHA	1.095	1.020	1.024	1.074	1.015	0.946	0.960	0.920	0.920	0.926	0.916	0.925
P012	CHACAPAMPA	1.020	0.927	0.996	1.091	1.077	1.041	1.046	0.929	0.946	0.929	0.923	1.027
P013	CHAUHUAPUQUIO	1.071	1.000	1.064	1.060	1.023	0.923	0.941	0.921	0.966	0.942	0.946	0.946
P014	CHICAMA	0.970	0.995	1.027	1.076	1.006	1.042	1.047	0.929	0.926	0.914	0.945	0.964
P015	CHILCA	0.971	0.973	1.033	1.049	1.022	1.021	1.041	0.970	0.969	0.969	0.924	0.973
P016	CHILLQUI	0.921	0.920	1.024	1.076	1.006	1.042	1.071	0.925	0.973	0.916	1.040	0.927
P017	CHULLUCANAS	1.042	0.972	1.134	1.130	1.039	1.044	1.025	0.926	0.923	0.916	0.990	0.966
P018	CIUDAD DE DIOS	0.912	0.990	1.126	1.039	0.970	1.022	1.036	1.039	1.007	0.925	0.913	0.926
P019	CORDONA	1.021	1.004	1.121	0.926	0.946	0.976	0.979	0.923	0.976	0.976	1.000	0.921
P020	CRUCE BAYOVAR	0.925	0.917	1.043	1.054	1.047	1.026	1.060	0.970	1.015	0.970	0.924	0.922
P021	CUCULI	0.944	1.049	1.130	1.110	1.078	0.976	0.926	0.923	0.924	0.943	0.940	1.026
P022	DESVO OMBOS	1.070	1.054	1.067	1.067	1.020	1.042	0.927	0.917	0.924	0.927	0.910	0.940
P023	DESVO TALARA	1.024	0.970	1.046	1.045	1.040	1.046	1.036	0.922	0.922	0.927	0.940	0.926
P024	EL FISCAL	0.993	0.914	1.073	1.031	1.046	1.124	1.020	1.020	1.026	0.910	0.972	0.924
P025	EL PARASO	1.039	0.990	1.024	1.021	1.037	1.023	1.017	0.976	0.969	0.974	0.922	0.946
P026	FORTALEZA	1.006	0.946	1.025	1.070	1.042	1.027	1.071	0.923	0.946	0.927	0.910	0.920
P027	HUACRAPUQUIO	0.990	0.921	0.943	0.946	1.020	1.024	0.925	0.970	0.920	0.926	1.114	0.924
P028	HUARMAY	1.026	1.043	1.171	1.166	1.147	1.020	0.927	0.947	0.947	0.926	0.920	0.970
P029	ICA	0.992	0.944	1.016	1.047	1.026	1.027	1.024	0.924	0.946	0.926	1.026	0.923
P030	ILAVE	1.027	0.943	0.990	1.016	1.022	1.026	1.070	0.926	1.074	1.000	1.127	1.076
P031	IO	1.069	1.047	1.075	0.987	1.020	1.040	1.046	1.020	0.926	0.920	0.947	0.946
P032	JAHUAY - CHINCHA	1.046	0.923	1.026	1.047	1.042	1.020	1.010	0.926	0.927	0.920	0.920	0.921
P033	LOMA LARGA BAJA	0.964	1.001	1.202	1.094	1.054	1.019	0.925	0.924	0.947	0.925	0.920	0.944
P034	LUNAHUANA	1.117	1.002	1.043	1.046	0.999	1.046	0.923	0.926	0.976	0.944	0.926	1.020
P035	MACUSANI	1.072	1.027	1.000	1.072	1.100	1.026	1.251	0.920	0.926	0.926	0.920	0.940
P036	MARCONA	1.011	0.917	0.929	1.027	1.101	1.023	1.044	1.026	1.022	0.926	0.920	0.926
P037	MATARANI	0.979	0.921	1.020	1.080	1.070	1.020	1.070	1.046	0.926	0.927	0.976	0.924
P038	MENDOCINO	1.002	1.070	1.120	1.026	0.970	0.926	0.947	0.926	1.001	0.922	0.970	0.942
P039	MOCHE	0.999	0.990	1.099	1.077	1.072	0.999	1.091	0.999	0.999	0.947	0.946	0.976
P040	MONTAVIO	0.976	0.949	1.016	1.030	1.010	0.994	1.070	1.012	1.016	0.920	0.926	0.926
P041	MORROPPE	0.923	0.922	1.016	1.050	1.042	1.041	1.020	1.013	1.040	0.976	0.944	0.973
P042	MOYOBAMBA	1.024	1.016	1.017	1.021	1.040	0.946	0.921	0.923	0.926	0.924	0.974	0.976
P043	NAZCA	1.012	1.012	1.031	1.029	1.027	1.075	0.970	0.974	0.926	0.925	0.926	1.010
P044	PACANGUILLA	0.974	0.947	1.090	1.041	1.042	1.026	1.023	0.921	0.926	0.921	0.923	0.940
P045	PACRA	1.000	1.027	1.019	1.027	1.076	0.946	0.926	0.920	0.924	0.924	0.920	1.026
P046	PATA	1.071	1.044	1.074	1.127	1.140	1.023	1.140	1.073	0.946	0.926	0.920	0.926
P047	PAMPA CUELLAR	1.076	1.000	1.070	1.096	1.121	1.074	0.923	0.946	0.944	0.970	0.946	0.974
P048	PAMPA GALERA	1.003	1.046	1.027	1.024	1.046	1.076	0.923	0.923	0.924	0.917	0.927	0.974
P049	PAMPAMARCA	1.092	1.041	1.061	1.066	1.064	1.021	0.920	0.973	0.973	0.923	0.973	0.973
P050	PANAHUASI	1.042	1.020	1.025	1.070	1.070	1.090	1.074	0.926	0.946	0.942	0.920	0.977
P051	PEDRO RUIZ	1.026	1.020	1.041	1.042	1.034	0.927	1.021	0.923	0.926	0.922	0.970	0.926
P052	PICHIRILIA	1.046	1.077	1.021	1.076	1.042	1.027	0.970	0.972	0.926	0.946	0.925	0.973
P053	PURA SULLANA	1.077	1.002	1.121	1.067	1.020	1.042	1.046	0.923	0.923	0.971	0.920	0.940
P054	PLANCHON	1.040	1.074	1.123	1.217	1.072	1.042	0.941	0.946	0.926	0.926	0.940	0.970
P055	POMAHUACA	1.021	1.024	1.026	1.029	1.027	1.076	0.921	0.921	0.926	0.920	0.940	0.940
P056	PONGO	1.120	1.005	1.072	1.046	0.990	0.970	0.946	0.920	0.927	0.970	0.973	0.942
P057	POZO REDONDO	1.026	0.947	1.012	1.023	1.045	1.044	0.946	0.970	1.045	1.000	0.945	0.923
P058	PUNTA PERDIDA	1.041	1.020	1.071	1.030	1.090	1.124	0.961	0.910	0.926	0.926	0.916	0.922
P059	QUILLA	1.012	1.001	1.004	0.921	0.926	0.976	0.923	0.929	0.976	0.926	1.120	0.977
P060	RUMICHACA	1.011	1.026	1.036	1.016	1.040	0.946	0.921	0.921	0.977	0.917	1.040	1.006
P061	SAN ANTON									1.013	1.046	0.927	1.026
P062	SAN GABAN	1.007	1.020	1.170	1.126	1.125	1.007	1.220	0.920	0.921	0.946	0.920	0.926
P063	SAN LORENZO	1.046	1.066	1.341	1.220	1.126	1.026	0.917	0.940	0.976	0.917	0.924	0.946
P064	SANTA LUCIA	1.070	1.046	1.060	1.061	1.072	1.067	1.026	0.946	0.926	0.926	0.926	0.977
P065	SAYLA	1.026	1.024	1.070	1.021	1.024	1.026	0.926	0.946	0.946	0.927	0.942	0.977
P066	SERPENTE DE PASAMAYO	1.020	1.007	1.031	1.040	1.044	1.046	1.070	0.914	0.943	0.921	0.947	0.973
P067	SICUYANI	1.024	1.014	1.046	1.022	1.076	1.120	1.062	1.017	1.022	0.974	0.911	0.927
P068	SOCOS	1.026	1.017	1.027	1.013	1.024	0.946	0.974	0.921	0.941	0.920	1.040	0.976
P069	TAMBOGRANDE	0.961	0.730	1.120	1.080	1.046	1.220	1.170	1.247	1.126	1.021	0.910	0.974
P070	TOMASRE	0.927	0.920	1.024	0.953	0.927	1.072	1.020	1.040	0.926	0.926	0.946	0.926
P071	TUNAN	1.007	1.000	1.046	1.062	0.924	0.920	0.926	0.926	0.976	0.926	1.021	1.001
P072	UNION PROGRESO	1.140	1.020	1.066	1.026	1.014	1.046	0.927	0.924	0.926	0.972	0.972	0.971
P073	UTCUBAMBA	1.072	1.026	1.021	1.020	1.013	0.976	0.974	0.927	0.946	0.973	0.976	0.922
P074	VARIANTE DE PASAMAYO	0.907	0.920	0.976	1.047	1.076	0.947	1.013	1.007	1.007	1.026	0.946	0.941
P075	VARIANTE DE UCHUMAYO	1.096	0.970	1.046	1.070	1.007	1.046	1.020	0.927	0.946	0.926	0.976	0.976
P076	VEZIQUE	1.020	0.990	1.026	1.010	1.026	1.010	1.026	1.012	1.026	0.923	0.917	0.927
P077	VIRU	1.040	1.012	1.026	1.026	1.042	1.007	1.046	1.010	1.020	0.920	0.926	0.977
P078	YALCA	1.027	0.990	1.022	1.031	1.026	1.042	1.046	0.926	0.923	0.923	0.920	0.947

Fuente: Unidades Peaje PVN OGPP.
Elaboración: OGPP.

Anexo 3. Curvas de nivel, perfil longitudinal



Anexo 4. Plano de secciones transversales



Validación de ensayos físicos – químicos



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



CONSTANCIA

Lambayeque, 03 de mayo del 2023

El que suscribe: Ing. Danny Mesías Chávez Novoa, Jefe de Laboratorio de Polímeros del Departamento de Ingeniería de Materiales de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – Lambayeque.

Hace constar:

Que el Sr. Arturo Leonardo López Salazar, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, identificado con DNI N° 72277027, y de acuerdo a su tesis titulada: "Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque", solicitó nuestros servicios para la realización de los estudios físicos – químicos que demanda la tesis mencionada, para las adiciones descritas de cáscara de arroz y de huevo:

- 1° adición: 75% PCH + 25% CCA.
- 2° adición: 50% PCH + 50% CCA.
- 3° adición: 25% PCH + 75% CCA.

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis termo gravimétrico de cáscara de huevo.
- Análisis termo gravimétrico de cáscara de arroz.
- Análisis de cáscara de huevo calcinada por FRXDE.
- Análisis de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE.
- Análisis de una mezcla de cenizas de cáscara de huevo y de cáscara de arroz por FRXDE.
- Potencial de hidrógeno de polvo de cáscara de huevo.
- Potencial de hidrógeno de polvo de cáscara de arroz.
- Potencial de hidrógeno de ceniza de cáscara de arroz.
- Potencial de hidrógeno de combinación de polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz.
- Potencial de hidrógeno de cemento portland tipo I.
- Potencial de hidrógeno de cemento portland tipo I sustituido en 10% por PCH y CCA.



TECNICO DE LABORATORIO

Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Rivindrey Obilias Ferris
Rivindrey Obilias Ferris
TECNICO DE LABORATORIO

Danny M. Chávez Novoa
DANNY M. CHAVEZ NOVOA
ING. MATERIALES
R. QP. 4855
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG

Anexo 5. Ensayos físicos - químicos: 1^{era} adición (75% PCH + 25% CCA)



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 10 de abril del 2023

INFORME N° 24 – ABRIL – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

1. MUESTRA: Cáscara de huevo (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH-24AB	58.1 mg	Mercado Moshoqueque

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 58.1 mg.



Rivendreyra Oblitas Arroyo
Rivendreyra Oblitas Arroyo
TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa.



Danny M. Chávez Novoa
DANNY M. CHÁVEZ NOVOA
ING. MATERIALES
R. D.P. 46880

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque

(074) 283261



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ

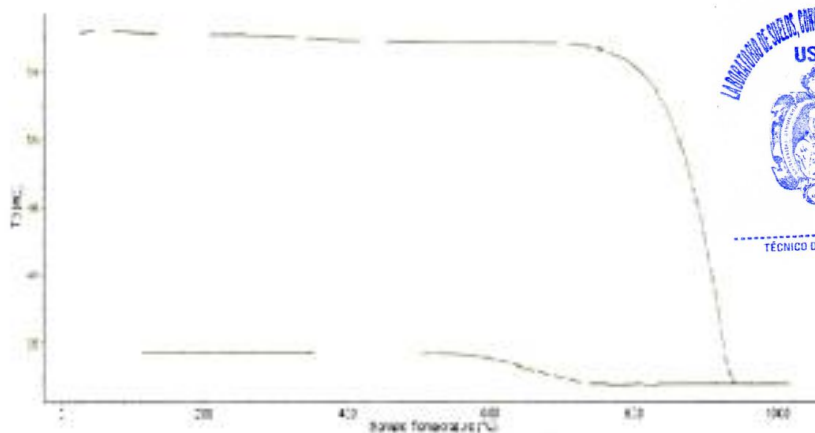


Lambayeque, 10 de abril del 2023

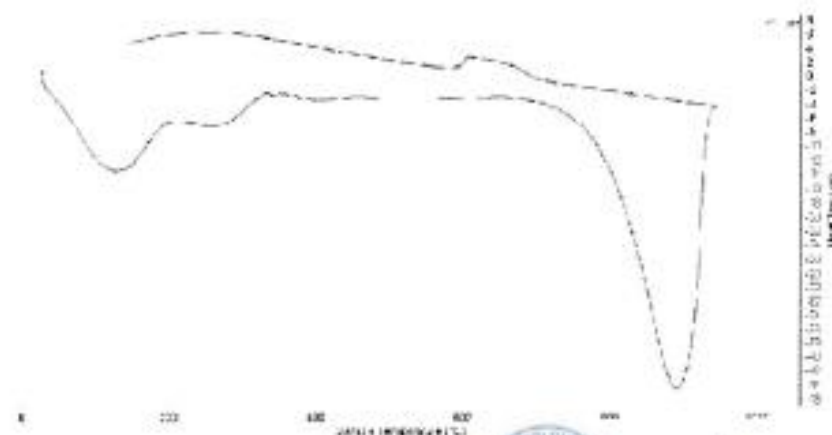
INFORME N° 24 – ABRIL – 23

4. RESULTADOS

I. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



II. Curva calorimétrica DSC



Rivindeneira Obitas Ferriz
 Rivindeneira Obitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 JEFATURA
 Dany M. Chávez Novot
 ING. MATERIALES
 R. OR. 2010

Ing. Dany Masat Chávez Novot
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 10 de abril del 2023

INFORME N° 24 – ABRIL – 23

5. CONCLUSIONES

1. Según el análisis termo gravimétrico se muestra una gran estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 750 °C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 45% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar unos ligeros picos endotérmicos en torno a 130 °C y 250 °C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 900 °C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

Lambayeque, 10 de abril del 2023



Danny M. Chávez No.
 ING. MATERIALES
 R. O. N.º 10000

Ing. Danny Masías Chavara Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TECNICO DE LABORATORIO

Rivindeneys Oblitas Ferriz
 TECNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
 (074) 283261



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 10 de abril del 2023

INFORME N° 25 – ABRIL – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

1. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-25AB	27.5 mg	Mercado Moshoqueque

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/mín.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 27.5 mg.



Rius de neyra
Rius de neyra Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa.



Danny M. Chávez Novoa
DANNY M. CHÁVEZ NOVOA
ING. MATERIALES
R. O. N.º 14980

Ing. Danny Mesias Chavez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ

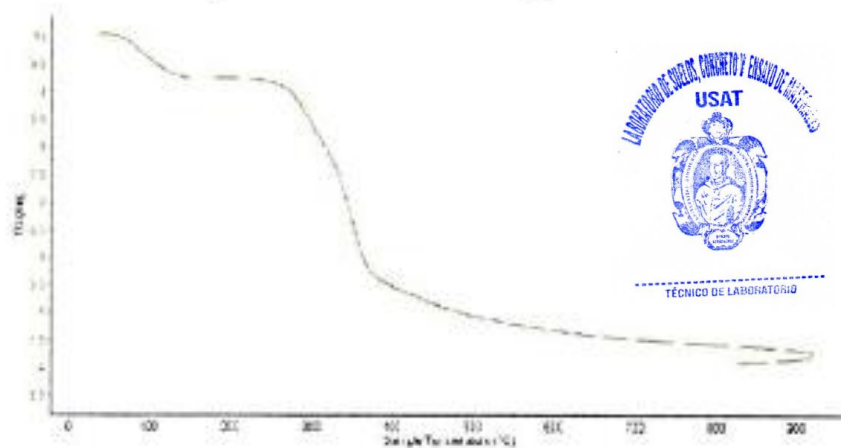


Lambayeque, 10 de abril del 2023

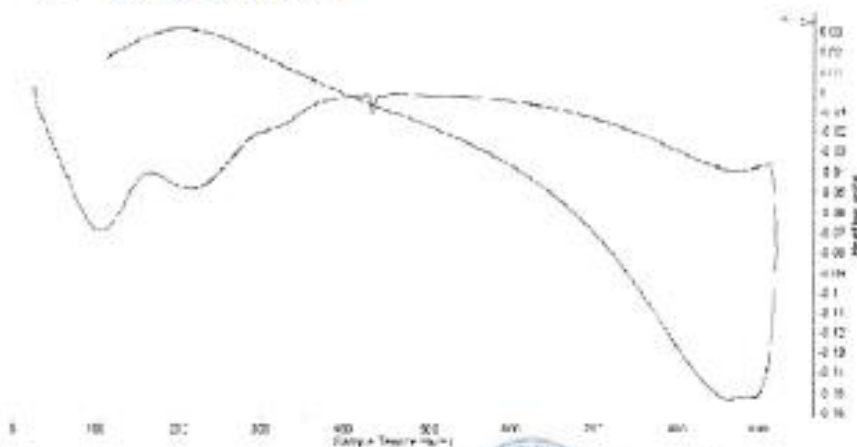
INFORME N° 25 – ABRIL – 23

4. RESULTADOS

III. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



IV. Curva calorimétrica DSC



Rivindeneys Oblitas Ferriz
 Rivindeneys Oblitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez
 DANNY M. CHÁVEZ NÚÑEZ
 INGENIERO EN MATERIALES
 R. O. N. 14885
 Ing. Danny Masías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 10 de abril del 2023

INFORME N° 25 – ABRIL – 23

5. CONCLUSIONES

3. Según el análisis termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120 °C y la segunda se da entre 250 y 340 °C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 53% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
4. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos picos endotérmicos en torno a 100 °C y 220 °C y posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 430 °C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Lambayeque, 10 de abril 2023



Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. O. N. 10000

Ing. Danny Mesias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Aenta
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 10 de abril del 2023

INFORME N° 26 – ABRIL – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

6. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CCA-26AB	33.4 mg	Mercado Moshoqueque

7. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

8. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 33.4 mg.



TÉCNICO DE LABORATORIO

[Firma]
 RIVERA SIBITAS HENRY
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa.



[Firma]
 Danny M. Chávez No.
 ING. MATERIALES
 R. CR. 46850
 Ing. Danny Messias Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

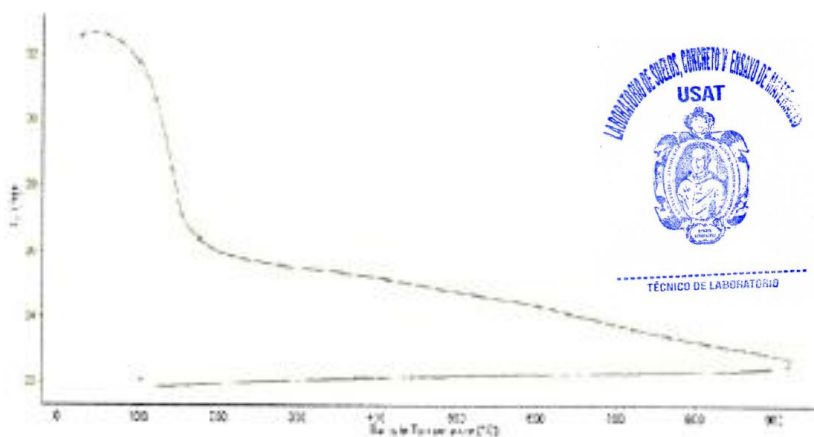


Lambayeque, 10 de abril del 2023

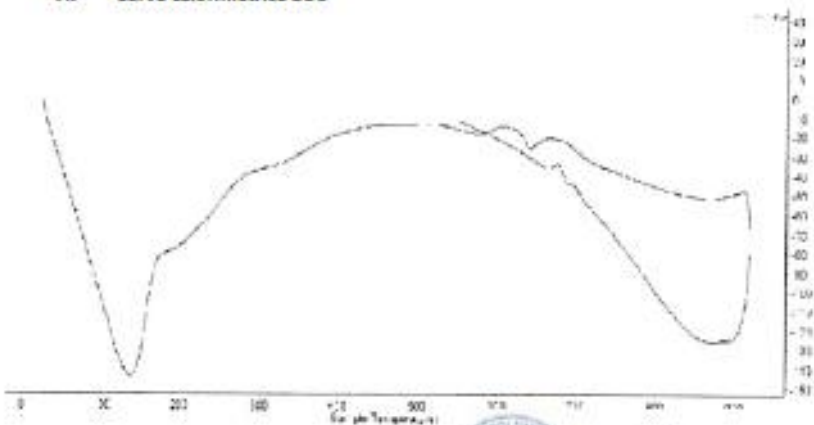
INFORME N° 26 – ABRIL – 23

9. RESULTADOS

V. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



VI. Curva calorimétrica DSC



Rivindeneiro Oblitas Jentú
Rivindeneiro Oblitas Jentú
TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez
Ing. Danny M. Chávez
ING. MATERIALES
R. Q.P. 1000
Ing. Danny Mena Chávez Nevora
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 10 de abril del 2023

INFORME N° 26 – ABRIL – 23

10. CONCLUSIONES

5. Según el análisis termo gravimétrico se muestra una significativa caída de la masa, se da en un rango entre 80 y 150 °C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 29% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
6. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede evidenciar un pico endotérmico a 140 °C posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 640 °C que marcaría una posible temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Lambayeque, 10 de abril del 2023



Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. O. 44443

Ing. Danny Mesias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TÉCNICO DE LABORATORIO

Riviera Neyra Oblitas Jenny
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 27 – FIQIA/2023

Análisis de cáscara de huevo calcinada por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de huevo calcinada a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

La muestra fue calcinada previamente a 900 °C y está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 9100 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.


Rivaldo Obitas Jentia
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
(074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo calcinada. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.

Rivindeneira Obilias Hentis
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
(074) 283261



TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento.

Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición elemental de la cáscara de huevo calcinada en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	12.305	11.614
SiO ₂	1.436	1.355
K ₂ O	0.061	0.057
CaO	91.875	86.71
Cr ₂ O ₃	0.017	0.007
Fe ₂ O ₃	0.008	0.008
Ni ₂ O ₃	0.006	0.006
CuO	0.006	0.006
SrO	0.240	0.226
ZrO ₂	0.012	0.011
BaO	0.089	0.101
Total	105.857	100.000



Rivindeneira Oblitas Aenta
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

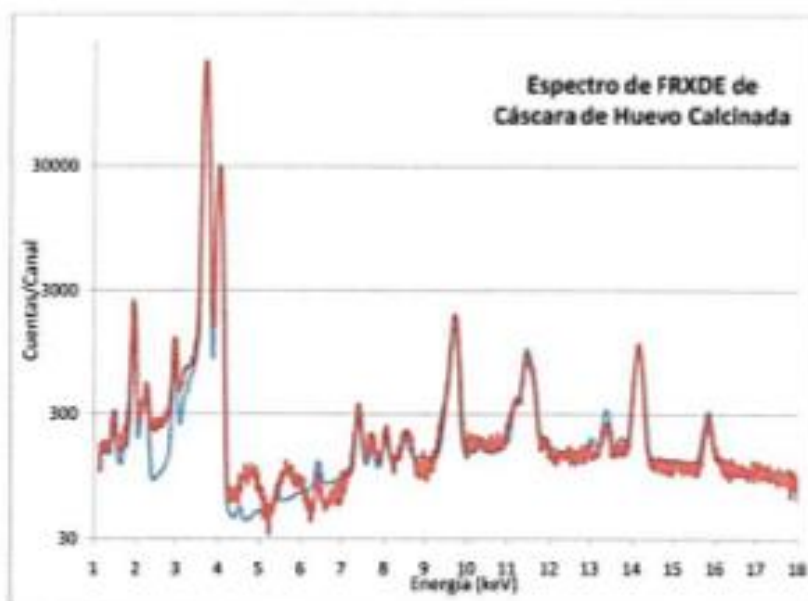


Figura 1: Espectro de FRXDE de cáscara de huevo calcinada en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.

Lambayeque, 11 de abril del 2023



Danny M. Chávez
DANNY M. CHÁVEZ N.
ING. EN MATERIALES

Ing. Danny Mesías Chávez Nevón
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivendeyra Oblitas Ferriz
Rivendeyra Oblitas Ferriz
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 28 – FIQJA/2023
Análisis de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de arroz a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

La muestra fue calcinada previamente a 640 °C y está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 30 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3570 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.

Rivendreyra Oblitas Henrí
Rivendreyra Oblitas Henrí
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo calcinada. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.


Riveleneiro Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento.

Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición elemental de la ceniza de la cáscara de arroz en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	3.628	3.386
SiO ₂	90.433	89.378
SO ₂	0.487	0.482
ClO ₂	0.694	0.386
K ₂ O	4.034	4.007
CaO	1.301	1.285
TiO ₂	0.016	0.016
MnO	0.153	0.161
Fe ₂ O ₃	0.187	0.185
CuO	0.009	0.008
ZnO	0.019	0.019
SrO	0.240	0.226
Y ₂ O ₃	0.002	0.002
Total	101.180	100.00



TÉCNICO DE LABORATORIO

Riviera Neyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Figura 1: Espectro de FRXDE de ceniza de cáscara de arroz en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivendreyra Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO



Lambayeque, 12 de abril del 2023

Danny M. Chávez
DANNY M. CHÁVEZ No.
ING. MATERIALES
R. Q. 44550
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 29 – FIQIA/2023

Análisis de una mezcla de cenizas de cáscara de huevo y de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una mezcla de cenizas de cáscara de huevo (75%) y cáscara de arroz (25%) a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

Previamente la cáscara de huevo fue calcinada a 900 °C y la cáscara de arroz a 840 °C. La muestra está en forma de grano fino de color gris claro.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7620 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.

Rivaldo Obilias Ferrer
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
 (074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta mezcla de cenizas de cáscara de huevo y arroz. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.


 Rivaldo Obitas Henra
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
 (074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía. La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición de una mezcla de cenizas de cáscaras de huevo y arroz en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	5.521	5.167
SiO ₂	29.002	27.144
P ₂ O ₅	3.246	3.038
SO ₂	0.758	0.710
ClO ₂	0.346	0.324
K ₂ O	1.218	1.140
CaO	66.401	62.148
TiO ₂	0.023	0.022
V ₂ O ₅	0.005	0.005
Cr ₂ O ₃	0.006	0.006
MnO	0.054	0.050
Fe ₂ O ₃	0.059	0.488
Ni ₂ O ₃	0.007	0.006
CuO	0.006	0.006
ZnO	0.011	0.011
As ₂ O ₃	0.003	0.002
SrO	0.165	0.155
Y ₂ O ₃	0.003	0.002
ZrO ₂	0.011	0.011
Total	106.844	100.00



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivarolena Oblitas Aenta
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

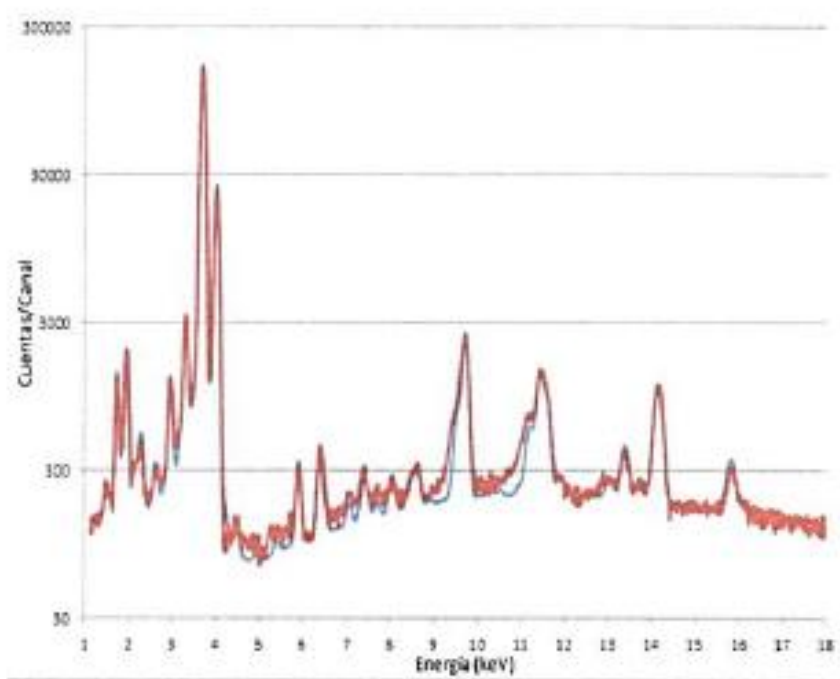


Figura 1: Espectro de FRXDE de cenizas de cáscara de huevo (75%, 900 °C) y de arroz (25%, 840 °C) en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneiro Oblitas Jency
TÉCNICO DE LABORATORIO



Lambayeque, 13 de abril del 2023

Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. OR. 3000

Ing. Danny Messias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Polvo de cáscara de huevo
FECHA DE INGRESO:	14 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

PCH

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	13.78



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Aenta
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 ING. MATERIALES
 R. OP. 41192
 Ing. Danny Messias Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cenizas de cáscara de arroz
FECHA DE INGRESO:	14 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	9.87



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindreyra Obitas Aenta
TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez
Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. O.P. 81950

Ing. Danny Messias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Combinación de polvo de cáscara de huevo y cenizas de cáscara de arroz
FECHA DE INGRESO:	14 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

75% PCH +
25% CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	13.51



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivendeyro Oblitas Ferriz
 Rivendeyro Oblitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 Danny M. Chávez Novoa
 ING. MATERIALES
 R. OR. 44952
 Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cemento portland tipo I
FECHA DE INGRESO:	15 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

CPTI

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	12.31



TÉCNICO DE LABORATORIO

Ritundeneya Oblitas Arroyo
 Ritundeneya Oblitas Arroyo
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 Danny M. Chávez Novoa
 INGA MATERIALES
 R. 000 0000
 Ing. Danny Messias Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cemento portland tipo I sustituido en 10% por PCH y CCA
FECHA DE INGRESO:	15 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

90% CPTI +
10% PCH y
CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	12.67



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneys Oblitas Heriza
 Rivindeneys Oblitas Heriza
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez
 Danny M. Chávez No.
 INIA MATERIALES
 R. 001 0000
 Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG

Anexo 6. Ensayos físicos - químicos: 2^{da} adición (50% PCH + 50% CCA)



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 28 de abril del 2023

INFORME N° 30 – ABRIL – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

1. MUESTRA: Cáscara de huevo (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH-24AB	38.73 mg	Mercado Moshoqueque

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES



- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 23 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 38.73 mg.

Rivero Obilias Henry
RIVERO Obilias Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa.



Danny M. Chávez Novoa
DANNY M. CHÁVEZ NOVOA
ING. MATERIALES
R. 08 36950

Ing. Danny Messas Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ

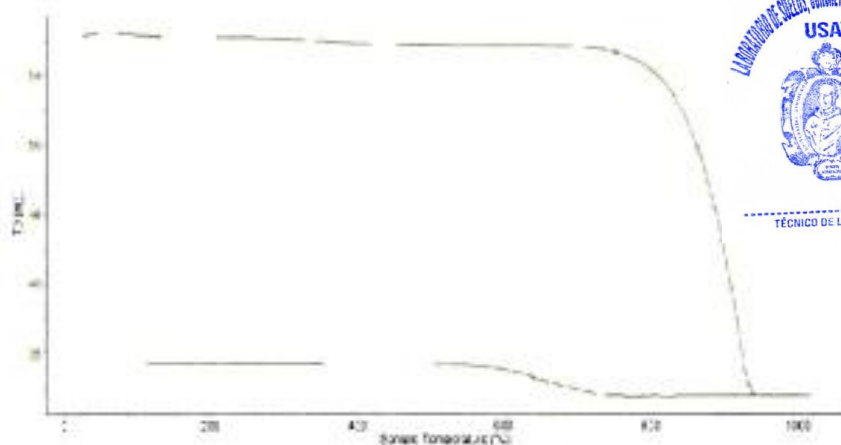


Lambayeque, 28 de abril del 2023

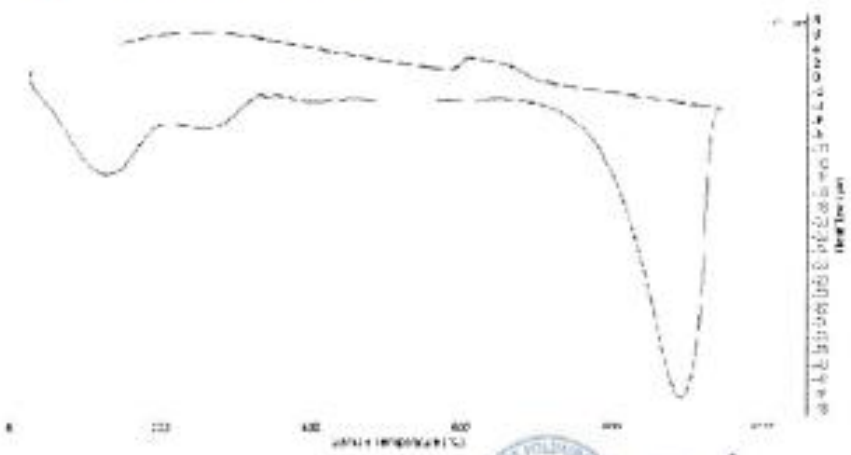
INFORME N° 30 – ABRIL – 23

4. RESULTADOS

I. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



II. Curva calorimétrica DSC



[Signature]
 RIVERA SBLITAS ARIAS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 Ing. Darryl Mestas Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 28 de abril del 2023

INFORME N° 30 – ABRIL – 23

5. CONCLUSIONES

1. Según el análisis termo gravimétrico se muestra una gran estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 500 °C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 30% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar unos ligeros picos endotérmicos en torno a 87 °C y 167 °C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 600 °C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Ferriz
Rivindeneira Oblitas Ferriz
TÉCNICO DE LABORATORIO



Lambayeque, 28 de abril del 2023

Danny M. Chávez
DANNY M. CHÁVEZ N.º
ING. MATERIALES
R. OR. 4000
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 28 de abril del 2023

INFORME N° 31 – ABRIL – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

1. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-25AB	45.83 mg	Mercado Moshoqueque

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/mín.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 45.83 mg.



Rivendeneira Obilitas Añeta
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa.



Danny M. Chávez No.
 ING. MATERIALES
 RUC: 84950
 Ing. Danny Messas Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

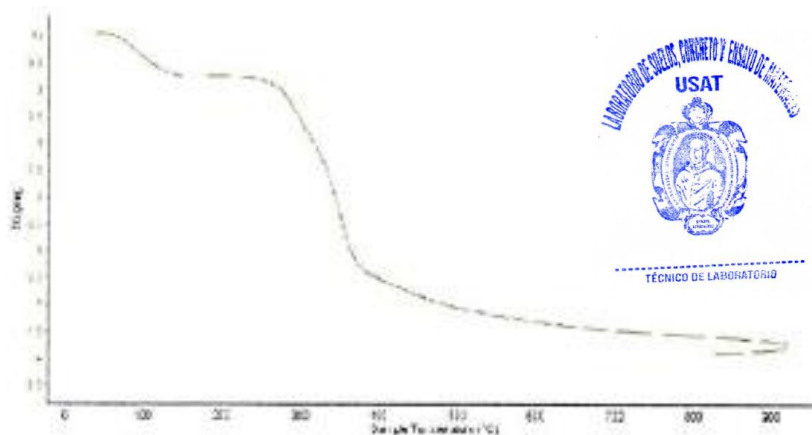


Lambayeque, 28 de abril del 2023

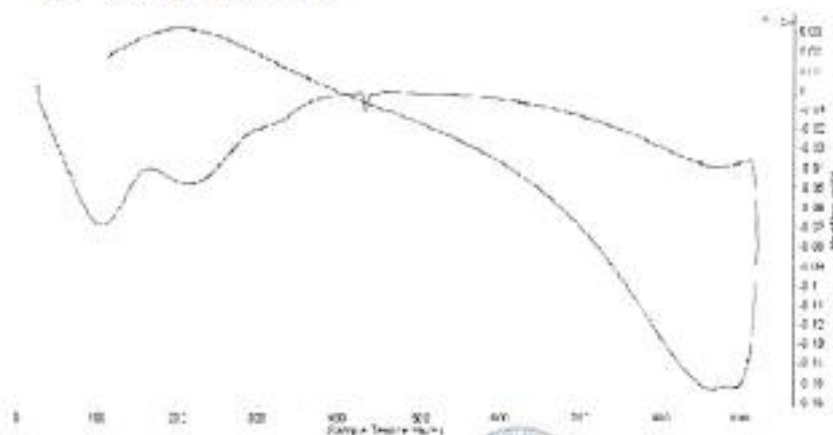
INFORME N° 31 – ABRIL – 23

4. RESULTADOS

III. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



IV. Curva calorimétrica DSC



Rivindeneys Oblitas Henra
Rivindeneys Oblitas Henra
TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny Mestas Chávez Novoa
Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CR. 3000

Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 28 de abril del 2023

INFORME N° 31 – ABRIL – 23

5. CONCLUSIONES

3. Según el análisis termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 33 y 80 °C y la segunda se da entre 167 y 227 °C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 35% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
4. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos picos endotérmicos en torno a 67 °C y 147 °C y posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 287 °C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneiro Obilias Ferris
Rivindeneiro Obilias Ferris
TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 28 de abril 2023



Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. O. 46880

Ing. Danny Messias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 28 de abril del 2023

INFORME N° 32 – ABRIL – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

6. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CCA-26AB	55.67 mg	Mercado Moshoqueque

7. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

8. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/mín.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 55.67 mg.



Rivindeneysa Sblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novos.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novos.



Danny M. Chávez Novos
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Danny Mesas Chávez Novos
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

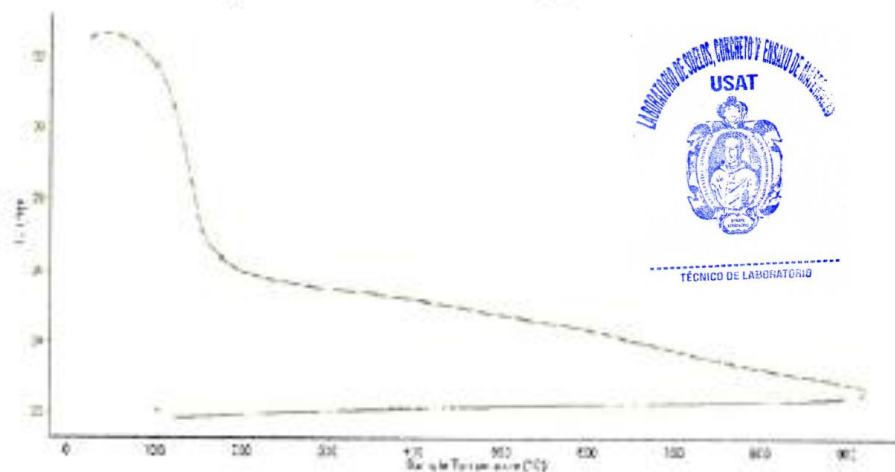


Lambayeque, 28 de abril del 2023

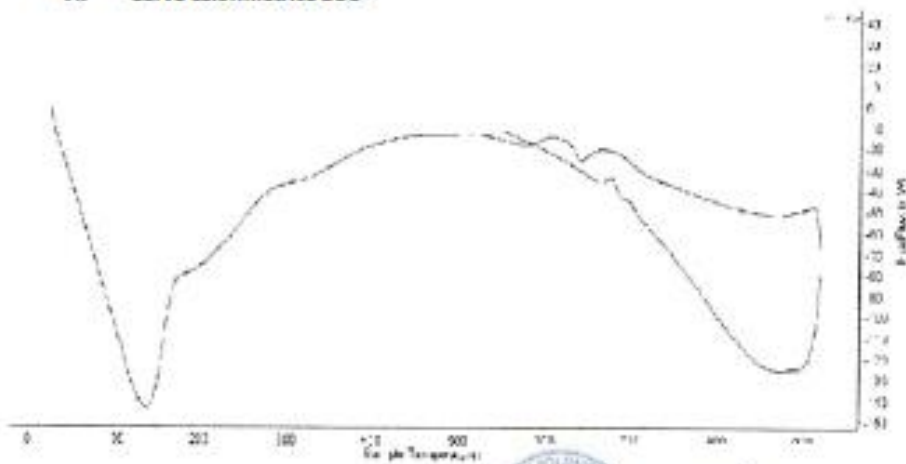
INFORME N° 32 – ABRIL – 23

9. RESULTADOS

V. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



VI. Curva calorimétrica DSC



Rivendeyra Oblitas Ferris
Rivendeyra Oblitas Ferris
TECNICO DE LABORATORIO



Darry M. Chávez Novoa
Darry M. Chávez Novoa
ING. EN MATERIALES
IN CDR 1988
Ing. Darry M. Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 28 de abril del 2023

INFORME N° 32 – ABRIL – 23

10. CONCLUSIONES

5. Según el análisis termo gravimétrico se muestra una significativa caída de la masa, se da en un rango entre 33 y 100 °C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 19% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
6. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede evidenciar un pico endotérmico a 93 °C posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 427 °C que marcaría una posible temperatura de cambio estructural y de las características del material.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneiro Oblitas Henry
Rivindeneiro Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 28 de abril del 2023



Danny M. Chávez Novoa

Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. O. N. 10000

Ing. Danny Messias Chavez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 33 – FIQIA/2023

Análisis de cáscara de huevo calcinada por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de huevo calcinada a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

La muestra fue calcinada previamente a 900 °C y está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 20 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6067 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.

Rivindeneira Obilias Ferris
Rivindeneira Obilias Ferris
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo calcinada. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.


 Riviñeyra Abilita Ferris
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento.

Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición elemental de la cáscara de huevo calcinada en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	8.203	19.354
SiO ₂	0.957	0.903
K ₂ O	0.041	0.038
CaO	61.25	79.462
Cr ₂ O ₃	0.011	0.005
Fe ₂ O ₃	0.005	0.005
Ni ₂ O ₃	0.004	0.004
CuO	0.004	0.004
SrO	0.160	0.151
ZrO ₂	0.011	0.007
BaO	0.059	0.067
Total	70.705	100.000

TÉCNICO DE LABORATORIO
Rivindeneira Oblitas Añeta
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ

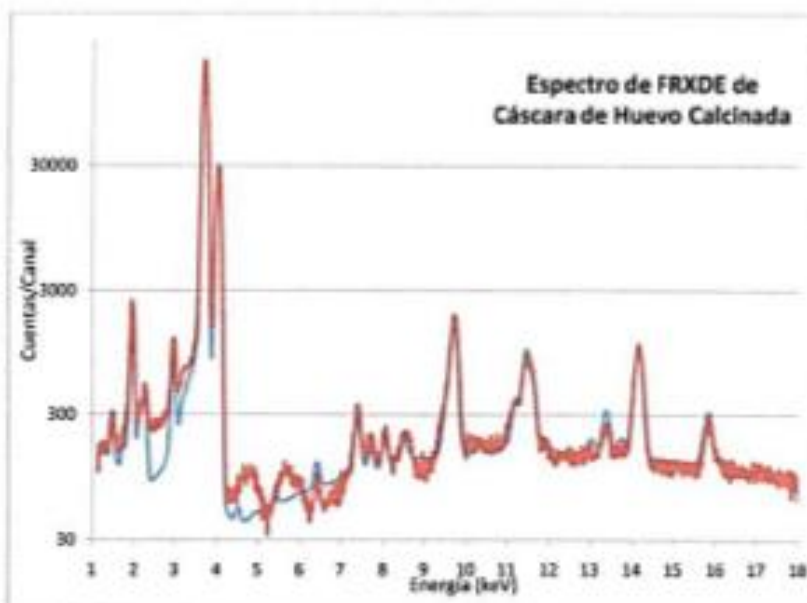


Figura 1: Espectro de FRXDE de cáscara de huevo calcinada en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneiro Oblitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 29 de abril del 2023



Danny M. Chávez Nuñez
 INGENIERO EN MATERIALES
 R. 001 40000

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 34 – FIQIA/2023

Análisis de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de arroz a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

La muestra fue calcinada previamente a 640 °C y está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 13 kV y una corriente de 20 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1387 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.


Rivaldo Alberto Obitas Henrí
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque



(074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo calcinada. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.

Riveleneira Oblitas Ferris
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento.

Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición elemental de la ceniza de la cáscara de arroz en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	2.419	3.96
SiO ₂	60.289	82.539
SO ₂	0.325	0.803
ClO ₂	0.463	0.976
K ₂ O	2.703	6.678
CaO	0.867	2.14
TiO ₂	0.011	0.027
MnO	0.102	0.268
Fe ₂ O ₃	0.125	0.185
CuO	0.006	0.013
ZnO	0.013	0.031
SrO	0.160	0.377
Y ₂ O ₃	0.001	0.003
Total	67.484	100.00



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivadeneira Oblitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Figura 1: Espectro de FRXDE de ceniza de cáscara de arroz en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



Ritundeneiro Oblitas Arroya
TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 29 de abril del 2023

INGENIERO DE MATERIALES

Danny M. Chávez Nu.
ING. MATERIALES
R. CIP. 44990

Ing. Danny Masías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 35 – FIQJA/2023

Análisis de una mezcla de cenizas de cáscara de huevo y de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una mezcla de cenizas de cáscara de huevo (50%) y cáscara de arroz (50%) a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

Previamente la cáscara de huevo fue calcinada a 900 °C y la cáscara de arroz a 840 °C. La muestra está en forma de grano fino de color gris claro.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 20 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3080 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.

Rivindreyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQJA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
(074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta mezcla de cenizas de cáscara de huevo y arroz. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.


 Rivaldo Neyra
 Oblitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque



(074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía. La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición de una mezcla de cenizas de cáscara de huevo y arroz en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	3.681	8.612
SiO ₂	19.334	30.43
P ₂ O ₅	2.164	5.068
SO ₂	0.505	1.181
ClO ₂	0.231	0.542
K ₂ O	0.812	1.899
CaO	44.267	51.187
TiO ₂	0.015	0.036
V ₂ O ₅	0.003	0.008
Cr ₂ O ₃	0.004	0.01
MnO	0.036	0.084
Fe ₂ O ₃	0.039	0.813
Ni ₂ O ₃	0.005	0.003
CuO	0.004	0.004
ZnO	0.007	0.0107
As ₂ O ₃	0.003	0.002
SrO	0.165	0.102
Y ₂ O ₃	0.002	0.001
ZrO ₂	0.007	0.008
Total	71.284	100.00



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Henrí
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

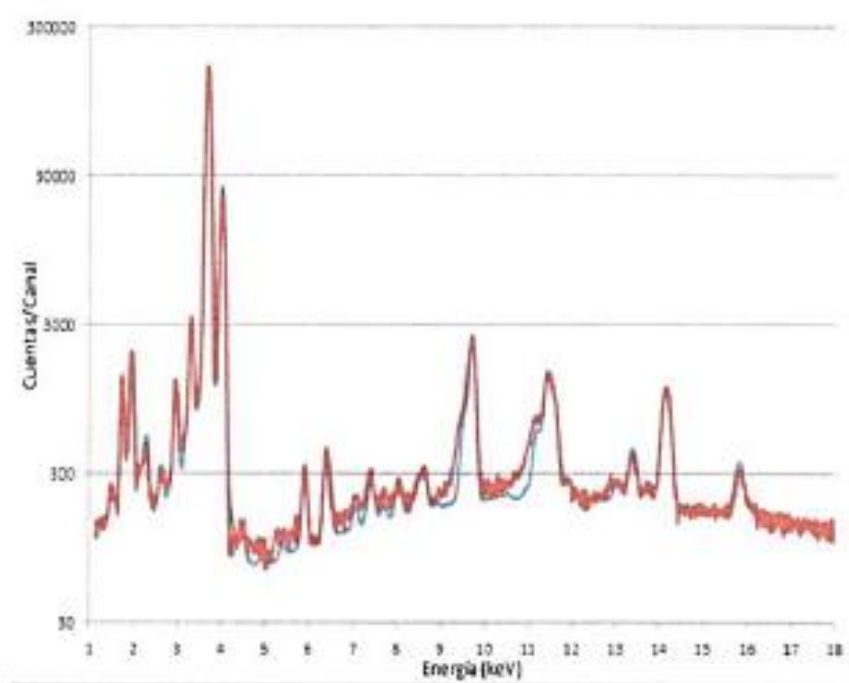


Figura 1: Espectro de FRXDE de cenizas de cáscara de huevo (30%, 900 °C) y de arroz (30%, 840 °C) en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivadeneira Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 29 de abril del 2023



Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. OR. 1999

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Polvo de cáscara de huevo
FECHA DE INGRESO:	29 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

PCH

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	9.19



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneiro Oblitas Acuña
 Rivindeneiro Oblitas Acuña
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez
 Danny M. Chávez No.
 INGA MATERIALES
 IN-COR-18100

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cenizas de cáscara de arroz
FECHA DE INGRESO:	29 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	6.58



[Signature]
Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. OIP 44982

Ing. Danny Messias Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TÉCNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 Rivelandero Oblitas Henríquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ




INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Combinación de polvo de cáscara de huevo y cenizas de cáscara de arroz
FECHA DE INGRESO:	29 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

50% PCH +
50% CCA


DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	9.01




Danny M. Chávez Nevea
ING. MATERIALES
N.º 020 20000
 Ing. Danny Mesa Chávez Nevea
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TECNICO DE LABORATORIO


Rivaldo Neyra Obilias Ferris
 TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cemento portland tipo I
FECHA DE INGRESO:	29 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

CPTI

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	8.21



[Firma]
Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. 001 30002

Ing. Danny Messas Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TÉCNICO DE LABORATORIO

[Firma]
Rivindreyr Obitas Ferris
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ
INFORME DE ANÁLISIS



SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cemento portland tipo I sustituido en 10% por PCH y CCA
FECHA DE INGRESO:	29 de abril del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

90% CPTI +
 10% PCH y
 CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	8.43



[Firma]

Danny M. Chávez No.
 ING. MATERIALES
 N. OR. 44882

Ing. Danny Mesas Chavez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



TÉCNICO DE LABORATORIO

[Firma]
 Rivas Neyra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 7. Ensayos físicos - químicos: 3^{era} adición (25% PCH + 75% CCA)



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 02 de mayo del 2023

INFORME N° 35 – MAYO – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

1. MUESTRA: Cáscara de huevo (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH-24AB	19.37 mg	Mercado Moshoqueque

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 19.37mg.



Rivindeneira Obilias Ferris
Rivindeneira Obilias Ferris
TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa.



Danny M. Chávez Novoa
DANNY M. CHÁVEZ NOVOA
ING. MATERIALES
RUC: 84993
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ

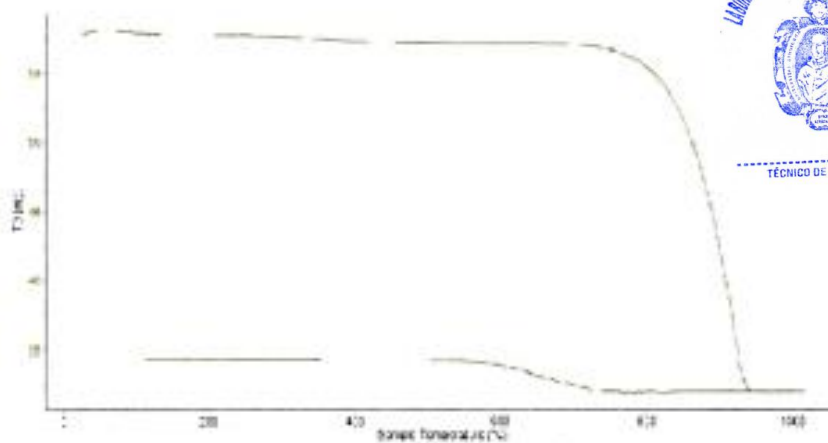


Lambayeque, 02 de mayo del 2023

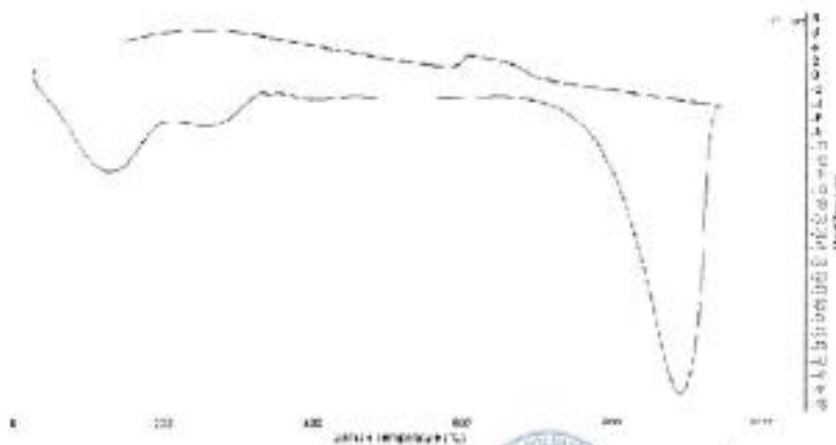
INFORME N° 35 – MAYO – 23

4. RESULTADOS

I. Curva de pérdida de masa – Análisis termogravimétrico



II. Curva calorimétrica DSC



Rivindeneys Oblitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Darry M. Chávez
 Ing. Darry Masías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 02 de mayo del 2023

INFORME N° 35 – MAYO – 23

5. CONCLUSIONES

1. Según el análisis termo gravimétrico se muestra una gran estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 250 °C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 15% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar unos ligeros picos endotérmicos en torno a 43 °C y 83 °C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 300 °C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.



.....
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Riviera Herrera
 Riviera Herrera
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 02 de mayo del 2023



Danny M. Chávez
 Danny M. Chávez No.
 ING. MATERIALES
 R. 001 36992
 Ing. Danny Messias Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 02 de mayo del 2023

INFORME N° 36 – MAYO – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

1. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-25AB	36.67 mg	Mercado Moshoqueque

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C Setsys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/mín.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 36.67 mg.



Rivindeneiro Oblitas Araya
TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novos.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novos.



Danny M. Chávez Novos
JEFE DE LABORATORIO
Ing. Danny Mesías Chávez Novos
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG

UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
(074) 283261



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

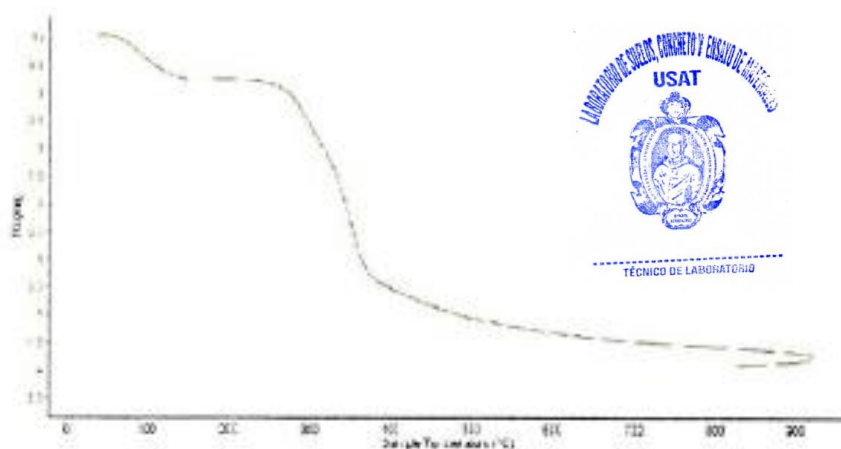


Lambayeque, 02 de mayo del 2023

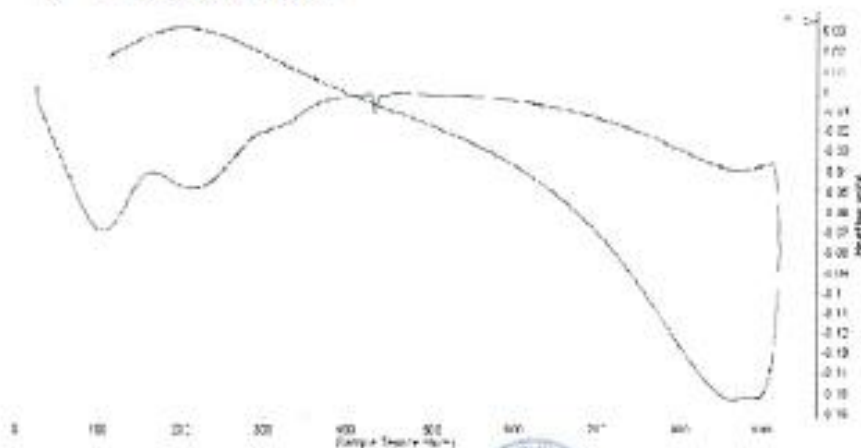
INFORME N° 36 – MAYO – 23

4. RESULTADOS

III. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



IV. Curva calorimétrica DSC



Rivendeyra Oblitas Jentz
Rivendeyra Oblitas Jentz
TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez
Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. 001 30000

Ing. Danny Messias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 02 de mayo del 2023

INFORME N° 36 – MAYO – 23

5. CONCLUSIONES

- Según el análisis termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 27 y 40 °C y la segunda se da entre 83 y 113 °C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 18% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
- De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos picos endotérmicos en torno a 33 °C y 73 °C y posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 143 °C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

LABORATORIO DE VIDRIO, CERÁMICO Y CEMENTO DE ALICATA
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO
Rivendeyra Oblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 02 de mayo 2023
JEATURA
Denny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. 000 00000
Ing. Denny Masías Chávez Nevea
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 02 de mayo del 2023

INFORME N° 37 – MAYO – 23

Solicitante: Arturo Leonardo López Salazar – Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Modalidad de servicio: Externo

RUC/DNI: 72277027

6. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.5 g)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CCA-26AB	44.53 mg	Mercado Moshoqueque

7. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/Análisis térmico diferencial DTA.
- Análisis termo gravimétrico TGA.

8. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Análisis térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600° C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D 3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/mín.
- Gas de trabajo – flujo nitrógeno, 10 ml/min.
- Rango de trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 44.53 mg.



Rivindeneira Abilitas Ferriz
TÉCNICO DE LABORATORIO

Jefe de laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa.

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa.



Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
RUC: 999999999
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
 LAMBAYEQUE - PERÚ

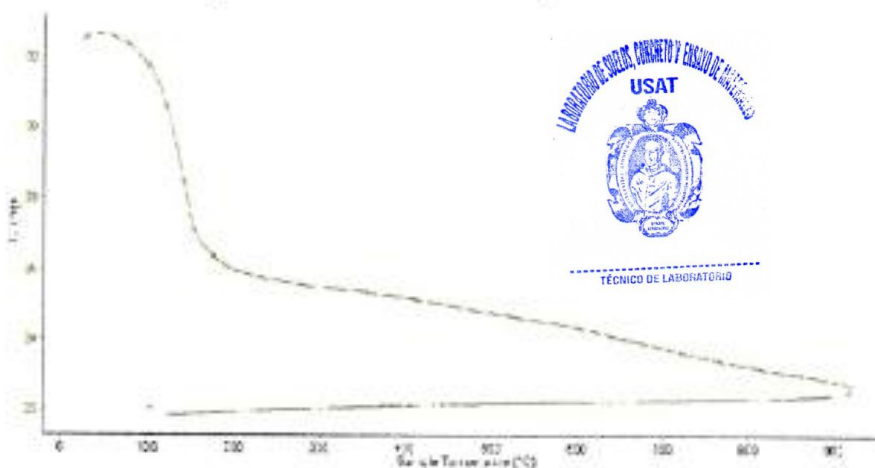


Lambayeque, 02 de mayo del 2023

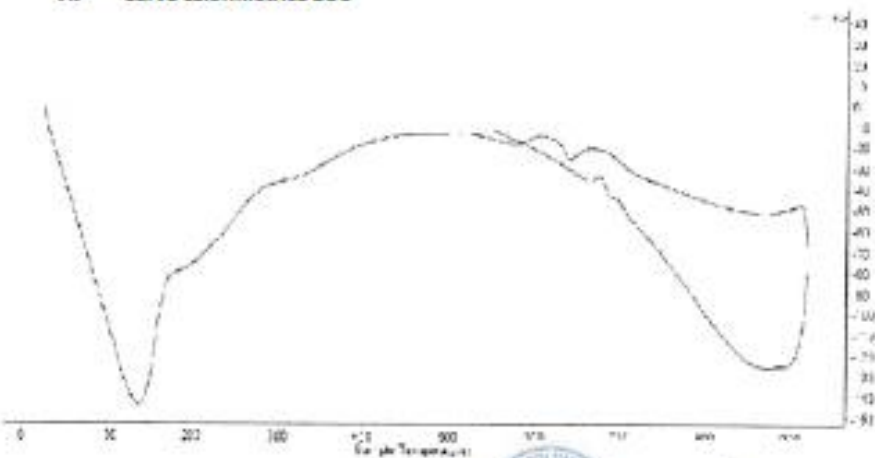
INFORME N° 37 – MAYO – 23

9. RESULTADOS

V. Curva de pérdida de masa – Análisis termo gravimétrico



VI. Curva calorimétrica DSC



Rivindeneysa Oblitas Jentia
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 Ing. Danny Masar Chávez Novoa
 JEFE DE LABORATORIO DE POLÍMEROS
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



Lambayeque, 02 de mayo del 2023

INFORME N° 37 – MAYO – 23

10. CONCLUSIONES

5. Según el análisis termo gravimétrico se muestra una significativa caída de la masa, se da en un rango entre 27 y 30 °C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 10% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
6. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede evidenciar un pico endotérmico a 47 °C posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 213 °C que marcaría una posible temperatura de cambio estructural y de las características del material.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivandeyra Abilita Ferris
Rivandeyra Abilita Ferris
TÉCNICO DE LABORATORIO

Lambayeque, 02 de mayo del 2023



Danny M. Chávez Novoa
DANNY M. CHÁVEZ NOVOA
ING. EN MATERIALES
PI-002-0000

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 38 – FIQJA/2023

Análisis de cáscara de huevo calcinada por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de huevo calcinada a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

La muestra fue calcinada previamente a 900 °C y está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 10 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3033 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.


Rivaldo Neyra Oblitas Ferris
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo calcinada. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.

Rivelenebra Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento.

Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición elemental de la cáscara de huevo calcinada en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al_2O_3	4.102	18.483
SiO_2	0.479	1.807
K_2O	0.020	0.076
CaO	30.623	79.143
Cr_2O_3	0.006	0.009
Fe_2O_3	0.003	0.011
Ni_2O_3	0.002	0.008
CuO	0.002	0.008
SrO	0.08	0.301
ZrO_2	0.04	0.015
BaO	0.029	0.133
Total	33.388	100.000


USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CEMENTO Y CASCARILLA DE HUEVOS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

 Rivaldo Neyra Obilitas Ferriz
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

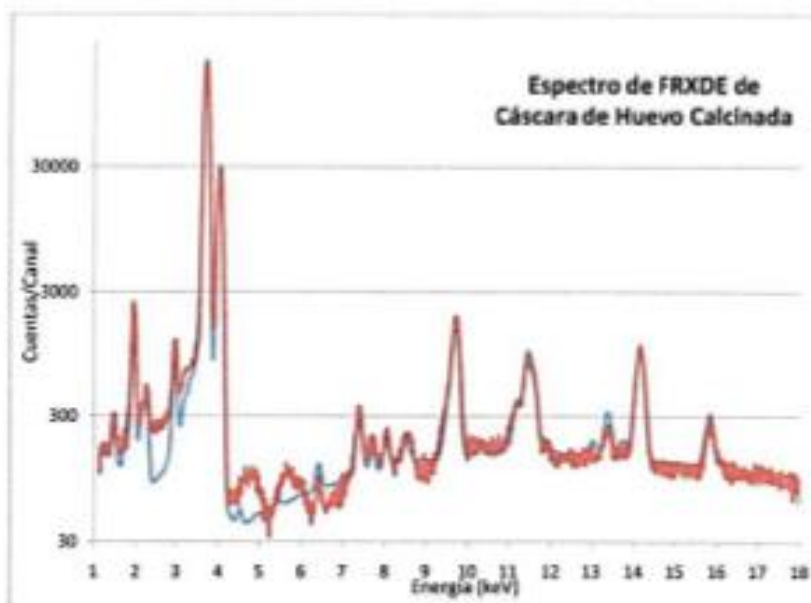


Figura 1: Espectro de FRXDE de cáscara de huevo calcinada en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Ritundeneiro Oblitas Arroyo
TÉCNICO DE LABORATORIO



Lambayeque, 03 de mayo del 2023

Danny M. Chávez Nu.
ING. MATERIALES
R. 001 4999

Ing. Danny Masías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 39 – FIQIA/2023
Análisis de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de arroz a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

La muestra fue calcinada previamente a 640 °C y está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 10 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1190 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z-12) no pueden ser registrados en el espectro.

Rivindeneiro Oblitas Jentia
Rivindeneiro Oblitas Jentia
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de cáscara de huevo calcinada. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.


 Rivaldo Obispo Obispo
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento.

Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición elemental de la ceniza de la cáscara de arroz en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	1.209	4.781
SiO ₂	30.144	85.916
SO ₂	0.162	0.643
ClO ₂	0.231	0.781
K ₂ O	1.351	3.343
CaO	0.434	1.713
TiO ₂	0.005	0.021
MnO	0.051	0.215
Fe ₂ O ₃	0.062	0.247
CuO	0.003	0.011
ZnO	0.006	0.025
SrO	0.08	0.301
Y ₂ O ₃	0.001	0.003
Total	33.739	100.00



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Aenta
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

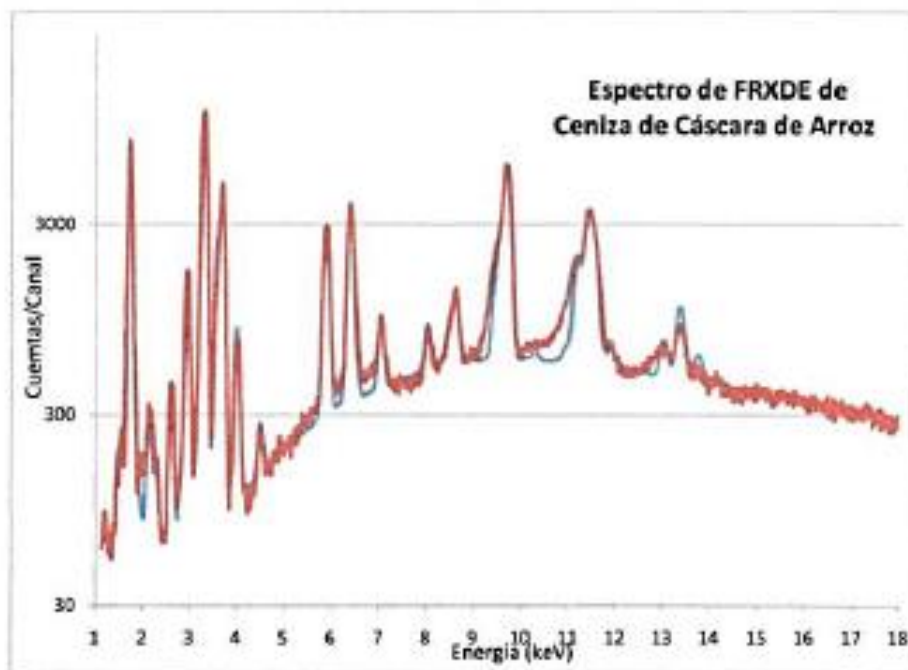


Figura 1: Espectro de FRXDE de ceniza de cáscara de arroz en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneiro Oblitas Ferrer
TÉCNICO DE LABORATORIO



Lambayeque, 03 de mayo del 2023

Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. 000 0000

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME N° 40 – FIQIA/2023

Análisis de una mezcla de cenizas de cáscara de huevo y de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una mezcla de cenizas de cáscara de huevo (25%) y cáscara de arroz (75%) a pedido del Sr. Arturo Leonardo López Salazar, alumno de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos – Lambayeque”.

Previamente la cáscara de huevo fue calcinada a 900 °C y la cáscara de arroz a 840 °C. La muestra está en forma de grano fino de color gris claro.

Arreglo experimental

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 10 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°, distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aproximadamente. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2540 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

Rivelynne Abilitas Ferris
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA – Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque
 (074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersado por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados

En la figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta mezcla de cenizas de cáscara de huevo y arroz. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio.

Rivas Henry Abilitas Jentia
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNPRG – FIQIA - Ciudad Universitaria Calle Juan XXIII 391, Lambayeque

(074) 283261

TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía. La tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1: Composición de una mezcla de cenizas de cáscara de huevo y arroz en % de masa

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	1.840	6.889
SiO ₂	9.667	36.192
P ₂ O ₅	1.082	4.051
SO ₂	0.253	0.947
ClO ₂	0.115	0.432
K ₂ O	0.406	1.52
CaO	22.134	48.948
TiO ₂	0.008	0.029
V ₂ O ₅	0.002	0.007
Cr ₂ O ₃	0.002	0.008
MnO	0.018	0.067
Fe ₂ O ₃	0.02	0.651
Ni ₂ O ₃	0.002	0.008
CuO	0.002	0.008
ZnO	0.004	0.015
As ₂ O ₃	0.001	0.003
SrO	0.055	0.207
Y ₂ O ₃	0.001	0.003
ZrO ₂	0.004	0.015
Total	35.616	100.00



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindreyra Oblitas Ferris
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ

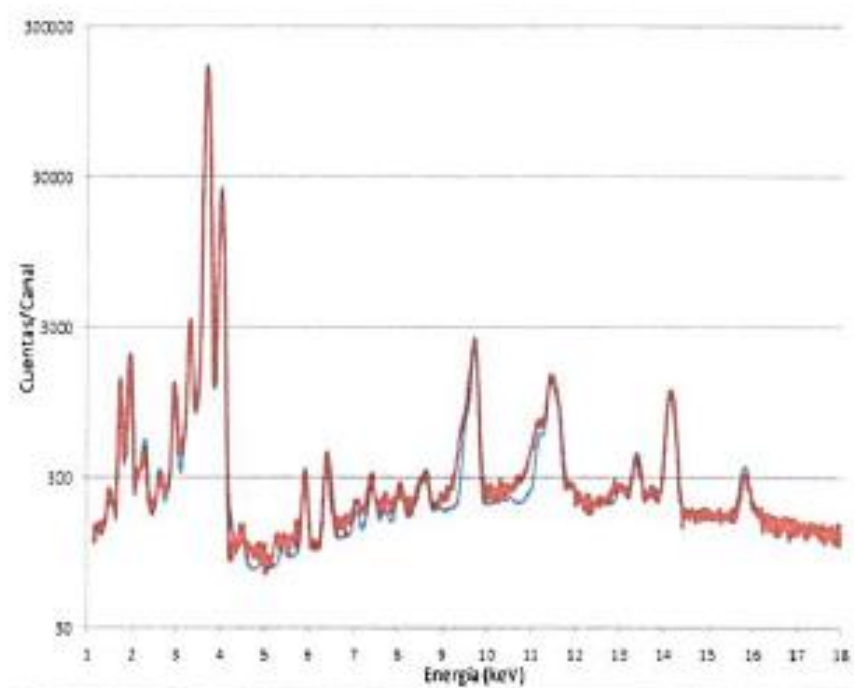


Figura 1: Espectro de FRXDE de cenizas de cáscara de huevo (25%, 900 °C) y de arroz (75%, 840 °C) en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindery Oblitas Acuña
TÉCNICO DE LABORATORIO



Lambayeque, 03 de mayo del 2023

Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. OPI. 30000

Ing. Danny Mestas Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Polvo de cáscara de huevo
FECHA DE INGRESO:	03 de mayo del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

PCH

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	9.19



TECNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Aento
 Rivindeneira Oblitas Aento
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 Danny M. Chávez No.
 ING. MATERIALES
 R. O. N.º 10000
 Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cenizas de cáscara de arroz
FECHA DE INGRESO:	03 de mayo del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	6.58



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Henry
 Rivindeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez
 Danny M. Chávez No.
 ING. MATERIALES
 R. O. P. 14990
 Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Combinación de polvo de cáscara de huevo y cenizas de cáscara de arroz
FECHA DE INGRESO:	03 de mayo del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

25% PCH +
75% CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	9.01



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 Danny M. Chávez Novoa
 ING. MATERIALES
 R. O. N.º 14199
 Jefe de Laboratorio de Polimeros
 Departamento Ingenieria de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cemento portland tipo I
FECHA DE INGRESO:	03 de mayo del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

CPTI

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	8.21



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Abilita Anaya
 Rivindeneira Abilita Anaya
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 Danny M. Chávez Novoa
 INGL MATERIALES
 R. OP. 40000

Ing. Danny Mesias Chávez Novoa
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LAMBAYEQUE - PERÚ



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE:	Sr. ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR
MUESTRA:	Cemento portland tipo I sustituido en 10% por PCH y CCA
FECHA DE INGRESO:	03 de mayo del 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO:	

90% CPTI +
 10% PCH y
 CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	8.43



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivendeyra Oblitas Añeta
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Danny M. Chávez Novoa
 Ing. Danny M. Chávez Novoa
 INGENIERO EN MATERIALES
 N.º 021 66880
 Jefe de Laboratorio de Polímeros
 Departamento Ingeniería de Materiales - UNPRG

Validación de ensayos de laboratorio - USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 019-2023-II

FECHA: 25 de octubre 2023

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: ARTURO LEONARDO LÓPEZ SALAZAR


TITULO DE LA TESIS: USO DE CÁSCARA DE ARROZ Y DE HUEVO EN PRODUCCIÓN DE CONCRETO Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS - LAMBAYEQUE

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad
- Granulometría
- Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad
- Peso volumétrico
- Peso específico
- Sales solubles en suelo y agua subterránea
- Ensayos físico-químicos
- Permeabilidad
- Proctor Modificado
- CBR
- Resistencia a la compresión del concreto

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



USAT
 LABORATORIO DE ENSAYO DE CONCRETO Y SUELOS Y PAVIMENTOS
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Anexo 8. Estratigrafía calicata N° 01



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS -
 USAT

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
 TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
 TESIS : Uso de cascara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
 UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú
 CALICATA : N° 01 NIVEL FREÁTICO : No encontrado
 UBICACIÓN : Calle El Vaticano S/N Mz "E" (Sector: Las Brisas)
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
 FECHA : 17/03/2023

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra Nº	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.0					
0.2	A				Arena arcillosa
0.4	C	M - 1		SC	Límite Líquido = 28.70% Índice de Plasticidad = 15.10% Contenido de Humedad = 13.46%
0.5	I				
0.6	E				
0.8	L	M - 2		GC	Grava arcillosa Límite Líquido = 34.00% Índice de Plasticidad = 20.00% Contenido de Humedad = 3.68%
0.9	O				
1.0	A				
1.2	B	M - 3		CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad Límite Líquido = 33.00% Índice de Plasticidad = 17.00% Contenido de Humedad = 14.42%
1.4	I				
1.5	E				
1.6	R				
1.7	T				
1.8	O				
1.9					
2.0					
2.1					
2.2					
2.3					
2.4					
2.5					
2.6					
2.7					
2.8					
2.9					
3.0					

Observaciones:

M = Muestra

C = Calicata

Anexo 9. Resultados convencionales (muestra 1 - calicata N° 01)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y
PAVIMENTOS - USAT

ENSAYO₁: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

ENSAYO₂: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

ENSAYO₃: Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo

N.T.P. 339.127

ENSAYO₄: SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

NTP 339.152 / USBR E - 8

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

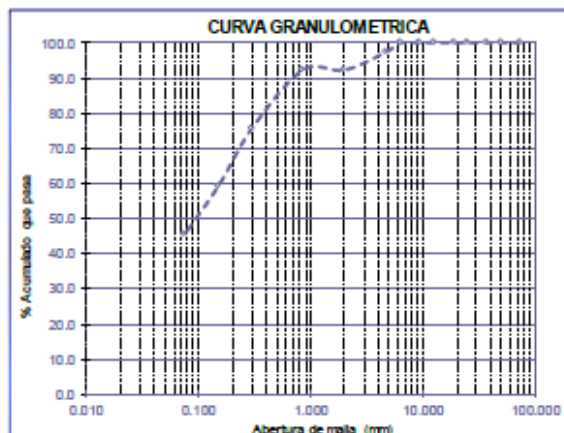
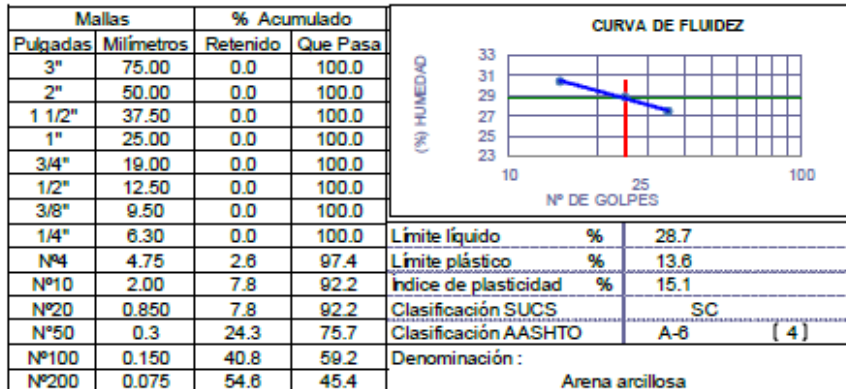
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA: 1
MUESTRA : M - 1

PROFUNDIDAD 0,00 m a 0,50 m



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad 13.46

Contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales 0.20

Anexo 10. Resultados convencionales (muestra 2 - calicata N° 01)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y
PAVIMENTOS - USAT

ENSAYO₁: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

ENSAYO₂: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido. Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

ENSAYO₃: Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo

N.T.P. 339.127

ENSAYO₄: SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

NTP 339.152 / USBR E - 8

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA: 1
MUESTRA : M - 2

PROFUNDIDAD 0,50 m a 0,90 m

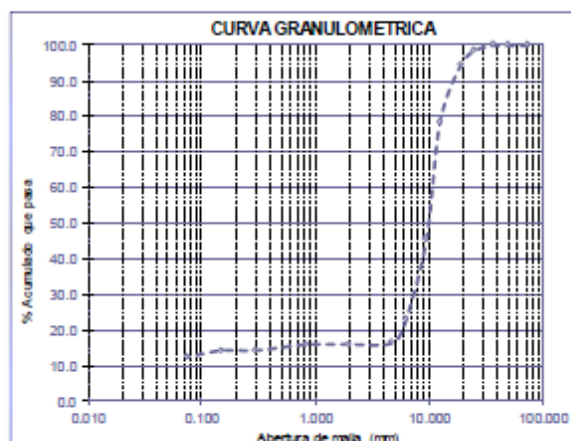
Mallas		% Acumulado	
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa
3"	75.00	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0
1"	25.00	1.5	98.5
3/4"	19.00	5.6	94.4
1/2"	12.50	21.7	78.3
3/8"	9.50	54.4	45.6
1/4"	6.30	77.1	22.9
Nº4	4.75	83.7	16.3
Nº10	2.00	84.1	15.9
Nº20	0.850	84.1	15.9
Nº50	0.3	85.8	14.2
Nº100	0.150	85.8	14.2
Nº200	0.075	87.7	12.3

CURVA DE FLUIDEZ	
Límite líquido	% 34
Límite plástico	% 13
Índice de plasticidad	% 20
Clasificación SUCS	GC
Clasificación AASHTO	A-2-6 (0)
Denominación:	Grava arcillosa



TÉCNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
Reneado meyo Oblitas Jentia
TECNICO DE LABORATORIO



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad 3.68

Contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales 0.15

Anexo 11. Resultados convencionales (muestra 3 - calicata N° 01)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y
PAVIMENTOS - USAT

ENSAYO₁: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

ENSAYO₂: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido. Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

ENSAYO₃: Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo

N.T.P. 339.127

ENSAYO₄: SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

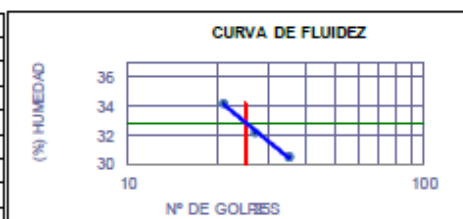
NTP 339.152 / USBR E - 8

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA: 1
MUESTRA : M-3

PROFUNDIDAD 0,90 m a 1,50 m

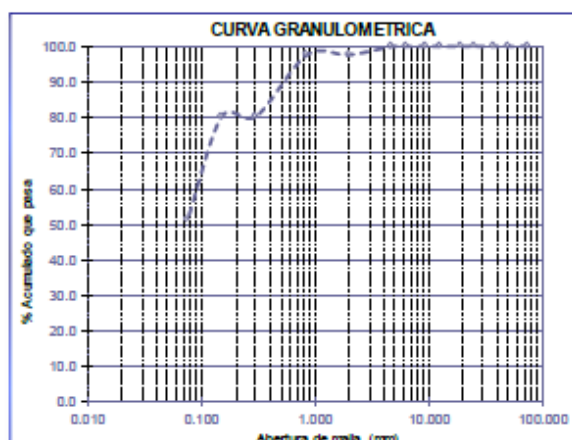
Mallas		% Acumulado	
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa
3"	75.00	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	100.0
Nº4	4.75	0.0	100.0
Nº10	2.00	2.3	97.7
Nº20	0.850	2.3	97.7
Nº50	0.3	19.7	80.3
Nº100	0.150	19.7	80.3
Nº200	0.075	48.8	51.4



Límite líquido	%	33
Límite plástico	%	16
Índice de plasticidad	%	17
Clasificación SUCS		CL
Clasificación AASHTO		A-6 [5]

Denominación:

Arcilla arenosa de baja plasticidad



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad 14.42

Contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales 0.17



TECNICO DE LABORATORIO
Rafael Alejandro Obilias de la Cruz
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 13. CBR convencional (muestra 3 - calicata N° 01)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 01

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 3

PROFUNDIDAD : 0.90 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde	1			2			3										
Nº Capa	3			3			3										
Nº Golpes por capa	56			25			12										
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sintetizado		Saturado		Sintetizado		Saturado		Sintetizado								
Peso molde + Suelo húmedo	12.386	12.472	12.261	12.968	12.084	12.302											
Peso de molde (g)	7.589	7.589	7.580	7.580	7.584	7.584											
Peso del suelo húmedo (g)	4.706	4.783	4.571	4.678	4.410	4.618											
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143											
Densidad húmeda (g/cc)	2.196	2.232	2.133	2.183	2.058	2.155											
% de humedad	16.18	17.49	16.57	18.63	16.25	21.07											
Densidad seca (g/cc)	1.890	1.900	1.830	1.840	1.770	1.780											
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tam. Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
Tam. + Suelo húmedo (gr.)	82.08	82.1	80.18	80.18	88.1	88.1	88.46	88.45	79.28	79.28							
Tam. + Suelo seco (gr.)	73.81	73.81	78.86	78.86	78.48	78.48	78.83	78.83	86.88	86.88							
Peso del Agua (gr.)	8.5	8.5	10.3	10.3	9.6	9.6	10.8	10.8	7.4	7.4							
Peso del tam. (gr.)	21.25	21.25	20.89	20.89	20.44	20.44	20.55	20.55	20.19	20.19							
Peso del suelo seco (gr.)	52.36	52.36	58.96	58.96	58.05	58.05	58.08	58.08	45.67	45.67							
% de humedad	16.18	16.18	17.49	17.49	16.57	16.57	18.63	18.63	16.25	16.25							
Promedio de Humedad (%)	16.18	17.49	16.57	18.63	16.25	21.07											
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				mm	%		mm	%		mm	%						
03/08/2015		0		0	0		0	0		0	0						
04/08/2015		24		0.700	0.593		0.900	0.763		0.700	0.593						
05/08/2015		48		0.900	0.763		0.990	0.839		0.800	0.678						
06/08/2015		72		0.990	0.839		1.100	0.932		0.930	0.788						
07/08/2015		96		1.120	0.949		1.330	1.127		0.980	0.831						
				Total	3.144		Total	3.661		Total	2.890						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3						
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN							
mm.	pulg.	lb/pulg ²	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%
0.000	0.000	000'	0.00	0	0			0	0	0			0	0	0		
0.508	0.020	030'	7.40	87	29			6.40	63	21			3.30	39	13		
1.016	0.040	100'	16.80	183	61			11.30	133	44			8.70	79	26		
1.524	0.060	130'	22.80	257	89			18.40	192	64			8.70	114	38		
2.032	0.080	200'	28.70	348	116			21.60	252	84			12.80	150	50		
2.540	0.100	300'	37.30	438	146	14.59		28.80	315	105	10.52		18.20	190	63	6.33	
3.048	0.120	400'	46.80	538	185	15.85		33.80	374	128	11.42		26.40	270	90	6.88	
3.556	0.140	500'	56.80	648	232	21.42		39.80	444	166	12.50		33.80	330	110	7.42	
4.064	0.160	600'	67.30	768	289	28.38		46.80	514	206	13.91		40.80	390	130	8.31	
4.572	0.180	700'	78.30	898	356	37.56		54.80	584	254	15.30		48.80	450	150	9.25	
5.080	0.200	800'	89.80	1038	433	46.03		63.80	664	311	16.71		56.80	510	170	10.18	
5.588	0.220	900'	101.80	1188	520	55.52		73.80	744	374	18.14		65.80	570	190	11.12	
6.096	0.240	1000'	114.30	1348	617	65.17		84.80	814	444	19.54		75.80	630	210	12.06	



DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% : 1.887 g./cm³
DENSIDAD SECA AL 95% : 1.793 g./cm³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD : 16.2 %

VALOR DEL C.B.R.

C.B.R. AL 100 % M.D.S. : 2.54 cm. 5.08 cm.
C.B.R. AL 95 % M.D.S. : 14.36 % 15.61 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S. : 7.91 % 8.59 %

Anexo 14. Estratigrafía calicata N° 02



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS -
 USAT

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
 TESIS : Arturo Leonardo López Salazar
 TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
 UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú
 CALICATA : N° 02 NIVEL FREÁTICO : No encontrado
 UBICACIÓN : Calle El Vaticano S/N Mz "E" (Sector: Las Brisas)
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
 FECHA : 17/03/2023

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción visual (IN-SITU)
0.0					
0.2	A	M - 1		GP-GC	Grava pobremente graduada con arcilla y arena Límite Líquido = 31.00% Índice de Plasticidad = 15.00% Contenido de Humedad = 2.28%
0.3	C I E L O	M - 2		CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad Límite Líquido = 35.00% Índice de Plasticidad = 20.00% Contenido de Humedad = 15.31%
0.4					
0.6					
0.8					
1.0	A B I E R T O				
1.2					
1.4					
1.5					
1.6					
1.7					
1.8					
1.9					
2.0					
2.1					
2.2					
2.3					
2.4					
2.5					
2.6					
2.7					
2.8					
2.9					
3.0					

Observaciones:

M = Muestra

C = Calicata

Anexo 15. Resultados convencionales (muestra 1 - calicata N° 02)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y
PAVIMENTOS - USAT

ENSAYO₁: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

ENSAYO₂: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido. Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

ENSAYO₃: Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo

N.T.P. 339.127

ENSAYO₄: SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

NTP 339.152 / USBR E - 8

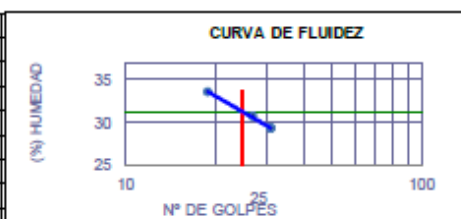
ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA: 2
MUESTRA : M - 1

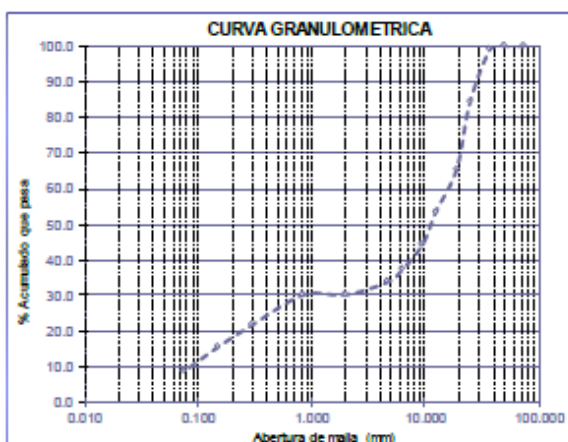
PROFUNDIDAD 0,00 m a 0,30 m

Mallas		% Acumulado	
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa
3"	75.00	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	1.0	99.0
1"	25.00	15.6	84.4
3/4"	19.00	34.6	65.4
1/2"	12.50	48.5	53.5
3/8"	9.50	55.8	44.2
1/4"	6.30	62.8	37.2
Nº4	4.75	66.2	33.8
Nº10	2.00	69.9	30.1
Nº20	0.850	69.9	30.1
Nº50	0.3	78.3	21.7
Nº100	0.150	84.5	15.5
Nº200	0.075	91.4	8.6

Límite líquido	%	31
Límite plástico	%	16
Índice de plasticidad	%	15
Clasificación SUCS		GP-GC
Clasificación AASHTO		A-2-6 (0)
Denominación:	Grava pobremente graduada con arcilla y arena	



TECNICO DE LABORATORIO
Rosa Mery Obitas Acuña
TECNICO DE LABORATORIO



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad 2.28

Contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales 0.08

Anexo 16. Resultados convencionales (muestra 2 - calicata N° 02)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y
PAVIMENTOS - USAT

ENSAYO₁: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

ENSAYO₂: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido. Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

ENSAYO₃: Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo

N.T.P. 339.127

ENSAYO₄: SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

NTP 339.152 / USBR E - 8

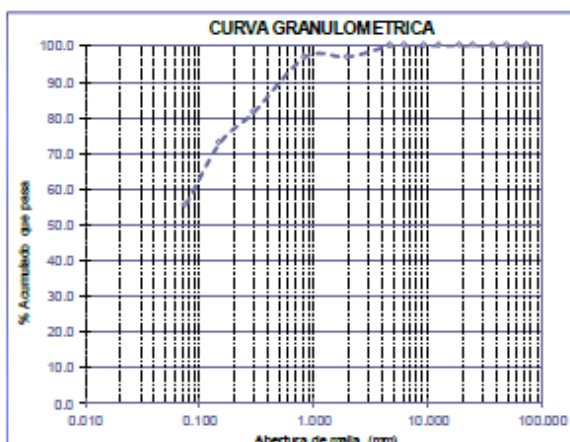
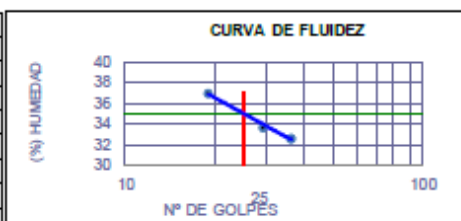
ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA: 2
MUESTRA : M - 2

PROFUNDIDAD 0,30 m a 1,50 m

Mallas		% Acumulado	
Pulgadas	Milímetros	Retenido	Que Pasa
3"	75.00	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	100.0
Nº4	4.75	0.0	100.0
Nº10	2.00	3.1	96.9
Nº20	0.850	3.1	96.9
Nº50	0.3	18.6	81.4
Nº100	0.150	27.2	72.8
Nº200	0.075	44.7	55.3

CURVA DE FLUIDEZ		
Límite líquido	%	35
Límite plástico	%	15
Índice de plasticidad	%	20
Clasificación SUCS		CL
Clasificación AASHTO		A-6 (8)
Denominación:		
Arcilla arenosa de baja plasticidad		



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad 15.31

Contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales 0.15



TECNICO DE LABORATORIO
Rene Enrique Obitas Acuña
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 17. Proctor modificado convencional (muestra 2 - calicata N° 02)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/ft³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 02 **PROGRESIVA** : Calle El Vaticano S/N Mz "E"
MUESTRA : M - 2 **PROFUNDIDAD** : 0.30 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6479	6801	7002	6902
Peso del molde	g.	2650	2650	2650	2650
Peso del suelo húmedo compactado	g.	3829	4151	4352	4252
Volumen del molde	cm ³	2014.95	2014.95	2014.95	2014.95
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.900	2.060	2.160	2.110

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	82.25	81.87	86.63	89.39
Peso del suelo seco + tara	g.	75.61	73.96	76.86	78.00
Peso de tara	g.	20.36	20.59	20.48	20.77
Peso de agua	g.	6.64	7.91	9.77	11.39
Peso de suelo seco	g.	55.25	53.37	56.38	57.23
Contenido de agua	%	12.02	14.82	17.33	19.90
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.70	1.79	1.84	1.76

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.84	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	17.43	%



Anexo 18. CBR convencional (muestra 2 - calicata N° 02)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 02

PROGRESIVA : Calle El Vaticano 5/N Mz "E"

MUESTRA : M - 2

PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN															
N° Molde	1		2		3										
N° Capa	2		2		2										
N° Golpes por capa	56		25		12										
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado									
Peso molde + Suelo húmedo	12.365	12.442	12.239	12.344	12.081	12.285									
Peso de molde (g)	7.736	7.736	7.745	7.745	7.750	7.750									
Peso del suelo húmedo (g)	4.629	4.706	4.494	4.599	4.331	4.535									
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143									
Densidad húmeda (g/cc)	2.16	2.20	2.10	2.15	2.02	2.12									
% de humedad	17.41	18.72	17.82	19.87	17.50	22.31									
Densidad seca (g/cc)	1.840	1.850	1.780	1.790	1.720	1.730									
CONTENIDO DE HUMEDAD															
Tarro N°	-	-	-	-	-	-									
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	73.3	73.3	81.83	81.83	80.18	81.27									
Tarro + Suelo seco (gr.)	65.39	65.39	72.12	72.12	71.10	71.10									
Peso del Agua (gr.)	7.88	7.88	9.71	9.71	9.08	9.08									
Peso del tarro (gr.)	20.13	20.13	20.26	20.26	20.15	20.15									
Peso del suelo seco (gr.)	45.26	45.26	51.86	51.86	50.95	50.95									
% de humedad	17.41	17.41	18.72	18.72	17.82	19.87									
Promedio de Humedad (%)	17.41	18.72	17.82	19.87	17.50	22.31									
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
10/08/2015	9:45 a. m.	0		0	0		0	0		0	0				
11/08/2015	9:45 a. m.	24		1.342	1.137		1.518	1.286		1.450	1.229				
12/08/2015	9:45 a. m.	48		1.596	1.319		1.857	1.574		1.681	1.425				
13/08/2015	9:45 a. m.	72		1.790	1.517		2.195	1.860		1.827	1.548				
14/08/2015	9:45 a. m.	96		1.911	1.619		2.292	1.984		2.830	2.398				
				Total	5.592		Total	6.654		Total	6.600				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3				
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN					
mm.	pulg.	lbf/pulg ²	act. Dia	lb	lbf/pulg ²	%	act. Dia	lb	lbf/pulg ²	%	act. Dia	lb	lbf/pulg ²	%	
0.000	0.000	000"		0.00	0			0	0			0	0		
0.508	0.020	030"		4.40	52	17		3.30	39	13		2.10	25	8	
1.016	0.040	100"		9.20	108	36		6.70	79	26		4.10	48	16	
1.524	0.060	130"		13.60	160	53		9.70	114	38		5.90	69	23	
2.032	0.080	200"		17.90	210	70		12.80	150	50		7.70	90	30	
2.540	0.100	300"	1000	22.40	263	88	8.76	16.20	190	63	6.33	9.70	114	38	3.70
5.080	0.200	400"	1500	36.40	427	142	9.49	26.40	310	103	6.88	15.90	187	62	4.14
7.620	0.300	800"		46.40	544	181		33.30	391	130		20.30	238	79	
10.160	0.400	800"		53.80	631	210		38.70	454	151		23.30	273	91	
12.700	0.500	1000"		55.90	656	219		40.50	475	158		24.40	286	95	

DATOS DEL PROCTOR

VALOR DEL C.B.R.

DENSIDAD SECA AL 100%	1.840 g/cm ³	2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.748 g/cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8.77 % 9.50 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	17.4 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4.98 % 5.43 %



TECNICO DE LABORATORIO

Ronald Mayra Obilias Ferris
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 20. Resultados convencionales (muestra 1 - calicata N° 03)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y
PAVIMENTOS - USAT

ENSAYO₁: SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

N.T.P. 339.128 ASTM D - 422

ENSAYO₂: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido. Límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.

N.T.P. 339.129 ASTM D - 4318

ENSAYO₃: Método de ensayo para Determinar el contenido de humedad de un suelo

N.T.P. 339.127

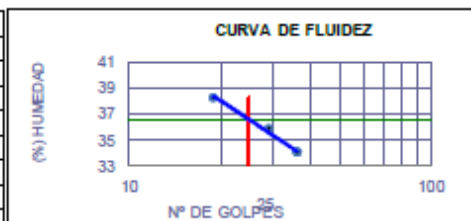
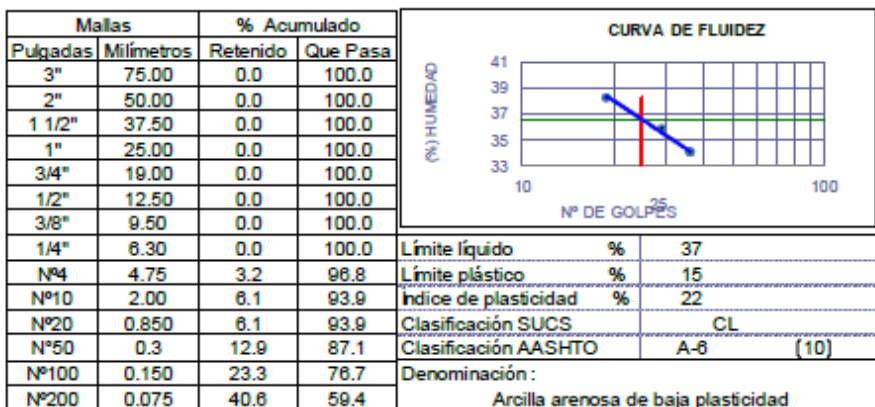
ENSAYO₄: SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

NTP 339.152 / USBR E - 8

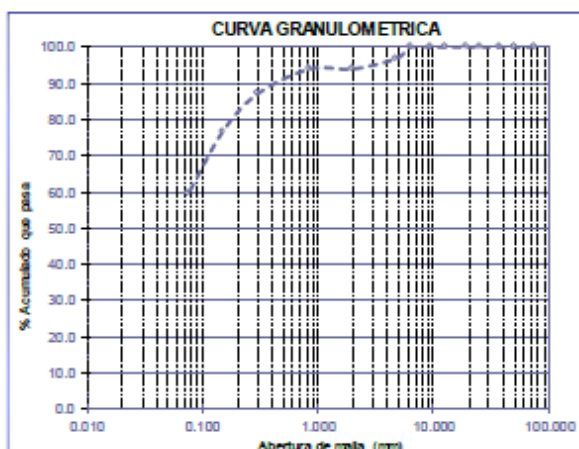
ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA: 3
MUESTRA : M - 1

PROFUNDIDAD 0,20 m a 1,50 m



TÉCNICO DE LABORATORIO
Rafael Obispo Obispo
LABORATORIO DE LABORATORIO



Determinar el contenido de humedad de un suelo

Humedad 15.88

Contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

Sales 0.23

Anexo 21. Proctor modificado convencional (muestra 1 - calicata N° 03)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe3))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos -
Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 03
MUESTRA : M - 1

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"
PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6479	6781	6982	6882
Peso del molde	g.	2650	2650	2650	2650
Peso del suelo húmedo compactado	g.	3829	4131	4332	4232
Volumen del molde	cm ³	2014.95	2014.95	2014.95	2014.95
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.900	2.050	2.150	2.100

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	77.20	76.29	81.33	83.82
Peso del suelo seco + tara	g.	71.59	69.50	72.82	73.80
Peso de tara	g.	20.36	20.15	20.46	20.59
Peso de agua	g.	5.61	6.79	8.51	10.02
Peso de suelo seco	g.	51.23	49.35	52.36	53.21
Contenido de agua	%	10.95	13.76	16.25	18.83
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.71	1.80	1.85	1.77

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.85	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.35	%



TÍTULO DE LABORATORIO

[Firma]
Rene Alberto Obilias Ferris
TÍTULO DE LABORATORIO

Anexo 22. CBR convencional (muestra 1 - calicata N° 03)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 03
MUESTRA : M - 1

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"
PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN															
N° Molde	1			2			3								
N° Capa	1			1			1								
N° Golpes por capa	56			25			12								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado							
Peso molde + suelo húmedo	12.848	12.418	12.217	12.322	12.000	12.278									
Peso de molde (g)	7.860	7.860	7.865	7.865	7.873	7.873									
Peso del suelo húmedo (g)	4.483	4.558	4.352	4.457	4.196	4.400									
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143									
Densidad húmeda (g/cc)	2.09	2.13	2.03	2.08	1.96	2.05									
% de humedad	13.08	14.38	13.49	15.55	13.16	17.97									
Densidad seca (g/cc)	1.850	1.859	1.789	1.800	1.730	1.740									
CONTENIDO DE HUMEDAD															
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	80.40	80.40	88.90	88.90	87.84	87.84	88.08	88.08	78.17	78.17	98.26	98.26			
Tarro + Suelo seco (gr.)	78.61	78.61	88.42	88.42	80.01	80.01	79.66	79.66	67.16	67.16	88.60	88.60			
Peso del Agua (gr.)	6.85	6.85	8.48	8.48	7.83	7.83	9.03	9.03	6.01	6.01	11.67	11.67			
Peso del tarro (gr.)	21.25	21.25	21.46	21.46	21.96	21.96	21.57	21.57	21.49	21.49	21.66	21.66			
Peso del suelo seco (gr.)	52.36	52.36	58.96	58.96	58.05	58.05	58.08	58.08	45.67	45.67	64.93	64.93			
% de humedad	13.08	13.08	14.38	14.38	13.49	13.49	15.55	15.55	13.16	13.16	17.97	17.97			
Promedio de Humedad (%)	13.08		14.38		13.49		15.55		13.16		17.97				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
17/08/2015	11:02 a. m.	0		0	0		0	0		0	0				
18/08/2015	11:02 a. m.	24		0.478	0.405		0.645	0.547		0.711	0.603				
19/08/2015	11:02 a. m.	48		0.678	0.575		0.983	0.833		0.844	0.715				
20/08/2015	11:02 a. m.	72		0.921	0.781		1.034	0.876		1.093	0.926				
21/08/2015	11:02 a. m.	96		1.093	0.926		1.365	1.157		1.229	1.042				
				Total	2.886		Total	3.413		Total	3.286				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3				
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN			
mm.	pulg.	lbs/pulg2	Lect. Dial	lb	lbs/pulg2	%	Lect. Dial	lb	lbs/pulg2	%	Lect. Dial	lb	lbs/pulg2	%	
0.000	0.000	0'00"	0.00	0			0	0			0	0			
0.508	0.020	0'30"	6.70	79	26		4.90	57	19		2.80	33	11		
1.016	0.040	1'00"	14.10	165	55		10.30	121	40		6.20	73	24		
1.524	0.060	1'30"	20.60	240	80		14.90	175	58		9.00	106	35		
2.032	0.080	2'00"	26.90	316	105		19.60	229	76		11.80	138	46		
2.540	0.100	3'00"	1000	33.00	394	131	13.14	24.40	286	95	9.54	14.60	171	57	5.71
5.080	0.200	4'00"	1500	64.60	641	214	14.23	30.70	466	155	10.35	28.80	279	93	6.20
7.620	0.300	6'00"		69.60	815	272		60.60	592	197		30.30	355	118	
10.160	0.400	8'00"		80.60	944	315		68.60	686	229		36.10	412	137	
12.700	0.500	10'00"		88.80	983	328		61.00	716	239		38.70	431	144	

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 1.850 g./cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 1.758 g./cm³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD 16.4 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S. 13.14 % 14.24 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S. 7.47 % 8.11 %



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

Anexo 24. CBR experimental (muestra 3 - calicata N° 01) (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 01

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 3

PROFUNDIDAD : 0.90 m - 1.50 m

Adición de 0.303 q (75% PCH + 25% CCA)

COMPACTACIÓN													
Nº Molde	1		2		3								
Nº Capa	3		3		3								
Nº Golpes por capa	56		25		12								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SinBaturado	Saturado	SinBaturado	Saturado	SinBaturado	Saturado							
Peso molde + Suelo húmedo	12.698	12.773	12.567	12.670	12.406	12.605							
Peso de molde (g)	8.129	8.129	8.129	8.129	8.133	8.133							
Peso del suelo húmedo (g)	4.575	4.650	4.438	4.541	4.273	4.472							
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143							
Densidad húmeda (g/cc)	2.13	2.17	2.07	2.12	1.99	2.09							
% de humedad	18.63	19.91	19.01	21.07	18.70	23.52							
Densidad seca (g/cc)	1.800	1.810	1.740	1.750	1.680	1.680							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	88.96	88.96	98.08	98.08	96.29	97.78							
Tarro + Suelo seco (gr.)	78.47	78.47	85.55	85.55	84.50	84.50							
Peso del Agua (gr.)	10.49	10.49	12.53	12.53	11.79	11.79							
Peso del tarro (gr.)	22.15	22.15	22.83	22.83	22.40	22.87							
Peso del suelo seco (gr.)	56.3	56.3	62.9	62.9	62.0	62.0							
% de humedad	18.63	18.63	19.91	19.91	19.01	21.07							
Promedio de Humedad (%)	18.63	19.91	19.01	21.07	18.70	23.52							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
24/08/2015	2:04 p. m.	0		0	0		0	0		0	0		
25/08/2015	2:04 p. m.	24		1.248	1.096		1.356	1.149		1.565	1.326		
26/08/2015	2:04 p. m.	48		1.448	1.227		1.756	1.488		1.748	1.481		
27/08/2015	2:04 p. m.	72		1.635	1.386		2.178	1.848		1.850	1.584		
28/08/2015	2:04 p. m.	96		1.834	1.554		2.373	2.011		2.148	1.819		
				Total	5.223		Total	6.404		Total	6.210		
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3			
mm.	pulg.			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN		
			lbs/pulg2	Lect.	Dial	lb	lbs/pulg2	%	Lect.	Dial	lb	lbs/pulg2	%
0.000	0.000	0'00"		0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.508	0.020	0'30"		4.40	52	17	3.10	36	12	1.80	21	7	
1.016	0.040	1'00"		9.00	106	35	6.40	75	25	3.80	45	15	
1.524	0.060	1'30"		13.10	154	51	9.50	111	37	5.90	66	22	
2.032	0.080	2'00"		17.20	202	67	12.30	144	48	7.40	87	29	
2.540	0.100	2'30"	1000	21.30	250	83	15.40	181	60	9.20	108	36	3.60
5.080	0.200	4'00"	1500	34.90	409	138	25.10	294	98	15.10	177	59	3.94
7.620	0.300	4'00"		44.10	517	172	31.80	373	124	19.20	225	75	
10.160	0.400	8'00"		51.30	602	201	36.90	433	144	22.10	259	86	
12.700	0.500	10'00"		53.30	625	208	38.50	452	151	23.10	271	90	

DATOS DEL PROCTOR

VALOR DEL C.B.R.

DENSIDAD SECA AL 100%	1.800 g/cm ³		2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.710 g/cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	8.34 %	9.11 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	18.6 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4.81 %	5.24 %



TECNICO DE LABORATORIO

[Firma]
Rene Mesero Oblitas Ferrer
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 26. CBR experimental (muestra 2 - calicata N° 02) (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 02

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 2

PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

Añadición 0.303 g (75% PCH + 25% CCA)

COMPACTACIÓN																	
N° Molde	1			2			3										
N° Capes	1			1			1										
N° Golpes por capa	56			25			12										
CONDICION DE LA MUESTRA	Si	Esturado	Saturado	Si	Esturado	Saturado	Si	Esturado	Saturado								
Peso molde + Suelo húmedo	12.133		12.268	11.990		12.080	11.829		12.024								
Peso de molde (g)	7.884		7.884	7.880		7.880	7.884		7.884								
Peso del suelo húmedo (g)	4.449		4.524	4.310		4.410	4.145		4.340								
Volumen del molde (cc)	2.143		2.143	2.143		2.143	2.143		2.143								
Densidad húmeda (g/cc)	2.078		2.111	2.011		2.058	1.934		2.025								
% de humedad	18.62		19.92	19.00		21.06	18.68		23.50								
Densidad seca (g/cc)	1.750		1.780	1.690		1.700	1.630		1.640								
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr)	78.79	78.79	85.28	85.28	83.97	83.97	84.94	84.94	88.71	88.71							
Tarro + Suelo seco (gr)	88.12	88.12	74.88	74.88	74.04	74.04	73.93	73.93	81.28	81.28							
Peso del Agua (gr)	8.67	8.67	10.59	10.59	9.93	9.93	11.01	11.01	7.45	7.45							
Peso del tarro (gr)	21.55	21.55	21.49	21.49	21.78	21.78	21.84	21.84	21.38	21.38							
Peso del suelo seco (gr)	48.6	48.6	53.2	53.2	52.3	52.3	52.3	52.3	59.9	59.9							
% de humedad	18.62	18.62	19.92	19.92	19.00	19.00	21.06	21.06	18.68	18.68							
Promedio de Humedad (%)	18.62		19.92		19.00		21.06		18.68	23.50							
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN								
			mm	%	mm	%	mm	%									
31/08/2015	3:18 p. m.	0			0	0			0	0							
01/09/2015	3:16 p. m.	24			1.474	1.249			1.898	1.414							
02/09/2015	3:16 p. m.	48			1.625	1.377			1.712	1.451							
03/09/2015	3:16 p. m.	72			1.937	1.642			2.107	1.662							
04/09/2015	3:16 p. m.	96			2.061	1.747			2.366	2.005							
					Total	8.014			Total	6.731							
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3						
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN							
mm.	psig.	lb/psig ²	Lect.	Dial	lb	lb/psig ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/psig ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/psig ²	%
0.000	0.000	000"	0.00	0				0	0				0	0			
0.508	0.020	050"	4.10	48	16			3.10	36	12			1.80	21	7		
1.016	0.040	100"	8.79	102	34			6.40	75	25			3.80	45	15		
1.524	0.060	150"	12.80	150	50			9.20	108	36			5.40	63	21		
2.032	0.080	200"	16.70	196	65			12.10	142	47			7.20	84	28		
2.540	0.100	250"	20.80	244	81	8.13		15.10	177	59	5.90		9.00	106	35	3.52	
5.080	0.200	400"	33.80	397	132	8.81		24.80	289	96	8.41		14.80	171	57	3.81	
7.620	0.300	600"	43.10	506	169			31.30	367	122			18.50	217	72		
10.160	0.400	800"	60.90	587	196			36.40	427	142			21.50	252	84		
12.700	0.500	1000"	82.10	611	204			37.90	445	148			22.80	265	88		

DATOS DEL PROCTOR

VALOR DEL C.B.R.

DENSIDAD SECA AL 100%

1.750 g/cm³

2.54 cm.

5.08 cm.

DENSIDAD SECA AL 95%

1.663 g/cm³

C.B.R. AL 100 % M.D.S.

8.13

%

8.80

%

OPTIMO CONT. DE HUMEDAD

18.6 %

C.B.R. AL 95 % M.D.S.

4.81

%

5.22

%



Anexo 28. CBR experimental (muestra 1 - calicata N° 03) (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 03

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 1

PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

Adición 0.303 g (75% PCH + 25% CCA)

COMPACTACIÓN																	
Nº Molde	1			2			3										
Nº Capa	1			1			1										
Nº Golpes por capa	56			25			12										
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SirBaturado	Saturado	SirBaturado	Saturado	SirBaturado	Saturado	SirBaturado	Saturado								
Peso molde + Suelo húmedo	12.651	12.730	12.830	12.830	12.837	12.977	12.867										
Peso de molde (g)	7.930	7.930	7.942	7.942	7.952	7.952	7.952										
Peso del suelo húmedo (g)	4.721	4.800	4.888	4.888	4.885	4.825	4.835										
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143										
Densidad húmeda (g/cc)	2.203	2.240	2.241	2.241	2.191	2.095	2.163										
% de humedad	15.96	17.26	16.36	16.36	18.42	16.02	20.85										
Densidad seca (g/cc)	1.900	1.910	1.840	1.850	1.780	1.790											
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	82.77	82.77	81.31	81.31	80.83	80.83	81.25	81.25	75.80	75.80	101.18						
Tarro + Suelo seco (gr.)	74.41	74.41	81.13	81.13	80.43	80.43	80.56	80.56	66.28	66.28	87.62						
Peso del Agua (gr.)	8.36	8.36	10.18	10.18	9.50	9.50	10.70	10.70	7.32	7.32	13.54						
Peso del tarro (gr.)	22.03	22.03	22.15	22.15	22.36	22.36	22.45	22.45	22.59	22.59	22.67						
Peso del suelo seco (gr.)	52.4	52.4	50.0	50.0	58.1	58.1	58.1	58.1	45.7	45.7	65.0						
% de humedad	15.96	15.96	17.26	17.26	16.36	16.36	18.42	18.42	16.02	16.02	20.85						
Promedio de Humedad (%)	15.96	17.26	16.36	16.36	18.42	16.02	20.85										
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				mm	%		mm	%		mm	%						
07/09/2015	5:48 p.m.	0		0	0		0	0		0	0						
08/09/2015	5:48 p.m.	24		0.672	0.569		0.699	0.762		0.793	0.672						
09/09/2015	5:48 p.m.	48		0.824	0.698		1.091	0.925		0.914	0.775						
10/09/2015	5:48 p.m.	72		1.083	0.918		1.233	1.045		1.127	0.955						
11/09/2015	5:48 p.m.	96		1.223	1.036		1.426	1.208		1.336	1.132						
				Total	3.222		Total	3.940		Total	3.534						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3						
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN					
mm.	pulg.	lb/pulg ²	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%
0.000	0.000	0'00"	0.00	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	
0.508	0.020	0'30"	7.70	90	30			6.60	66	22			3.30	30	13		
1.016	0.040	1'00"	15.90	167	62			11.50	135	45			6.90	61	27		
1.524	0.060	1'30"	23.30	273	91			16.90	198	66			10.00	117	39		
2.032	0.080	2'00"	30.80	358	119			22.10	259	86			13.10	154	51		
2.540	0.100	3'00"	1000	36.20	448	149	14.94	27.70	325	108	10.63	16.40	192	64	6.41		
5.080	0.200	4'00"	1500	62.30	731	244	16.24	48.10	529	178	11.76	26.70	313	104	6.96		
7.620	0.300	6'00"		79.00	927	309		67.40	673	224			33.80	397	132		
10.160	0.400	8'00"		91.60	1073	358		66.40	779	250			39.90	463	154		
12.700	0.500	10'00"		95.40	1119	373		69.20	812	271			41.00	481	160		



TÉCNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
TÉCNICO DE LABORATORIO

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 1.900 g./cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 1.805 g./cm³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD 16.0 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S. 14.95 % 16.26 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S. 8.27 % 8.97 %

Anexo 30. CBR experimental (muestra 3 - calicata N° 01) (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 01

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Ma "E"

MUESTRA : M - 3

PROFUNDIDAD : 0.90 m - 1.50 m

Adición de 0.303 g (50% PCH + 50% CCA)

COMPACTACIÓN											
N° Molde		1			2			3			
N° Capa		1			1			1			
N° Golpes por capa		56			25			12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Si/Saturado			Saturado			Si/Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo		12.186	12.229	11.912	12.011	11.754	11.944				
Peso de molde (g)		7.784	7.784	7.680	7.680	7.684	7.684				
Peso del suelo húmedo (g)		4.372	4.445	4.232	4.331	4.070	4.260				
Volumen del molde (cc)		2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143				
Densidad húmeda (g/cc)		2.04	2.07	1.97	2.02	1.90	1.99				
% de humedad		18.50	19.88	18.08	21.03	18.66	23.47				
Densidad seca (g/cc)		1.720	1.730	1.660	1.670	1.601	1.610				
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Tarrío N°		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tarrío + Suelo húmedo (gr.)		89.12	89.12	97.98	97.98	96.81	96.81	97.63	97.63	107.28	
Tarrío + Suelo seco (gr.)		78.64	78.64	85.46	85.46	85.03	85.03	84.47	84.47	91.10	
Peso del Agua (gr.)		10.48	10.48	12.52	12.52	11.78	11.78	13.08	13.08	16.18	
Peso del tarrío (gr.)		22.28	22.28	22.48	22.48	22.96	22.96	22.37	22.37	22.54	
Peso del suelo seco (gr.)		56.4	56.4	63.0	63.0	62.1	62.1	62.1	62.1	69.0	
% de humedad		18.50	18.50	19.88	19.88	18.98	18.98	21.03	21.03	18.66	
Promedio de Humedad (%)		18.50	19.88	18.08	21.03	18.66	23.47				
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/09/2015	7.01 p. m.	0		0	0		0	0		0	0
15/09/2015	7.01 p. m.	24		1.754	1.488		1.823	1.630		2.095	1.775
16/09/2015	7.01 p. m.	48		1.894	1.605		2.104	1.659		2.248	1.903
17/09/2015	7.01 p. m.	72		2.098	1.778		2.272	1.925		2.357	1.987
18/09/2015	7.01 p. m.	96		2.295	1.945		2.491	2.111		2.512	2.129
				Total	6.814		Total	7.525		Total	7.805
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%	CARGA	CORRECCIÓN	%
mm.	polg.	lbs/polg ²	Lect. Dial	lb	lbs/polg ²	Lect. Dial	lb	lbs/polg ²	Lect. Dial	lb	lbs/polg ²
0.000	0.000	050*	6.00	0		6	0		6	0	
0.508	0.020	050*	4.40	52	17	3.10	36	12	1.80	21	7
1.016	0.040	100*	9.00	106	35	6.40	75	25	3.80	45	15
1.524	0.060	150*	13.10	154	51	9.90	111	37	5.80	66	22
2.032	0.080	200*	17.20	202	67	12.30	144	48	7.40	87	29
2.540	0.100	250*	21.40	251	84	15.40	181	60	9.02	106	36
5.080	0.200	450*	34.90	409	136	25.10	294	98	15.10	177	59
7.620	0.300	650*	44.40	521	174	31.80	375	124	19.20	225	75
10.160	0.400	850*	51.30	602	201	36.90	433	144	22.10	259	86
12.700	0.500	1050*	63.60	629	210	38.90	452	151	23.10	271	90



TECNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
TECNICO DE LABORATORIO

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 1.720 g./cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 1.634 g./cm³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 18.6 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S. 8.35 % 9.08 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S. 4.97 % 5.41 %

**Anexo 31. Proctor modificado experimental (muestra 2 - calicata N° 02) (2^{da} adición:
50% PCH + 50% CCA)**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos -
Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 02 PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"
MUESTRA : M - 2 PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

Adición 0.777 g (50% PCH + 50% CCA)

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6499	6801	7002	6902
Peso del molde	g.	2650	2650	2650	2650
Peso del suelo húmedo compactado	g.	3849	4151	4352	4252
Volumen del molde	cm ³	2014.95	2014.95	2014.95	2014.95
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.910	2.060	2.160	2.110

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	76.81	76.92	81.06	83.16
Peso del suelo seco + tara	g.	71.27	70.21	72.63	73.22
Peso de tara	g.	20.14	20.96	20.37	20.11
Peso de agua	g.	5.54	6.71	8.43	9.94
Peso de suelo seco	g.	51.13	49.25	52.26	53.11
Contenido de agua	%	10.84	13.62	16.13	18.72
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.72	1.81	1.86	1.78

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.86	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.23	%



TÉCNICO DE LABORATORIO

[Firma]
Ritunda Ayra Obitas Jara
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 32. CBR experimental (muestra 2 - calicata N° 02) (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de suelos
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 02

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 2

PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

Adición 0.303 q (50% PCH + 50% CCA)

COMPACTACIÓN																	
N° Molde	1				2				3								
N° Capas	2				2				2								
N° Golpes por capa	56				25				12								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA																	
	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado									
Peso molde + Suelo húmedo	12.752	12.829	12.625	12.730	12.466	12.672											
Peso de molde (g)	8.123	8.123	8.120	8.120	8.133	8.133											
Peso del suelo húmedo (g)	4.629	4.706	4.496	4.601	4.333	4.539											
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143											
Densidad húmeda (g/cc)	2.16	2.20	2.10	2.15	2.02	2.12											
% de humedad	16.14	17.45	16.53	16.80	16.21	21.02											
Densidad seca (g/cc)	1.860	1.870	1.800	1.810	1.740	1.750											
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	83.86	83.86	81.44	81.44	89.62	89.62	90.86	90.86	78.23	78.23							
Tarro + Suelo seco (gr.)	74.89	74.89	80.93	80.93	79.81	79.81	79.82	79.82	67.62	67.62							
Peso del Agua (gr.)	8.96	8.96	10.51	10.51	9.81	9.81	11.04	11.04	7.61	7.61							
Peso del tarro (gr.)	21.25	21.25	20.69	20.69	20.48	20.48	20.46	20.46	20.67	20.67							
Peso del suelo seco (gr.)	53.6	53.6	60.2	60.2	59.3	59.3	59.4	59.4	47.0	47.0							
% de humedad	16.14	16.14	17.45	17.45	16.53	16.53	18.60	18.60	16.21	16.21							
Promedio de Humedad (%)	16.14	17.45	16.53	16.53	18.60	18.60	16.21	16.21	21.02	21.02							
EXPANSIÓN																	
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				mm	%		mm	%		mm	%						
21/06/2015	1:22 p. m.	0		0	0		0	0		0	0						
22/06/2015	1:22 p. m.	24		0.596	0.505		0.742	0.629		0.587	0.497						
23/06/2015	1:22 p. m.	48		0.738	0.625		1.041	0.862		0.773	0.655						
24/06/2015	1:22 p. m.	72		0.953	0.808		1.094	0.927		1.099	0.931						
25/06/2015	1:22 p. m.	96		1.194	1.012		1.298	1.100		1.196	1.014						
				Total	2.950		Total	3.538		Total	3.007						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3						
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN				
mm.	ps/g.	lb/ps/g ²	Lect.	Dial	lb	lb/ps/g ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/ps/g ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/ps/g ²	%
0.000	0.000	000"	0.00	0				0	0				0	0			
0.508	0.020	050"	7.30	84	29			6.90	80	20			3.10	36	12		
1.016	0.040	100"	14.60	171	57			10.80	127	42			6.40	75	25		
1.524	0.060	150"	21.90	252	84			15.60	183	61			9.90	111	37		
2.032	0.080	200"	28.20	331	110			20.80	240	80			12.30	144	48		
2.540	0.100	300"	35.40	415	138	13.84		25.60	300	100	10.01		16.40	181	60	6.02	
5.080	0.200	400"	57.70	677	228	15.04		41.80	490	163	10.00		25.10	294	98	8.54	
7.620	0.300	600"	73.90	858	266			53.10	623	208			31.50	373	124		
10.160	0.400	800"	84.90	996	332			61.80	721	240			36.90	433	144		
12.700	0.500	1000"	88.90	1058	348			64.10	752	251			38.80	452	151		

DATOS DEL PROCTOR

VALOR DEL C.B.R.

DENSIDAD SECA AL 100%	1.860 g./cm ³	2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.767 g./cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	13.86 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.2 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7.81 %



TÉCNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
REG. CO. DE LABORATORIO

**Anexo 33. Proctor modificado experimental (muestra 1 - calicata N° 03) (2^{da} adición:
50% PCH + 50% CCA)**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (58000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos -
Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 03 PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"
MUESTRA : M - 1 PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m
Adición 0.777 g (50% PCH + 50% CCA)

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6196	6499	6700	6599
Peso del molde	g.	2650	2650	2650	2650
Peso del suelo húmedo compactado	g.	3546	3849	4050	3949
Volumen del molde	cm ³	2014.95	2014.95	2014.95	2014.95
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.760	1.910	2.010	1.960

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	79.51	79.05	83.81	86.38
Peso del suelo seco + tara	g.	72.77	71.16	74.13	75.16
Peso de tara	g.	21.26	21.53	21.49	21.67
Peso de agua	g.	6.74	7.89	9.68	11.22
Peso de suelo seco	g.	51.51	49.63	52.64	53.49
Contenido de agua	%	13.08	15.90	18.39	20.98
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.56	1.65	1.70	1.62

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.70	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	18.49	%



TÉCNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
Arturo Leonardo López Salazar
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 34. CBR experimental (muestra 1 - calicata N° 03) (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 03

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 1

PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

Adición 0.303 q (50% PCH + 50% CCA)

COMPACTACIÓN															
N° Molde	1			2			3								
N° Capa	1			1			1								
N° Golpes por capa	56			25			12								
CONDICION DE LA MUESTRA	Sí	Saturado	Saturado	Sí	Saturado	Saturado	Sí	Saturado	Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo	12.246	12.319	12.121	12.217	11.968	12.157									
Peso de molde (g)	7.930	7.930	7.942	7.942	7.962	7.962									
Peso del suelo húmedo (g)	4.316	4.389	4.179	4.275	4.014	4.205									
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143									
Densidad húmeda (g/cc)	2.01	2.05	1.95	1.99	1.87	1.96									
% de humedad	18.48	19.78	18.88	20.93	18.55	23.38									
Densidad seca (g/cc)	1.700	1.710	1.640	1.650	1.580	1.590									
CONTENIDO DE HUMEDAD															
Tarro N°	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	86.39	86.39	94.82	94.82	93.54	93.54	94.66	94.66	78.77	78.77	106.71	106.71			
Tarro + Suelo seco (gr.)	75.97	75.97	82.36	82.36	81.82	81.82	81.66	81.66	69.55	69.55	90.59	90.59			
Peso del Agua (gr.)	10.42	10.42	12.46	12.46	11.72	11.72	13.00	13.00	9.22	9.22	16.12	16.12			
Peso del tarro (gr.)	19.58	19.58	19.37	19.37	19.74	19.74	19.55	19.55	19.85	19.85	21.63	21.63			
Peso del suelo seco (gr.)	56.4	56.4	63.0	63.0	62.1	62.1	62.1	62.1	49.7	49.7	69.0	69.0			
% de humedad	18.48	18.48	19.78	19.78	18.88	18.88	20.93	20.93	18.55	18.55	23.38	23.38			
Promedio de Humedad (%)	18.48		19.78		18.88		20.93		18.55		23.38				
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
28/09/2015	10:23 a. m.	0		0	0		0	0		0	0				
29/09/2015	10:23 a. m.	24		1.734	1.489		1.913	1.621		1.795	1.621				
30/09/2015	10:23 a. m.	48		1.952	1.654		2.156	1.827		1.934	1.639				
01/10/2015	10:23 a. m.	72		2.135	1.806		2.387	2.023		2.193	1.858				
02/10/2015	10:23 a. m.	96		2.378	2.014		2.545	2.157		2.307	2.031				
				Total	6.947		Total	7.628		Total	7.050				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3				
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		
mm.	pulg.	lb/pulg2	Lect. Dial	lb	lb/pulg2	%	Lect. Dial	lb	lb/pulg2	%	Lect. Dial	lb	lb/pulg2	%	
0.000	0.000	000"		0.00	0			0	0			0	0		
0.508	0.020	030"		3.80	45	15		2.80	33	11		1.80	21	7	
1.016	0.040	100"		8.20	96	32		5.90	69	25		3.80	42	14	
1.524	0.060	150"		12.10	142	47		8.70	102	34		5.10	60	20	
2.032	0.080	200"		15.90	187	62		11.50	135	45		6.70	79	26	
2.540	0.100	300"	1000	19.80	232	77	7.74	14.40	160	56	5.63	8.50	100	33	3.32
5.080	0.200	600"	1500	32.30	370	128	8.42	23.30	273	91	6.07	13.80	162	54	3.60
7.620	0.300	900"		41.00	481	169		29.70	348	119		17.40	204	68	
10.160	0.400	900"		47.40	556	195		34.40	404	135		20.30	238	70	
12.700	0.500	1000"		49.50	581	194		35.90	421	140		21.30	250	83	

DATOS DEL PROCTOR

VALOR DEL C.B.R.

DENSIDAD SECA AL 100%	1.700 g/cm ³	2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.615 g/cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	7.75 % 8.42 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	18.5 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4.66 % 5.03 %



LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

Arturo Leonardo López Salazar
Responsable Técnico del Laboratorio

**Anexo 35. Proctor modificado experimental (muestra 3 - calicata N° 01) (3^{era} adición:
25% PCH + 75% CCA)**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando
una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pe³))
N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental
TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar
TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos -
Lambayeque
UBICACIÓN : Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 01 **PROGRESIVA** : Calle El Vaticano S/N Mz "E"
MUESTRA : M - 3 **PROFUNDIDAD** : 0.90 m - 1.50 m

Adición de 0.777 g (25% PCH + 75% CCA)

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6640	6942	7164	7063
Peso del molde	g.	2650	2650	2650	2650
Peso del suelo húmedo compactado	g.	3990	4292	4514	4413
Volumen del molde	cm ³	2014.95	2014.95	2014.95	2014.95
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.980	2.130	2.240	2.190

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	68.76	68.09	72.33	74.34
Peso del suelo seco + tara	g.	63.78	62.14	64.83	65.51
Peso de tara	g.	19.63	19.87	19.55	19.38
Peso de agua	g.	4.98	5.95	7.5	8.83
Peso de suelo seco	g.	44.15	42.27	45.28	46.13
Contenido de agua	%	11.28	14.08	16.56	19.14
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.78	1.87	1.92	1.84

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.92	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.66	%



LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

USAT

Anexo 36. CBR experimental (muestra 3 - calicata N° 01) (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 01

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 3

PROFUNDIDAD : 0.90 m - 1.50 m

Adición de 0.303 g (25% PCH + 75% CCA)

COMPACTACIÓN															
Nº Molde	1		2		3										
Nº Capa	1		1		1										
Nº Golpes por capa	56		25		12										
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado									
Peso molde + Suelo húmedo	12.489	12.569	12.347	12.455	12.186	12.399									
Peso de molde (g)	7.689	7.689	7.689	7.689	7.684	7.684									
Peso del suelo húmedo (g)	4.800	4.880	4.657	4.775	4.502	4.715									
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143									
Densidad húmeda (g/cc)	2.24	2.28	2.18	2.23	2.10	2.20									
% de humedad	16.67	17.99	17.08	19.13	16.74	21.56									
Densidad seca (g/cc)	1.920	1.930	1.860	1.870	1.790	1.810									
CONTENIDO DE HUMEDAD															
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-									
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	68.40	68.40	77.07	77.07	75.35	75.35									
Tarro + Suelo seco (gr.)	61.52	61.52	68.46	68.46	67.33	67.33									
Peso del Agua (gr.)	6.88	6.88	8.61	8.61	8.02	8.02									
Peso del tarro (gr.)	20.25	20.25	20.59	20.59	20.37	20.37									
Peso del suelo seco (gr.)	41.3	41.3	47.9	47.9	47.0	47.0									
% de humedad	16.67	16.67	17.99	17.99	17.08	17.08									
Promedio de Humedad (%)	16.67	17.99	17.08	17.08	19.13	19.13									
EXPANSIÓN															
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		DIAL		DIAL		DIAL						
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%					
05/10/2015	4.50 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
06/10/2015	4.50 p. m.	24	0.544	0.548	0.833	0.706	0.690	0.592							
07/10/2015	4.50 p. m.	48	0.856	0.725	1.206	1.008	0.807	0.780							
08/10/2015	4.50 p. m.	72	1.289	1.092	1.497	1.259	1.097	0.930							
09/10/2015	4.50 p. m.	96	1.458	1.236	1.679	1.423	1.298	1.100							
			Total	3.509	Total	4.496	Total	3.382							
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
mm.	psig.			Lect. Dial	lb	lb/psig ²	%	Lect. Dial	lb	lb/psig ²	%	Lect. Dial	lb	lb/psig ²	%
0.000	0.000	000"		0.00	0		0	0		0	0		0	0	
0.508	0.020	030"		8.20	96	32	5.90	69	23	3.60	42	14			
1.016	0.040	100"		17.20	202	67	12.30	144	48	7.40	87	29			
1.524	0.060	130"		24.90	292	97	18.20	214	71	10.80	127	42			
2.032	0.080	200"		32.80	385	126	23.80	279	93	14.10	165	55			
2.540	0.100	300"	1000	41.00	481	160	16.03	29.70	348	118	11.61	17.70	208	69	
5.080	0.200	400"	1500	66.70	782	261	17.39	48.90	569	190	12.64	28.70	337	112	
7.620	0.300	600"		84.90	906	332	61.50	721	240	36.70	431	144			
10.160	0.400	800"		98.50	1156	385	71.30	836	279	42.80	500	167			
12.700	0.500	1000"		102.60	1204	401	74.40	873	291	44.40	521	174			



TÉCNICO DE LABORATORIO
Rómulo Obledo Obledo
RECTOR DE LABORATORIO

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100% 1.920 g./cm³
DENSIDAD SECA AL 95% 1.824 g./cm³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD 16.7 %

VALOR DEL C.B.R.

2.54 cm. 5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S. 16.05 % 17.40 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S. 8.82 % 9.57 %

Anexo 38. CBR experimental (muestra 2 - calicata N° 02) (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporta de California) de suelos
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 02

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 2

PROFUNDIDAD : 0.30 m - 1.50 m

Adición 0.303 g (25% PCH + 75% CCA)

COMPACTACIÓN																		
Nº Molde	1			2			3											
Nº Capes	2			2			2											
Nº Golpes por capes	56			25			12											
CONDICIÓN DE LA MUESTRA																		
	Sin Saturado	Saturado		Sin Saturado	Saturado		Sin Saturado	Saturado										
Peso molde + Suelo húmedo	12.396	12.469		12.263	12.361		12.104	12.29										
Peso de molde (g)	8.125	8.125		8.129	8.129		8.133	8.133										
Peso del suelo húmedo (g)	4.273	4.344		4.134	4.232		3.971	4.157										
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143		2.143	2.143		2.143	2.143										
Densidad húmeda (g/cc)	1.99	2.03		1.93	1.97		1.85	1.94										
% de humedad	18.69	20.00		19.09	21.15		18.78	23.59										
Densidad seca (g/cc)	1.680	1.690		1.620	1.630		1.560	1.570										
CONTENIDO DE HUMEDAD																		
Tarso Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
Tarso + Suelo húmedo (gr.)	70.11	70.11	77.71	77.71	76.34	76.34	77.80	77.80	61.83	61.83	66.62							
Tarso + Suelo seco (gr.)	62.41	62.41	66.15	66.15	67.39	67.39	67.66	67.66	55.15	55.15	73.94							
Peso del Agua (gr.)	7.7	7.7	9.56	9.56	8.95	8.95	9.92	9.92	6.48	6.48	12.68							
Peso del tarso (gr.)	21.22	21.22	20.36	20.36	20.51	20.51	20.67	20.67	20.65	20.65	20.18							
Peso del suelo seco (gr.)	41.2	41.2	47.8	47.8	46.9	46.9	46.9	46.9	34.5	34.5	53.8							
% de humedad	18.69	18.69	20.00	20.00	19.09	19.09	21.15	21.15	18.78	18.78	23.59							
Promedio de Humedad (%)	18.69	20.00		19.09	21.15		18.78	23.59										
EXPANSIÓN																		
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN								
				mm	%		mm	%		mm	%							
05/10/2015	11:24 a. m.	0		0	0		0	0		0	0							
06/10/2015	11:24 a. m.	24		1.754	1.486		1.869	1.984		1.795	1.521							
07/10/2015	11:24 a. m.	48		1.976	1.675		2.091	1.772		1.965	1.665							
08/10/2015	11:24 a. m.	72		2.152	1.815		2.278	1.939		2.178	1.849							
09/10/2015	11:24 a. m.	96		2.315	1.962		2.489	2.109		2.360	2.000							
				Total 6.938			Total 7.904			Total 7.032								
PENETRACIÓN																		
PENETRACIÓN		TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3						
mm.	pulg.			lb/pulg ²	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
				Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect.	Dial	lb	lb/pulg ²	%
0.000	0.000	000"		0.00	0				0	0				0	0			
0.508	0.020	0'30"		3.30	39	13			2.60	31	10			1.50	18	6		
1.018	0.040	1'00"		7.20	84	28			5.10	60	20			3.10	36	12		
1.524	0.060	1'30"		10.50	123	41			7.40	87	29			4.60	54	18		
2.032	0.080	2'00"		13.80	162	54			9.70	114	38			5.90	69	23		
2.540	0.100	3'00"	1000	17.20	202	67	6.73		12.30	144	48	4.81		7.40	87	29	3.89	
5.080	0.200	4'00"	1500	27.90	327	109	7.27		20.00	235	78	5.21		12.10	142	47	3.15	
7.620	0.300	6'00"		35.40	415	138			25.40	298	99			15.40	181	60		
10.160	0.400	8'00"		41.30	484	161			29.50	346	115			17.90	210	70		
12.700	0.500	10'00"		42.80	502	167			30.80	361	120			18.70	219	73		

DATOS DEL PROCTOR

VALOR DEL C.B.R.

DENSIDAD SECA AL 100%	1.680 g/cm ³	2.54 cm.	5.08 cm.
DENSIDAD SECA AL 95%	1.596 g/cm ³	C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6.73 % 7.28 %
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	18.7 %	C.B.R. AL 95 % M.D.S.	4.05 % 4.39 %



REVISADO POR LABORATORIO
Rafael Mejía Córdova
COORDINADOR DE LABORATORIO

Anexo 40. CBR experimental (muestra 1 - calicata N° 03) (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL LABORATORIO DE
CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS - USAT

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos
compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

ESCUELA : Ingeniería Civil Ambiental

TESISTA : Arturo Leonardo López Salazar

TESIS : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

UBICACIÓN: Chiclayo - Lambayeque - Perú

CALICATA : N° 03

PROGRESIVA : Calle El Vaticano S/N Mz "E"

MUESTRA : M - 1

PROFUNDIDAD : 0.20 m - 1.50 m

Adición 0.303 g (25% PCH + 75% CCA)

COMPACTACIÓN													
N° Molde	1		2		3								
N° Capas	2		2		2								
N° Golpes por capa	56		25		12								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SinEsturado	Saturado	SinEsturado	Saturado	SinEsturado	Saturado							
Peso molde + Suelo húmedo	12.348	12.428	12.222	12.228	12.064	12.287							
Peso de molde (g)	7.736	7.736	7.745	7.745	7.750	7.750							
Peso del suelo húmedo (g)	4.612	4.692	4.477	4.583	4.314	4.537							
Volumen del molde (cc)	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143	2.143							
Densidad húmeda (g/cc)	2.15	2.19	2.09	2.14	2.01	2.11							
% de humedad	16.06	18.25	17.36	19.41	17.02	21.85							
Densidad seca (g/cc)	1.840	1.850	1.780	1.790	1.720	1.730							
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tarso N°	-	-	-	-	-	-							
Tarso + Suelo húmedo (gr.)	72.60	72.60	80.93	80.93	79.29	79.29							
Tarso + Suelo seco (gr.)	64.92	64.92	71.46	71.46	70.44	70.44							
Peso del Agua (gr.)	7.68	7.68	9.47	9.47	8.85	8.85							
Peso del tarso (gr.)	10.63	10.63	19.57	19.57	19.46	19.46							
Peso del suelo seco (gr.)	45.3	45.3	51.9	51.9	51.0	51.0							
% de humedad	16.06	16.06	18.25	18.25	17.36	17.36							
Promedio de Humedad (%)	16.06	18.25	17.36	19.41	17.02	21.85							
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN				
			mm	%	mm	%	mm	%					
05/10/2015	2:17 p. m.	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
06/10/2015	2:17 p. m.	34	0.525	0.445	0.756	0.641	0.771	0.663					
07/10/2015	2:17 p. m.	48	0.713	0.604	0.946	0.802	1.193	1.011					
08/10/2015	2:17 p. m.	72	0.970	0.830	1.098	0.931	1.332	1.120					
09/10/2015	2:17 p. m.	96	1.145	0.970	1.229	1.036	1.546	1.305					
			Total	2.840	Total	3.400	Total	4.188					
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3				
			CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN			
mm.	pulg.	Lect. Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect. Dial	lb	lb/pulg ²	%	Lect. Dial	lb	lb/pulg ²	%
0.000	0.000	000"	0.00	0		0	0			0	0		
0.508	0.020	030"	6.79	79	26	4.90	57	19		2.80	33	11	
1.016	0.040	100"	14.10	165	55	10.30	121	40		6.20	73	24	
1.524	0.060	130"	20.60	240	80	14.90	175	58		9.60	108	35	
2.032	0.080	200"	26.90	316	105	19.80	230	78		11.80	138	46	
2.540	0.100	300"	33.70	395	132	13.18	240	296	95	9.54	14.80	171	57
5.080	0.200	400"	54.90	644	215	14.31	38.70	498	155	10.95	23.80	270	93
7.620	0.300	600"	88.70	818	273	16.60	592	197		30.20	355	118	
10.160	0.400	800"	86.80	948	316	88.80	696	229		38.10	412	137	
12.700	0.500	1000"	84.40	900	330	81.90	716	230		38.70	431	144	

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.840 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.748 g./cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	17.0 %

VALOR DEL C.B.R.

C.B.R. AL 100 % M.D.S.	13.17 %	14.31 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	7.49 %	8.13 %



TECNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 41. Ensayos físicos para diseño de mezclas



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO
DE MOGROVEJO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

Ensayos físicos para diseño de mezcla de concreto.

1.- GRANULOMETRÍA: N.T.P. 400.012

Muestra : Cantera "Tres tomas" - Ferreñafe

Peso Hum: 527.7 Peso Seco: 522.2

Modulo de Fineza: 2.937 Cont. Hum: 1.05

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	0	0.0	0.0	100.0
Nº4	15.6	3.0	3.0	97.0
Nº8	80.2	15.4	18.3	81.7
Nº16	70.2	13.4	31.8	68.2
Nº30	190.8	36.5	68.3	31.7
Nº50	63.5	12.2	80.5	19.5
Nº100	58.7	11.2	91.7	8.3
FONDO	43.2	8.3	100.0	0.0

2.- PESO UNITARIO : N.T.P. 400.017

SUELTO	A	B
- Peso de la muestra húmeda	8675	8667
- Volumen del molde		0.00548
- Peso unitario suelto húmedo		1584
- PESO UNIT. SUELTO SECO		1568

COMPACTADO $\frac{((A+B)/2)/V}{1+(C.H./100)}$

- Peso de la muestra húmeda	9953	9857
- Volumen del molde		0.00548
- Peso unitario suelto húmedo		1807
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		1789

3.- PEOS ESPECIFICO Y ABSORCIÓN : N.T.P. 400.021 Arena

A.- Datos de la arena N.T.P. 400.022 Piedra

1.- Peso de la Muest. Saf. Sup. Seca.	g	500.0	500.0
2.- Peso de la Muest. Saf. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	978.2	978.2
3.- Peso de la Muest. Saf. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5) g	667.4	667.4
4.- Peso del Agua.	(2-3) g	310.8	310.8
5.- Peso del Frasco	g	167.4	167.4
6.- Peso de la muest. secada ahomo + Peso del frasco.	(5+7) g	664.3	664.3
7.- Peso de la muest. seca en el horno.	g	496.9	496.9
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0	500.0

B.- Resultados

					Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4)	g/cm ³	2.626	2.626	2.626
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4)	g/cm ³	2.643	2.643	2.643
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm ³	2.670	2.670	2.670
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	0.62	0.62	0.62

A.- Datos de la grava

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	2878	2878
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	2902	2902
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	2697	2697
4.- Peso de la canastilla	g	884	884
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(3-4) g	1813	1813

B.- Resultados

					Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	1/(2-5)	g/cm ³	2.643	2.643	2.643
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5)	g/cm ³	2.665	2.665	2.665
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm ³	2.702	2.702	2.702
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	0.83	0.83	0.83

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD : N.T.P. 339.185

Arena $\frac{(A+B)/2}{1+(C.H./100)}$

1.- Peso de la muest. húmeda	527.7	527.7
2.- Peso de la muestra seca	522.2	522.2
3.- Cont. Humedad	1.05	1.05
4.- Promedio		1.05

Tesista : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

Fc : 280 Kg/cm²

Muestra : Cantera "Tres tomas" - Ferreñafe

Peso Hum: 5262.8 Peso Seco: 5232.7

Modulo de Fineza: 4.049 Cont. Hum: 0.58

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
1"	56.9	1.1	1.1	98.9
3/4"	1908.5	36.5	37.6	62.4
1/2"	2116.7	40.5	78.0	22.0
3/8"	678	13.0	91.0	9.0
Nº4	393.4	7.5	98.5	1.5
Nº8	13.8	0.3	98.8	1.2
Nº16	3.9	0.07	98.8	1.2
FONDO	61.5	1.2	100.0	0.0

T.M.: 1 1/2"

SUELTO	T.M.N.:	1"
- Peso de la muestra húmeda	7910	8010
- Volumen del molde		0.00544
- Peso unitario suelto húmedo		1462
- PESO UNIT. SUELTO SECO		1454

COMPACTADO

- Peso de la muestra húmeda	8950	9050
- Volumen del molde		0.00544
- Peso unitario suelto húmedo		1653
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		1644



TECNICO DE LABORATORIO

[Firma]
Rene Enrique Obitas Jara
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 42. Granulometría agregado fino



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

Tesis : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

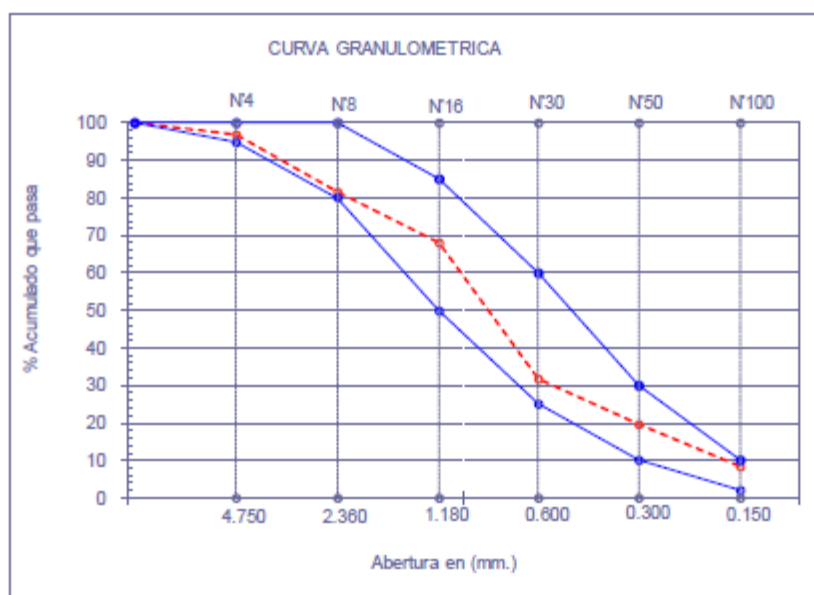
Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Cantera "Tres tomas P. Inicial H 527.7
 P. Inicial S 522.2 % = 1.1

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)					C	C'
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	15.6	3.0	3.0	97.0	95	100
Nº 08	2.360	80.2	15.4	18.3	81.7	80	100
Nº 16	1.180	70.2	13.4	31.8	68.2	50	85
Nº 30	0.600	190.8	36.5	68.3	31.7	25	60
Nº 50	0.300	63.5	12.2	80.5	19.5	10	30
Nº 100	0.150	58.7	11.2	91.7	8.3	2	10
Fondo		43.2	8.3	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.937			
Abertura de malla de referencia				3/8" 9.500			



TÉCNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
 Arturo Leonardo López Salazar
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Observación:

* Requisitos Granulométricos, ASTM C-33

Anexo 43. Granulometría piedra chancada



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

Tesis : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

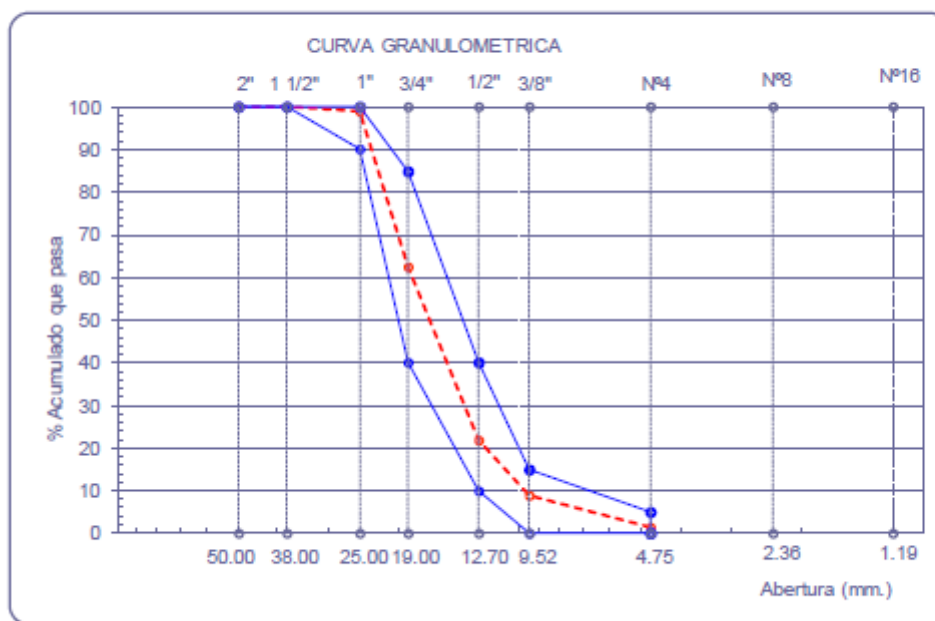
Cantera : Cantera "Tres tomas P. Inicial H 5262.8
 P. Inicial S 5233 % = 0.58

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)					13	14
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.00	56.9	1.1	1.1	98.9	90	100
3/4"	19.00	1908.5	36.5	37.6	62.4	40	85
1/2"	12.70	2116.7	40.5	78.0	22.0	10	40
3/8"	9.52	678.0	13.0	91.0	9.0	0	15
Nº 04	4.75	393.4	7.5	98.5	1.5	0	5
Nº 08	2.36	13.8	0.3	98.8	1.2	---	---
Nº 16	1.19	3.9	0.1	98.8	1.2	---	---
Fondo		61.5	1.2	100.0	0.0		
Tamaño Máximo			1 1/2"	38.00			
Tamaño Máximo Nominal			1"	25.00			



TÍTULO DE LABORATORIO

[Firma]
 Rincón y Obispo dentro
 del Laboratorio



Anexo 44. Mezcla convencional



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO

(Pag. 2 de 2)

Tesis : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

I.) DATOS DEL AGREGADOS:

GRUESO : Cantera "Tres tomas" - Ferreñafe	FINO : Cantera "Tres tomas" - Ferreñafe		
AGREGADOS	GRUESO	FINO	UNIDAD
01.- Tamaño máximo nominal	1"	-----	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1454	1568	kg/cm ³
03.- Peso Unitario compactado seco	1644	1789	kg/cm ³
04.- Peso específico de masa seco	2643	2626	kg/cm ³
05.- Contenido de humedad	0.58	1.05	%
06.- Contenido de absorción	0.83	0.62	%
11.- Módulo de fineza (adimensional)	-----	2.937	

II.) DATOS DE LA MEZCLA Y OTROS

12.- Resistencia especificada a los 28 días	80	f'_{cr}	360	kg/cm ²
13.- Contenido de aire atrapado			1.5	%
14.- Relación agua cemento		$R^{a/c}$	0.466	
15.- Asentamiento			3	Pulg.
16.- Volumen unitario del agua	: Agua Potable de la Zona.	a	193	L/m ³
17.- Volumen del agregado grueso			0.656	m ³
18.- Peso específico del cemento	: Cemento Pórtland Tipo I		3130	kg/m ³
19.- Aditivo			0.0	%
20.- Densidad aparente del aditivo			1.000	kg/cm ³

III.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

Volúmenes absolutos				Corrección por humedad		Agua Efectiva	
a) Cemento	414	Kg/m ³	0.13 m ³	$\frac{W - W_{abs}}{100} \times \frac{1}{\rho_{aditivo}}$	667.3 Kg/m ³	192.9 Lt	$\frac{W_{abs} - W_{abs} \times \text{Agregado seco}}{100}$
b) Agua	193	Lt/m ³	0.19 m ³				
c) Aire	1.5	%	0.02 m ³			2.9	Lt
d) Arena	660	Kg/m ³	0.25 m ³		1085.1 Kg/m ³	-2.8	Lt
e) Grava	1079	Kg/m ³	0.41 m ³			0.1	
	2348		1.00 m ³				

IV.) Resultado final de diseño (húmedo)

a) Cemento	414	Kg/m ³
b) Agua	193	Lt/m ³
c) Arena	667	Kg/m ³
d) Grava	1085	Kg/m ³
e) Aditivo	0.00	Lt/m ³
	2360	

V.) Tanda de ensayo

	0.0082	m ³
	3.416	kg
1.591	1.591	Lt
38	5.503	kg
62	8.949	kg
0.00	0.000	Lt
	19.459	kg

0.0072 m ³	$F'_{concreto}$	9.745 bls
	$R^{a/c}$	0.47 Diseño
	$R^{a/c}$	0.47 Obra
	Aditivo	0.0 Kg/m ³

VI.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

Proporción en peso :	1.00	1.61	2.62	19.80 Lt	0.000
Proporción en volumen :	1.00	1.54	2.70	19.8	0.000



TECNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar

Anexo 45. Mezcla experimental (1^{era} adición)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA

Tesis : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque

Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)

Referencia : RECOMENDACIÓN ACI

Resistencia del Diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

AIJSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA:

		$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$				
Peso Tanda de Ensayo	19.459 Kg	Peso volumetrico	2362			
Peso Unit. de la Mezcla Teorica	2362 Kg	Peso Especifico de la mezcla	2386			
Rendimiento	0.0082 Kg	% de vacios	0.98			
Rendimiento	14.9	115 %	Tanda	0.0082 m ³		
		Diseño N°1	Diseño N°2	$F_c / \text{Cemento}$	11.9 Bolsas	
a) Cemento	506 Kg/m ³	4.167 kg	4.167 kg	R ^{s/c}	0.466 Diseño	
b) Agua	236 Lt/m ³	1.942 Lt	1.941 Lt	R ^{s/c}	0.466 Obra	
c) Arena	751 Kg/m ³	6.190 kg	6.191 kg	Arena	46 %	
d) Grava	869 Kg/m ³	7.159 kg	7.159 kg	Grava	54 %	
e) Aditivo	0.00 Lt/m ³	0.000 Lt	0.000 Lt	Aditivo	0.000 Kg/m ³	
Aditivo	0.00 o	0.000 Lt	0.000 Lt			
	2362	19.459 kg	19.459 kg			
Ajuste por slump	0					
Ajuste % de Grava	-20					
Peso unitario teorico final de la mezcla		2362 kg/m ³				
Peso unitario de la mezcla corregida		2362 kg/m ³				
Dosificación del Diseño :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	1.49	1.72	19.8	0.000	Lts/Pie ³
Proporción en volumen :	1.00	1.42	1.77	19.8	0.000	Lts/Pie ³



[Handwritten Signature]
 Rm. Arturo Obilias Jara
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Anexo 46. Diseño de mezcla experimental (2^{da} adición)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA

Tesis : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización
 Tesista : Arturo Leonardo López Salazar
Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
Referencia : RECOMENDACIÓN ACI

Resistencia del Diseño

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

REAJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Peso Tanda de Ensayo	19.459 Kg	Peso volumetrico	2390			
Peso Unit. de la Mezcla Teorica	2362 Kg	Peso Especifico de la mezcla	2386			
Rendimiento	0.0082 Kg	% de vacios	-0.17			
Rendimiento	14.88	115 %	Tanda	0.0082 M3		
		Diseño N°1	Diseño N°2	F./Cemento	11.9 Bolsas	
Cantidad de cemento	506 Kg/m ³	4.167 kg	4.167 kg	R a/c	0.466 Diseño	
Agua de mezclado	236 Lt/m ³	1.942 Lt	1.941 Lt	R a/c	0.466 Obra	
Arena (húmedo)	730 Kg/m ³	6.011 kg	6.012 kg	Arena	45 %	
Grava (húmedo)	891 Kg/m ³	7.338 kg	7.338 kg	Grava	55 %	
Aditivo	0.00 Lt/m ³	0.000 Lt	0.000 Lt			
Aditivo	0.00 Lt/m ³	0.000 Lt	0.000 Lt			
	2362	19.459 kg	19.459 kg			
Ajuste por slump	0					
Ajuste % de Grava	-18					
Peso unitario teorico fir		2362	kg/m ³			
Peso unitario de la mez v		2349	kg/m ³			
Dosificación del Diseño :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	1.44	1.76	19.8	0.000	Lts/Pie ³
Proporción en volumen :	1.00	1.38	1.82	19.8	0.000	Lts/Pie ³



TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 Arturo Leonardo López Salazar
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 47. Diseño de mezcla experimental (3^{era} adición)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA

de s Tesis : Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización
 Tesista : Arturo Leonardo López Salazar
Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
Referencia : RECOMENDACIÓN ACI

Resistencia del Diseño

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

REAJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA:

		$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$			
Peso Tanda de Ensayo	19.459 Kg	Peso volumetrico		2390	
Peso Unit. de la Mezcla Teorica	2362 Kg	Peso Especifico de la mezcla		2386	
Rendimiento	0.0082 Kg	% de vacios		-0.17	
Rendimiento	14.88	115 %	Tanda	0.0082	M3
		Diseño N°1	Diseño N°2		
Cantidad de cemento	506 Kg/m ³	4.167 kg	4.167 kg	$F_c/\text{Cemento}$	11.9 Bolsas
Agua de mezclado	236 Lt/m ³	1.942 Lt	1.941 Lt	R ^{ac}	0.466 Diseño
Arena (húmedo)	730 Kg/m ³	6.011 kg	6.012 kg	R ^{ac}	0.466 Obra
Grava (húmedo)	891 Kg/m ³	7.338 kg	7.338 kg	Arena	45 %
Aditivo	0.00 Lt/m ³	0.000 Lt	0.000 Lt	Grava	55 %
Aditivo	0.00 Lt/m ³	0.000 Lt	0.000 Lt		
	2362	19.459 kg	19.459 kg		
Ajuste por slump	0				
Ajuste % de Grava	-18				
Peso unitario teorico fir		2362	kg/m ³		
Peso unitario de la mez v		2349	kg/m ³		
Dosificación del Diseño :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo
Proporción en peso :	1.00	1.44	1.76	19.8	0.000
Proporción en volumen :	1.00	1.38	1.82	19.8	0.000
					Lts/Pie ³



TÉCNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
 Arturo Leonardo López Salazar
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 48. Factor de compresión convencionales



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

TESIS: "Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque"

UBICACIÓN : Calle El Vaticano S/N Mz "E" - Sector Las Brisas
 DISTRITO : Chiclayo
 PROVINCIA : Chiclayo
 DEPARTAMENTO : Lambayeque
 Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	DIAL CARG (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DISEÑO (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	02/05/2023	09/05/2023	7	44880	247.34	280.00	88.33	Corte
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	02/05/2023	09/05/2023	7	44430	244.86	280.00	87.45	Corte
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	02/05/2023	09/05/2023	7	44580	245.68	280.00	87.74	Corte
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	02/05/2023	16/05/2023	14	56360	310.60	280.00	110.93	Corte
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	02/05/2023	16/05/2023	14	58110	320.25	280.00	114.37	Corte
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	02/05/2023	16/05/2023	14	56760	312.81	280.00	111.72	Corte
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	02/05/2023	23/05/2023	21	64100	353.26	280.00	126.16	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	02/05/2023	23/05/2023	21	64170	353.65	280.00	126.30	Corte
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	02/05/2023	23/05/2023	21	64010	352.76	280.00	125.99	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	02/05/2023	30/05/2023	28	70280	387.32	280.00	138.33	Cónica
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	02/05/2023	30/05/2023	28	70160	386.66	280.00	138.09	Cónica
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	02/05/2023	30/05/2023	28	70240	387.10	280.00	138.25	Cónica

Area de base del espécimen= 181.45 cm²

OBSERVACIONES:

Los testigos fueron elaborados por el interesado.



Arturo Leonardo López Salazar
 Responsable Oblitos dentro
 del N° 00 de LABORATORIO

Chiclayo, 30 de mayo del 2023

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 49. Factor de compresión experimentales (1^{era} adición)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

TESIS: "Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque"

UBICACIÓN : Calle El Vaticano S/N Mz "E" - Sector Las Brisas
 DISTRITO : Chiclayo
 PROVINCIA : Chiclayo
 DEPARTAMENTO : Lambayeque
 Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

CONCRETO EXPERIMENTAL 1 ^{ra} ADICIÓN											
N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	CARGO (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DISEÑO (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	09/05/2023	16/05/2023	7	42875	236.29	280.00	84.39	Cónica
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	09/05/2023	16/05/2023	7	42455	233.97	280.00	83.56	Corte
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	09/05/2023	16/05/2023	7	42657	235.09	280.00	83.96	Cónica
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	09/05/2023	23/05/2023	14	54356	299.56	280.00	106.99	Corte
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	09/05/2023	23/05/2023	14	56321	310.39	280.00	110.85	Cónica
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	09/05/2023	23/05/2023	14	54755	301.76	280.00	107.77	Cónica
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	09/05/2023	30/05/2023	21	62085	342.15	280.00	122.20	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	09/05/2023	30/05/2023	21	62332	343.52	280.00	122.68	Cónica
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	09/05/2023	30/05/2023	21	62123	342.36	280.00	122.27	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	09/05/2023	06/06/2023	28	68132	375.48	280.00	134.10	Cónica
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	09/05/2023	06/06/2023	28	68134	375.49	280.00	134.10	Corte
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	09/05/2023	06/06/2023	28	68051	375.03	280.00	133.94	Corte

Área de base del espécimen= 181.45 cm²

OBSERVACIONES:

Los testigos fueron elaborados por el interesado.



Arturo Leonardo López Salazar
 Rúbrica
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Chiclayo, 06 de junio del 2023

Anexo 50. Factor de compresión experimentales (2^{da} adición)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

TESIS: "Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque"

UBICACIÓN : Calle El Vaticano S/N Mz "E" - Sector Las Brisas

DISTRITO : Chiclayo

PROVINCIA : Chiclayo

DEPARTAMENTO : Lambayeque

Tesista : Arturo Leonardo López Salazar

CONCRETO EXPERIMENTAL 2 ^{da} ADICIÓN											
N°	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	DIAL CARG (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DISEÑO (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	16/05/2023	23/05/2023	7	37654	207.51	280.00	74.11	Corte
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	16/05/2023	23/05/2023	7	37753	208.06	280.00	74.31	Cónica
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	16/05/2023	23/05/2023	7	37967	209.24	280.00	74.73	Cónica
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	16/05/2023	30/05/2023	14	49534	272.99	280.00	97.49	Corte
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	16/05/2023	30/05/2023	14	49542	273.03	280.00	97.51	Cónica
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	16/05/2023	30/05/2023	14	49755	274.20	280.00	97.93	Corte
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	16/05/2023	06/06/2023	21	57435	316.53	280.00	113.05	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	16/05/2023	06/06/2023	21	57645	317.69	280.00	113.46	Corte
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	16/05/2023	06/06/2023	21	57323	315.91	280.00	112.83	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	16/05/2023	13/06/2023	28	63534	350.14	280.00	125.05	Corte
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	16/05/2023	13/06/2023	28	63343	349.09	280.00	124.67	Cónica
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	16/05/2023	13/06/2023	28	63324	348.98	280.00	124.64	Corte

Área de base del espécimen= 181.45 cm²

OBSERVACIONES:

Los testigos fueron elaborados por el interesado.



TECNICO DE LABORATORIO

Arturo Leonardo López Salazar
Rene Méndez Obitos Jentia
TECNICO DE LABORATORIO

Chiclayo, 13 de Junio del 2023

Anexo 51. Factor de compresión experimentales (3^{era} adición)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CONCRETO, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO (NTP 339.034 / ASTM C39M)

TESIS: "Uso de cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos - Lambayeque"

UBICACIÓN: Calle El Vaticano S/N Mz "E" - Sector Las Brisas
DISTRITO: Chiclayo
PROVINCIA: Chiclayo
DEPARTAMENTO: Lambayeque
Tesista: Arturo Leonardo López Salazar

CONCRETO EXPERIMENTAL 3 ^{ra} ADICIÓN											
Nº	Descripción del Elemento	MEDIDAS (cm)		FECHA		EDAD (DÍAS)	DIAL CARG (kg.f)	ESFUERZO (kg/cm ²)	DISEÑO (kg/cm ²)	RESISTENCIA (%)	TIPO DE FALLA
		H	D	MOLDEO	ROTURA						
1	Probeta N° 01	30.40	15.20	23/05/2023	30/05/2023	7	36997	203.89	280.00	72.82	Corte
2	Probeta N° 02	30.40	15.20	23/05/2023	30/05/2023	7	36982	203.81	280.00	72.79	Cónica
3	Probeta N° 03	30.40	15.20	23/05/2023	30/05/2023	7	36914	203.44	280.00	72.66	Corte
4	Probeta N° 04	30.40	15.20	23/05/2023	06/06/2023	14	48853	269.23	280.00	96.15	Cónica
5	Probeta N° 05	30.40	15.20	23/05/2023	06/06/2023	14	48758	268.71	280.00	95.97	Corte
6	Probeta N° 06	30.40	15.20	23/05/2023	06/06/2023	14	48568	267.66	280.00	95.59	Cónica
7	Probeta N° 07	30.40	15.20	23/05/2023	13/06/2023	21	56786	312.95	280.00	111.77	Corte
8	Probeta N° 08	30.40	15.20	23/05/2023	13/06/2023	21	56967	313.95	280.00	112.12	Corte
9	Probeta N° 09	30.40	15.20	23/05/2023	13/06/2023	21	56754	312.78	280.00	111.71	Corte
10	Probeta N° 10	30.40	15.20	23/05/2023	20/06/2023	28	62798	346.08	280.00	123.60	Cónica
11	Probeta N° 11	30.40	15.20	23/05/2023	20/06/2023	28	62879	346.53	280.00	123.76	Cónica
12	Probeta N° 12	30.40	15.20	23/05/2023	20/06/2023	28	62952	346.93	280.00	123.90	Corte

Area de base del espécimen= 181.45 cm²

OBSERVACIONES:

Los testigos fueron elaborados por el interesado.



Arturo Leonardo López Salazar
 Arturo Leonardo López Salazar
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Chiclayo, 20 de Junio del 2023

Validación de ensayos de permeabilidad – LEMS W& C EIRL



Av. Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: lemswycerl@gmail.com

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 27 de setiembre del 2023

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado "Uso de la cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos- Lambayeque".

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Arturo Leonardo López Salazar identificado con DNI N° 72277027 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado "Uso de la cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos- Lambayeque" para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados:

- Ensayo de permeabilidad de agua bajo presión- UNE-EN12390-8 (12)

Atentamente.



LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
GERENTE GENERAL



TÉCNICO DE LABORATORIO

[Handwritten Signature]
Rafael Neyra Abitas Denis
TÉCNICO DE LABORATORIO

Calibración de equipos permeabilidad – LEMS W& C EIRL



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Precisión

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LP - 062 - 2023

Página 1 de 1

1. Expediente	2685-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. CALLA FE NBO, 0057 LIPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	
3. Dirección		
4. Instrumento de Medición	MANUMIRU	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Alcance de Indicación	0 PSI a 250 PSI	
División de Escala / Resolución	5 PSI	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	LP-062	
Tipo	ANALÓGICO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Calibración	2023-05-16	El certificado de calibración por firma y sello carece de validez.
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2023-05-16	 ALEJANDRO FLORES MINAYA	
		
		 Rivaldo Mejía

📞 913 028 621 / 913 028 622

📞 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lote 508 - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602162721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LP - 062 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Presión

Página 1 de 1

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por la comparación directa según el ME-063 "Procedimiento para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuumetros" Edición digital 1 - CEM de España.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Presión de PERUTEST S.A.C.
Av. Chillón Lote 508 - Comas - Lima - Perú

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	53 % RH	52 % RH

9. Patrón de referencia

Grandeza	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
PAISAL	Manómetro Digital con Incertidumbre 0.15	UP-008-2023
METROS	TERMOTERMOMETRO DIGITAL BOECO	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.

11. Resultados de Medición

En la siguiente tabla se presentan la serie de los resultados obtenidos.

Indicación A Calibrar (ps)	Indicación Mandante Patrón		Error		
	Indicadora (ps)	Depositora (ps)	de Indicación		de Mandante
			Indicadora (ps)	Depositora (ps)	
50	50.0	50.0	0.0	0.0	0.00
100	100.1	100.0	0.1	0.1	0.20
150	150.2	150.0	0.2	0.2	0.30
200	200.3	200.0	0.3	0.3	0.40
250	250.4	250.0	0.4	0.4	0.50
300	301.3	300.0	1.3	1.3	0.80



[Handwritten Signature]
Miguel Ángel Abitia Ivorra
TÉCNICO DE LABORATORIO



☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 508 - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LP - 063 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Precisión

Página 1 de 2

1. Expediente	2023-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - IEMS W & C E.I.R.L.	
3. Dirección	CALLA REINO COSTA URS SEÑOR DE LOS MELAGROS LAMAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	
4. Instrumento de Medición	MANOMETRO	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponden disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puede ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello cancela de validez.
Alcance de Indicación	0 PSI a 150 PSI	
División de Escala / Resolución	5 PSI	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Precedencia	NO INDICA	
Identificación	LP-063	
Tipo	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2023-05-16	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-05-16



Handwritten signature in blue ink, with a blue circular stamp of PERUTEST S.A.C. LABORATORIO PERÚ below it.

☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillon Lolo 508 - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LP - 063 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Presión

Página 2 de 2

6. Método de Calibración

La calibración se realiza por la comparación directa según el ME-003 "Procedimiento para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuumetros" Edición digital 1 - CEM de España.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Presión de PERUTEST S.A.C.
Avenida Chillón lote 508 - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	52 % HR	52 % HR

9. Patrón de referencia

Transmisor	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	Manómetro Digital con incertidumbre 0.15	LFP-058-2023
METROL	TERMOCROMETRO DIGITAL B0600	IAT-1794-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.

11. Resultados de Medición

En la siguiente tabla se presentan la serie de los resultados obtenidos:

Indicación A Calibrar ([pa])	Indicación Manómetro Patrón		Error		
	Acertados ([pa])	Desviados ([pa])	Acertados ([pa])	Desviados ([pa])	de Históricos ([pa])
50	50.0	50.0	0.0	0.0	0.00
100	100.1	100.3	0.1	0.3	0.30
150	150.2	150.7	0.2	0.7	0.50
200	200.8	200.8	0.8	0.8	0.10
250	250.9	250.8	0.9	0.8	0.10
300	300.9	300.8	1.0	1.0	0.00



Rodrigo Cortés
Gerente General



☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 508 - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LP - 064 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Presión

Página 1 de 1

1. Expediente	2805-2023	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.L.L. - LING W & C E.L.L. CAL. LA PE NRO. 0167 LPS SEÑOR DE LOS MILAGROS UMBAYOQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	
3. Dirección	MILAGROS UMBAYOQUE - CHICLAYO - CHICLAYO	
4. Instrumento de Medición	MANOMETRO	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrita del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Alcance de indicación	0 PSI a 150 PSI	
División de Escala / Resolución	5 PSI	
Marca	NO INDICA	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	LP-064	
Tipo	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2023-05-18	

Fecha de Emisión

2023-05-18

Jefe del Laboratorio de Metrología

JOSÉ ESTEBAN FLORES MOYA

Sello



Rivaldo Antonio Rojas
TECNICO DE LABORATORIO



☎ 913 028 621 / 913 028 622

☎ 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 508 - Comas - Lima - Lima

✉ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LP - 064 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Presión

Página 1 de 1

6. Método de Calibración

La calibración se realiza por la comparación directa según el ME-003 "Procedimiento para la calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuumetros" Edición digital 1 - OIM de Equella.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Presión de PERUTEST S.A.C.
Avenida Chillón Lote 508 - Comas - Lima - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	53 % HR	53 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	Manómetro Digital con Inertialumbres 0.1%	IPP-018-2023
METROL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BORO	1AT-1704-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.

11. Resultados de Medición

En la siguiente tabla se presentan la serie de los resultados obtenidos

Indicación A Calibrar (psf)	Indicación Manómetro Patrón		Error		
	Incertidumbre (psf)	Desviación (psf)	de Indicación		de Histeresis (psf)
			Acuerdo (psf)	Desviación (psf)	
50	50.0	50.0	0.0	0.0	0.00
100	100.1	100.1	0.1	0.3	0.20
150	150.1	150.7	0.3	0.7	0.50
200	200.8	200.9	0.8	0.9	0.20
250	250.9	250.8	0.9	0.8	-0.10
300	301.1	301.3	1.1	1.3	0.00



Rodrigo Milla Ferrer
Ingeniero en Física



☎ 913 028 621 / 913 028 622
☎ 913 028 623 / 913 028 624
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 508 - Comas - Lima - Lima
✉ ventas@perutest.com.pe
🏢 PERUTEST SAC

Anexo 52. Permeabilidad de probetas convencionales



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswycerl.com

Solicitud de Ensayo : 0607A_23/ LEMSW&C
Solicitante : López Salazar, Arturo Leonardo

Proyecto / Obra : Tesis: Uso de la cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos- Lambayeque

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Jueves, 06 de julio del 2023
Inicio de Ensayo : Viernes, 07 de julio del 2023
Fin de Ensayo : Lunes, 10 de julio del 2023

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO; - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.
Norma : UNE-EN12390-8
Mezcla de concreto : $f'c = 280 \text{ kg/m}^2$
R a/c diseño : 0.54
Edad : 45 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO CONVENCIONAL 280	45	07/07/2023	10/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	32.00	33.16	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	31.55		
M-02	CONCRETO CONVENCIONAL 280	45	07/07/2023	10/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	34.71		
								B	32.07		
M-03	CONCRETO CONVENCIONAL 280	45	07/07/2023	10/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	34.58		
								B	34.07		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rina Mercedes Obilias Ferriz
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 53. Permeabilidad probetas experimentales (1^{era} adición: 75% PCH + 25% CCA)



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : 0607A_23/ LEMSW&C
Solicitante : López Salazar, Arturo Leonardo

Proyecto / Obra : Tesis: Uso de la cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos- Lambayeque

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 06 de julio del 2023
Inicio de Ensayo : Lunes, 10 de julio del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 13 de julio del 2023

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

Norma : UNE-EN12390-8
Mezcla de concreto : f'c= 280 kg/m²
R a/c diseño : 0.54
Edad : 45 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRON 280 + 75%PCH + 25%CCA	45	10/07/2023	13/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	39.22	36.78	CUMPLE para elementos en masa o armados
M-02	CONCRETO PATRON 280 + 75%PCH + 25%CCA	45	10/07/2023	13/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	B	38.27		
								A	40.12		
M-03	CONCRETO PATRON 280 + 75%PCH + 25%CCA	45	10/07/2023	13/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	B	39.56		
								A	31.53		
									B		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivindeneira Oblitas Ferraz
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 54. Permeabilidad probetas experimentales (2^{da} adición: 50% PCH + 50% CCA)



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo - Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : 0607A_23/ LEMSW&C
Solicitante : López Salazar, Arturo Leonardo

Proyecto / Obra : Tesis: Uso de la cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos- Lambayeque

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 06 de julio del 2023
Inicio de Ensayo : Viernes, 14 de julio del 2023
Fin de Ensayo : Lunes, 17 de julio del 2023

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

Norma : UNE-EN12390-8
Mezcla de concreto : f'c= 280 kg/m²
R a/c diseño : 0.54
Edad : 45 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRON 280 + 50%PCH + 50%CCA	45	14/07/2023	17/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	36.28	39.01	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	38.25		
M-02	CONCRETO PATRON 280 + 50%PCH + 50%CCA	45	14/07/2023	17/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	39.05		
								B	37.34		
M-03	CONCRETO PATRON 280 + 50%PCH + 50%CCA	45	14/07/2023	17/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	42.63		
								B	40.48		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL

WILSON OLAYA AGUILAR
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivaldo Enrique Oblitas Henríquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 55. Permeabilidad probetas experimentales (3^{era} adición: 25% PCH + 75% CCA)



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitud de Ensayo : 0607A_23/ LEMSW&C
Solicitante : López Salazar, Arturo Leonardo

Proyecto / Obra : Tesis: Uso de la cáscara de arroz y de huevo en producción de concreto y estabilización de suelos para pavimentos rígidos- Lambayeque

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Jueves, 06 de julio del 2023
Inicio de Ensayo : Lunes, 17 de julio del 2023
Fin de Ensayo : Jueves, 20 de julio del 2023

Ensayo : ENSAYOS DE HORMIGÓN ENDURECIDO: - Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

Norma : UNE-EN12390-8
Mezcla de concreto : f'c= 280 kg/m²
R a/c diseño : 0.54
Edad : 45 días

Muestra N°	Descripción de la Muestra (kg/cm ²)	Edad (Días)	Fecha		Hora		Tiempo (72 ± 2 Horas)	Cara	Penetración Máxima (mm)		
			Inicio	Final	Inicio	Final			Unidad	Promedio	Clase de exposición
M-01	CONCRETO PATRON 280 + 25%PCH + 75%CCA	45	17/07/2023	20/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	58.32	42.92	CUMPLE para elementos en masa o armados
								B	53.99		
M-02	CONCRETO PATRON 280 + 25%PCH + 75%CCA	45	17/07/2023	20/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	38.02		
								B	40.69		
M-03	CONCRETO PATRON 280 + 25%PCH + 75%CCA	45	17/07/2023	20/07/2023	10:00 a. m.	10:00 a. m.	72	A	34.30		
								B	32.17		

NOTA:

- PRESIÓN APLICADA: 500 kPa aplicada desde la base de la probeta.

OBSERVACIONES:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
WILSON OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales
INGENIERO CIVIL
CIP. 246904



TÉCNICO DE LABORATORIO

Rivadeneira Obilias Ferriz
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 56. Memoria fotográfica

Estudio topográfico



Figura 3. Levantamiento topográfico en Calle El Vaticano S/N Mz “E” – Sector Las Brisas



Figura 4. Levantamiento topográfico en Calle El Vaticano S/N Mz “E” – Sector Las Brisas

Estudio de mecánica de suelos



Figura 5. Calicata N° 01 en Calle El Vaticano S/N Mz “E” – Sector Las Brisas



Figura 6. Calicata N° 02 en Calle El Vaticano S/N Mz “E” – Sector Las Brisas



Figura 7. Calicata N° 03 en Calle El Vaticano S/N Mz “E” – Sector Las Brisas



Figura 8. Retiro de muestra

Ensayos en laboratorio



Figura 9. Muestras CCA, PCH



Figura 10. Contenido humedad (muestras convencionales y experimentales)



Figura 11. Pesos secos de muestras convencionales y experimentales



Figura 12. Límites de Atterberg para muestras convencionales y experimentales

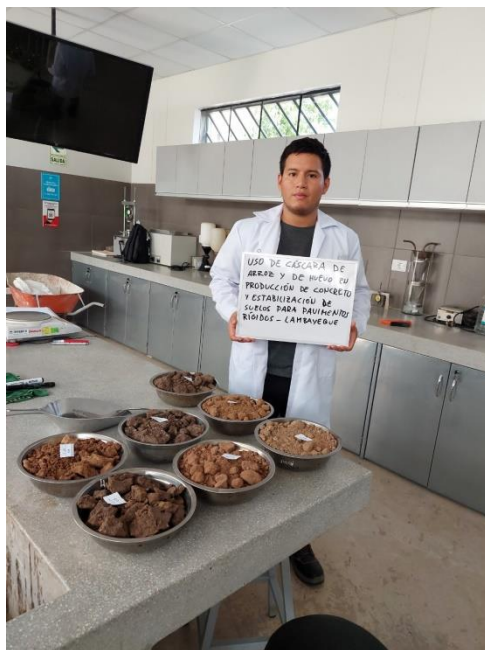


Figura 13. Muestras estabilizadas convencionales y experimentales



Figura 14. Medición de diámetro de briqueta para CBR convencional y experimentales



Figura 15. CBR para muestras estabilizadas convencionales y experimentales



Figura 16. Pesos de agregado fino para mezclas de concreto convencional y experimentales

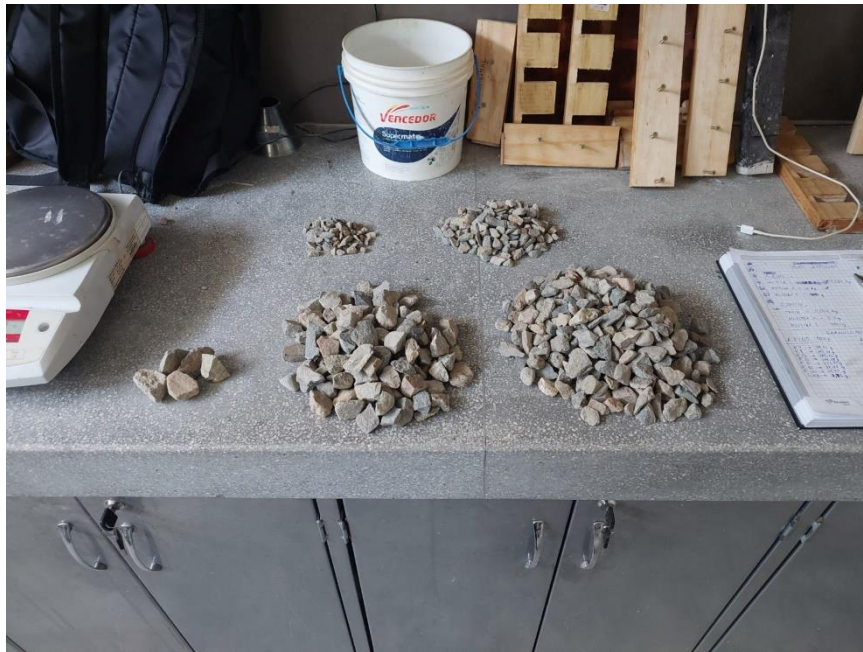


Figura 17. Pesos de agregado grueso para mezclas de concreto convencional y experimentales



Figura 18. Granulometría de agregado fino para mezclas de concreto



Figura 19. Granulometría de agregado grueso para mezclas de concreto



Figura 20. Elaboración de concreto convencional y experimentales en trompo mezclador



Figura 21. Probetas de concreto convencional y experimentales en estado fresco



Figura 22. Curado de probetas de concreto convencional



Figura 23. Probetas experimentales (estado endurecido)



Figura 24. Rotura de probetas