



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño  
del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura  
2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero civil**

**AUTORES:**

Maza Ypanaque, Elmer Ernesto ([orcid.org/0000-0001-7969-9720](https://orcid.org/0000-0001-7969-9720))  
Argote Valdivia, Marco Antonio ([orcid.org/0000-0002-3750-5761](https://orcid.org/0000-0002-3750-5761))

**ASESOR:**

Msc. Paccha Rufasto, Cesar Augusto ([orcid.org/0000-0003-2085-3046](https://orcid.org/0000-0003-2085-3046))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**LIMA- PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

A los catedráticos de esta digna institución, por el esfuerzo y trabajo, en compartir sus conocimientos para lograr hacer de nosotros buenos profesionales, el enseñarnos que con esfuerzo se vencen los obstáculos que se presentan en nuestra vida laboral.

También de manera particular, a mis hijos que siempre son mi motor y motivo, el hacerles que se sientan orgullosos de mis logros, el dejarles un ejemplo y a la vez una valla cada vez más alta.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar todo nuestro gran agradecimiento a todas las personas de nuestro vínculo familiar que nos brindaron su apoyo incondicionalmente en especial a nuestros queridos padres por todo el tiempo de enseñanzas brindados, inculcándonos los buenos valores para llegar a ser buenas personas, profesionales, y, ser útiles a la sociedad prestando nuestros servicios y lograr el éxito en el bienestar de nuestro país.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PACCHA RUFASO CESAR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Efectos del uso de la ceniza de cascara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023", cuyos autores son MAZA YPANAQUE ELMER ERNESTO, ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 29 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PACCHA RUFASO CESAR AUGUSTO <b>DNI:</b> 42569813 <b>ORCID:</b> 0000-0003-2085-3046	Firmado electrónicamente por: CPACCHAR el 14- 12- 2023 22:11:01

Código documento Trilce: TRI - 0671806



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO, MAZA YPANAQUE ELMER ERNESTO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
MAZA YPANAQUE ELMER ERNESTO <b>DNI:</b> 41482119 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7969-9720	Firmado electrónicamente por: EMAZAY01A el 24-12- 2023 22:39:48
ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO <b>DNI:</b> 08948395 <b>ORCID:</b> 0000-0002-3750-5761	Firmado electrónicamente por: MARGOTEV01A el 18- 12-2023 21:29:57

Código documento Trilce: INV – 1533163

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CÁRATULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	16
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2 Variables y operacionalización .....	17
3.3 Población, muestra y muestreo .....	21
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	21
3.5 Procedimientos .....	23
3.5.1 Procedimiento de obtención de datos para el estudio Topográfico.....	25
3.5.2 Procedimiento para la obtención de la ceniza de cáscara de Arroz....	27
3.5.3 Procedimiento para el análisis y clasificación de suelo.....	31
3.5.4 Procedimiento del conteo vehicular y Cálculo de Ejes Equivalentes. .	37
3.5.4.1 Cálculo del Índice Medio Diario Semanal (IMDS).....	40
3.5.4.2 Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA).....	41
3.5.4.3 Tasa de crecimiento y proyección vehicular. ....	43
3.5.4.4 Cálculo del Número de ejes equivalentes (#EE) .....	44
3.5.4.5 Factor de crecimiento acumulado (Fca) .....	45
3.5.4.6 Factor carril (Fc) y Factor direccional (Fd).....	45
3.5.4.7 Fp: factor de ajuste por presión de neumático.....	46
3.6 Método de análisis de datos .....	47
3.6.1 Análisis del Ensayo de Proctor Modificado. ....	47
3.6.2 Análisis del Ensayo de CBR. ....	49
3.6.3 Análisis granulométrico del Agregado grueso.....	54
3.6.4 Análisis granulométrico del Agregado Fino.....	56
3.6.5 Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado grueso. ....	58
3.6.6 Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado Fino. ....	59

3.6.7	Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso.....	60
3.6.8	Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino.....	62
3.7	Aspectos éticos .....	63
IV.	RESULTADOS.....	64
4.1	Descripción del Proyecto.....	64
4.1.1	Ubicación del Proyecto. ....	64
4.1.2	Ubicación geográfica del proyecto.....	65
4.2	Resultado del diseño de concreto. ....	66
4.2.1	Diseño de concreto: mezcla Patrón o convencional. ....	66
4.2.2	Diseño de Concreto: Mezcla con 3 % de CCA .....	67
4.2.3	Diseño de Concreto: Mezcla con 7 % de CCA .....	68
4.2.4	Diseño de Concreto: Mezcla con 12 % de CCA.....	69
4.3	Resultados de los Ensayos de rotura de probetas por Compresión.....	71
4.4	Resultados de los Ensayos de trabajabilidad. ....	73
4.5	Resultados de los Ensayos de rotura de probetas a Flexión.....	74
4.6	Resultados de los Ensayos de rotura de probetas a Tracción .....	76
4.7	Diseño de Pavimento Rígido metodología AASTHO 93.....	78
4.7.1	Datos de ESAL (W18):.....	78
4.7.2	Datos del CBR: .....	78
4.7.3	Tipo de tráfico (Tp):.....	79
4.7.4	Nivel de confiabilidad y desviación Estándar Normal.....	79
4.7.5	Desviación Estándar Combinada (S0) o Error estándar. ....	80
4.7.6	Índice de serviciabilidad inicial y final.....	80
4.7.7	Resistencia Media del Concreto (Mr):.....	81
4.7.8	Módulo de Elasticidad del concreto. ....	82
4.7.9	Módulo de Reacción de la Subrasante (K0). ....	82
4.7.10	Coeficiente de drenaje (Cd) .....	84
4.7.11	Coeficiente de transmisión de Carga (J):.....	84
4.7.12	Espesor de Losa .....	85
4.8	Resultados sobre las ventajas económicas.....	88
4.9	Resultados sobre la cantidad de residuos sólidos generados.....	90
V.	DISCUSIÓN .....	93
VI.	CONCLUSIONES .....	95
VII.	RECOMENDACIONES .....	96
	REFERENCIAS .....	97
	ANEXOS.....	173

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Óxidos: en la Ceniza de cáscara de arroz y en el cemento Portland .....	11
Tabla 2.	Determinación del contenido de cenizas.....	30
Tabla 3.	Composición química expresada en óxidos (*) .....	30
Tabla 4.	Ubicación de las 04 calicatas.....	31
Tabla 5.	Cuadro resumen de resultados de las 04 calicatas.....	34
Tabla 6.	Conteo vehicular del domingo.....	38
Tabla 7.	Conteo vehicular del lunes .....	38
Tabla 8.	Conteo vehicular del martes.....	39
Tabla 9.	Conteo vehicular del miércoles.....	39
Tabla 10.	Conteo vehicular del jueves .....	40
Tabla 11.	Cálculo del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) .....	40
Tabla 12.	Factores de corrección Vehicular.....	41
Tabla 13.	Índice medio diario anual.....	42
Tabla 14.	IMDA para una población Futura.....	43
Tabla 15.	Ejes Equivalentes Acumulados. EE*IMDA .....	44
Tabla 16.	Valores del Factor carril y del Factor Direccional .....	45
Tabla 17.	Factor de ajuste por presión de Neumático (Fp) .....	46
Tabla 18.	Valores de Ensayo de Proctor Modificado.....	48
Tabla 19.	Contenido de Humedad de cada molde (12, 25 y 56 golpes) .....	49
Tabla 20.	Cálculo de la humedad seca de cada molde (12, 25 y 56 golpes) .....	50
Tabla 21.	Datos obtenidos en ensayo CBR de esfuerzo- penetración.....	50
Tabla 22.	Valores que representan el 100 % de CBR.....	51
Tabla 23.	Datos para el grafico CBR-Densidad Seca .....	52
Tabla 24.	Resultado del Tamizado del Agregado Grueso.....	55
Tabla 25.	Resultado del Tamizado del Agregado Grueso.....	57
Tabla 26.	Resultados: Peso Unitario Suelto de agregado Grueso.....	58
Tabla 27.	Resultado: Peso Unitario Compactado del agregado Grueso.....	59
Tabla 28.	Resultados: Peso Unitario Suelto del agregado Fino.....	59
Tabla 29.	Resultados: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino .....	60
Tabla 30.	Procesado de datos tomados en ensayos .....	61
Tabla 31.	Procesado de datos tomados en ensayo .....	62
Tabla 32.	Cuadro de comparación en materiales para dosificación de concreto ...	70
Tabla 33.	Ensayo de probetas sometidos a compresión del concreto .....	71
Tabla 34.	Método Estándar para determinar el asentamiento del concreto .....	74
Tabla 35.	Resumen de resultados de probetas sometidos a flexo-compresión. ....	75
Tabla 36.	Resumen de los esfuerzos a tracción.....	76

Tabla 37. Categorías de Subrasante .....	79
Tabla 38. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes . .....	79
Tabla 39. Valores de Nivel de confiabilidad(R) y Desviación Estándar Normal(Zr) 80	
Tabla 40. Índices de Serviciabilidad.....	81
Tabla 41. Valores Recomendados de Resistencia del Concreto .....	81
Tabla 42. Condiciones de drenaje.....	84
Tabla 43. Coeficiente de drenaje de las Capas Granulares (Cd).....	84
Tabla 44. Valores de Coeficiente de transmisión de Carga J .....	85
Tabla 45. Diámetros y longitudes recomendados para pasadores. ....	87
Tabla 46. Diámetros y longitudes recomendados en barras de amarre.....	88
Tabla 47. Resumen de resultados. ....	92

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1.Diagrama del enfoque de la investigación.....	16
Figura 2.Procedimiento de la experimentación.....	24
Figura 3.Visita a la zona del proyecto.....	25
Figura 4.Procesamiento de datos online mediante GPS Visualizer.....	26
Figura 5. Procesamiento de datos mediante TcxConverter .....	26
Figura 6. Visita a empresa agroindustrial peladora de arroz. ....	27
Figura 7.Cantidad de Residuos sólidos generada por la agroindustria .....	27
Figura 8.Lavado y secado para quemado en mufla para calcinación controlada. ...	28
Figura 9.Análisis termogravimétrico. ....	28
Figura 10.Diagrama TGA de Muestra CCA de Piura.....	29
Figura 11. Muestra: antes y después de la Calcinación .....	30
Figura 12. Espectrómetro de fluorescencia de rayos X. ....	30
Figura 13. Ubicación de las calicatas con ayuda del Civil 3D.....	32
Figura 14.Excavación de las calicatas a 1.5m de profundidad.....	33
Figura 15.Ensayos de granulometría.....	33
Figura 16. Ensayo de % de humedad .....	33
Figura 17. Tamices con mallas de diferentes medidas.....	34
Figura 18. Cuarteo para el análisis de suelo .....	34
Figura 19.Curva granulométrica de suelo en calicata C-1 .....	35
Figura 20.Curva granulométrica de suelo en calicata C-2.....	35
Figura 21.Curva granulométrica de suelo en calicata C-3.....	36
Figura 22.Curva granulométrica de suelo en calicata C-4.....	36
Figura 23. Clasificación de Suelos en AASHTO Y SUCS . ....	37
Figura 24.Conteo de tipos de Vehículos expresado en porcentaje. ....	38
Figura 25.Conteo de tipos de Vehículos del día lunes, expresado en porcentaje. .	38
Figura 26.Conteo de tipos de Vehículos del día martes, expresado en porcentaje	39
Figura 27.Conteo de tipos de Vehículos del día miércoles (porcentaje).....	39
Figura 28.Conteo de tipos de Vehículos del día jueves, expresado en porcentaje.	40
Figura 29.Conteo de tipos de Vehículos por semana, expresado en porcentaje....	41
Figura 30.IMDA comparación de cantidades por tipo de vehículo.....	42
Figura 31.Población futura de vehículos que circularán por la Av. Sánchez Cerro.	44
Figura 32. Ensayo de Proctor modificado.....	47
Figura 33.Gráfico de Relación Densidad Seca Vs. % de Humedad. ....	48
Figura 34. Ensayo de CBR.....	49
Figura 35.Prensa Manual de Carga CBR .....	50

Figura 36. Diagrama Esfuerzo Vs Penetración.....	51
Figura 37. Obtención del CBR al 95%.....	53
Figura 38. Tamices para agregado grueso y fino .....	54
Figura 39. Cuarteo del Agregado Grueso.....	54
Figura 40. Proceso de tamizado para el agregado grueso (AG) .....	54
Figura 41. Curva granulométrica del agregado grueso .....	55
Figura 42. Técnica de cuarteo de Agregado Fino.....	56
Figura 43. Proceso de Tamizado para el agregado Fino.....	56
Figura 44. Curva granulométrica del Agregado Fino .....	57
Figura 45. Peso Unitario Suelto AG.....	58
Figura 46. Compactación del AG.....	58
Figura 47. Peso Unitario Suelto de AF .....	59
Figura 48. Peso Unitario Compactado de AF. ....	59
Figura 49. Ensayo de Gravedad específica y absorción AG .....	61
Figura 50. Ensayo de Gravedad específica y absorción AF .....	62
Figura 51. Imagen satelital de ubicación del proyecto.....	64
Figura 52. Ubicación geográfica Provincial .....	65
Figura 53. Ubicación geográfica del Proyecto en el Perú.....	65
Figura 54. Ubicación geográfica distrital.....	65
Figura 55. Dosificación del concreto Patrón. ....	66
Figura 56. Dosificación del concreto con 3% de CCA .....	67
Figura 57.. Dosificación del concreto con 7% de CCA .....	68
Figura 58.. Dosificación del concreto con 12% de CCA .....	69
Figura 59. Variación de los materiales en dosificaciones con 3, 7 y 12 % de CCA. 70	70
Figura 60. Rotura de probeta a compresión .....	71
Figura 61. Resistencias adquiridas por el concreto según la edad (7, 14 y 28 días). 72	72
Figura 62. Línea de tendencia de esfuerzos con 3, 7 y 12% de CCA. ....	72
Figura 63. Comparación en % alcanzados, respecto al concreto patrón.....	73
Figura 64. Prueba de Asentamiento. ....	73
Figura 65. Comparación de los asentamientos .....	74
Figura 66. Pruebas de Rotura a Flexión.....	75
Figura 67. Diagrama del ensayo a Flexión .....	75
Figura 68. Curva de tendencia .....	75
Figura 69. Porcentajes alcanzados por Mr respecto al concreto Patrón. ....	76
Figura 70. Línea de tendencia, de los esfuerzos a Tracción. ....	77
Figura 71. Porcentajes alcanzados de Esfuerzos a Tracción .....	77

Figura 72. Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante. ....	83
Figura 73. Hoja de cálculo para espesor de losa de pavimento rígido .....	86
Figura 74. Perfil de la losa .....	86
Figura 75. Vista de planta de losa de pavimento .....	87
Figura 76. Colocación de Dowells. ....	88
Figura 77. Dimensiones de la vía .....	89
Figura 78. Precio actualizado al 28Nov. fuente-Sodimac .....	90
Figura 79. Cálculo de Cáscara de arroz reducida a cenizas en peso (Kg). ....	91

## RESUMEN

El estudio realizado fue desarrollado con el propósito de evaluar la influencia del uso de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) en el concreto  $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$  para la pavimentación rígida de la Av. Sánchez Cerro – Piura. El estudio metodológicamente utiliza la investigación de tipo aplicada, de nivel explicativo, donde su diseño fue de carácter experimental con un enfoque cuantitativo. Se utilizó como técnica la Observación Directa, además de ensayos experimentales, el uso de software afines a la ingeniería civil y hojas de cálculo.

Se realizaron ensayos de composición química a la muestra de CCA que se obtuvo de la calcinación de los desechos de cascará de arroz, bajo condiciones controladas a una temperatura de  $600^\circ \text{C}$ , durante 2 horas. También se realizó la topografía y un análisis de suelos, en el lugar del proyecto como estudios preliminares.

Se tomaron ensayos y procedimientos de acuerdo a las normas ACI y NTP, siendo analizados primeramente los agregados bajo la NTP 400.010, Para luego establecer las dosificaciones con una sustitución del cemento en porcentajes de 3, 7 y 12 % por CCA. Se realizaron 72 probetas cilíndricas, los cuales 36 se usaron para establecer su resistencia a la compresión y 36 para la tracción, siendo la distribución de 9 por cada dosificación (patrón, con 3,7 y 12% de CCA) y se ensayaron a las edades de 7,14 y 28 días. Para establecer el módulo de rotura ( $M_r$ ), se usaron 12 probetas prismáticas, los cuales fueron ensayados a la edad del concreto endurecido de 28 días.

Los resultados nos muestran mejoras solo con la sustitución del 3% de CCA con respecto a nuestro concreto patrón, el cual mejoró la resistencia a la compresión en 1.6%, la resistencia a la tracción del 3.9%, a la flexión del 3.2 %, pero muestra una disminución en la trabajabilidad en 0.6 pulgadas en el ensayo de slump.

**Palabras clave:** Pavimento, propiedades, ensayos, dosificación, resistencia

## ABSTRACT

The study carried out was developed with the purpose of evaluating the influence of the use of rice husk ash (CCA) in the concrete  $F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$  for the rigid paving of Av. Sánchez Cerro - Piura. The study methodologically uses applied research, at an explanatory level, where its design was experimental in nature with a quantitative approach. Direct Observation was used as a technique, in addition to experimental tests, the use of software related to civil engineering and spreadsheets.

Chemical composition tests were carried out on the CCA sample that was obtained from the calcination of rice husk waste, under controlled conditions at a temperature of  $600^\circ \text{C}$ , for 2 hours. Topography and a soil analysis were also carried out at the project site as preliminary studies.

Tests and procedures were carried out according to ACI and NTP standards, first analyzed the aggregates under NTP 400.010, and then establishing the dosages with a replacement of cement in percentages of 3, 7 and 12% by CCA. 72 cylindrical specimens were made, of which 36 were used to establish their compressive strength and 36 for traction, with the distribution being 9 for each dosage (standard, with 3.7 and 12% CCA) and they were tested at ages of 7, 14 and 28 days. To establish the modulus of rupture ( $M_r$ ), 12 prismatic specimens were used, which were tested at the age of the hardened concrete of 28 days.

The results show improvements only with the substitution of 3% of CCA with respect to our standard concrete, which improved the compressive strength by 1.6%, the tensile strength by 3.9%, and the flexural strength by 3.2%, but shows a decrease in workability by 0.6 inches in the slump test.

**Keywords:** Pavement, properties, tests, dosage, resistance

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cemento portland destaca sobre los materiales más utilizados en el área de la construcción; sin embargo, a causa de la descomposición de los carbonatos durante la producción, se liberan emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La producción de este material a nivel mundial se ha incrementado y se debe en gran parte al rápido desarrollo que ha presentado China, ya que el 74% del aumento de la producción de cemento desde 1990, se produjo en China (Andrew, 2019, p.1675). Debido a la gran contaminación que genera este tipo de materiales, el calentamiento global se ha hecho cada vez más visible, evidenciado en los cambios de clima tan drásticos que están sufriendo algunos países, en donde las temporadas de verano o invierno han mostrado ser mucho más intensos que en otros años.

Es por ello que, en busca de reducir este impacto ambiental e incentivar el aprovechamiento de desechos algunas investigaciones sugieren usar eficientemente el cemento, así como el uso de materiales cementicios suplementarios (SCM), como una alternativa más sustentable para reemplazar parcialmente el cemento (Rocha et al., 2022, p.438). El residuo de caña de azúcar, La cáscara de arroz, los residuos cerámicos y otros desechos se están investigando para utilizarlos como alternativas puzolánicas al cemento; la cáscara de arroz es uno de los materiales que más se ha explorado con este fin.

Respecto a ello, se sabe que al año se generan aproximadamente unos 20´000,000 de Tn. de ceniza de cascara de arroz (Rizwan Khan et al., 2021, p.3), ya que este al ser considerada un material desechable, en ocasiones la cascara de arroz es incinerada a campo abierto para poder reducir su volumen, causando un daño significativo en nuestro ecosistema.

Por otra parte, la ceniza de cáscara de arroz (CCA) ha sido apreciada por sus cualidades puzolánicas en la comunidad de ingenieros, pero se sugiere que para que pueda conservar dichas propiedades, su incineración debe darse bajo condiciones controladas, a una temperatura de 600C° aproximadamente (Nguyen et al., 2020, p.3). También algunas investigaciones y estudios experimentales, mencionan que la ceniza de este cereal (CCA), es adecuada para su uso en productos de construcción, debido a que está compuesta en más del 80% de sílice amorfa (Jittin et al., 2020, p.23). Estos estudios han demostrado además que el uso de CCA da como resultado una mayor resistencia y durabilidad del hormigón, así como unos costes de construcción más baratos. (Siddika et al., 2021, p.305).

A nivel internacional, de acuerdo a artículos encontrados, el uso de la CCA ha sido aplicado con buenos resultados en estudios experimentales, en países como: India, Tailandia, Colombia, Ecuador, Argentina, etc. en donde utilizan la CCA como reemplazo en cierto porcentaje del cemento Portland y a nivel nacional, en San Martín, Lima y Ucayali también se viene realizando investigaciones acerca de sustituir parcialmente la arena y el cemento por CCA.

Por otro parte, la cantidad de cascara de arroz que se desecha anualmente en nuestro país, está relacionada directamente con la producción de arroz que, a nivel nacional, a lo largo del año 2021, se cuantifico 916 406 Tn (toneladas) y a nivel local, en el departamento de Piura se registraron 88 513 Tn de producción arroz (MIDAGRI, 2022, p.35).

Por otro lado, las investigaciones en el Departamento de Piura no son ajenas al estudio de la CCA como material reemplazante del cemento, sin embargo, se considera que se debe seguir estudiando las propiedades de este material y sus efectos en el concreto, ya que en algunas partes de la Ciudad el pavimento rígido presenta numerosas fallas como fisuras, baches, etc. causados por acción climática, carga vehicular o simplemente por la baja calidad de los materiales (Morales & Quinde , 2021,p.16), por lo que es necesario la implementación de nuevos materiales de construcción que aseguren la calidad y durabilidad de las pavimentaciones de la Ciudad, aprovechando un recurso que se encuentra disponible en grandes cantidades.

Por lo tanto, es de interés el estudio sobre el uso del CCA como sustituto parcial del cemento, ya que no sólo puede aumentar la resistencia del hormigón, sino también tener efectos buenos en el medio ambiente, así como también en la economía. (Al-Alwan et al., 2022, “conclusiones”, párr. 2),

De acuerdo a lo descrito anteriormente, este trabajo fue un estudio experimental que investigó la influencia de la CCA como reemplazante en ciertos porcentajes del cemento en las propiedades mecánicas del pavimento rígido, esencialmente en el concreto, medidos a través de ensayos de asentamiento (slump), resistencia máxima a la compresión, flexión y tracción.

El problema de investigación se formula de la forma siguiente, partiendo por el **problema general**:

¿Cuáles serán los efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro – Piura?

y definiremos como **problemas específicos**:

¿Cuál será la dosificación usando las cenizas de cáscara de arroz en el concreto que mejore las propiedades físico-mecánicas, en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro - Piura?

¿Se podrá obtener un buen diseño de pavimento rígido al usar la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en la Av. Sánchez Cerro -Piura?

¿Qué ventajas económicas se lograría haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro - Piura?

¿Se podrá disminuir la cantidad de residuo sólido generada por la agroindustria haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro- Piura?

La base teórica de la realización de la investigación era establecer la dosis óptima de CCA para sustituir en cierta medida al cemento, ampliando el conocimiento acerca del uso de este material y contribuyendo como un aporte a futuras investigaciones. La justificación metodológica, se basa en que esta investigación utilizó técnicas y métodos de investigación y sistematización de la información que podría ser replicada en otros estudios similares y Por último, se debe mencionar la justificación social y ambiental, ya que, con esta investigación se pretende incentivar el uso de dicha ceniza como reemplazo parcial en el cemento, por lo que, no solo nos permitirá construir edificaciones más resistentes al paso del tiempo, sino que se podría evitar el impacto ambiental que generan el uso del cemento y la incineración a campo abierto de la cascara de arroz.

La **hipótesis general** del presente estudio fue que:

El uso de la ceniza de cáscara de arroz influirá favorablemente en el diseño del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro -Piura.

De acuerdo a ello, se formularon las siguientes **hipótesis específicas**:

Una buena dosificación con el uso de la ceniza de cáscara de arroz mejorará las propiedades físico-mecánicas del concreto para el pavimento rígido en la Av. Sánchez Cerro -Piura.

Se logrará un mejor diseño de pavimento rígido haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz en el concreto para la Av. Sánchez Cerro – Piura.

El uso de la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro - Piura traerá ventajas económicas

La cantidad de residuo sólido disminuirá haciendo uso de la ceniza de la cáscara de arroz como componente de concreto en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro- Piura

En base a las hipótesis mencionadas anteriormente, se planteó el **objetivo general**:

Evaluar los efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro – Piura.

**Objetivos específicos:**

Determinar el comportamiento físico-mecánico del concreto al incorporar cenizas de cascara de arroz en el pavimento rígido en la Av. Sánchez Cerro - Piura.

Determinar el diseño del pavimento rígido incorporando la ceniza de cáscara de arroz en el concreto de la Av. Sánchez Cerro -Piura

Analizar las ventajas económicas producidas al hacer uso de la ceniza de cáscara de arroz en el concreto del pavimento rígido en la Av. Sánchez Cerro – Piura.

Determinar la cantidad de residuo solido generada por la cáscara de arroz el cual será empleado en el concreto de la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro- Piura.

## II. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo contemplaremos los datos más relevantes de algunos estudios experimentales que se consideraron más propicios para el fin que se pretende conseguir en esta investigación, por lo que se tomaron como referentes algunas investigaciones, tanto tesis a nivel internacional y nacional, como artículos científicos de revistas indexadas.

Según (Al-Alwan et al., 2022), examinaron los efectos del uso de CCA en lugar de cemento en el hormigón. Crearon diseños con CCA de 7 y 14% y un diseño de mezcla convencional (0%), utilizando una técnica experimental. Además, realizaron pruebas de laboratorio para caracterizar el árido, así como pruebas para medir su asentamiento, los esfuerzos máximos a la tracción, los esfuerzos a la flexión, los esfuerzos a la compresión y la permeabilidad al cloruro. Las conclusiones de esta investigación indicaron que, si bien un incremento de la CCA disminuye la absorción de agua (%) y mejora la cohesividad del hormigón en los ensayos de asentamiento, las probetas del diseño convencional presentaron la menor resistencia en los ensayos de compresión. (275.3 Kg/cm<sup>2</sup>) en comparación de los diseños experimentales de 7% y 14% que obtuvieron promedios por encima de los 305.9 Kg/cm<sup>2</sup>. Entre las conclusiones del estudio figuran las siguientes: El CCA aumenta los valores de resistencia mecánica, pero disminuye la trabajabilidad y el índice de penetración de iones cloruro con el aumento controlado en el porcentaje de reemplazo del cemento por CCA. La CCA podría ser un buen sustituto parcial del cemento porque tiene efectos ecológicos y económicos favorables.

Por otro lado Patah & Dasar (2022), usaron la CCA como reemplazo del cemento y tuvieron como principal objetivo, hacer una evaluación sobre la aplicación de la CCA sobre el rendimiento del hormigón. Para ello utilizaron una técnica experimental y se crearon cuatro diseños experimentales (2,5%, 5%, 7,5% y 10%), además de un diseño de mezcla convencional (0%). El diseño normal (461,9 Kg/cm<sup>2</sup>) y el diseño prototípico del 7,5% (497,5 Kg/cm<sup>2</sup>) tuvieron la resistencia máxima, según los ensayos de esfuerzos a la compresión después de 91 días. En cuanto a los esfuerzos a la flexión, el diseño experimental del 10% mostro resultados óptimos a la edad de concreto endurecido (46.6 Kg/cm<sup>2</sup>), en cambio el diseño patrón (0%), apenas sobrepaso los 32 Kg/cm<sup>2</sup>. En conclusión, en esta investigación se demostró que la CCA tuvo una contribución positiva, pues, de acuerdo a los resultados, tiene

potencial para aumentar las cualidades mecánicas del concreto, además de fomentar un ambiente sostenible.

Asimismo, Ogbonna & Abubakar (2021), evaluaron los efectos del CCA como sustituto del cemento en dosis de 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30% sobre la resistencia del pavimento de hormigón armado. Para ello evaluaron la CCA en el pavimento y se realizaron varios experimentos, incluyendo el análisis químico de la CCA y la caracterización de los áridos en el hormigón. Además, se realizaron pruebas de esfuerzos a la compresión, tracción y flexión a los 3, 7, 14, 28, 56 y 91 días y a los 14 y 28 días, se evaluaron dichas resistencias. Donde se comprobó que los resultados mostraron un aumento con la edad, así como con las mayores tasas de sustitución del material cementante por ceniza de cáscara de arroz al 5% y al 10%. Las muestras de hormigón con una proporción de sustitución del hormigón por CCA que oscilaba entre el 0% y el 25% cumplían los criterios mínimos de resistencia a la compresión indicados en las especificaciones y manuales normalizados aplicables. El estudio llegó a la conclusión de que hasta el 25% del cemento de los pavimentos continuos de hormigón armado debería sustituirse por CCA.

Por su parte, Garrett et al. (2020), utilizaron residuos de caña de azúcar, también denominados bagazo (BCA) y CCA, como puzolana, con la intención de ver cómo respondía a la corrosión por agua salada. Para sustituir parcialmente el cemento por CCA y BCA individualmente, los porcentajes necesarios son 10, 20 y 30%. En el laboratorio se realizaron ensayos de esfuerzos máximos a la compresión, absorción de agua y corrosión. Estos resultados demostraron que la sustitución del CCA aumentó la porosidad del hormigón después de seis meses, y en cuanto a los esfuerzos a la compresión (28 días), se registró una resistencia máxima a ser comprimidos de 258 Kg/cm<sup>2</sup> con una sustitución del 20% de CCA por cemento, en comparación con el único logro del diseño estándar de 188,6 Kg/cm<sup>2</sup>. Con una sustitución del 30% de CCA, se midió una resistencia de 246,8 Kg/cm<sup>2</sup>. Según las conclusiones del estudio, se necesitan superplastificantes de hasta el 2% para proporcionar la resistencia deseada cuando se utiliza CCA como sustituto hasta el 20% del tiempo.

Por otro lado, Rizwan Khan et al. (2021) Su investigación pretendía comprender el impacto de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) en las características del hormigón espumado fresco y recién hecho. Los porcentajes de sustitución de los agregados

finos (AF) por CCA fueron 0%, 5%, 10%, 15% y 20%. Al utilizar un agente espumante (Foamtech), la espuma producida de forma autóctona permitió la producción del hormigón ligero. La densidad teórica de la cáscara de arroz espumada con 0% de sustitución de la cáscara de arroz (CCA) se mantuvo constante en  $1300 \pm 50 \text{ kg/m}^3$ . Durante el análisis experimental, la densidad real observada para la espuma de cáscara de arroz con 0% de sustitución de CCA fue de  $1317 \text{ kg/m}^3$ . Se evaluó el esfuerzo a la compresión y el esfuerzo a la tracción dividida de especímenes de cubos de hormigón espumado endurecidos de tamaño  $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$  a edades de curado de 7, 14, 28, 56 y 90 días. La absorción de agua y la densidad seca de los cubos se examinaron a una edad de concreto endurecido de 28 días. El concreto de control se utilizó como punto de comparación para todos los resultados de los diferentes atributos. Cabe destacar que el nivel de sustitución de 0% CCA con AF se consideró como mezcla de control. Se demostró que la mezcla de control y la mezcla con un nivel de sustitución del 20% de CCA presentaban diferentes resistencias máximas y mínimas a la compresión, resistencias a la tracción por división y densidades en seco. Sin embargo, para la mezcla de control y la mezcla que contenía un nivel de sustitución del 20% de CCA, respectivamente, se mostraron las capacidades de absorción de agua mínima y máxima. Finalmente, se comprobó que se registraba una reducción mínima y máxima de los esfuerzos a la compresión en los niveles de sustitución del 20% y el 5% de CCA, respectivamente, con unos valores máximo y mínimo del 27,27% y el 3,77%. Tras 90 días de curado, los datos obtenidos para los esfuerzos a compresión máxima y mínima alcanzados con una sustitución del 0% y del 20% de CCA son 25,62 MPa y 20,13 MPa.

Por otro lado, también en la India, se tienen diversos artículos científicos, sin embargo, se ha tomado como referencia la investigación de Bixapathi & Saravanan (2022). Este artículo es una investigación experimental cuyo objetivo era probar la resistencia y durabilidad del hormigón producido sustituyendo el cemento por CCA. Se crearon un diseño de mezcla estándar (0,0%) y cinco diseños experimentales (5, 10, 15, 20 y 25%) utilizando una metodología experimental, y se comprobó su resistencia máxima a ser comprimidos, flexionados y traccionados a los 7, 14 y 28 días en hormigón fresco (asentamiento) y endurecido. Sus resultados mostraron un asentamiento de 20 mm para el hormigón ordinario, 30 mm para un diseño del 5%, 45 mm para un diseño del 10%, 50 mm para un diseño del 15%, 60 mm para un diseño del 20% y 75 mm para un diseño del 25%. Respecto a las pruebas de esfuerzos a la compresión después de 28 días, el diseño del 15% mostró una

impresionante ganancia de resistencia del 7,8%, sin embargo, los diseños del 20% y 25% revelaron una caída de la resistencia de hasta 254,9 Kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia mejoró un 11,64% en los ensayos de tracción con el diseño experimental del 15%, y un 15,57% a los 28 días con el diseño de sustitución del 15% en los resultados de los ensayos de flexión. Los resultados más importantes en esta investigación son que una sustitución del 15% de cemento por CCA produce los mejores resultados en las experimentaciones sobre esfuerzos a la tracción, flexión y compresión. Por otro lado, el CCA en este estudio demostró los mejores resultados en cuanto a la disminución de costos asociados a la producción de concreto y la eliminación de emisiones de gases contaminantes.

En el artículo de Saand et al. (2019), El objetivo era utilizar CCA en lugar de cemento para el diseño de hormigón celular y controlar los efectos sobre la densidad específica, los esfuerzos a la compresión y la resistencia a la tracción. Este estudio incluyó diseños experimentales con varias osificaciones, incluyendo un diseño estándar (0%) y seis diseños experimentales (2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 y 15%) que sustituyeron el cemento por CCA. Según los resultados, la mezcla del diseño convencional sólo produjo una densidad específica máxima de 1015 kg/m<sup>3</sup>, mientras que la sustitución del 10% produjo una densidad máxima de 1066 kg/m<sup>3</sup>. El diseño de hormigón con el 10% produjo los mejores resultados en términos de esfuerzo a la compresión y a ser traccionados, con valores resistencias a la compresión de 44,87 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia máxima a la tracción de 5,4 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con los resultados del diseño estándar de 35,89 kg/cm<sup>2</sup> y 4,48 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Según esta investigación, los esfuerzos a la compresión y a la tracción disminuyeron cuando el porcentaje de sustitución superó el 10% porque se necesitaba más agua. Se llegó a las siguientes conclusiones principales de este estudio: Es mejor utilizarlo en ese porcentaje, ya que la densidad aumentó un 5,02%, la resistencia a la compresión mejoró un 22,22% y los esfuerzos a la tracción aumentó un 20,45% con el diseño experimental del 10% en comparación con el diseño estándar.

En cuanto a las tesis consultadas, se tiene la de Rodriguez & Tibabuzo (2019), en el cual evaluaron el CCA como aditivo del cemento en mezclas de concreto con  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ . En la técnica de estudio cuantitativo se empleó un diseño estándar (0%) y cuatro diseños experimentales en dosificaciones de 3%, 5%, 10% y 15% como sustitución parcial del cemento por CCA. Para cada diseño, se fabricaron tres

especímenes de hormigón a cada edad de curado (7, 14 y 28 días), y se ensayaron a compresión, asentamiento, módulo de elasticidad y otras propiedades. Los datos obtenidos de las pruebas de compresión a 28 días fueron 219.2, 209, 212.1, 234.5 y 39.7 Kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, para cada espécimen (0%, 3%, 5%, 10% y 15%). Los resultados del estudio se resumen en que la probeta con una sustitución del 10% de CCA logró un incremento del 10% en la resistencia de compresión en comparación con la probeta convencional, así como ausencia de porosidad y una trabajabilidad aceptable.

Así también, las investigaciones en nuestro país acerca de los usos de la CCA también han tomado relevancia en los últimos años, es así que tenemos la tesis de Arevalo & Lopez (2020) realizada en la Región selvática de San Martín en la que las pruebas realizadas fueron el asentamiento, la resistencia máxima a la compresión y a la flexión del concreto con una  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. Se utilizó CCA en el hormigón en cantidades de 0%, 2%, 4% y 6%. Se realizaron ensayos de asentamiento, resistencia máxima a ser comprimidos y también los esfuerzos a la flexión. Las estadísticas para los diseños de 0%, 2%, 4%, y 6% para las pruebas de compresión de diseño de concreto para 210 Kg/cm<sup>2</sup> son las siguientes: 210.43, 212.48, 201.33 y 191.00 Kg/cm<sup>2</sup>. El diseño del 2%, que supera al diseño del 0% (mezcla normal) en un 1,18%, es el que consigue la mejor resistencia, como se desprende de los resultados.

Martinez & Oyanguren (2019) diseñaron y evaluaron un hormigón de 280 Kg/cm<sup>2</sup> con CCA para aumentar su durabilidad expuesto al ambiente marino. Para lograrlo, se crearon tres diseños experimentales de hormigón, uno utilizando el hormigón habitual con 100% de cemento y los otros dos utilizando sustitutos parciales del cemento de 5, 10 y 15% de CCA. Se realizaron pruebas de asentamiento, esfuerzos a la compresión, permeabilidad e iones cloruro. Las pruebas de resistencia a la compresión a los 28 días arrojaron los siguientes datos para los diseños 0, 5, 10 y 15%: 306,13, 316,13, 277,77 y 256,65 Kg/cm<sup>2</sup>. En cuanto a la prueba de iones cloruro, el diseño convencional (0%) tuvo una cantidad significativa de penetración de iones, mientras que el diseño del 15% tuvo un nivel muy bajo. Basándose en estos resultados, el estudio lleva a la conclusión de que el diseño experimental del 5% demostró una mayor resistencia del 3,2% sobre el diseño convencional. Por otra

parte, el ensayo de penetración de iones cloruro demuestra que el hormigón se vuelve más resistente a las lesiones a medida que aumenta la dosis de CCA.

En el departamento de Ucayali, tenemos la tesis de Aliaga & Badajos (2018), cuyo objetivo es incorporar el CCA a la dosificación del hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y evaluar los ensayos de asentamiento (trabajabilidad) y compresión para ver cómo afecta al hormigón. Se utilizaron un total de 36 especímenes en los diseños experimentales, que fueron para porcentajes de sustitución de cemento del 10%, 15% y 20%. Los agregados del hormigón también se describieron como sigue. Las pruebas de compresión a 28 días produjeron la siguiente información, que fue el resultado de este estudio: Las pruebas de asentamiento produjeron resultados para los diseños 0%, 10%, 15% y 20% de 285.60, 289.31, 260.47 y 212.20 Kg/cm<sup>2</sup> y 3.6", 3.1", 2.8" y 2.5", respectivamente. Es evidente que el diseño con un 10% de sustitución produjo la mejor resistencia, superando a la mezcla normal en un 2,32%. Por otro lado, los datos de asentamiento muestran que la trabajabilidad disminuye al aumentar la sustitución del cemento por CCA.

Respecto a las Bases teóricas, se consideraron los siguientes conceptos.

El concreto es la combinación compuesta por cemento, agua, agregados fino y también el agregado grueso, puede contener puzolanas y aditivos que son usados para mejorar, según la necesidad algunas propiedades del concreto (SENCICO, 2019, p.26). Su calidad depende principalmente de los materiales cementantes y de las características de las rocas que componen los agregados. Los componentes del concreto pueden variar dependiendo del uso y del tipo de construcción que se vaya a realizar, sin embargo, generalmente se utiliza cemento, agua y agregados para su elaboración.

El Cemento Portland es un material compuesto de silicatos de calcio y producido mediante la trituración del Clinker, puede contener sulfato de calcio y caliza durante su molienda. (SENCICO, 2019, p.26).

El cemento Tipo I es para uso general y no necesita ninguna característica particular, el Tipo II es para uso general y tiene que mostrar una oposición moderada a los sulfatos, y así sucesivamente. Cuando se necesita un porcentaje de calorías para la hidratación media, se utiliza el Tipo II MH (hidratación moderada), que es resistente a los sulfatos; el Tipo IV se utiliza para un calor de hidratación bajo, el Tipo V se

utiliza cuando se necesita una fuerte oposición a los sulfatos, y el Tipo III se utiliza cuando se necesita una alta resistencia a la aparición de sulfatos. El Tipo III genera una alta resistencia rápidamente. (Instituto Nacional de Calidad., 2022,p.1)

El óxido de calcio, el óxido de hierro, el óxido de magnesio, el óxido de silicio, el óxido de aluminio, el óxido de sodio y otros óxidos constituyen la mayor parte de la composición química del cemento. (Jha & Pathak, 2023, p.2).

Por otra parte, se prevé que por cada tonelada de arroz pueden recuperarse hasta 200 kg de cáscara de arroz y, por tanto, unos 40 kg de CCA. (Sanchaya et al., 2022, p.1).

La ceniza de cáscara de arroz (RHA), un residuo procedente de la incineración de cáscaras de arroz, se emplea en este estudio como suplente parcial del cemento. La composición química de la RHA puede variar en función de factores como la geografía, el clima y la geología. (Khan et al., 2018, p.101). Sin embargo, algunos autores coinciden en que el dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y demás óxidos como los de aluminio, férrico, el óxido de calcio, el óxido de magnesio, óxido de sodio y también el óxido potasio muestran su presencia en la CCA en cantidades superiores al 90%. (Shukla et al., 2021, p.2) y (Isberto et al., 2019, p.58).

**Tabla 1. Óxidos: en la Ceniza de cáscara de arroz y en el cemento Portland**

<b>Composición de óxidos (%)</b>	<b>Cemento Portland</b>	<b>CCA</b>
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	19.60	93.47
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.20	0.92
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.20	1.08
Óxido de calcio (CaO)	64.80	0.87
Óxido de magnesio (MgO)	1.40	3.18
Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.40	
Óxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )		0.04

**Fuente:** Adaptado de "Preparación optimizada de ceniza de cáscara de arroz (RHA) como material cementoso suplementario." (P. 58) de Isberto, et al. 2019.

En algunos estudios, la cáscara de arroz se quema a 600°C, ya que la temperatura a la que se quema podría afectar a la calidad del CCA (Zareei et al., 2017, p.75) y 700 °C (Igba et al., 2019, p.2) y (Zaid et al., 2021, p.6).

Por su parte Fapohunda et al. (2017), indican que entre los 600°C y 700 °C generalmente se produce CCA amorfa que por sus propiedades puzolánicas puede ser usada para elaborar hormigón estructural (p.678).

Con respecto al tiempo de incineración, Nguyen et al. (2020), mencionan que la obtención de sílice amorfa depende de la temperatura y el tiempo de incineración de la cascara de arroz, por lo que sugiere que esta sea incinerada a una temperatura de entre 500° C y 800 °C por un tiempo estimado de 1 a 4 horas (p.8).

En cuanto al tamaño de las partículas de CCA, (Igba et al., 2019), indica que después del proceso de incineración a 700°C se obtiene CCA de un tamaño de 45  $\mu m$ . 0.045 mm (p.2).

Por otro lado, Jittin et al. (2020), menciona que la incineración controlada de CCA entre los 700 y 800 °C mejora la reactividad y sugiere moler la ceniza a un tamaño entre los 5-10  $\mu m$ . (0.005 – 0.10 mm) para lograr una CCA de alta reactividad (p.23).

También Ambedkar et al. (2017), menciona que el CCA se molió durante 60 minutos, lo que produjo partículas de ceniza más finas y aumentó la capacidad de soportar esfuerzos a la compresión porque la finura del CCA ayudó a reducir los huecos en la matriz de hormigón que el CCA sustituyó. (p.174).

Además, Manubothula & Gorre (2022), indican que la CCA, debido a su alto contenido de sílice, es un buen cementante y que ayuda a mejorar la vida útil de las construcciones al otorgarle una mayor resistencia y durabilidad al concreto (p.1984).

Tal y como mencionan Sandhu & Siddique (2017), la CCA es un material muy fino con propiedades puzolánicas y que al mezclarse con cemento y concreto puede ofrecer muchas ventajas como: mayor resistencia a los cloruros y sulfatos, menores costes de material y menor calor de hidratación (p. 755). Además, ofrece ventajas medioambientales como la eliminación de residuos y la reducción de las emisiones de carbono de la producción de cemento (p. 755). (Ozturk et al. 2022, p.13).

Los Agregados, son un material mixto que está compuesto por arena, piedra y finos que normalmente se encuentran los lechos de los ríos y que se utiliza generalmente para elaborar concretos no estructurales. Para asegurar la calidad y resistencia de una edificación debe verificarse que los agregados utilizados sean de canteras certificadas, posterior a ello, se le debe realizar el análisis de laboratorio correspondiente. Deben realizarse pruebas de caracterización de los agregados, tanto en finos como en gruesos, para verificar el peso unitario, el peso específico, el

contenido de humedad, la absorción y el tamaño de las partículas. Estas pruebas son cruciales, ya que los resultados permitirán el diseño adecuado de la mezcla.

El agregado fino es todo el material fino que pasa a través del tamiz de 9.5mm (3/8") y casi completamente a través del tamiz de 4.65mm (No. 4) y es retenido en su mayoría en el tamiz No. 200 (Instituto Nacional de Calidad 2023, NTP 339.047, p.6).

Comúnmente denominada arena (árido fino), se produce principalmente por abrasión o desintegración de la arenisca y confiere al hormigón su resistencia. Hay que tener en cuenta la cantidad de arena que se va a utilizar en el hormigón, ya que demasiada arena indica una mayor necesidad de agua y muy poca arena hace que la mezcla sea más dura y rígida. Las arenas fina, media y gruesa son los distintos tamaños de los áridos finos.

El Agregado Grueso, conocido también como grava es aquel que mayormente es retenido en el tamiz de 4.75mm (N°4) (Instituto Nacional de Calidad 2023, NTP 339.047, p.5). Al igual que la arena, este se encarga de otorgarle resistencia al concreto, sin embargo, se debe tener en cuenta que la resistencia está relacionada también con la forma de las partículas de grava, por lo que estas deberán tener el tamaño y la forma adecuadas para su mayor desempeño en la muestra.

Las propiedades del hormigón pueden variar dependiendo de si es nuevo o endurecido, y se tienen en cuenta las siguientes: La trabajabilidad se refiere a la facilidad con que pueden combinarse el cemento, la arena, el agua y el árido grueso. Depende principalmente del tipo de arena y cemento utilizados, así como de la cantidad de agua añadida. Si alguno de estos factores se excede o disminuye, puede afectar a la trabajabilidad del hormigón fresco, haciéndolo demasiado fluido o demasiado seco, respectivamente. (Instituto Nacional de Calidad 2023, NTP 339.047, p.24).

Durabilidad, capacidad de aguantar y perdurar ante los estragos causados por la intemperie, desgaste y agentes químicos (Instituto Nacional de Calidad., 2022, NTP 339.047, p.15). La capacidad del hormigón para soportar fuerzas de compresión, tracción y flexión se conoce como resistencia. El hormigón tiene dos propiedades: la permeabilidad, que define al volumen de agua que puede atravesar sin absorber, y la impermeabilidad, que define al volumen de agua que puede absorber.

El pavimento, por su parte, es una estructura formada por capas que se extienden sobre una superficie preparada para soportarlas durante un tiempo

determinado, como carreteras, aceras, pasos de peatones, vías ciclistas y aparcamientos. (Instituto de la Construcción y Gerencia, Norma técnica CE.010, 2010, p.32). Esta descripción describe el pavimento como una construcción vial que permite el paso de vehículos y, dependiendo del diseño de sus capas y de la superficie de la calzada, también permite el paso de peatones, vehículos pesados, bicicletas y automóviles.

El pavimento en general está compuesto por la sub-rasante (subgrade) que es la porción de suelo nivelada y compactada para servir de soporte a las otras capas del pavimento. La sub-base, es la capa encargada de facilitar el drenaje de las aguas (riegos, inundación, nivel freático, etc.) y de resistir las cargas de tránsito de la sub-rasante. La Base, es la capa fundamental del pavimento flexible y está compuesto por agregados aglomerados con asfalto, cemento portland o de grava. La capa de imprimación (prime coat) o capa de apoyo, es una capa delgada de asfalto y tiene como función unir la capa asfáltica, conectar vacíos, esta capa, al igual que la base, solo se coloca en pavimentos flexibles y semiflexibles. Dependiendo del tipo de pavimento, en la capa de rodadura debe utilizarse hormigón asfáltico o cemento portland, ya que entra en contacto directo con los vehículos en movimiento. Esta capa también debe ser impermeable y resistente a la deformación. La capa de sellado, que también es exclusiva del pavimento asfáltico y está formada por una fina capa de asfalto, sirve tanto para proporcionar resistencia al deslizamiento como para proteger la superficie del agua. (Vega Perrigo, 2018, p.8).

Estos componentes varían según el tipo de pavimento que se está construyendo y pueden clasificarse de acuerdo a los materiales usados para su construcción, al tipo de requerimiento o servicio para el que estarán destinados, periodo de vida útil, y la forma en la que se distribuyen sus cargas.

Se tienen también tipos de pavimentos, los Pavimentos flexibles (asfálticos): está comprendido por capas inferiores granulares (áridos) y en su superficie de rodadura se coloca mezcla asfáltica con gravilla, formando una superficie rugosa con la finalidad que los neumáticos de los vehículos tengan mejor adherencia al pavimento (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2010 Norma técnica CE.010, p.33).

Por su parte, Los Pavimentos semiflexibles, cuentan con una capa de rodadura que está compuesta por unidades de concreto colocadas encima de una capa de arena, por ejemplo, los caminos elaborados con bloques de concreto (bloquetas).

Este tipo de pavimentos pueden tener espesores variables y en ocasiones usar refuerzos de acero (ICG, Norma técnica CE.010, 2010, p.33).

Los Pavimentos rígidos están compuestos de cemento hidráulico, pueden ser losas de concreto simple, suelo-cemento, etc. (ICG, Norma técnica CE.010, 2010, p.33). Este tipo de pavimento están conformados por una losa de concreto que se apoya directamente sobre la subrasante.

La resistencia máxima a la compresión, que "establece la determinación de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón", es uno de los ensayos de laboratorio del hormigón (...)" (Intituto Nacional de Calidad, 2022, NTP 339.034, p.1).

La resistencia máxima a la tracción, que determina la acumulación de tensiones longitudinales y mide la resistencia a las fuerzas de cizallamiento. (Instituto Nacional de Calidad, 2022, NTP 339.084, p.2).

La resistencia a la flexión es un concepto que "establece el método para calcular la resistencia a la flexión de vigas simplemente apoyadas, piezas moldeadas de hormigón o vigas cortadas extraídas de hormigón endurecido" (...) (Intituto Nacional de Calidad, 2022, NTP 339.078, p.1).

Hay que tener en cuenta que, dependiendo del tamaño de la probeta, de su preparación y de otros factores, su resistencia puede variar.

La CCA se produce quemando la cascarilla de arroz y puede contener gránulos negros homogéneos y es poroso y voluminoso (Rizwan Khan et al., 2021).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

Esta investigación será aplicada, ya que pretende beneficiarse de la experiencia de investigaciones anteriores y, al mismo tiempo, generar nueva información mediante la aplicación.

El objetivo de este tipo de estudio es hallar soluciones rápidas utilizando al mismo tiempo el enfoque científico para validar los resultados. (Sánchez et al., 2018, p.79).

##### Diseño de Investigación

Dado que la variable independiente, en este caso el CCA, se modificará para producir resultados, el diseño de la investigación será experimental.

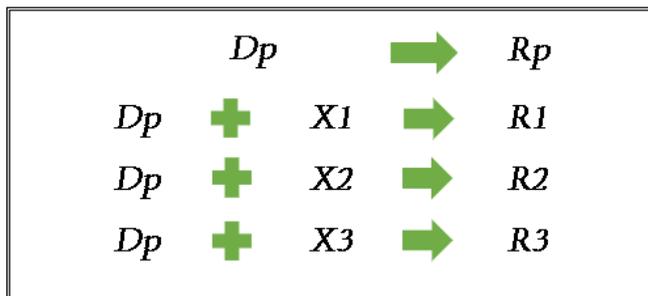


Figura 1. Diagrama del enfoque de la investigación

Donde:

$Dp$ : Es la muestra de probetas del diseño patrón.

$Rp$ : Resultados de las probetas del diseño patrón.

$Dp + x1$ ,  $Dp + x2$ , y  $Dp + x3$  son las muestras de probetas del diseño experimental, reemplazando parcialmente el cemento por la CCA en porcentajes de 3%, 7% y 12%.

$R1$ ,  $R2$ , y  $R3$  es el resultado de las muestras de ensayo del diseño experimental del hormigón.

## **Nivel (Alcance) de investigación**

Sera explicativo, Dado que el investigador indagará en los orígenes de los fenómenos investigados y establecerá vínculos causales, será explicativa. (Sánchez et al., 2018, p.80).

En este nivel, se busca la razón de los hechos y se establecen relaciones de causa y efecto mediante las hipótesis.

## **Enfoque de Investigación**

Dado que se compone de una serie de operaciones secuenciales, será cuantitativa, es decir, etapas en la investigación que no pueden ser omitidas y que al final darán resultados probatorios. enfoque, recoge datos para comprobar hipótesis mediante técnicas estadísticas, etc.

## **3.2 Variables y operacionalización**

### **Variables:**

- **Variable independiente**  
Ceniza de cascara de arroz
  
- **Variable dependiente**  
Concreto para pavimento rígido

### **Operacionalización de variables:**

#### **Definición conceptual**

Esta definición abarca los conceptos teóricos de la variable y por lo general deben recurrirse a una revisión de literatura respaldada científicamente, como lo son los diccionarios especializados, artículos científicos, libros, etc. (Hernández y Mendoza 2018).

### **Definición conceptual de la variable independiente:**

La CCA contiene sílice reactiva amorfa alta. Dependiendo del control sobre el proceso de incineración, la composición química de CCA varía. Una incineración totalmente controlada de la cáscara de arroz a unos 700 °C es adecuada para la producción de CCA con más del 80 % de sílice amorfa (Siddika et al., 2021, p.307).

Debido a su alta concentración de sílice, la cáscara de arroz se utiliza como material superpuzolánico para sustituir parcialmente al cemento en el hormigón cuando se quema a una temperatura regulada para generar cenizas de cáscara de arroz (Igba et al., 2019, p.1).

### **Definición conceptual de la variable dependiente:**

El concreto es un componente moldeable a temperaturas a la intemperie lo que permite que se adecue a distintas formas, también, se aprecia una elevada resistencia a la compresión y con una capacidad de poderse a adherir con distintos materiales. Entre ellos el acero que nos permite comunicar la resistencia a la tracción también se puede apreciar su comportamiento plástico y elástico (Abanto,2016, p.17).

El concreto es una aleación del cemento portland compuesto por agregado grueso, agregado fino, aire y agua en relación adecuada para conseguir ciertas características prefijadas. El cemento y el agua responden químicamente cuando se emplean las partículas de los agregados, en ocasiones se puede añadir sustancias o también llamados aditivos que cumplen la función de mejor o modificar las propiedades del concreto (Abanto,2016, p.11).

**Dosificación:** La dosificación es el proceso de determinar las proporciones adecuadas de los componentes que entran en el hormigón para conseguir la resistencia y durabilidad necesarias para proporcionar un acabado adecuado. (Saand et al. 2019)

**Pavimento Rígido** las propiedades que mostrarían los pavimentos de hormigón hidráulico indistintamente de sus formas o modos (losas simples de hormigón con juntas, losas armadas de hormigón con juntas, suelo-cemento, hormigón compactado con rodillo, etc.) se clasifica como pavimento rígido. (ICG, Norma técnica CE.010, p.33, 2010, p.33).

**Propiedades Mecánicas.** Las propiedades mecánicas están determinadas por el contenido del concreto así como, su compactación y de la gradación y calidad del agregado (Pastor y Reyes 2022)

**Estudios Aplicados.** Los estudios son realizados para determinar las características superficiales del pavimento, que se traducen en parámetros como textura, rugosidad, fricción y otros, que tienden a evaluar la calidad de rodadura del pavimento. (Delgado Salazar 2022)

### **Definición operacional**

Esta definición abarca las operaciones y acciones que deben realizarse para medir o manipular la variable (Sánchez Carlessi et al., 2018, p.44).

Por lo general se refiere también a la función que cumplirá la variable dentro de una investigación.

### **Definición operacional de la variable independiente:**

Se utiliza para comparar el desarrollo de la resistencia de los hormigones a diferentes edades y se crea quemando cáscara de arroz. El CCA es un aditivo mineral para el hormigón; el comportamiento de los productos cementosos cambia en función de la fuente de CCA. (Rodríguez De Sensale, 2006, p.158).

Cuando las tensiones son absorbidas por la denominada losa de hormigón y luego transmitidas uniformemente a las demás capas que componen el pavimento, la estructura se denomina pavimento rígido. La base o subbase y esta última son producidas por una subrasante (Gopal, 2022, p.2).

Si se utilizan arenas silíceas o si se aplica una fina capa de un material con mayor resistencia a la superficie del hormigón fresco, como áridos silíceos, áridos de cuarzo o, en algunas raras circunstancias, incluso fibras metálicas, pueden utilizarse áridos calizos blandos para crear pavimentos de hormigón. (Jayant, 2013, p.9).

### **Definición operacional de la variable dependiente:**

La mezcla de concreto se preparará de acuerdo a lo establecido en ACI 211, con un diseño patrón de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ . Donde la gradación del agregado es un factor importante en la selección de proporciones para la elaboración del concreto.

De acuerdo a la recomendación en ACI 211.1 el concreto debe ser empleado utilizando la mínima cantidad de agua en proporción con la mezcla, ya que esto tendrá una influencia favorable con respecto a la resistencia, durabilidad y otras propiedades físicas (ACI 211.1, P.4).

- **Para la Variable independiente:**

La CCA será obtenida de la cascarilla de arroz mediante su incineración controlada y será empleada como sustituto parcial del cemento.

- **Para la Variable dependiente:**

La mezcla de concreto se preparará de acuerdo a lo establecido en ACI 211, con un esfuerzo a la compresión de  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  y para los diseños experimentales se reemplazará el cemento por la ceniza de cáscara de arroz en las dosificaciones propuestas (03%, 07%, y 12%).

## Dimensiones

Son los aspectos que se pueden medir de una variable.

- **Para la Variable independiente:** Dosificaciones
- **Para la Variable dependiente:** Propiedades mecánicas y estudios aplicados

## Indicadores

Los indicadores permiten cuantificar a la variable, es decir cuál es la forma en la que se hará medible.

- **Para la Variable independiente:**

Los indicadores serán las dosificaciones de: 3%, 7% y 12%.

- **Para la Variable dependiente:**

Esfuerzos a la compresión expresada en  $\text{Kg/cm}^2$

Esfuerzos a la tracción expresada en  $\text{Kg/cm}^2$

Esfuerzos a la flexión expresada en  $\text{Kg/cm}^2$

## **Escala**

Para esta investigación se usará la escala de razón, tanto para valores que manejaremos (variable Independiente), como para los resultados (variable Dependiente). Esta medida incluye números, puntajes y porcentajes.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Se define población o universo como el total de los sujetos o muestras de estudio que tienen las características requeridas para el estudio (Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero, 2018, p.334).

Se considerará como población toda la extensión de la avenida Sánchez Cerro que es de 7.83 Km., comprendido entre el Trébol Piura- Paita- Sullana (o inicio de la carretera Paita) hasta la avenida Guardia Civil (el cual inicia cruzando el río Piura).

#### **Muestra**

Constituye un subgrupo del universo o población de estudio sobre la que se recopilarán los datos necesarios para la investigación (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018, p.196).

Para esta investigación, nuestra muestra fue parte de la auxiliar de Av. Sánchez Cerro que está sin pavimentar, que cuenta una extensión de 2 Km. con 17 metros, cuya progresiva abarca 0+00 Km que comprende el Trébol Piura- Paita- Sullana, o inicio de la carretera Paita y la progresiva 2+017 Km el cual comprende el cruce con la Av. "A", de la urbanización Enace II etapa.

#### **Muestreo**

Se utilizará un muestreo no probabilístico. Dado que el proceso de selección está orientado por el investigador hacia las características de la investigación, también se conoce como muestreo dirigido o por conveniencia.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

## **Técnicas**

Es el conjunto de directrices e instrucciones que sirven para controlar una determinada actividad y alcanzar un objetivo concreto. (Ñaupas et al., 2018, p. 273).

Es decir, las técnicas son un conjunto de herramientas utilizadas para recabar y procesar la información obtenida. La técnica para utilizar será la observación directa y el conjunto de ensayos de laboratorio.

## **Instrumentos**

Son herramientas a través de las cuales el investigador recoge información y datos relevantes y pueden adquirir diversas formas de acuerdo a las técnicas (Hernández y Mendoza, 2018, p.302). Los instrumentos son un recurso del investigador para registrar la información observable acerca de las variables del estudio.

Para este estudio se hará uso de fichas técnicas normalizadas para la recolección de datos, las cuales estarán validadas por tres especialistas en la materia y la confiabilidad se dará mediante la utilización de equipos con certificado de operatividad vigente y normas estandarizadas de ACI (American concrete Institute) y las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

Las normas que serán utilizadas como instrumentos serán las establecidas por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL):

- Obtención de muestras (NTP 400.010).
- Análisis granulométrico de agregados (NTP 400.012.2018).
- Pruebas de contenido de humedad de agregados (NTP 339.185).
- Pruebas de densidad, peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022.2018).
- Pruebas de densidad, peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021.2020).
- Peso unitario (NTP 400.017.2020).
- Pruebas para determinar la composición química del CCA.
- Diseño o dosificación de mezcla en el concreto de acuerdo a la norma ACI 211.

- Preparación de las probetas Cilíndricas y vigas de concreto en laboratorio de acuerdo a la norma NTP 339.183
- Prueba de asentamiento (trabajabilidad) del concreto (NTP 339.035.2015)
- Resistencia a la máxima compresión (NTP 339.034.2015).
- Resistencia a la máxima flexión (339.078.2017).
- Resistencia a la máxima tracción (NTP339.084.2017).

### **3.5 Procedimientos**

Esta investigación será experimental y se considerará los ensayos y procedimientos de acuerdo a las normas ACI y NTP. La obtención de las muestras de agregados se realizará bajo la NTP 400.010, que establece los parámetros acerca de la investigación preliminar de la fuente y naturaleza de los agregados, así como el control del material, su manipulación y traslado. Luego se procederá con la caracterización de agregados en el laboratorio, que consiste en definir las características físicas de los agregados como tamaño del agregado, peso unitario, densidad, absorción de agua y humedad, datos necesarios para realizar el diseño mezcla. Dichas características, deben cumplir una serie de estándares, definidos en las siguientes normas: NTP400.012, NTP 339.185, NTP 400.022, NTP 400.021, NTP 400.017. La muestra de CCA será obtenida de la calcinación de los desechos de la cáscara de arroz, este procedimiento se dará bajo condiciones controladas a una temperatura de 600°C durante 2 horas, también se le realizarán ensayos de composición química y de potencial de hidrogeno (pH).

El diseño de mezcla será elaborado según el procedimientos y parámetros de la norma ACI 211. La preparación de muestras se realizará bajo la NTP 339.183. Para las muestras frescas se realizará el ensayo de asentamiento o test slump NTP 339.035, y para las probetas cilíndricas de hormigón, los ensayos de resistencia a la compresión en su estado endurecido (NTP 339.034) así como también ensayos para la tracción (NTP339.084), y vigas prismáticas para la flexión (NTP 339.078).

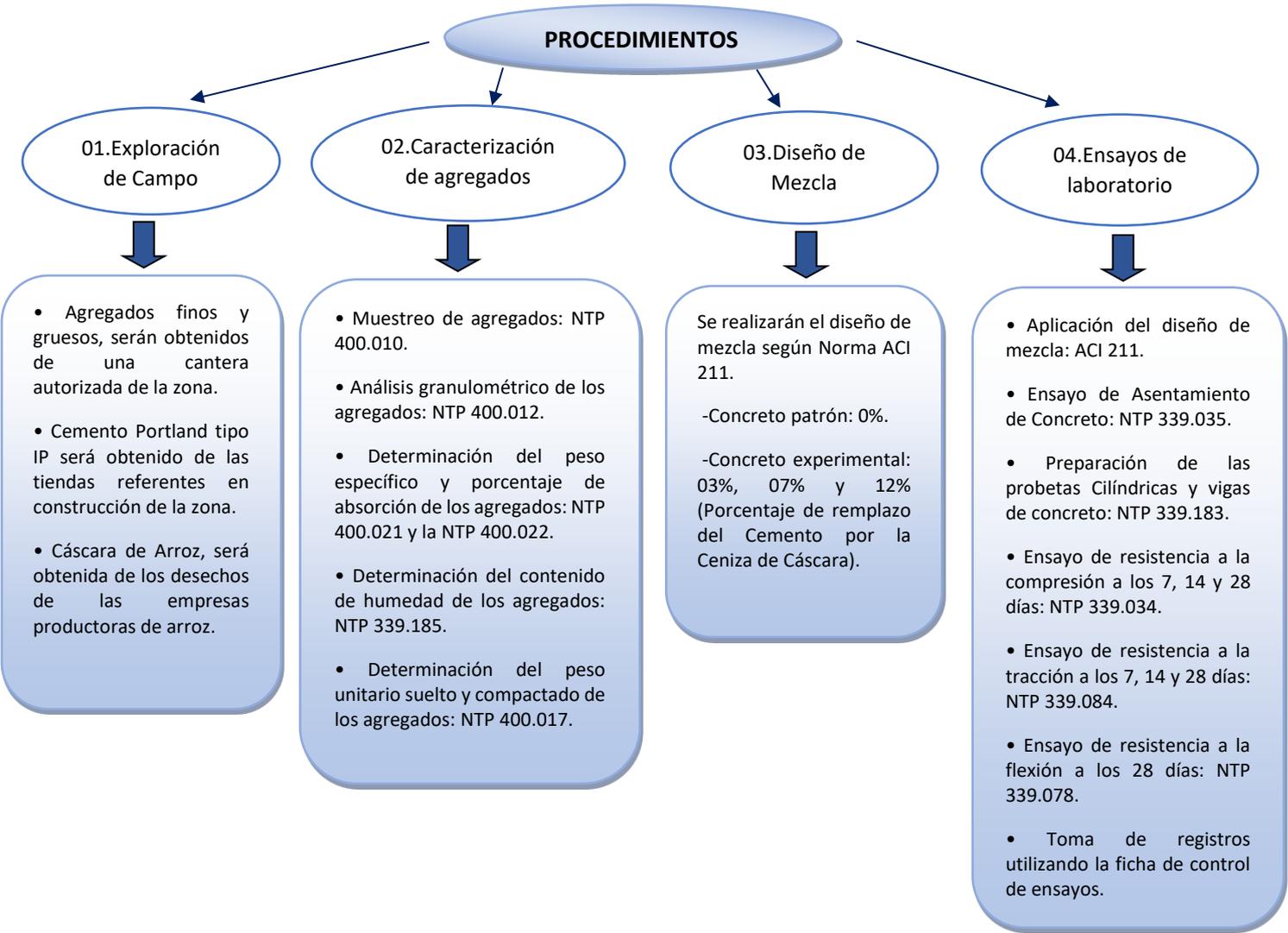


Figura 2.Procedimiento de la experimentación

### 3.5.1 Procedimiento de obtención de datos para el estudio Topográfico.

La obtención de los puntos topográficos se logró haciendo uso del Google Earth Pro, el cual con la herramienta agregar ruta, se estableció 2666 puntos (véase anexo 6), los cuales primero tuvieron que procesarse para establecerlo a un formato que pueda ser aceptado por el programa Civil 3D, también se hizo una visita al lugar de estudio para obtener una visión más realista de la zona.



Figura 3. Visita a la zona del proyecto.

Seguidamente, procedemos a dar detalles de los procesos seguidos para poder plasmar la obtención de dichos puntos en coordenadas UTM.

Paso N° 1: Obtener puntos con la herramienta “agregar ruta”, observando que mientras más puntos se marque se obtendrá una mejor data, y como consecuencia de ello en su procesamiento se obtendrá una mejor definición en las curvas de nivel. Luego le damos un nombre y guardamos en un archivo con la extensión \*\*\*\*\*.kml.

Paso N° 2: Esa data con extensión Kml, lo visualizaremos como coordenadas geográficas en latitud y longitud, y además agregaremos sus respectivas cotas, haciendo uso de un programa online llamado GPS VISUALIZER, luego descargamos

ese archivo de datos, pero, nos lo entrega de manera que todavía tenemos que trabajarlo y en extensión \*\*\*\*\*.gpx.

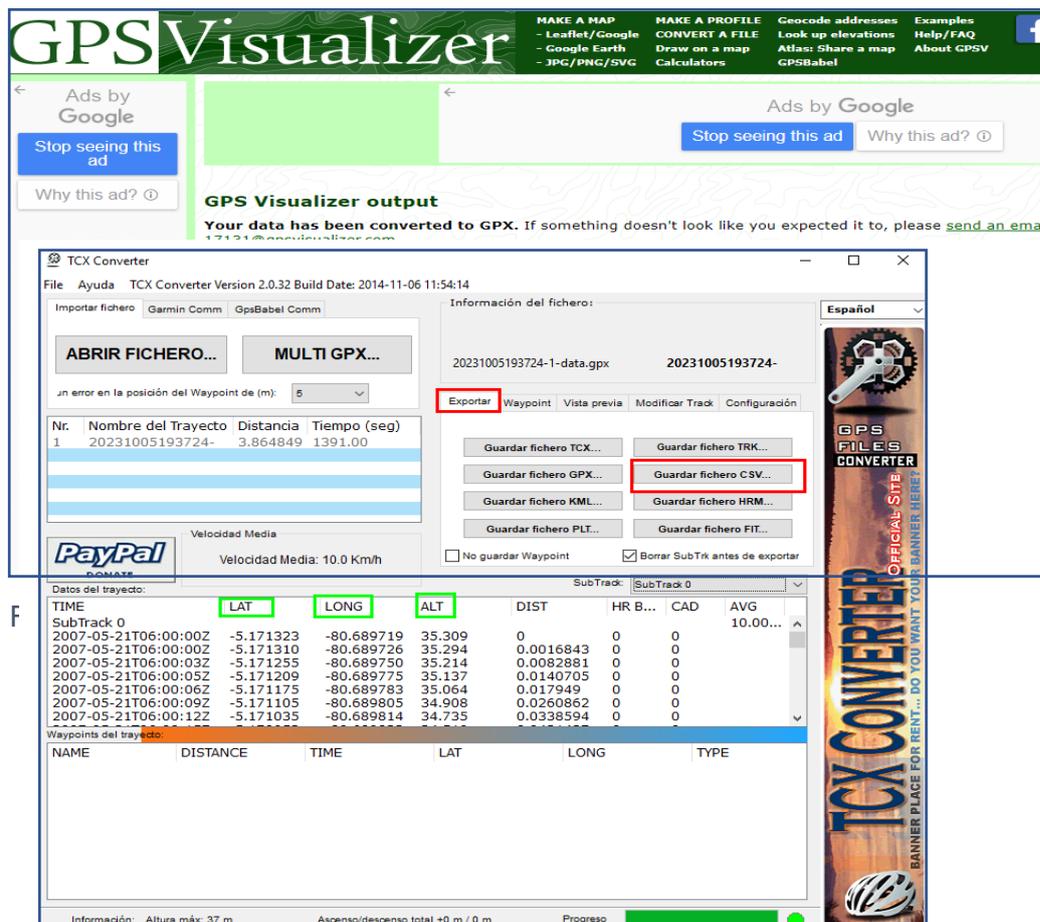


Figura 5. Procesamiento de datos mediante TcxConverter para convertirlo en archivo excel.csv

Paso N° 3: haciendo uso del programa TCX Converter, se transforma el archivo de extensión gpx y lo ordena, para luego exportarlo a un archivo Excel de extensión \*\*\*\*\*.csv, pero todavía en coordenadas geográficas.

Paso N° 4: El archivo de extensión csv, se abre con “bloc de notas”, y en el comando “edición” se reemplaza “,” por “.”, grabamos, luego mediante una hoja Excel programada para pasar de coordenadas geográficas a coordenadas UTM, transformamos cada uno de esos puntos. En la hoja Excel de extensión csv nueva con coordenadas UTM, borramos los datos que no nos sirve y agregamos datos como la numeración de puntos y la descripción de ellos, en un orden de PENZD, quedando listos para su procesamiento en los diferentes programas tales como AutoCAD Civil 3D.

### 3.5.2 Procedimiento para la obtención de la ceniza de cáscara de Arroz

A fin de conseguir el elemento: ceniza de cáscara de arroz, viajamos a la ciudad de Piura ya que, por estadísticas, Piura es el departamento que lidera en la producción de dicho cereal, y para que este arroz llegue al mercado y al consumo humano, necesita ser procesado en establecimientos peladores de arroz, cuya cáscara pasa a ser un residuo agroindustrial.



Figura 6. Visita a empresa agroindustrial peladora de arroz.

Dichos residuos, muchas veces son quemados al aire libre para reducir el volumen, ya que ocupan gran espacio comparable a una edificación de 2 pisos (véase figura 7). Para el grupo empresarial de la agroindustria, la gestión de estos residuos sólidos representa una gran inversión por ello que se busca la mitigación de dichos residuos.



Figura 7. Cantidad de Residuos sólidos generada por la agroindustria: cáscara de arroz.

Una vez obtenido la cáscara de arroz, se procedió a su lavado y secado, para su posterior quemado en un horno de laboratorio a temperatura controlada de 700°C, con el objeto de conseguir una ceniza pareja sin muestras de que quede algunas sin quemar (Ver Anexo 4).



Figura 8. Lavado y secado para posterior quemado en mufla para calcinación controlada.

El análisis termogravimétrico (TGA) es un procedimiento de análisis térmico en el que se somete una pequeña cantidad de masa como muestra y se mide el cambio en el tiempo a medida que cambia la temperatura o a una temperatura constante durante un tiempo determinado. Se usa para analizar las propiedades y composición de los materiales, los porcentajes de descomposición y evaporación, el proceso de oxidación, la pureza del material y otras propiedades que se puedan determinar.

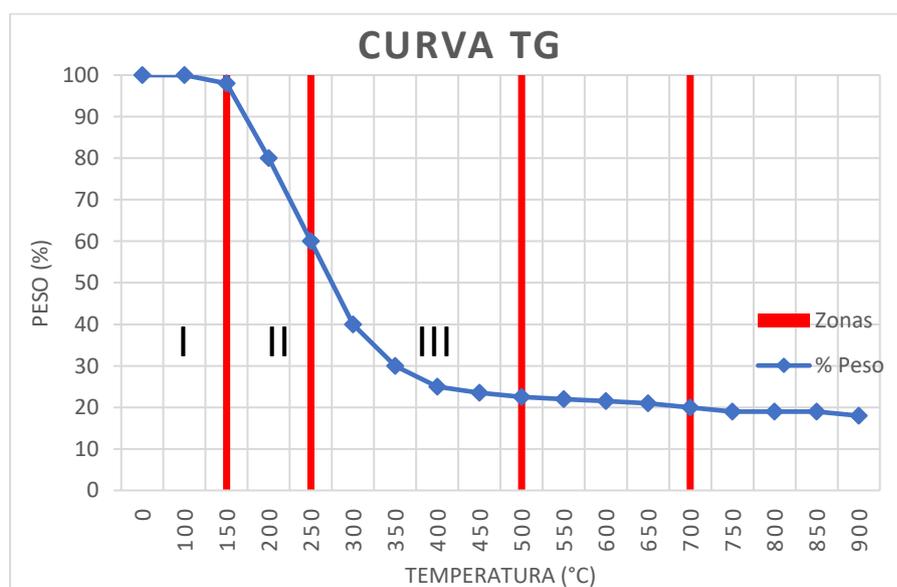


Figura 9. Análisis termogravimétrico.

Zona I: Temperaturas bajas o moderadas ( $T < 150^{\circ}\text{C}$ ), pérdida de componentes como agua y disolventes orgánicos de bajo peso molecular (PM).

Zona II: temperaturas ( $150^{\circ}\text{C} < T < 250^{\circ}\text{C}$ ), pérdidas de componentes de bajo PM como aditivos, aguas de cristalización, plastificación o primeros productos de descomposición.

Zona III: temperaturas ( $250^{\circ}\text{C} < T < 500^{\circ}\text{C}$ ), inicio de degradación térmica (gas inerte) o descomposición oxidativa ( $\text{O}_2$ ).

Zona IV: ( $T > 500^{\circ}\text{C}$ ) carbonización de compuestos hidrocarbonados, cuya pirolisis no conlleva a la formación de volátiles.

El resto es ceniza de óxidos metálicos o sales no oxidables

Para la prueba se utilizó el método: ASTM E1131 "Método de prueba estándar para análisis composicional por Termogravimetría", haciendo uso de un analizador térmico Perkin Elmer-STA 6000 el cual trabaja en un rango de temperatura desde los  $35^{\circ}\text{C}$  hasta los  $900^{\circ}\text{C}$  con un aumento gradual de  $20^{\circ}\text{C}$  cada minuto. Para esto, se separó 11.254 mg de cáscara de arroz que representa nuestro 100%.

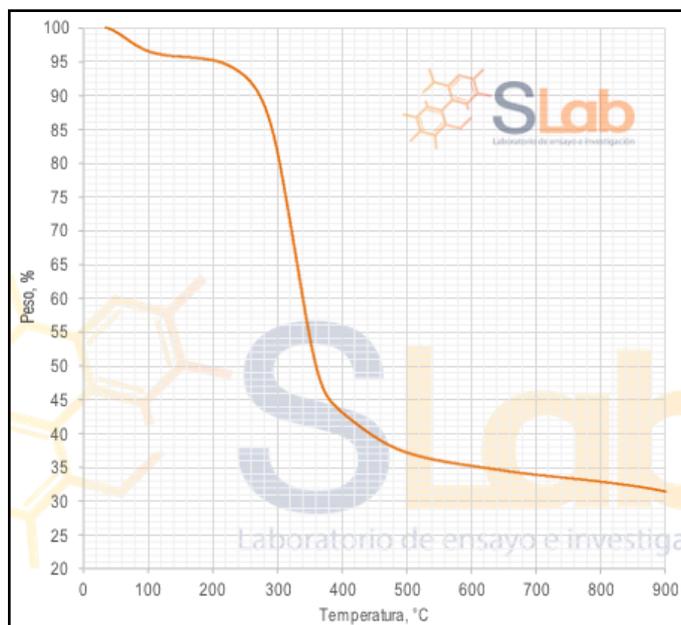


Figura 10. Diagrama TGA de Muestra CCA de Piura.

Una vez, culminado el proceso de calcinación, se obtuvo cenizas que representaron el 18.94% de la cantidad inicial de cascarilla de arroz.

Cantidad inicial de cascarilla de arroz: 11.254 mg

Cantidad de ceniza obtenida en %: 18.94% (11.254 mg)

Cantidad de ceniza obtenida en mg: 2.131 mg

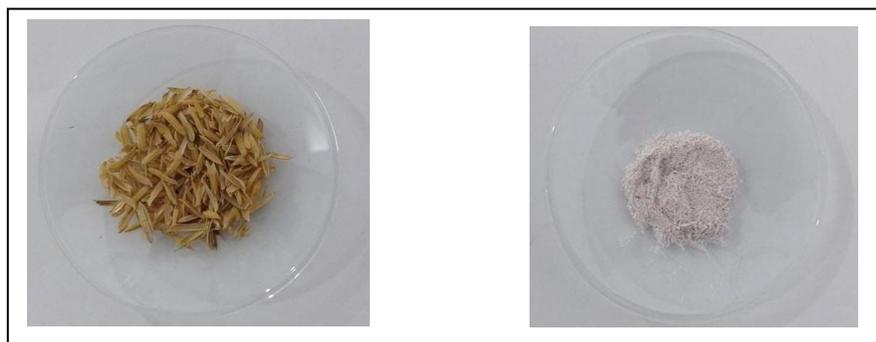


Figura 11. Muestra: antes y después de la Calcinación

**Tabla 2. Determinación del contenido de cenizas**

Muestra	Parámetro	Unidad	Resultado
S-4900	Contenido de cenizas (Condiciones: 700°C por 2 horas)	%	18.94

Fuente: Resultados otorgados por Laboratorio SLab.

Para expresar la composición química y el peso los óxidos expresados en porcentajes, producto de la calcinación controlada a 700°C, el equipo utilizado fue un Espectrómetro de fluorescencia de rayos X SHIMADZU EDX720, al cual se introduce una muestra, y se somete a la acción de los rayos



Figura 12. Espectrómetro de fluorescencia de rayos X.

cuyos resultados son expresados en la siguiente tabla.

**Tabla 3. Composición química expresada en óxidos (\*)**

Muestra	Composición química	Unidad	Resultados
	Dióxido de silicio SiO <sub>2</sub>	%	79.235
	Óxido de calcio CaO	%	7.905
	Óxido de potasio K <sub>2</sub> O	%	5.401

S-4900	Óxido de magnesio MgO	%	2.483
	Óxido de azufre SO <sub>3</sub>	%	1.969
	Óxido de fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	1.192
	Óxido de hierro Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.771
	Óxido de aluminio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.686
	Óxido de sodio Na <sub>2</sub> O	%	0.185
	Óxido de manganeso MnO	%	0.098
	Óxido de zinc ZnO	%	0.075

**Nota:** (\*) Cenizas Obtenidas a 700°C por 2 horas

Fuente: *Resultados otorgados por Laboratorio SLab.*

### 3.5.3 Procedimiento para el análisis y clasificación de suelo.

Para el análisis de suelos recurrentes a fines de pavimentación dispusimos de la excavación de 04 calicatas, cuyas medidas fueron de 1x0.5 m de lados y 1.5 m de profundidad y cuyas ubicaciones fueron de manera tal, que se pueda llevar un control del suelo a trabajar. Para estas ubicaciones nos ayudamos de la progresiva proyectada en software civil 3D en gabinete, luego de ello, con ayuda de un gps. ubicamos los puntos en el terreno y se procedió con la excavación.

**Tabla 4. Ubicación de las 04 calicatas.**

Calicata N°	Progresiva (Km)	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
1	0+040	534449.68	9428407.74
2	0+ 750	535128.21	9428200.65
3	1+300	535649.13	9428024.41
4	1+900	536214.62	9427824.42

Fuente: *Elaborado por el autor.*

Como se observa en la tabla, nos muestra la distancia de la ubicación de cada calicata con respecto a la progresiva y sus respectivas coordenadas UTM.

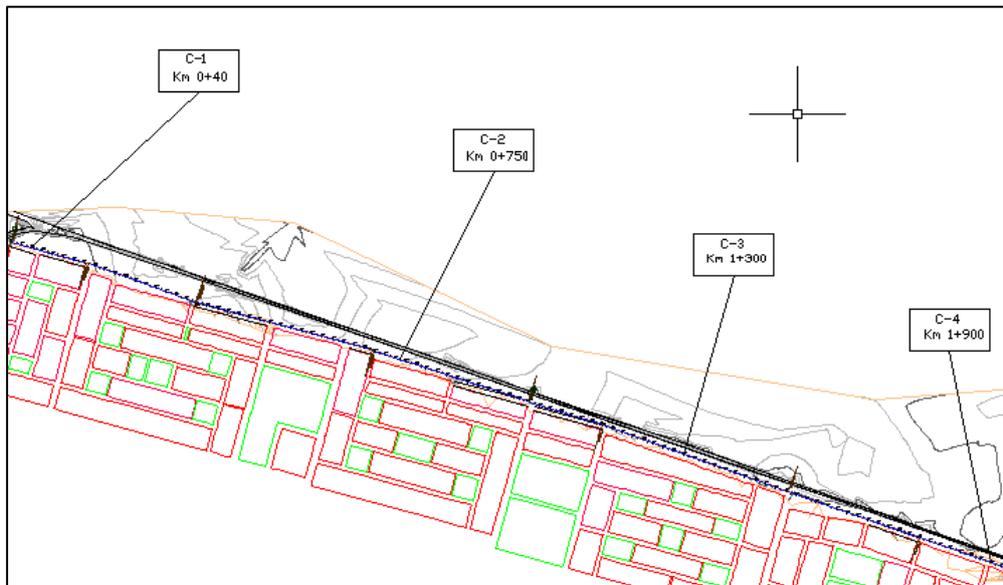


Figura 13. Ubicación de las calicatas con ayuda del Civil 3D

Y cuya muestra llevamos a laboratorio en sacos de 50 Kg por calicata para su respectivo análisis.

Para el análisis de contenido de humedad, se procedió a tomar pequeñas porciones y se entrevoro para hacer una muestra lo más homogénea posible, se hizo un cuarteo y se tomó aproximadamente unos 100 gramos de muestra. Esto se hizo, en tres muestras similares, los cuales fueron colocados y pesados en tres taras diferentes (peso húmedo), se tomó apuntes. Luego se procedió a secar las muestras introduciéndolos a un horno a una temperatura aproximada a los  $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ , por 24 horas para posteriormente volverlos a pesar (peso seco). Con la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco obtenido, se calculó el peso de agua que se evaporó en el secado y se llevó estos resultados para su procesamiento, y poder hallar el cálculo del porcentaje de humedad (ASTM D2216).



Figura 14. Excavación de las calicatas a 1.5m de profundidad.

Para el procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico, primero se hizo un cuarteo en una superficie limpia y plana, para posteriormente recabar una muestra, el cual será sometido a un lavado para separar el material fino; el agua usada para el lavado, se hace pasar por la malla 200 y el material que no pasa por dicho tamiz entra al análisis.



Figura 15. Ensayos de granulometría



Figura 16. Ensayo de % de humedad

De manera similar al análisis de humedad, se somete la muestra a un secado con una temperatura de aproximado  $110^{\circ}\text{C} \pm 5$  por 24 horas, para posteriormente hacer uso de los diferentes tamices, colocando de manera vertical según un orden establecido, de mayor a menor abertura de malla (véase tabla 2) y poder realizar el

tamizado manual, el cual consiste en hacer que la torre formada por la colocación de los tamices, vibre para una filtración, a manera tal, que pasen por las diferentes mallas y cierta cantidad no pueda pasar por su tamaño y así poder diferenciarlos.



Figura 17. Tamices con mallas de diferentes medidas.



Figura 18. Cuarteo para el análisis de suelo

**Tabla 5. Cuadro resumen de resultados de las 04 calicatas.**

TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA			
	(mm)	C-1	C-2	C-3	C-4
3"	76.200	100.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.500	100.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.800	100.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.100	92.84	100.00	100.00	100.00
1"	25.400	88.39	95.60	100.00	94.30
3/4"	19.050	80.46	92.52	98.24	92.51
1/2"	12.700	66.43	90.82	97.90	89.72
3/8"	9.530	58.76	90.54	97.54	87.74
N° 4	4.750	42.87	90.23	96.19	85.28
N° 10	2.000	32.18	89.77	94.15	84.34
N° 20	0.850	23.81	88.91	91.63	83.16
N° 40	0.430	19.11	84.51	82.96	73.48
N° 60	0.250	13.44	34.34	27.41	17.09
N° 100	0.150	8.38	13.62	12.82	8.07
N° 200	0.075	6.23	8.48	9.34	6.34

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

La tabla muestra los resultados de dicho análisis en laboratorio, en las dos primeras columnas se colocan las medidas de la malla de los tamices y las cuatro columnas

siguientes los porcentajes de material que lograron pasar por dichas mallas, para cada uno de las cuatro calicatas; además se pudo identificar un tipo de suelo inorgánico y no se determinó el límite líquido debido a que el suelo no muestra plasticidad. La clasificación, se hizo con los cuadros mostrados en el anexo 12, y se pudo graficar una curva granulométrica.

**Calicata C-1:** Suelo con un contenido de Humedad del 10.1%, en el cual presenta Grava 57.1%, contenido de arenas equivale a 36.6 % y en finos presenta un 6.2 %, y según clasificación SUCS (ASTM D2487) sería GP-GM ósea, grava pobremente gradada con limo y arena, y en clasificación AASHTO (ASTM D3282) le corresponde A-1-a (1).

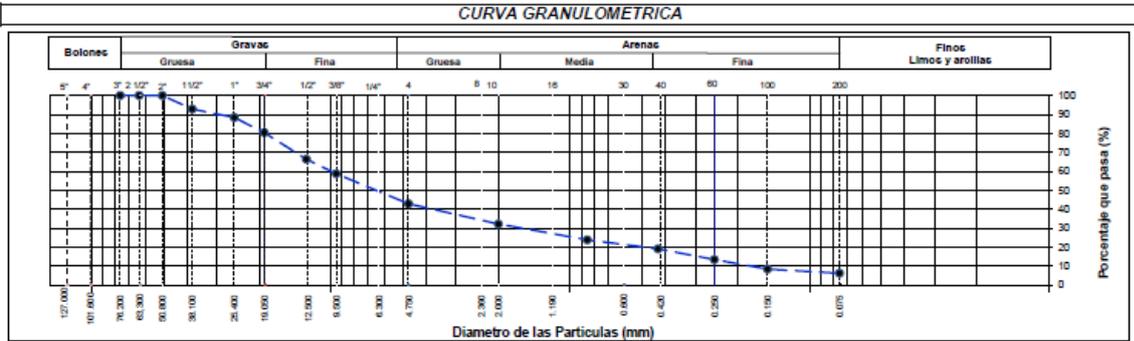


Figura 19. Curva granulométrica de suelo en calicata C-1

**Calicata C-2:** Suelo con un contenido de Humedad del 3.9%, en el cual presenta Grava 9.8%, contenido de arenas equivale a 81.8 % y en finos presenta un 8.5 %, y según clasificación SUCS (ASTM D2487) sería SP-SM ósea, arena pobremente gradada con limo, y en clasificación AASHTO (ASTM D3282) le corresponde A-3 (1).

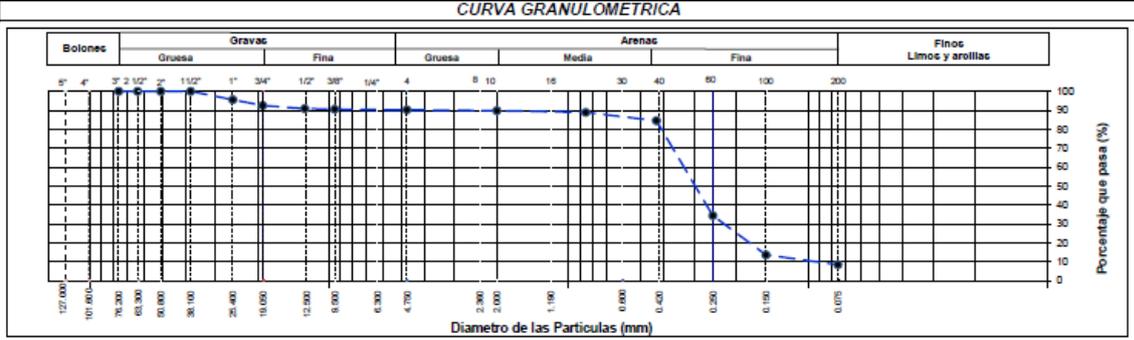


Figura 20. Curva granulométrica de suelo en calicata C-2

**Calicata C-3:** Suelo con un contenido de Humedad del 2.8%, en el cual presenta Grava 3.8%, contenido de arenas equivale a 86.8 % y en finos presenta un 9.3 %, y según clasificación SUCS (ASTM D2487) sería SP-SM ósea, arena pobremente gradada con limo, y en clasificación AASHTO (ASTM D3282) le corresponde A-3 (1).

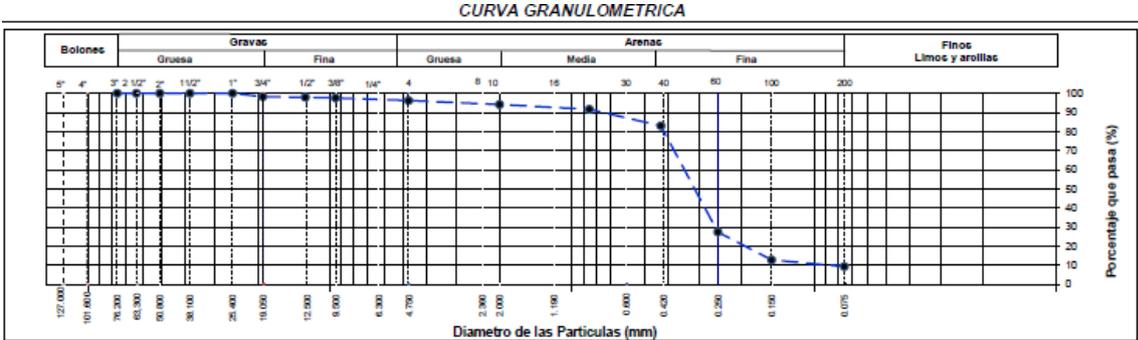


Figura 21. Curva granulométrica de suelo en calicata C-3

**Calicata C-4:** Suelo con un contenido de Humedad del 2.7%, en el cual presenta Grava 14.7%, contenido de arenas equivale a 78.9 % y en finos presenta un 6.3 %, y según clasificación SUCS (ASTM D2487) sería SP-SM ósea, arena pobremente gradada con limo, y en clasificación AASHTO (ASTM D3282) le corresponde A-3 (1).

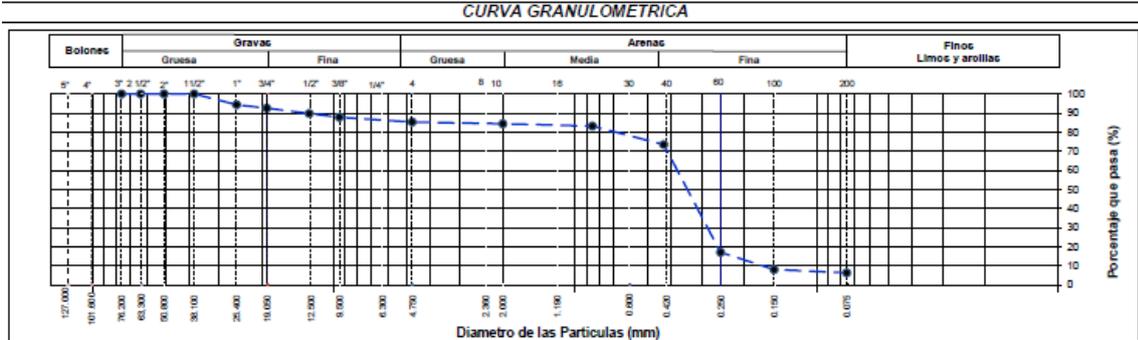


Figura 22. Curva granulométrica de suelo en calicata C-4

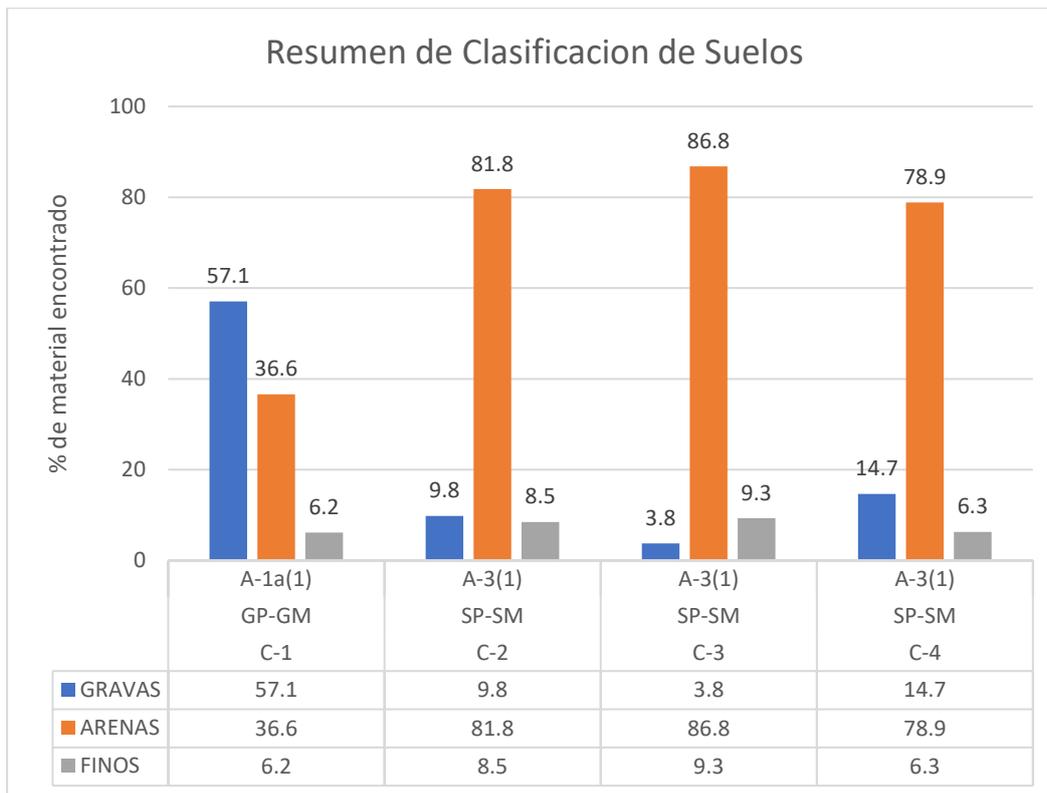


Figura 23. Clasificación de Suelos en AASHTO Y SUCS para la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro-Piura 2023 (Fuente: Laboratorio Geo control).

### 3.5.4 Procedimiento del conteo vehicular y Cálculo de Ejes Equivalentes.

Para el conteo vehicular, nos estacionamos en un puente peatonal llamado ENACE y cuya ubicación está en la progresiva 1+980, ya que como es vía auxiliar sin pavimentar es la zona de mayor circulación vehicular, predominando el paso de vehículos menores (mototaxis) los cuales son muy usadas en la zona (véase anexo 03), y por el cual tuvimos que considerar una columna para vehículos menores.

Primero presentaremos el resumen del conteo del día domingo:

**Tabla 6. Conteo vehicular del domingo.**

CONTEO VEHICULAR POR DÍA	
Fecha: 01 octubre del 2023	
Día: domingo	
Mototaxis	209
Autos	161
Stación Wagon	21
Cam. Pick Up	26
Cam Panel	10
Cam. Rural	15
Micros	7
Bus 02 ejes	3
Camión 02 ejes	3
Camión 03 ejes	2
Camión 04 ejes	0
<b>TOTAL</b>	<b>457</b>

Fuente: *Elaborado por el autor*

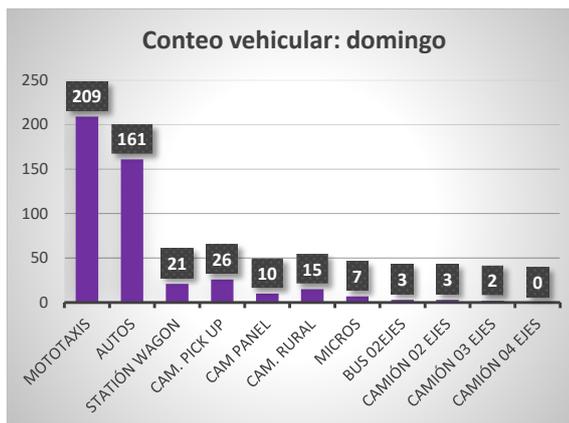


Figura 24. Conteo de tipos de Vehículos expresado en porcentaje.

Se puede observar el predominio de vehículos menores (mototaxis) que, del total ocupa el 46% de vehículos que circulan, seguidos por autos en un 35 % y camionetas pick up en un 6 %, esto se puede explicar, pues, debido a que es una vía auxiliar y no esta pavimentada, presenta muchos baches y huecos, por lo cual los conductores optan por circular por la vía principal que está debidamente asfaltada y proporciona un mayor confort, consecuencia por el cual los vehículos de mayor envergadura, tales como camiones, buses y camiones prefieran no circular por esta auxiliar y solo lo hagan los vehículos menores.

Luego para el segundo día del conteo, el lunes tenemos:

**Tabla 7. Conteo vehicular del lunes**

CONTEO VEHICULAR POR DÍA	
Fecha: 02 octubre del 2023	
Día: lunes	
Mototaxis	294
Autos	121
Stación Wagon	114
Cam. Pick Up	20
Cam Panel	15
Cam. Rural	51
Micros	13
Bus 02 ejes	0
Camión 02 ejes	6
Camión 03 ejes	4
Camión 04 ejes	3
<b>TOTAL</b>	<b>641</b>

Fuente: *Elaborado por el autor*

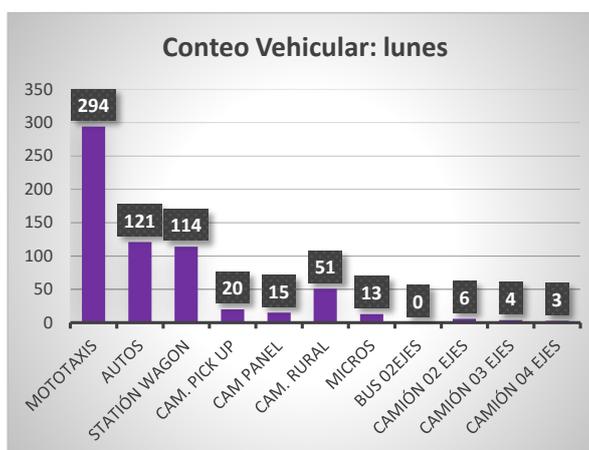


Figura 25. Conteo de tipos de Vehículos del día lunes, expresado en porcentaje.

De manera similar, observamos que siguen ocupando el primer lugar los vehículos menores con un 46 % del total de vehículos circulantes, seguidos por los autos con un 19 % y Station Wagon con un 18 % y camionetas rurales con un 8 %.

Luego, para el tercer día de este conteo, el día martes fue:

**Tabla 8. Conteo vehicular del martes**

CONTEO VEHICULAR POR DÍA	
Fecha: 03 octubre del 2023	
Día: martes	
Mototaxis	250
Autos	124
Stación Wagon	115
Cam. Pick Up	16
Cam Panel	15
Cam. Rural	49
Micros	9
Bus 02ejes	0
Camión 02 ejes	5
Camión 03 ejes	4
Camión 04 ejes	2
<b>TOTAL</b>	<b>589</b>

Fuente: *Elaborado por el autor*

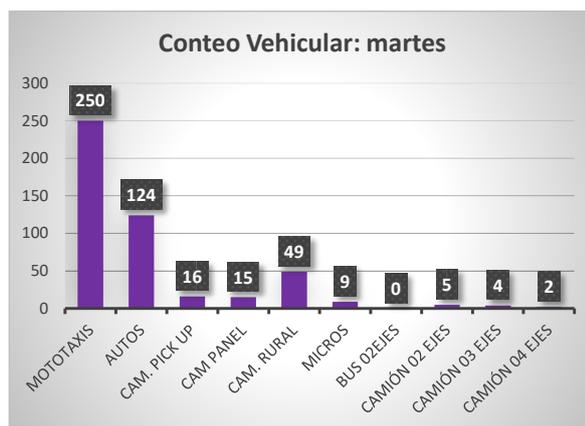


Figura 26. Conteo de tipos de Vehículos del día martes, expresado en porcentaje

De manera similar los mototaxis ocuparían el primer lugar con un 53 %, seguidos por los autos con un 26 % y el tercer lugar lo ocupan las camionetas rurales con un 10 %.

Continuamos, con el conteo del día miércoles

**Tabla 9. Conteo vehicular del miércoles.**

CONTEO VEHICULAR POR DÍA	
Fecha: 04 octubre del 2023	
Día: miércoles	
Mototaxis	198
Autos	55
Stación Wagon	48
Cam. Pick Up	17
Cam Panel	16
Cam. Rural	44
Micros	11
Bus 02ejes	0
Camión 02 ejes	7
Camión 03 ejes	4
Camión 04 ejes	0
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>

Fuente: *Elaborado por el autor*

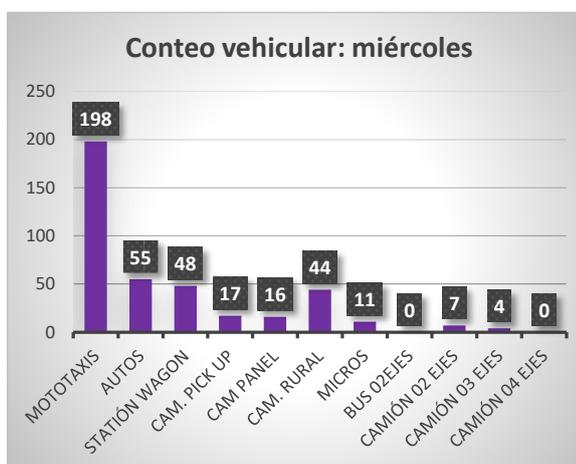


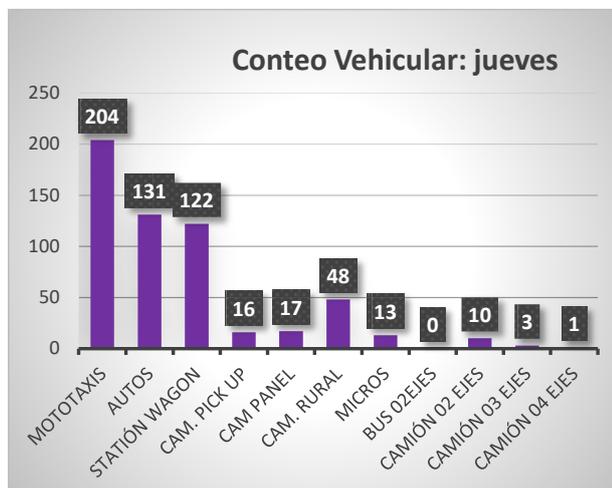
Figura 27. Conteo de tipos de Vehículos del día miércoles, expresado en porcentaje.

Igualmente, los mototaxis ocupan el primer lugar con un 49 %, seguidos por los autos con un 14 %, un 12 % de Station Wagon y 11 % de camionetas rurales.

Y por último presentamos el conteo del día jueves.

**Tabla 10. Conteo vehicular del jueves**

CONTEO VEHICULAR POR DÍA	
Fecha: 05 octubre del 2023	
Día: Jueves	
Mototaxis	204
Autos	131
Station Wagon	122
Cam. Pick Up	16
Cam Panel	17
Cam. Rural	48
Micros	13
Bus 02 ejes	0
Camión 02 ejes	10
Camión 03 ejes	3
Camión 04 ejes	1
<b>TOTAL</b>	<b>565</b>



Fuente: Elaborado por el autor

Figura 28. Conteo de tipos de Vehículos del día jueves. expresado en porcentaie.

Al igual que los conteos anteriores, los mototaxis ocupan el 36 %, seguidos de autos con un 23 %, para dar pase a los Station Wagon con 22 % y camionetas rurales con un 8 %.

### 3.5.4.1 Cálculo del Índice Medio Diario Semanal (IMDs).

En este apartado, presentaremos un cuadro que nos resume dicho conteo ósea el cálculo del IMDs.

**Tabla 11. Cálculo del Índice Medio Diario Semanal (IMDS)**

CONTEO VEHICULAR: ESTACIÓN E-1 (PUENTE PEATONAL ENACE)

ÍNDICE MEDIO DIARIO SEMANAL											
Día	Fecha	Periodo	Mototaxi	Autos	Camionetas	microbús	bus 2E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E	Subtotal
Domingo	01/10/2023	24 Hr.	209	182	51	7	3	3	2	0	<b>457</b>
Lunes	02/10/2023	24 Hr.	294	235	86	13	0	6	4	3	<b>641</b>
Martes	03/10/2023	24 Hr.	250	239	80	9	0	5	4	2	<b>589</b>
Miércoles	04/10/2023	24 Hr.	198	103	77	11	0	7	4	0	<b>400</b>
Jueves	05/10/2023	24 Hr.	204	253	81	13	0	10	3	1	<b>565</b>
Total, x días			<b>1155</b>	<b>1012</b>	<b>375</b>	<b>53</b>	<b>3</b>	<b>31</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>2652</b>
$IMDs = \sum \frac{(V_{IL} + V_{INL})}{5}$			231	202	75	11	1	6	3	1	<b>530</b>

\*(se excluyó tipos de vehículos que no circulan)

Fuente: Elaborado por el autor

Este cuadro muestra de manera resumida el conteo de la semana y el cálculo del IMDS, mediante la formula indicada, se considera la media calculada entre la suma de vehículos que pasaron en un día laboral, ósea, volumen clasificado de día laboral (V<sub>IL</sub>) y el volumen de vehículos que circularon en un día no laboral (V<sub>INL</sub>), el valor resultante se aproxima al valor entero más próximo.

Y en la figura se muestra los porcentajes de los vehículos por modelos que circularon en la semana.

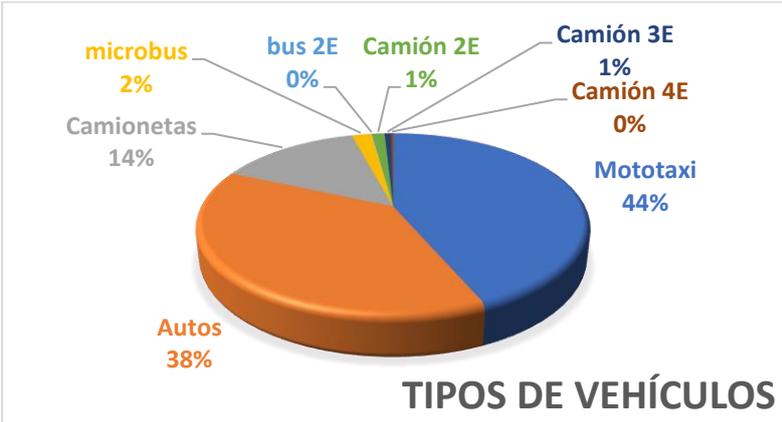


Figura 29. Conteo de tipos de Vehículos por semana, expresado en porcentaje.

**3.5.4.2 Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)**

Para dicho calculo necesitamos un dato adicional que es el factor de corrección estacional (FC), el cual lo encontramos en una hoja Excel otorgado por el Ministerio de Transporte y comunicaciones (MTC) y cuyos valores escogeremos por la estación de peaje ubicado cerca a nuestro lugar de proyecto y el mes en el cual se llevó a cabo el conteo

**Tabla 12. Factores de corrección Vehicular.**

Peaje	FACTOR DE CORRECIÓN ESTACIONAL	
	Vehículos Ligeros	Vehículos Pesados
Piura Sullana	0.9640	0.9755

Fuente: *Elaborado por el autor, con mención a valores tomados de la tabla de corrección estacional brindado por el MTC*

Para nuestro caso la estación de peaje más cercano será el de Piura Sullana en el mes de octubre. (véase Anexo 4).

Valores que, se hallaron de los datos otorgados por el MTC y que son procesados en una tabla, mediante la formula de:

$$IMD_A = FC \times IMD_S$$

Donde:

$IMD_A$ = índice medio diario anual.

$IMD_S$ =índice medio diario semanal

**Tabla 13. Índice medio diario anual.**

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)								
ESTACIÓN (E1): Puente Peatonal ENACE								
Tipos	Vehículos Livianos				Vehículos Pesados			
	Mototaxi	Autos	Camionetas	Microbús	bus 2E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E
IMDS	231	202	75	11	1	6	3	1
Factor de Corrección			0.9640				0.9775	
IMDA	223	195	72	11	1	6	3	1

Fuente: *Elaborado por el autor.*

En esta tabla, el cual se plasma en la imagen de la figura, los mototaxis son vehículos de mayor circulación, seguido de la unión de autos y Station Wagon con un numero de 195, y también unimos en un solo grupo las camionetas por ser de pesos similares y estos ocupan el tercer lugar de circulación con 72 unidades. Se unió para efectos de cálculo ya que no afecta mucho por tratarse de vehículos ligeros y consideraremos los pesos más representativos, en cambio en vehículos pesados si tomaremos sus valores reales.

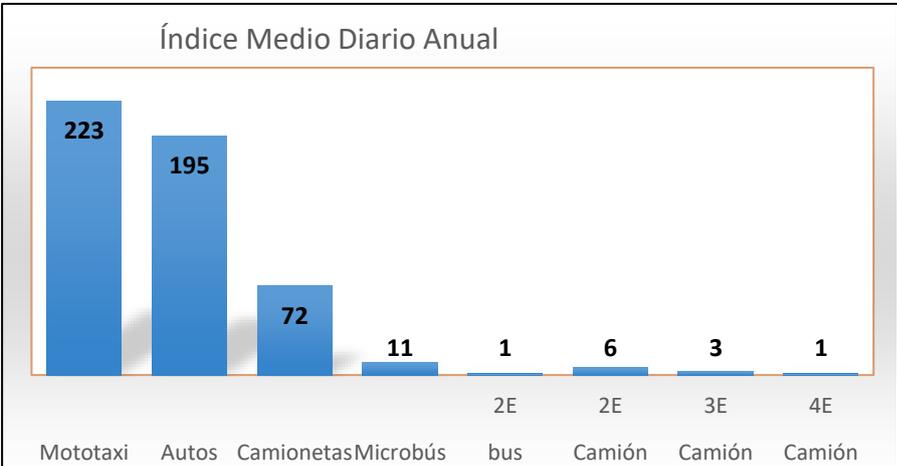


Figura 30. IMDA comparación de cantidades por tipo de vehículo

### 3.5.4.3 Tasa de crecimiento y proyección vehicular.

Cuando se elabora un proyecto desde el conteo vehicular hasta la ejecución del mismo suele pasar un año de estudios y tres en ejecución por lo que tenemos que calcular cuantos vehículos circularan por esa vía dentro de 4 años, es por eso, que el manual de Carreteras del MTC, en el capítulo de tráfico vial 6.3, nos brinda una fórmula para calcular la tasa de crecimiento y proyección, el cual su expresión es:

$$Tn = To(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

Tn: Tránsito vehicular proyectado al año “n” en veh/día

To: Tránsito vehicular actual (año base) en veh/día

n: Número de años para el cual se diseña

r: Tasa del aumento de tránsito al año

Aplicando a nuestro caso, el tránsito proyectado será Tn=2027, y el año de estudio de tráfico será To=2023, entonces tendríamos el valor correspondiente al número de periodo de diseño n=4

Se necesita una información adicional y es dada por el MTC (véase Anexo 5) para poder hallar, la tasa de crecimiento de tránsito, “r” cuyo valor tanto en vehículos ligeros como pesados los tomamos de los valores que se describen en anexo 6 para Piura, los cuales son r= 2.38 % para vehículos ligeros y r=2.37% para vehículos pesados. Y nuestra formula aplicada para vehículos ligeros será:

$$Tn = To(1 + 0.0238)^3$$

Y para los vehículos pesados será:  $Tn = To(1 + 0.0237)^3$

**Tabla 14. IMDA para una población Futura.**

	POBLACIÓN FUTURA DE VEHÍCULOS							
	VEHÍCULOS LIVIANOS				VEHÍCULOS PESADOS			
	Mototaxi	Autos	Camionetas	Microbús	bus 2E	Camión 2E	Camión 3E	Camión 4E
IMDA - 2023	223	195	72	11	1	6	3	1
Tasa anual de crecimiento			2.38				2.37	
IMDA - 2027	238.97	208.97	77.59	11.38	1.05	6.29	3.15	1.05

Fuente: *Elaborado por el autor.*

En esta tabla se muestra el cálculo de vehículos que, posiblemente circularan por dicha vía en el año donde supuestamente el proyecto esté ejecutado, el cual mostraremos en el grafico siguiente:



Figura 31. Población futura de vehículos que circularán por la Av. Sánchez Cerro.

**3.5.4.4 Cálculo del Número de ejes equivalentes (#EE).**

O Número de ESAL para pavimentos

Para el cálculo del #EE se maneja la siguiente expresión:

$$\#EE = 365 * (\sum EE*IMDA) *Fd*Fc*Fca*Fp$$

Donde: #EE: repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 Tn

Fca: Factor de crecimiento acumulado.

Fd: factor direccional

Fc: factor carril

Fp: factor de ajuste por presión de neumático

$\sum EE*IMDA$ : suma de ejes equivalentes \*imda

**Ejes Equivalentes Acumulados:  $\sum EExIMDA$**

Se calcula con los valores de la siguiente tabla.

**Tabla 15. Ejes Equivalentes Acumulados. EE\*IMDA**

Ejes Equivalentes (EE)*IMDA para pavimento rígido						
autos	IMDA 2027	Tipo de eje	Numero Llantas	Carga eje(Tn)	Eje Equiv. Pav. Rígido	EExIMDA Pav. Rígido
Mototaxi	238.97	Simple	1	0.5	0.0000321	0.007670778

	224.73	Simple	2	0.5	0.0000321	0.007213833
Autos	208.97	Simple	2	1	0.0004364	0.091192374
	196.52	Simple	2	1	0.0004364	0.085761328
Camionetas	77.59	Simple	2	1	0.0004364	0.033858555
	72.96	Simple	2	1	0.0004364	0.031839744
Microbús	11.38	Simple	2	1	0.0004364	0.004965921
	10.70	Simple	2	1	0.0004364	0.00466948
Bus 2 Ejes	1.05	Simple	2	7	1.2728341	1.33477074
	1.07	Simple	4	11	3.238287	3.46496709
Camión 2 ejes	6.29	Simple	2	7	1.2728341	8.00862444
	6.41	Simple	4	11	3.238287	20.75741967
Camión 3 ejes	3.15	Simple	2	7	1.2728341	4.00431222
	3.20	Tándem	8	18	2.0192135	6.4614832
Camión 4 ejes	1.05	Simple	2	7	1.2728341	1.33477074
	1.07	Trídem	10	23	1.5081836	1.613756452
					<b>Σ(EE*IMDA)</b>	<b>47.24727656</b>

Fuente: Elaborado por el autor.

### 3.5.4.5 Factor de crecimiento acumulado (Fca)

Tenemos que considerar, algunos factores que se tiene en cuenta, como son el tiempo para el cual estará diseñado la vía, el cual se calcula con una formula dada por el MTC.

$$Factor\ Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r=factor de tasa de crecimiento para vehículos pesados= 0.237

n= tiempo de vida útil del pavimento (años)= 20

$$Factor\ Fca = \frac{(1 + 0.0237)^{20} - 1}{0.0237}$$

$$Factor\ Fca = 25.21$$

### 3.5.4.6 Factor carril (Fc) y Factor direccional (Fd).

Lo calculamos de la siguiente tabla: considerando que vamos a diseñar una calzada en ambos sentidos y el valor Fc\*Fd será de 0.5

**Tabla 16. Valores del Factor carril y del Factor Direccional**  
Factores de Distribución Direccional y de carril para determinar el Tránsito en el carril de diseño

Número de Calzadas	Número de sentidos	Numero de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado FdxFc para carril de diseño
--------------------	--------------------	--------------------------------	-------------------------	--------------------	--

	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
1 calzada	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
(para IMDA	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
total de la	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
calzada)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
separador central	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
(para IMDA total	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
de las dos calzadas	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Elaboración propia basado en la guía AASHTO 93.

### 3.5.4.7 Fp: factor de ajuste por presión de neumático.

Si la presión del neumático no es el adecuado (es demasiado alta) tendrá un menor contacto con la superficie, y la carga en menor área, puede causar mayor daño. Pero nuestro calculo se basa en una presión de neumático normal de 80 PSI en una capa de rodadura de 80 mm, para lo cual dicho factor toma el valor de 1.00

**Tabla 17. Factor de ajuste por presión de Neumático (Fp) para ejes Equivalentes.**

Espesor de capa de rotación (mm)	Presión de contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90X(Presión de inflado del neumático) (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Fuente: Elaboración propia: Extraído de guía AASHTO 93.

Aplicando estos valores tenemos:

$$\#EE = 365 (47.24727656) (0.5) (25.21) (1)$$

$$\#EE = 217376.451179$$

$$\#EE = ESAL = 217376.451179$$

### 3.6 Método de análisis de datos

Luego de obtener los datos de las pruebas de laboratorio realizados (ensayos físicos, químicos y mecánicos), recabados en las fichas técnicas, estos serán procesados mediante tablas y gráficos Excel para su mayor comprensión.

Durante el análisis, se usarán dichas tablas y gráficos para la explicación de los resultados.

#### 3.6.1 Análisis del Ensayo de Proctor Modificado.

Para el cálculo del CBR, primero se hizo el ensayo de Proctor modificado para poder establecer la Máxima Densidad Seca (M.D.S) y el Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H), para lo cual se toma un promedio de 6 Kg de muestra de suelo previamente pasado por el tamiz  $\frac{3}{4}$  "y se introduce a un molde de 6" en cinco diferentes capas, cada una de ellas sometida a 56 golpes por un pisón cuyo martillo de peso 10 libras cae de una altitud de 18 Pulg. Produciendo una compactación, hasta rebasar el collarín. Se repitió este proceso con cuatro muestras diferentes. Luego se hizo el pesado de cada una de ellos, suelo compactado más el molde. Teniendo previamente el peso de los moldes vacíos, se puede hallar el peso del suelo compactado y también la densidad húmeda.



Figura 32. Ensayo de Proctor modificado

Siguiendo con el proceso, se toma muestras de cada molde de suelo compactado y se le coloca en 04 taras, que son pesadas y se toma nota de los pesos. Luego se le somete al horno para conseguir una muestra seca, bajo una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ , para luego pesarlos nuevamente pero ya sin humedad; los datos obtenidos son reflejados en el siguiente cuadro:

**Tabla 18. Valores de Ensayo de Proctor Modificado para determinar M.D.S y O.C.H**

1			Volumen Molde	2116 cm <sup>3</sup>			
2			Peso Molde	6513 gr			
	NÚMERO DE ENSAYOS	fórmula	UNIDAD	1	2	3	4
3	Peso Suelo +Molde		(gr)	10512	10694	10786	10704
4	Peso Suelo Húmedo Compactado	3-2	(gr)	3999	4181	4273	4191
5	Peso Volumétrico Húmedo (Dh)	4/1	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.890	1.976	2.019	1.981
	# DE RECIPIENTE			A	B	C	D
6	Peso Suelo Húmedo +Tara		(gr)	613.4	628.1	605.4	594.6
7	Peso Suelo Seco + Tara		(gr)	579.2	582.6	553.9	536.6
8	Peso de la Tara		(gr)				
9	Peso del Agua	6-7	(gr)	34.2	45.5	51.5	58
10	Peso del Suelo Seco	= 7	(gr)	579.2	582.6	553.9	536.6
11	Contenido de Agua (%W)	9/7*100	(%)	5.9	7.8	9.3	10.8
12	Densidad Seca (Ds)	5*100/(11+100)	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.785	1.833	1.848	1.787

Fuente: *Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.*

Con los datos obtenidos de Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) y el contenido de agua o humedad (%), se puede graficar.

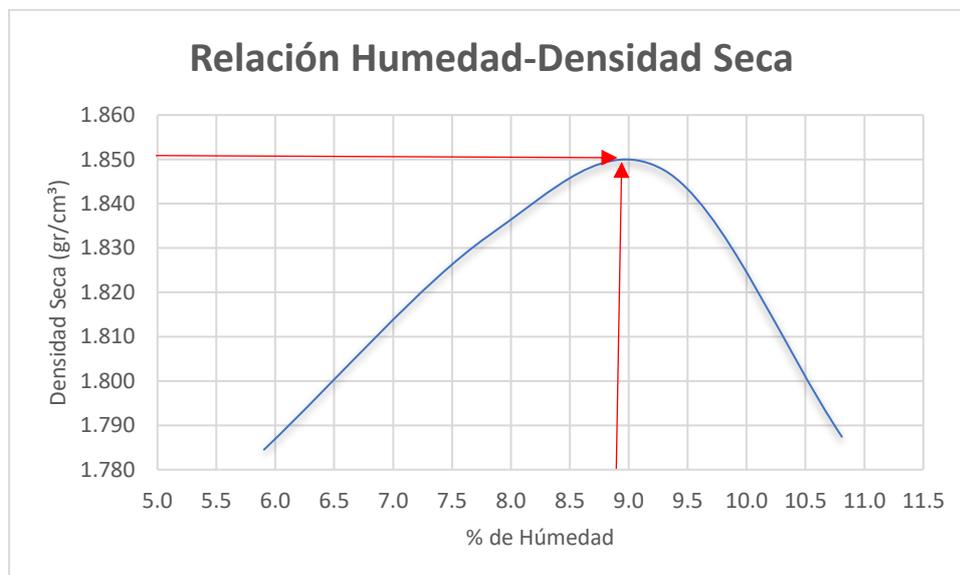


Figura 33. Gráfico de Relación Densidad Seca Vs. % de Humedad.

En el gráfico ubicamos el punto máximo, cuyas coordenadas nos indican los valores de Óptimo Contenido de Humedad= 8.9 %, y el valor de la Máxima Densidad Seca =1.849 gr/cm<sup>3</sup>.

### 3.6.2 Análisis del Ensayo de CBR.

Teniendo esos valores de Máxima Densidad Seca (MDS) y Óptimo Contenido de Humedad (OCH), procedemos al ensayo del CBR, para lo cual, similarmente al ensayo del Proctor modificado se agregó cierta cantidad de agua a 3 muestras de suelo, solo que ahora se varia la energía de compactación. Se usó tres moldes a los cuales se le aplicó en uno 12 golpes, en el segundo 25 golpes y en el tercero 56 golpes por cada uno de las 5 capas y se tomó datos. Para poder hallar la humedad en cada molde se tomó una pequeña muestra en un envase “tara”, y se pesó antes y después de someterse a un secado en un horno, sometido a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ , la diferencia nos revela la humedad, dato relevante para poder hallar la densidad seca en cada uno de los moldes.



Figura 34. Ensayo de CBR.

**Tabla 19. Contenido de Humedad de cada molde (12, 25 y 56 golpes)**

		CONTENIDO DE HUMEDAD		
		(para 56 golpes)	(para 25 golpes)	(para 12 golpes)
1	Tara +Suelo Húmedo (gr)	564.8	513.4	525.7
2	Tara +Suelo Seco (gr)	518.6	471.0	482.7
3	Peso de Agua (gr)                      1-2	46.2	42.4	43.0
4	Peso de tara (gr)			
5	Peso de Suelo Seco (gr)                      =2	518.6	471.0	482.7
6	Humedad (%W)                      3/5*100	8.9	9.0	8.9

Fuente: *Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.*

En esta tabla se demuestra el cálculo de la humedad(%W) de cada molde compactado a diferentes energías (con 56, 25 y 12 golpes). Dato necesario para poder hallar la densidad seca mediante una relación.

$$\gamma_{seco} = \frac{\gamma_{húmedo}}{1 + W}$$

**Tabla 20. Cálculo de la humedad seca de cada molde (12, 25 y 56 golpes)**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)					
Molde N°		C4	A1	B3	
N° de Capas		5	5	5	
N° de Golpes		56	25	12	
Condición de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO	
1	Peso Suelo + Molde(gr)	11488	11975	11095	
2	Peso Molde(gr)	7253	7888	7228	
3	Peso Suelo Compactado (gr)	1-2	4235	4087	3867
4	Volumen Molde(cm <sup>3</sup> )		2103	2133	2122
5	Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	3/4	2.014	1.916	1.822
6	Humedad (%W)	Tabla 15	8.9	9.0	8.9
7	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	5*100/(6+100)	1.849	1.758	1.673

Fuente: *Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.*

El objetivo de esta tabla, es calcular la densidad seca teniendo en cuenta que en la tabla 15 ya habíamos calculado el contenido de humedad, y en esta tabla hallaremos la densidad húmeda de cada molde con suelo compactado con 12, 25 y 56 golpes respectivos.

Luego el molde se llevó a la prensa de ensayo CBR, para medir que carga es aplicada según la penetración del pistón (profundidades de penetración ya establecida, pero que los más relevantes son a 0.1 y 0.2 pulgadas). A lo cual se tomó datos representados en la siguiente tabla.



Figura 35. Prensa Manual de Carga CBR

**Tabla 21. Datos obtenidos en ensayo CBR de esfuerzo- penetración**

Área pistón		19.635 cm <sup>2</sup>					
		C4		A1		B3	
Penetración (pulgadas)	Penetración (mm)	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.025	0.64	23	1.2	17	0.9	10	0.5
0.05	1.27	171	8.7	128	6.5	77	3.9
0.075	1.91	322	16.4	242	12.3	145	7.4
0.1	2.54	518	26.4	389	19.8	233	11.9
0.15	3.81	714	36.4	536	27.3	321	16.3
0.2	5.08	845	43.0	634	32.3	380	19.4
0.3	7.62	1147	58.4	860	43.8	516	26.3

0.4	10.16	1394	71.0	1046	53.3	627	31.9
0.5	12.7	1743	88.8	1307	66.6	784	39.9

Fuente: *Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.*

En este cuadro mostramos la carga que registra la máquina en cada una de las medidas de penetración del pistón; que al ser dividido entre el área de este nos registra el esfuerzo producido. Eso, se repite en cada muestra de suelo compactado C4(a 56 golpes), A1(a 25 golpes) y B3(a 12 golpes) que son los códigos de cada molde propio del laboratorio.

Con este registro se procede a graficar el diagrama Esfuerzo-penetración.

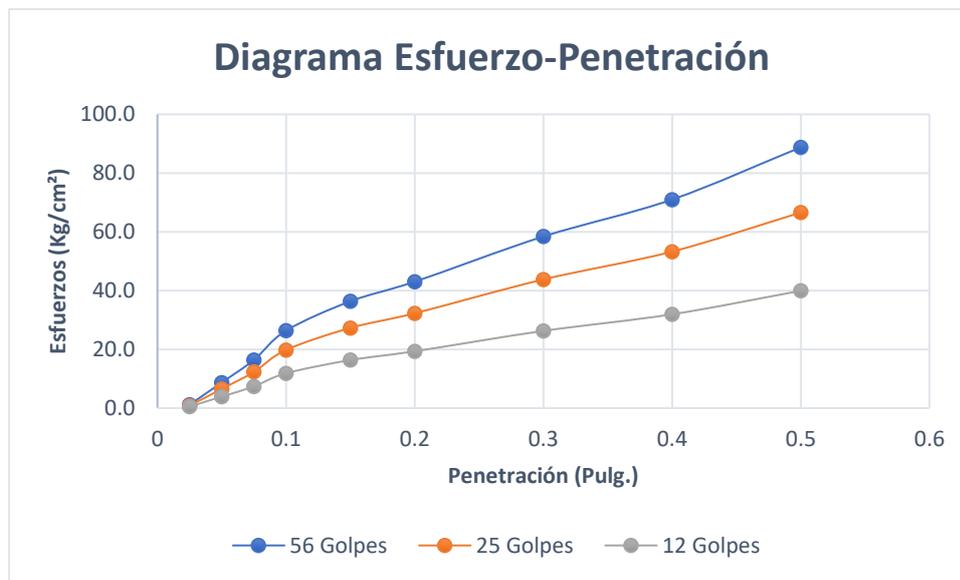


Figura 36. Diagrama Esfuerzo Vs Penetración

Como se puede observar a mayor energía de compactación es mayor el esfuerzo requerido, ósea una mayor compactación ofrece una resistencia a mayor carga.

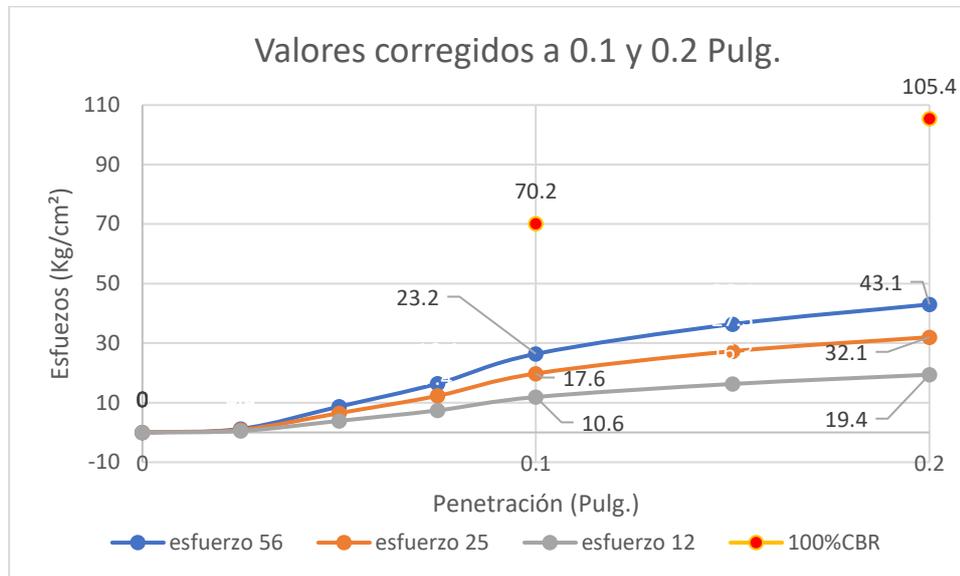
Se tiene que diseñar a un CBR establecido a 0.1 ó 0.2 pulgadas de penetración, siendo el más usado por factores de seguridad el de 0.1 pulgada, con valores de esfuerzos ya corregidos, comparándolos con valores que representen el 100% de CBR, los cuales ya fueron establecidos y que se muestran en el siguiente cuadro de datos, otorgado por el manual AASHTO.

**Tabla 22.** Valores que representan el 100 % de CBR, tanto en carga como en profundidad.

CARGA UNITARIA PATRÓN (100% CBR)		
Pulgadas	mm	Kg/cm <sup>2</sup>
0.1	2.54	70.2
0.2	5.08	105.4
0.3	7.62	133.5

0.4	10.16	161.6
0.5	12.7	182.7

Fuente: Elaboración propia. Basado en Manual AASHTO



De estos valores que representan un 100% de CBR, tomaremos los esfuerzos estándar a 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración, y los valores de los esfuerzos ya corregidos obtenidos en nuestras muestras a la misma profundidad.

Los valores que se obtuvieron fueron:

**Tabla 23. Datos para el gráfico CBR-Densidad Seca**

Densidad Seca Máxima (gr/cm³)		C4-56 golpes			A1-25 golpes			B3-12 golpes		
		1.849			1.758			1.673		
Penetración (pulgadas)	Carga Estándar (Kg/cm²)	Esfuerzo (Kg/cm²)	Corrección (Kg/cm²)	CBR %	Esfuerzo (Kg/cm²)	Corrección (Kg/cm²)	CBR %	Esfuerzo (Kg/cm²)	Corrección (Kg/cm²)	CBR %
0.1	70.307	26.4	23.2	33.0	19.8	17.6	25.0	11.9	10.6	15.1
0.2	105.460	43.0	43.1	40.9	32.3	32.1	30.4	19.4	19.4	18.4

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

Como se puede observar, la segunda columna plasma los valores que representan un CBR de 100% a 0.1 y 0.2 pulgadas de penetración; en la tercera columna los valores obtenidos de nuestros ensayos para luego, en la cuarta columna representar los mismos pero corregidos. La quinta columna (de color rojo) indican los porcentajes de CBR que representan a los esfuerzos corregidos con respecto a los valores estándar, aplicando una regla de tres simple, como en los ejemplos siguientes:

Si: 100 % .....70.307 Kg/cm<sup>2</sup>       $x = \frac{(23.2 \times 100)}{70.307} = 33.0 \%$

X .....23.2 Kg/cm<sup>2</sup>

Si: 100 % .....105.460 Kg/cm<sup>2</sup>       $x = \frac{(23.2 \times 100)}{70.307} = 40.86 \%$

X .....43.1 Kg/cm<sup>2</sup>

Graficamos, poniendo en el eje horizontal los valores del CBR y en el eje vertical los valores de las densidades secas obtenidas

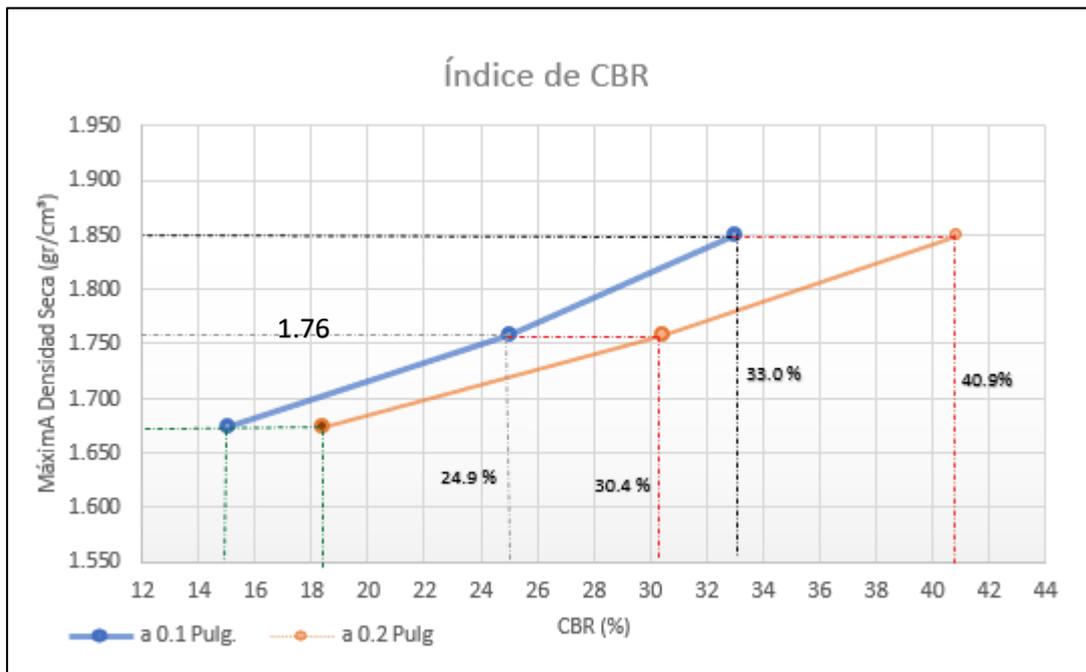


Figura 37. Obtención del CBR al 95%

Por los datos y el gráfico, tenemos que para 0.1 pulgada, la Máxima Densidad Seca (100%) es 1.849 gr/cm<sup>3</sup> y corresponde a un 33% del CBR estándar, pero se diseña a una densidad del 95%:

$$95\% \text{ de } 1.849 = \frac{95 \times 1.849}{100} = 1.76 \text{ gr/cm}^3$$

Ubicamos ese valor y trazamos una línea recta, interceptamos con la línea graficada y bajamos una vertical, obteniendo un valor de CBR de 24.9%

De igual forma para los valores de 0.2 pulgadas

$$95\% \text{ de } 1.849 = \frac{95 \times 1.849}{100} = 1.76 \text{ gr/cm}^3$$

Y corresponde a un CBR de 30.4 %, para el diseño se tomó el menor valor como factor de seguridad, en resumen:

CBR (100% MDS) 0.1 Pulgadas.	33.0 %
CBR (95% MDS) 0.1 Pulgadas.	24.9 % (Se toma para el Diseño).
CBR (100% MDS) 0.2 Pulgadas.	40.9 %
CBR (95% MDS) 0.2 Pulgadas.	30.4 %

### 3.6.3 Análisis granulométrico del Agregado grueso

Se hizo ensayos tanto de agregados finos como de los gruesos, para esto primero se hizo un cuarteo de materiales el cual consiste en dividirlos equitativamente en cuatro partes. Se tomó una parte, y se puso a la balanza, dando como resultado: Peso inicial Húmedo = 2142.8 gramos



Figura 40. Proceso de tamizado para el agregado grueso (AG)



Figura 38. Tamices para agregado grueso y fino



Luego el agregado grueso se somete al proceso de ser secado, el cual implica en poner la muestra al horno a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  por un tiempo de 24 horas y se le deja enfriar, esto con el fin de eliminar la humedad. Se pesa ese material seco y dando como resultado: Peso Inicial Seco = 2137.4 gramos, muestra que se somete al tamizado, que consiste en introducir la muestra por la parte alta de la columna de tamices y hacer un zarandeo, luego se procede a pesar en la balanza cada uno de los tamices con el material que quedo en cada uno de ellos, y se toma nota. Para caracterizar el porcentaje de humedad se usó la formula siguiente:

$$\%W = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

$$\%W = \frac{(2142.8 - 2137.4)}{2137.4} \times 100 = 0.256 \approx 0.3$$

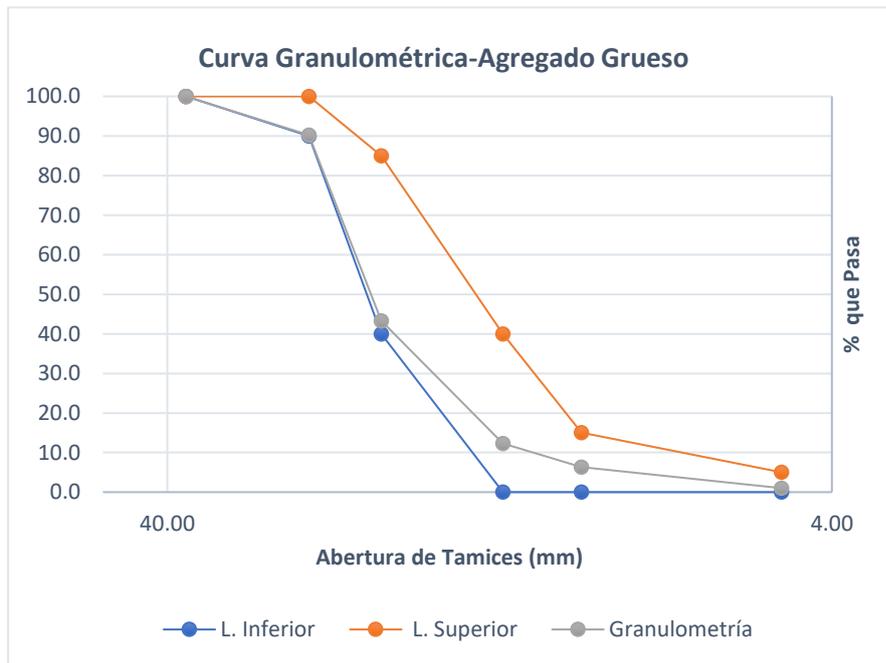
Los resultados del análisis por granulometría con los tamices para el agregado grueso se presentan en el cuadro siguiente:

**Tabla 24. Resultado del Tamizado del Agregado Grueso**

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO (g)	MATERIAL RETENIDO (%)	% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (Huso #56)	
				Retenido	Pasa	L. Inferior	L. Superior
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2 "	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	24.50	209.1	9.8	9.8	90.2	90.0	100.0
3/4"	19.05	1002.8	46.9	56.7	43.3	40.0	85.0
1/2"	12.50	662.4	31.0	87.7	12.3	10	40.0
3/8"	9.53	128.6	6.0	93.7	6.3	0	15.0
N° 4	4.76	113.1	5.3	99.0	1.0	0	5.0
N° 8	2.38	0.0	0.0	99.0	1.0		
N° 16	1.18	0.0	0.0	99.0	1.0		
FONDO		21.4	1.0	100.0	0.0		

Muestra inicial 2137.4

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.



Para graficar los husos, necesitamos valores límites otorgados por la norma (columnas de color rojo), tal que si cumplen o están dentro de los parámetros pueden ser usados como agregados para el concreto. En nuestro caso vemos que si cumple.

Figura 41. Curva granulométrica del agregado grueso

De los cuales se puede caracterizar ciertos datos:

Peso inicial Húmedo(g).	$P_0=2142.8$
Peso inicial total (g).	$P_0=2137.4$
% de Humedad	$\%W= 0.3$
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal.	$\frac{3}{4}$ "
Grava (%).	99
Arenas (%).	1
Finos (%).	0
Módulo de Fineza.	<b><math>MF=7.47</math></b>

### 3.6.4 Análisis granulométrico del Agregado Fino

De manera similar que, al agregado grueso, se hizo un cuarteo y se tomó una muestra el cual fue pesado en una balanza: Peso Inicial Húmedo=958.8 gramos, luego fue sometido a un proceso para secarlo, introduciendo en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C por un tiempo de 24 horas y dejado a enfriar.



Figura 43. Proceso de Tamizado para el agregado Fino



Figura 42. Técnica de cuarteo de

Se peso nuevamente el agregado fino, pero ya seco dando un resultado de: Peso Inicial Seco de=943.2 gramos el cual sometimos a tamizado, dando los siguientes resultados.

**Tabla 25. Resultado del Tamizado del Agregado Grueso**

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES (ASTM C33)	
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	L. Inferior	L. Superior
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.76	26.8	2.8	2.8	97.2	95.0	100.0
N° 8	2.38	139.2	14.8	17.6	82.4	80.0	100.0
N° 16	1.19	226.4	24.0	41.6	58.4	50.0	85.0
N° 30	0.60	197.1	20.9	62.5	37.5	25.0	60.0
N° 50	0.30	145.1	15.4	77.9	22.1	5.0	30.0
N° 100	15.00	121.0	12.8	90.7	9.3	0.0	10.0
FONDO		87.6	9.3	100.0	0.0		

Muestra inicial **943.2**

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

Como se puede apreciar graficando los datos obtenidos, nuestros agregados están dentro de los husos que definen límites máximos y mínimos normados, por lo tanto, puede ser usados como agregados, tanto el grueso como el fino.

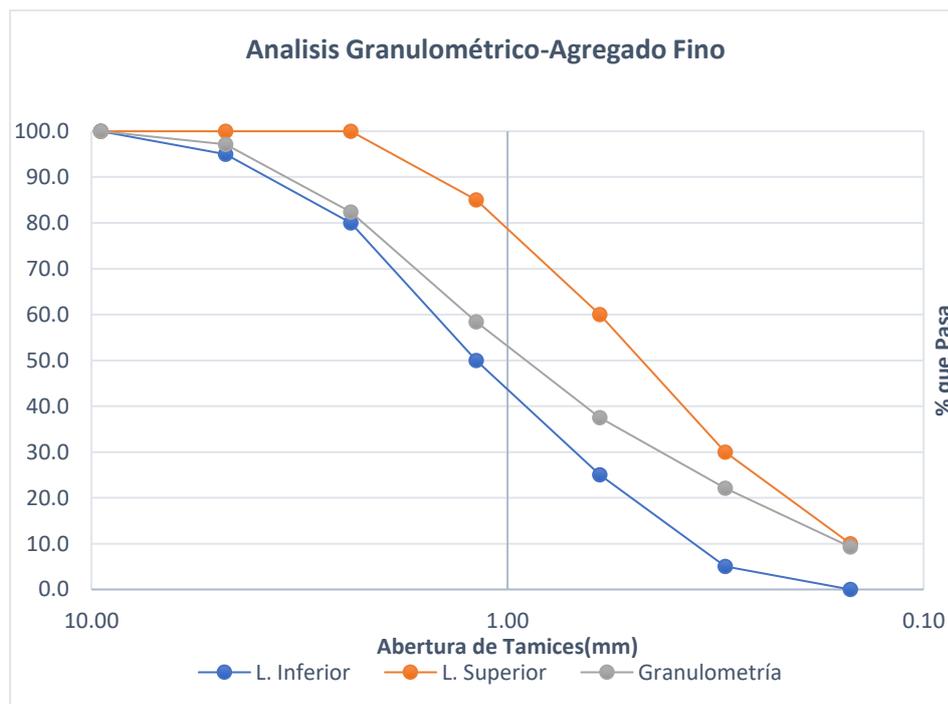


Figura 44. Curva granulométrica del Agregado Fino

De manera similar se calcula el porcentaje de humedad

$$\%W = \frac{(958.8 - 943.2)}{943.2} \times 100 = 1.653 \approx 1.7$$

De los cuales se puede caracterizar ciertos datos:

Peso inicial Húmedo(g).  $P_0=958.8$

Peso inicial total (g).  $P_0=943.2$   
 % de Humedad  $\%W= 1.7$   
 Módulo de Fineza.  $MF=2.93$

### 3.6.5 Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado grueso.

Para este proceso se toma una muestra de Agregado Grueso (AG), se introduce en el molde cuyo volumen ya fue calculado y se pesa. Este proceso se repite 3 veces, para tomar un promedio.



Figura 45. Peso Unitario Suelto



Figura 46. Compactación del AG.

**Tabla 26. Resultados: Peso Unitario Suelto de agregado Grueso.**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra + Molde	gr	30277	30281	30284
Peso del molde	gr	9200	9200	9200
Peso de la muestra	gr	21077	21081	21084
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	14130	14130	14130
Peso Unitario Suelto de la Muestra	gr/cm <sup>3</sup>	1.492	1.492	1.492

**PROMEDIO DE PESO UNITARIO SUELTO 1.492 gr/cm<sup>3</sup>**

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

Para el diseño de nuestro concreto, necesitamos el **Peso Unitario suelto** de agregado grueso que, en este caso, esta tabla nos dio un valor promedio de **1.492 gr/cm<sup>3</sup>**.

Para el cálculo del Peso unitario Compactado, de manera similar al anterior, se le somete antes a un compactado mediante un varillado y se hace este proceso para tres muestras y sacar un promedio.

**Tabla 27. Resultado: Peso Unitario Compactado del agregado Grueso.**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra + Molde	gr	32144	32142	32145
Peso del molde	gr	9200	9200	9200
Peso de la muestra	gr	22944	22942	22945
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	14130	14130	14130
Peso Unitario Suelto de la Muestra	gr/cm <sup>3</sup>	1.624	1.624	1.624

**PROMEDIO DE PESO UNITARIO COMPACTADO 1.624 gr/cm<sup>3</sup>**

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

Se aprecia en esta tabla, que para el agregado grueso el valor del **Peso Unitario Compactado** será de **1.624 gr/cm<sup>3</sup>**.

### 3.6.6 Peso Unitario Suelto y Compactado del agregado Fino.

De similar manera que, para el agregado grueso, se toma la media de 3 probetas y sacar un valor más aproximado.



Figura 47. Peso Unitario Suelto de



Figura 48. Peso Unitario Compactado de AF.

**Tabla 28. Resultados: Peso Unitario Suelto del agregado Fino**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra + Molde	gr	5907	5908	5910
Peso del molde	gr	1622	1622	1622
Peso de la muestra	gr	4285	4286	4288

Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2800	2800	2800
Peso Unitario Suelto de la Muestra	gr/cm <sup>3</sup>	1.530	1.531	1.531
<b>PROMEDIO DE PESO UNITARIO SUELTO</b>		<b>1.531 gr/cm<sup>3</sup></b>		

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

De esta tabla se tomó el valor del promedio de **peso unitario suelto** que es de **1.531 gr/cm<sup>3</sup>** para nuestro diseño de concreto.

De forma similar también para el Peso Unitario Compactado se toma tres muestras de Agregado fino y se hace un varillado mostrando los siguientes resultados.

**Tabla 29. Resultados: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino**

		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra + Molde	gr	6575	6577	6579
Peso del molde	gr	1622	1622	1622
Peso de la muestra	gr	4953	4955	4957
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2800	2800	2800
Peso Unitario Suelto de la Muestra	gr/cm <sup>3</sup>	1.769	1.770	1.770
<b>PROMEDIO DE PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		<b>1.770 gr/cm<sup>3</sup></b>		

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

El **peso unitario compactado** de agregado fino que usamos para el diseño de nuestro concreto tendrá un valor de **1.770 gr/cm<sup>3</sup>**.

### 3.6.7 Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso.

Se manejarán las siguientes formulas:

$$E_{sat\ sup\ seca} = \frac{P\ M.\ Sup.\ seca}{(PM.\ Sup\ seca - PM\ sat.)}$$

$$PE_{masa} = \frac{P\ M.\ seca}{(PM.\ Sup\ seca - PM\ sat.)}$$

$$PE_{aparente} = \frac{P\ M.\ seca}{(PM.\ seca - PM\ sat.)}$$

$$Absorción = \frac{(P\ M.\ sup\ seca - PM\ seca)}{PM.\ seca} \times 100$$

Estos ensayos se hacen saturando y pesando el agregado grueso (peso de la muestra sumergida en canastilla), luego pesarlos escurridos, pero parcialmente secados con papel absorbente (peso específico saturado superficialmente seco) para luego, pesarlos después de secarlos en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5$ , por un periodo de 24 horas (Peso muestra seca).



Figura 49. Ensayo de Gravedad específica y

**Tabla 30. Procesado de datos tomados en ensayos**

Muestra N°			M-1	M-2	Promedio
Peso de la Muestra Sumergida Canastilla	(A)	gr	1288.5	1289.8	1289.2
Peso muestra Sat. Sup. Seca	(B)	gr	2048	2050.1	2049.1
Peso muestra Seco	(C)	gr	2025.7	2026.4	2026.1
Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A		gr/cm <sup>3</sup>	2.70	2.70	2.70
Peso específico de masa = C/B-A		gr/cm <sup>3</sup>	2.67	2.67	2.67
Peso específico aparente = C/C-A		gr/cm <sup>3</sup>	2.75	2.75	2.75
Absorción de agua = ((B - C) / C) *100		%	1.1	1.2	1.1

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

De estos valores obtenidos para el agregado grueso, se usaron para el diseño de nuestro concreto el **peso específico** cuyo valor promedio es de **2.67 gr/cm<sup>3</sup>**, y de **absorción** de agua el valor promedio de **1.1**

### 3.6.8 Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino.

Tiene el mismo fin, pero su proceso es diferente, primero se satura la muestra con cantidades convenientes de agua, para luego ponerlo en un cono y darle 25 golpes con el pequeño pisón. Al extraer el cono se debe desmoronar un poco los laterales sin perder altura, se repite este proceso hasta conseguir dicho objetivo.

De esa muestra que esta superficialmente seca, se toma una cantidad se introduce a una fiola, se le agrega agua con el fin de eliminar los vacíos. Se pesa y luego se lleva al horno a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5$ , por un periodo de 24 horas con el fin de eliminar la humedad.



Figura 50. Ensayo de Gravedad específica

Una vez, sacado del horno se pesa la muestra y se empiezan a hacer los cálculos correspondientes, utilizando las fórmulas ya descritas, anteriormente.

$$PE_{sat\ sup\ seca} = \frac{P\ M.\ Sup.\ seca}{(PM.\ Sup\ seca - PM\ sat.)}$$

$$PE_{masa} = \frac{P\ M.\ seca}{(PM.\ Sup\ seca - PM\ sat.)}$$

$$PE_{aparente} = \frac{P\ M.\ seca}{(PM.\ seca - PM\ sat.)}$$

$$Absorción = \frac{(P\ M.\ sup\ seca - PM\ seca)}{PM.\ seca} \times 100$$

**Tabla 31. Procesado de datos tomados en ensayo**

Muestra N°		M-1	M-2	Promedio
Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	gr	968.3	968.4	968.35
Peso de la Muestra S.S.S. + Peso Balón	gr	653.1	653	653.05
Peso del Agua (W = 1 - 2)	gr	315.2	315.4	315.3
Peso de la Muestra Seca al Horno + Peso del Balón	gr/cm <sup>3</sup>	645.4	644.9	645.15
Peso del Balón	gr/cm <sup>3</sup>	153.1	153.1	153.1
Peso de la Muestra Seca al Horno (A = 4 - 5)	gr/cm <sup>3</sup>	492.3	491.8	492.05

Volumen del Balón (V)	cm <sup>3</sup>	502.2	502.2	502.2
<b>RESULTADOS</b>				
<b>PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.63	2.63
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = ((2)-(5)) / (V-W))	gr/cm <sup>3</sup>	2.67	2.68	2.67
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W) - (((2)-(5))-A)])	gr/cm <sup>3</sup>	2.75	2.75	2.75
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(((2)-(5))-A)/A*100]</b>	%	1.6	1.6	1.6

Fuente: *Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.*

De estos resultados obtenidos para el agregado fino, se usaron para el diseño del concreto el **peso específico** cuyo valor promedio es de **2.63 gr/cm<sup>3</sup>**, así como también, el **porcentaje de absorción** cuyo valor promedio es de **1.6**.

### 3.7 Aspectos éticos

Los aspectos éticos formaron parte indispensable del proceso de elaboración en esta investigación, se respetó la autoría de algunos conceptos e investigaciones utilizadas como respaldo en estudio, mediante el uso correctos de las citas y referencias de las normas ISO (International Organization Standardization).

Del mismo modo, los ensayos serán realizados bajo los estándares de las normas técnicas peruanas y ACI, según corresponda.

Por otro lado, las fichas técnicas para la recolección de datos serán validadas por tres Ingenieros civiles como medio probatorio de la veracidad de los datos obtenidos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Descripción del Proyecto.

El proyecto de investigación se establece en la Av. Sánchez Cerro, avenida principal de ingreso a la ciudad de Piura, específicamente en la Auxiliar costado derecho y cuya pavimentación falta complementar, pues las calles transversales ya están ejecutadas con pavimento rígido. Dicha auxiliar, se encuentra en trocha, en un tramo de dos kilómetros, y como consecuencia de ello los vecinos evitan transitar por ahí, ocasionando embotellamientos de tránsito en horas pico por la Av. Principal Sánchez Cerro. Como dicha pavimentación rígida tiene que hacerse, es que proponemos hacer uso de la ceniza de cáscara de arroz en el concreto, ya que, como sabemos, Piura es el departamento, donde se produce la mayor cantidad de arroz y su cáscara muchas veces representa un medio de contaminación pues, se quema al aire libre.

#### 4.1.1 Ubicación del Proyecto.

El proyecto está ubicado en la ciudad de Piura, y cuya longitud de 2019 metros de trocha sin pavimentar abarca tres urbanizaciones: Urbanización Villa Hermosa, Urbanización Micaela Bastidas y Urbanización ENACE II Etapa

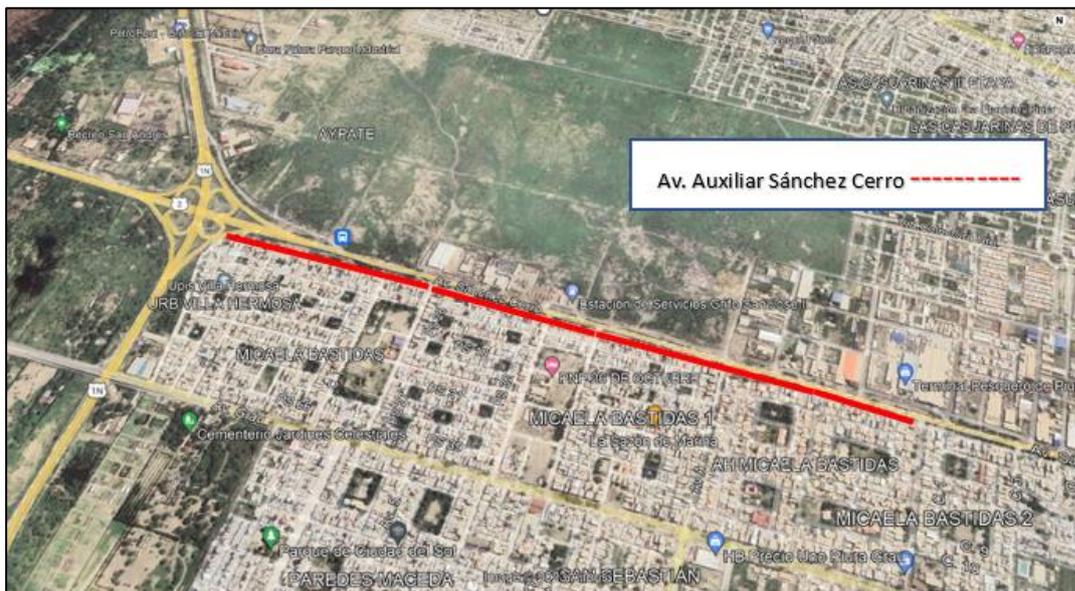


Figura 51. Imagen satelital de ubicación del proyecto.

#### 4.1.2 Ubicación geográfica del proyecto.

Departamento: Piura

Provincia: Piura

Distrito: 26 de octubre



Figura 53. Ubicación geográfica del Proyecto en el Perú



Figura 52. Ubicación geográfica Provincial



Figura 54. Ubicación geográfica distrital

## 4.2 Resultado del diseño de concreto.

El diseño o dosificación del concreto se hizo mediante la norma ACI, con los datos obtenidos a partir del análisis de los agregados descritos anteriormente tanto del agregado grueso como del agregado fino.

### 4.2.1 Diseño de concreto: mezcla Patrón o convencional.

f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> ( PATRÓN )						
MATERIAL	PESO ESPECIF. g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	17	16	1531.0	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	1.1	1492.0	1624.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO						
A) VALORES DE DISEÑO						
1 ASENTAMIENTO				4	pulg	
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				1		
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.451		
4 AGUA				196		
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				15		
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.66		
7 TEMPERATURA C°				25.5	°c	
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO			435.00	Kg/m <sup>3</sup>		10.2 Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO						
CEMENTO				435	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				196	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				831	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				891	Kg/m <sup>3</sup>	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				-0.10		-0.8
AGREGADO GRUESO				0.80		7.1
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						202.3 Lts/m <sup>3</sup>
F) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				435	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				202	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				845	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				893	Kg/m <sup>3</sup>	
PESO DE MEZCLA				2376	Kg/m <sup>3</sup>	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (100 lt.)						
CEMENTO				43.50	Kg	
AGUA				20.23	Lts	
AGREGADO FINO				84.51	Kg	
AGREGADO GRUESO				89.34	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PORPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	100			C		10
A.F	171			A.F		168
A.G	2.05			A.G		2.07
H <sub>2</sub> O	19.8			H <sub>2</sub> O		19.8

Figura 55. Dosificación del concreto Patrón (Fuente: Laboratorio Geo control).

Estos resultados muestran que por cada metro cubico de concreto usaremos las cantidades de 202 Kg. de agua, 845 Kg. de agregado fino, 893 Kg. de agregado grueso y 435 Kg. de cemento (el cual será variado al reemplazarlo por cantidades de 3,7 y 12 % de ceniza de cáscara de arroz), dando un total que cada metro cúbico de concreto pesa 2375 Kg.

#### 4.2.2 Diseño de Concreto: Mezcla con 3 % de CCA

f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> ( 3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ)						
MATERIAL	PESO ESPECIF. g/cc	MODULO FINEZA	HUM . NATURAL %	ABSORCIÓN %	P . UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P . UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	1.7	16	6310	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	11	1492.0	1624.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO						
A) VALORES DE DISEÑO						
1 ASENTAMIENTO				4	pulg	
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				1		
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.451		
4 AGUA				196		
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				15		
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.66		
7 TEMPERATURA C°				25.5	°c	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO				435.00 Kg/m <sup>3</sup>		10.2 Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO						
CEMENTO				435	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				196	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				831	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				891	Kg/m <sup>3</sup>	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				-0.10		-0.8
AGREGADO GRUESO				0.80		7.1
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						202.3 Lts/m <sup>3</sup>
F) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				422	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				202	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				845	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				893	Kg/m <sup>3</sup>	
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ				13	Kg/m <sup>3</sup>	
PESO DE MEZCLA				2376	Kg/m <sup>3</sup>	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (100 lt.)						
CEMENTO				42.20	Kg	
AGUA				20.23	Lts	
AGREGADO FINO				84.51	Kg	
AGREGADO GRUESO				89.34	Kg	
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ				1.31	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	100			C		100
A.F	2.00			A.F		1.96
A.G	2.12			A.G		2.13
H <sub>2</sub> O	20.40			H <sub>2</sub> O		20.40

Figura 56. Dosificación del concreto con 3% de CCA (Fuente Laboratorio Geo Control).

Se puede observar de la figura que, para el concreto patrón se estableció una cantidad por metro cubico en cemento de 435 Kg, al cual sacamos el 3%:

$$3\% \text{ cemento} = \frac{3 \times 435}{100} = 13.05 \approx 13 \text{ Kg}$$

Cantidad que se reemplazó por ceniza de cáscara de Arroz.

### 4.2.3 Diseño de Concreto: Mezcla con 7 % de CCA

f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> ( 7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ)						
MATERIAL	PESO ESPECIF. g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	1.7	16	1531.0	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	11	1492.0	1624.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO						
A) VALORES DE DISEÑO						
1 ASENTAMIENTO				4	pulg	
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				1		
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.451		
4 AGUA				196		
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				15		
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.66		
7 TEMPERATURA C°				25.5	°c	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO				435.00	Kg/m <sup>3</sup>	10.2 Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO						
CEMENTO				435	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				196	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				831	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				891	Kg/m <sup>3</sup>	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				-0.10		-0.8
AGREGADO GRUESO				0.80		7.1
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						202.3 Lts/m <sup>3</sup>
F) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				405	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				202	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				845	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				893	Kg/m <sup>3</sup>	
7 %CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ				30	Kg/m <sup>3</sup>	
PESO DE MEZCLA				2376	Kg/m <sup>3</sup>	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (100 lt.)						
CEMENTO				40.46	Kg	
AGUA				20.23	Lts	
AGREGADO FINO				84.51	Kg	
AGREGADO GRUESO				89.34	Kg	
7 %CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ				3.05	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)				PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)		
C	100			C		100
A.F	2.09			A.F		2.05
A.G	2.21			A.G		2.22
H <sub>2</sub> O	2130			H <sub>2</sub> O		2130

Figura 57.. Dosificación del concreto con 7% de CCA (Fuente Laboratorio Geo Control).

Se puede observar de la figura que, para el concreto patrón se estableció una cantidad por metro cubico en cemento de 435 Kg, al cual sacamos el 7%:

$$7\% \text{ cemento} = \frac{7 \times 435}{100} = 30.45 \approx 30 \text{ Kg}$$

Cantidad que se reemplazó por ceniza de cáscara de Arroz.

#### 4.2.4 Diseño de Concreto: Mezcla con 12 % de CCA

f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> ( 12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ)						
MATERIAL	PESO ESPECIF. g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	17	16	1531.0	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	1.1	1492.0	1624.0
MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO						
A) VALORES DE DISEÑO						
1 ASENTAMIENTO				4	pulg	
2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL				1		
3 RELACION AGUA CEMENTO				0.451		
4 AGUA				196		
5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %				15		
6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO				0.66		
7 TEMPERATURA C°				25.5	°c	
B) ANÁLISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO				435.00	kg/m <sup>3</sup>	10.2 Bls/m <sup>3</sup>
Volumen absoluto del cemento				0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agua				0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Aire				0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS						
C) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO						
CEMENTO				435	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				196	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				831	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				891	Kg/m <sup>3</sup>	
D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				-0.10		-0.8
AGREGADO GRUESO				0.80		7.1
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA						202.3 Lts/m <sup>3</sup>
F) CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				383	Kg/m <sup>3</sup>	
AGUA				202	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO FINO				845	Kg/m <sup>3</sup>	
AGREGADO GRUESO				893	Kg/m <sup>3</sup>	
12 % CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ				52	Kg/m <sup>3</sup>	
PESO DE MEZCLA				2376	Kg/m <sup>3</sup>	
G) CANTIDAD DE MATERIALES (100 lt.)						
CEMENTO				38.28	Kg	
AGUA				20.23	Lts	
AGREGADO FINO				84.51	Kg	
AGREGADO GRUESO				89.34	Kg	
12 % CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ				5.22	Kg	
PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)			PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)			
C	100		C		100	
A.F	2.21		A.F		2.16	
A.G	2.33		A.G		2.35	
H <sub>2</sub> O	22.50		H <sub>2</sub> O		22.50	

Figura 58.. Dosificación del concreto con 12% de CCA (Fuente Laboratorio Geo Control).

Se puede observar de la figura que, para el concreto patrón se estableció una cantidad por metro cubico en cemento de 435 Kg, al cual sacamos el 12%:

$$12\% \text{ cemento} = \frac{12 \times 435}{100} = 52.2 \approx 52 \text{ Kg}$$

Cantidad que se reemplazó por ceniza de cáscara de Arroz.

Haremos un cuadro resumen para poner en manifiesto las cantidades de material expresado en Kilogramos, que entran por cubo de concreto.

**Tabla 32. Cuadro de comparación en materiales para dosificación de concreto**

Materiales	Materiales por m3 en peso			
	Concreto Patrón	Con 3 %CCA	Con 7 %CCA	Con 12%CCA
	(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
Cemento	435	422	405	383
Agua	202	202	202	202
Agregado Fino	845	845	845	845
Agregado Grueso	893	893	893	893
CCA	0	13	30	52
Peso de Mezcla	2375	2375	2375	2375

Fuente: *Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.*

Esta tabla expresa, los materiales calculados para la elaboración de 01 metro cubico de concreto patrón, y los cambios en el cemento al ser reemplazados por ceniza de cáscara de arroz en porcentajes de 3, 7 y 12 % respectivamente.

Luego, para su mayor entendimiento hacemos el siguiente gráfico.

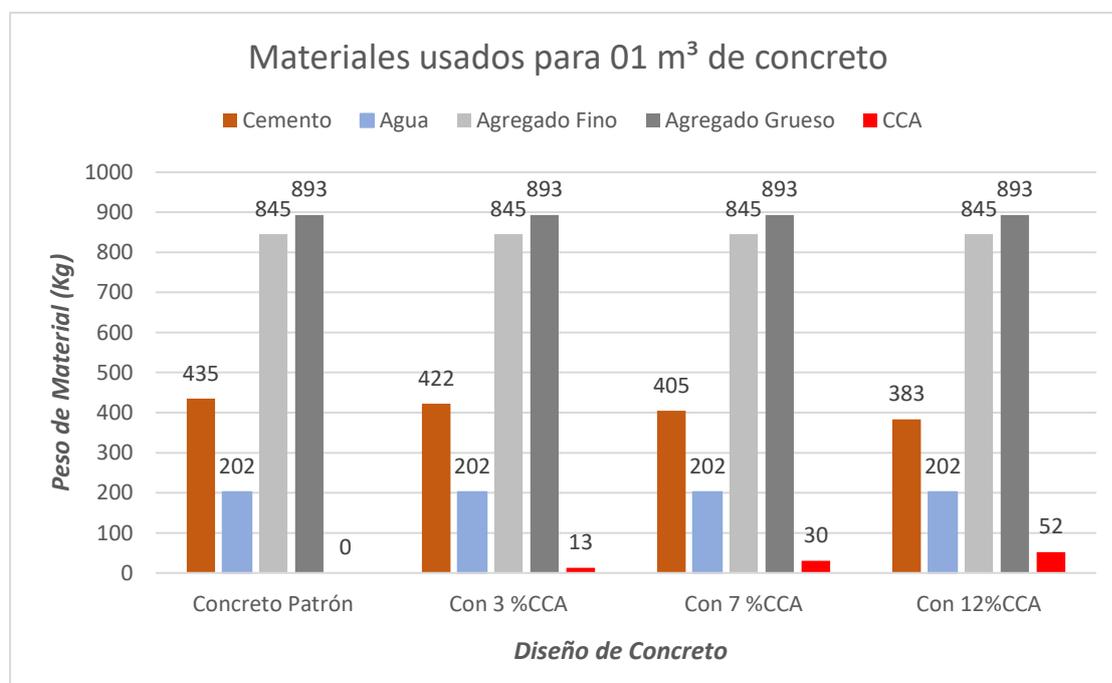


Figura 59. Variación de los materiales en dosificaciones con 3, 7 y 12 % de CCA.

### 4.3 Resultados de los Ensayos de rotura de probetas por Compresión

El diseño del concreto se hizo proyectado a una resistencia promedio a la compresión de  $f'c=280$  Kg/cm<sup>2</sup>.

Para establecer los días a los cuales deben ensayarse existe una formula, el cual es:

$$F'c_j = \left[ \frac{1.27 \times J + 8}{16 + J} \right] \times F'c$$

Donde, J representa la edad en días (entre 5 y 28 días), el  $F'c_j$  la resistencia mínima alcanzada

en ese lapso de tiempo, y  $F'c$  la resistencia proyectada. Así, en nuestro proyecto debe llegar a un porcentaje de 70% a los 7 días, 90% a los 14 días y 100% a los 28 días.

Una vez hecho el diseño de la dosificación de la mezcla de concreto, se rellenan 09 moldes para probetas cuyas medidas son de 4 pulgadas (10 cm.) de diámetro y una altura de 8 pulgadas con el concreto preparado, y se satura. Pasado los días calculados, en el párrafo anterior, se ensayan al fallo en 7,14 y 28 días, tomando notas de la fuerza al cual se rompe y dividirlo entre el área de probeta:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (10)^2}{4} = 78.54 \text{ cm}^2$$

Así, tendríamos los esfuerzos cuyo promedio establecemos en el siguiente cuadro.

**Tabla 33. Resumen de los resultados de Ensayo de Rotura de probetas sometidos a compresión del concreto**

Edad (En días)	f'c Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	PATRÓN		CON 3% CCA		CON 7% CCA		CON 12% CCA	
		f'c Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	% alcanzado resp. Patrón	f'c Prom. Prom.	% alcanzado resp. Patrón	f'c Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	% alcanzado resp. Patrón	f'c Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	% alcanzado resp. Patrón
7	300.3	210.9	70.2	222.6	74.1	202.1	67.3	187.1	62.3
14	300.3	259.2	86.3	271.3	90.3	248.8	82.9	212.5	70.8
28	300.3	300.3	100.0	305.3	101.6	292.1	97.2	271.7	90.5

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

La tabla muestra, los promedios de esfuerzos adquiridos según edad, y el porcentaje alcanzado por cada uno de ellos con respecto al esfuerzo del concreto patrón en estado endurecido. El cual graficaremos:



Figura 60. Rotura de probeta a compresión

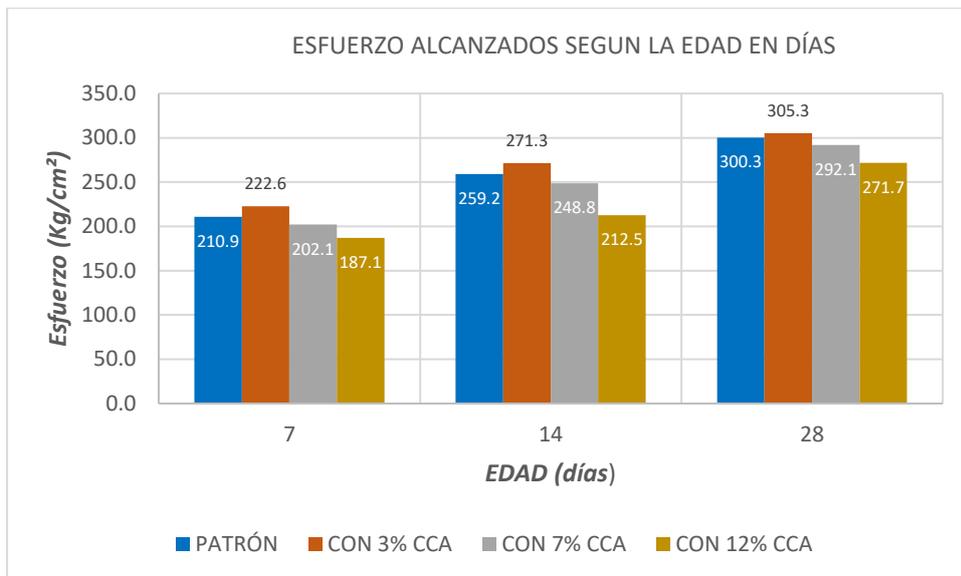


Figura 61. Resistencias adquiridas por el concreto según la edad (7, 14 y 28 días).

Graficaremos, también la tendencia que se tiene al aumentar los porcentajes de ceniza de cáscara de arroz en el concreto.

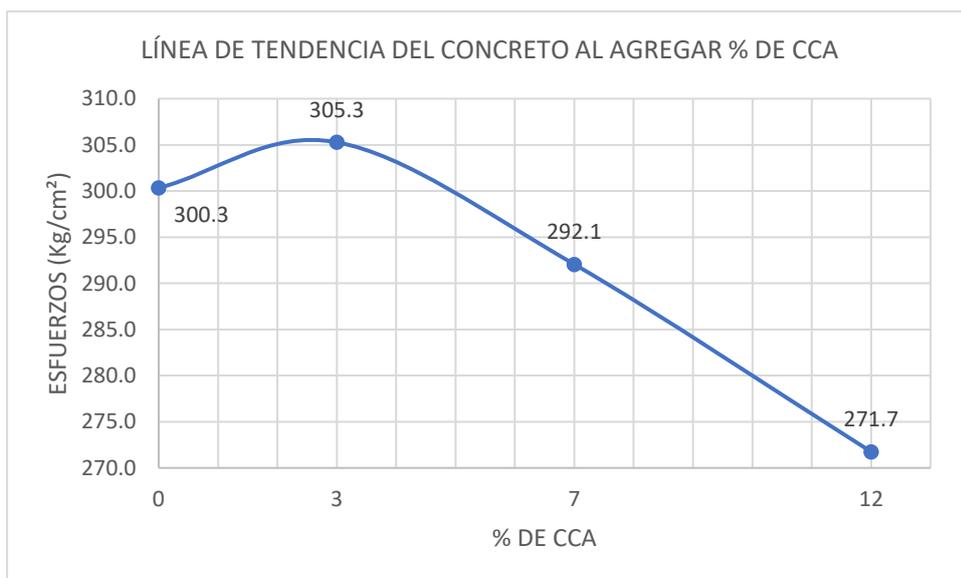


Figura 62. Línea de tendencia de esfuerzos que adquiere el concreto según los porcentajes adicionados de ceniza de cáscara de arroz (3, 7 y 12% de CCA).

Como se puede observar, al adicionar más CCA al concreto, se tiende a disminuir la capacidad de soportar esfuerzos a compresión.

Haremos un gráfico de porcentajes alcanzados con las diferentes adiciones de CCA que hemos propuesto, en el cual se observa que solo el que adicionamos el 3%, sobrepasa el 100% de esfuerzo adquirido endurecido.

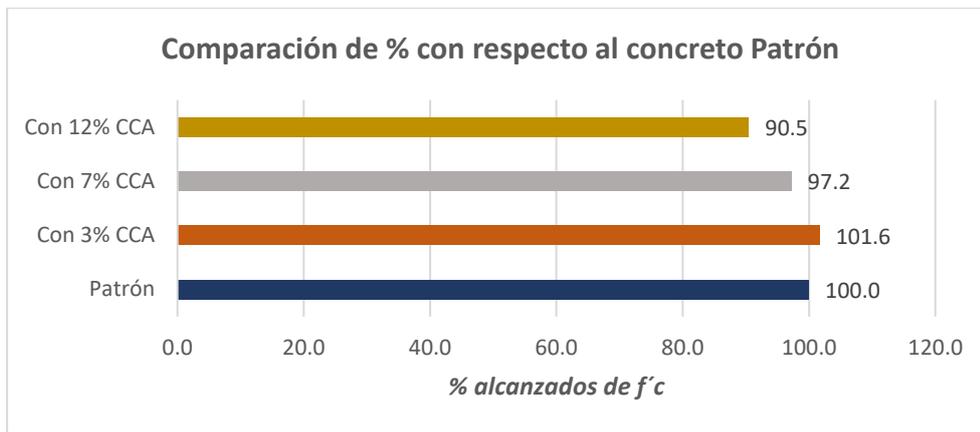


Figura 63. Comparación en % alcanzados, respecto al concreto patrón.

El grafico anterior muestra que el concreto, en el cual reemplazamos con 3% de CCA en lugar de cemento mejoró la resistencia a la compresión en 1.6%, y el de 7 y 12% de reemplazo con CCA no logran alcanzar el 100% del esfuerzo adquirido por nuestro concreto patrón.

#### 4.4 Resultados de los Ensayos de trabajabilidad.

Más conocido como Slump Test, se realiza haciendo uso del cono de Abrams, el cual consiste en poner el concreto fresco en un molde con forma de tronco de cono de medidas en tres capas. Cada capa se compactará con un varillado de 25 golpes cada uno, hasta llegar al ras de la superficie superior.

Luego, se retira el cono y se mide cuanto bajo en altura, se toma los datos.



Figura 64. Prueba de Asentamiento.

**Tabla 34. Método de prueba Estándar para determinar el asentamiento del concreto de cemento Hidráulico.**

	Patrón (Pulg.)	Con 3% CCA (Pulg.)	Con 7% CCA (Pulg.)	Con 12% CCA (Pulg.)
<b>Muestra 1</b>	4	3.5	3	2.25
<b>Muestra 2</b>	4	3.5	3	2.5
<b>Muestra 3</b>	4	3.25	3	2.25
<b>PROMEDIO</b>	4.0	3.4	3.0	2.3

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

Esta tabla muestra las diferentes alturas alcanzadas (en pulgadas) cuando se retira el cono de Abrams.

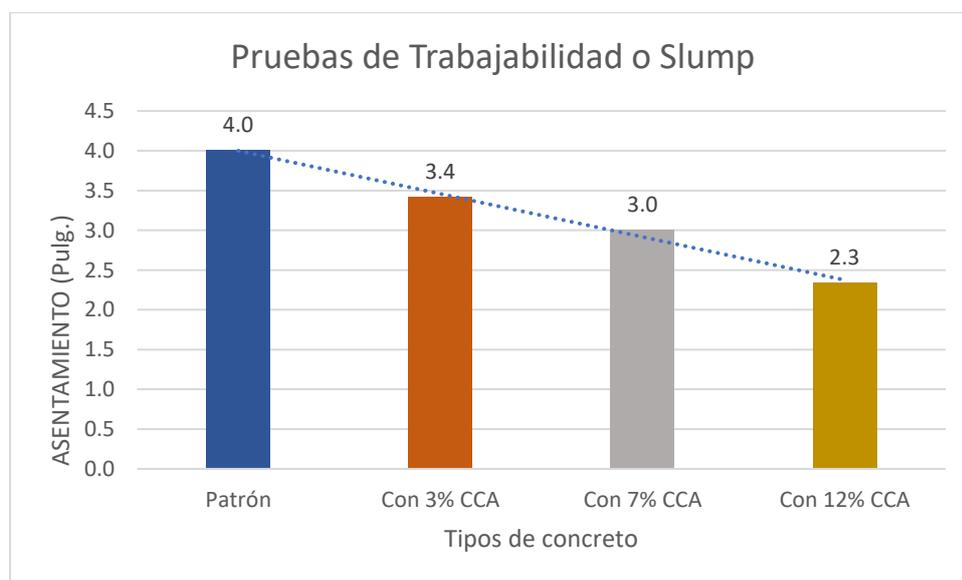


Figura 65. Comparación de los asentamientos con los diseños de concretos realizados.

#### 4.5 Resultados de los Ensayos de rotura de probetas a Flexión.

Para estas pruebas se utilizarán moldes prismáticos (vigas), los cuales serán apoyadas a sus extremos, y se someterán a esfuerzos por la parte central de la viga, de tal manera que se le somete a un estado de esfuerzos flexión. Dichas pruebas de concreto se hacen a un estado endurecido es decir a los 28 días.

Como luz libre tiene la medida de 45 cm. Y es en esa zona donde presentara la falla al someterlo a el esfuerzo, dentro del tercio medio. Se hace este procedimiento en tres muestras diferentes, para establecer como módulo de rotura el promedio de las tres.



Figura 66. Pruebas de Rotura a Flexión

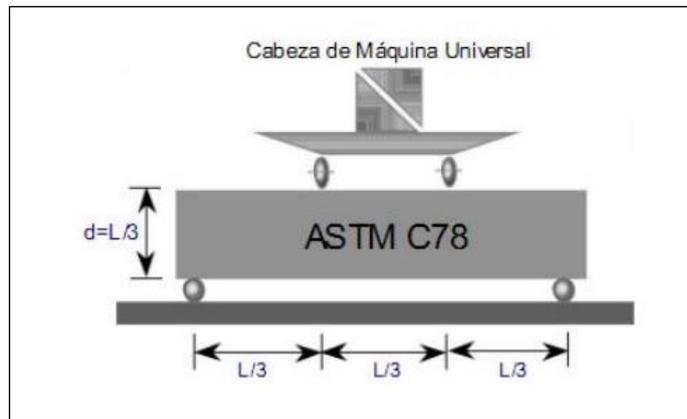


Figura 67. Diagrama del ensayo a Flexión

**Tabla 35. Resumen de resultados de probetas sometidos a flexo-compresión con probetas de concreto según nuestros diseños.**

	EDAD (días)	Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	Con 3% CCA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Con 7% CCA (Kg/cm <sup>2</sup> )	Con 12% CCA (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muestra 1	28	39.5	41.7	39.8	38.2
Muestra 2	28	41.5	42.8	40.6	35.7
Muestra 3	28	41.3	41.9	39.9	37.3
<b>PROMEDIO</b>		<b>40.8</b>	<b>42.1</b>	<b>40.1</b>	<b>37.1</b>

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

Como se puede observar en el cuadro y el cual graficamos más abajo, demuestra que, a más adición de ceniza de cáscara de arroz, la resistencia a la flexión disminuye.

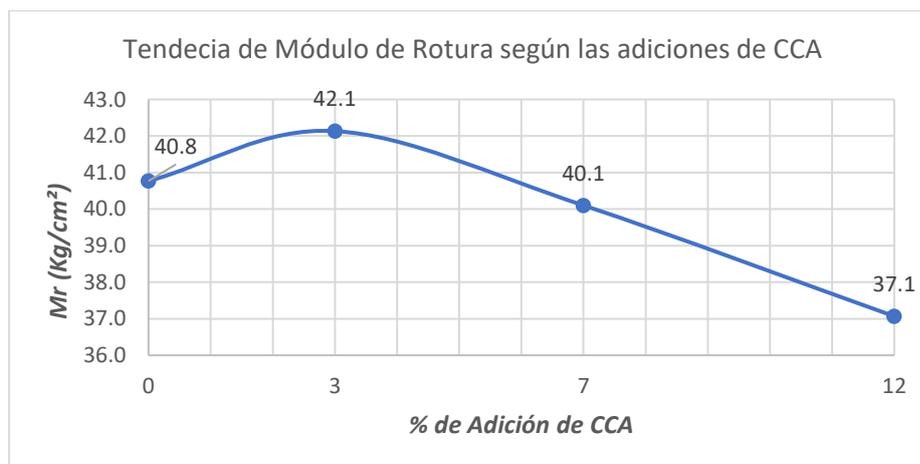


Figura 68. Curva de tendencia a disminuir al agregar al concreto, ceniza de cáscara de arroz

Para establecer los porcentajes de aumento o disminución en el módulo de rotura, se apreciará mejor con el siguiente gráfico.

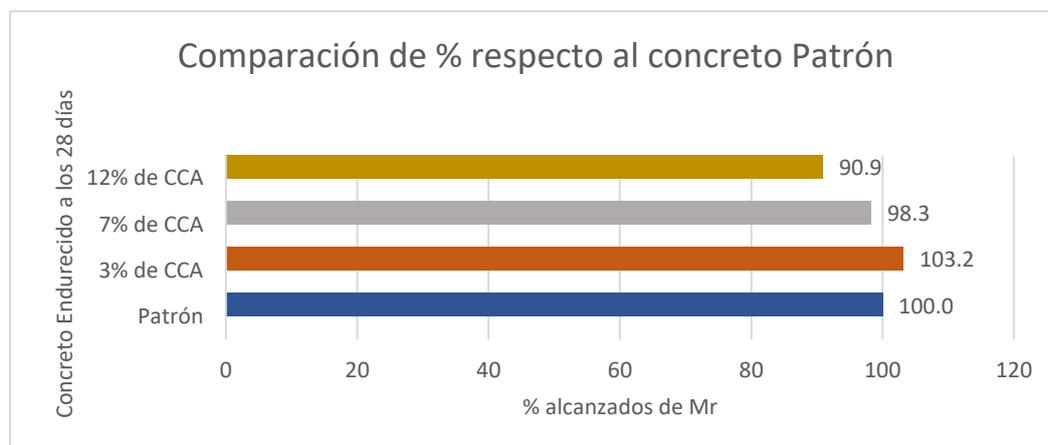


Figura 69. Porcentajes alcanzados por Mr respecto al concreto Patrón.

Como se aprecia, con el 3% de CCA logramos aumentar el Módulo de Rotura en un 3.2%, pero en los demás no llegan al 100%.

#### 4.6 Resultados de los Ensayos de rotura de probetas a Tracción

Para los ensayos a tracción, se hizo el mismo procedimiento que en los ensayos a compresión, la diferencia radica en la colocación de las probetas, esta vez, la carga se estableció en las caras laterales. El área a dividir en este caso queda expresada por:

$$T = \frac{2xCarga}{\pi DL} = \frac{2xCarga}{\pi(10x20)}$$

Se ensayó 9 especímenes por cada diseño de concreto, patrón, con sustitución del 3, 7 y 12% de ceniza de cascara de arroz; se satura los moldes y se tracciona 3 de ellos según edad(días), cuyos resultados mostramos en la tabla siguiente:

**Tabla 36. Resumen de los esfuerzos a tracción adquiridos por cada diseño de concreto y los porcentajes alcanzados.**

Edad (En días)	PATRÓN			CON 3% CCA		CON 7% CCA		CON 12% CCA	
	$\sigma$ patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma$ Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	% alcanzado resp. Patrón	$\sigma$ Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	% alcanzado resp. Patrón	$\sigma$ Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	% alcanzado resp. Patrón	$\sigma$ Prom. (Kg/cm <sup>2</sup> )	% alcanzado resp. Patrón
7	31.0	21.1	68.1	21.9	70.6	21.0	67.7	20.3	65.5
14	31.0	25.1	81.0	26.2	84.5	24.6	79.4	23.9	77.1
28	31.0	31.0	100.0	32.2	103.9	30.1	97.1	28.5	91.9

Fuente: Elaborado por el autor basado en resultados de Laboratorio Geo Control.

Como se observa en la tabla, y el cual pudimos graficar, hay una tendencia a la baja en los esfuerzos, consiguiendo un valor máximo de tracción de 32.2 Kg/cm<sup>2</sup>, superior al patrón con el concreto sustituido en un 3% de CCA. Para concreto mayor en sustitución de CCA, disminuye dicho valor.

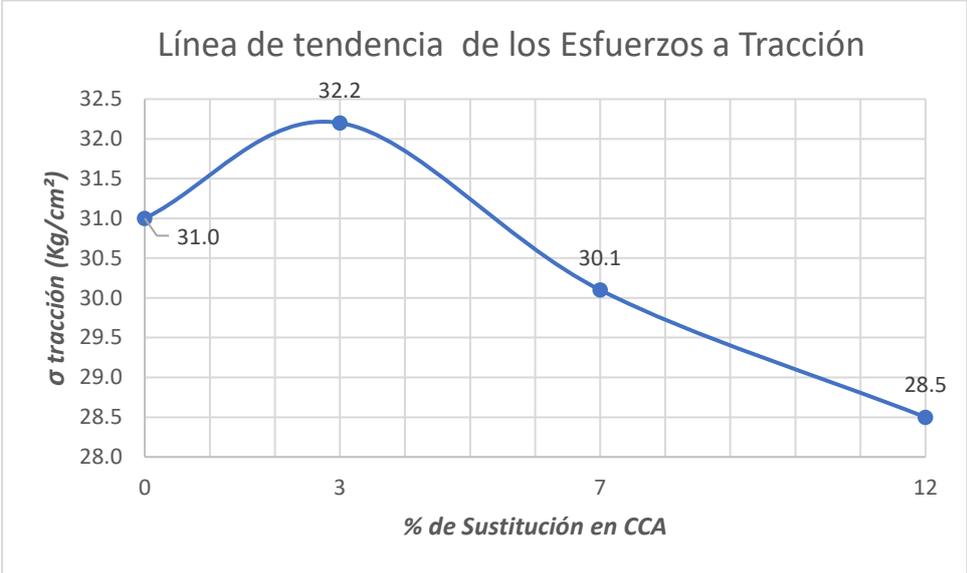


Figura 70. Línea de tendencia a baja, de los esfuerzos a Tracción de nuestros diseños de concreto.

Para efectos de obtener el valor en presados en porcentajes de aumento o disminución hacemos con esos valores el siguiente gráfico.

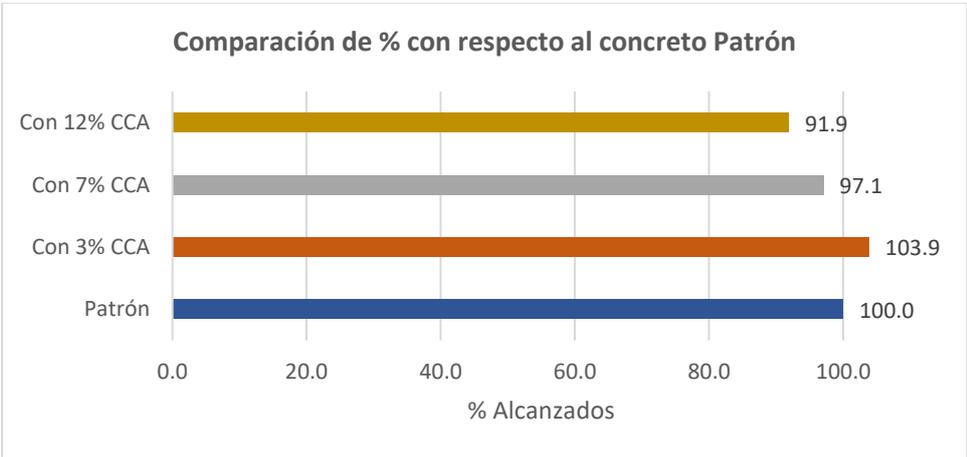


Figura 71. Porcentajes alcanzados de Esfuerzos a Tracción con respecto al concreto Patrón.

Donde observamos que con el 3% de CCA, se logra un aumento a los esfuerzos de tracción en el rango de los 3.9% con respecto al patrón.

#### 4.7 Diseño de Pavimento Rígido metodología AASTHO 93.

Para el cálculo del pavimento rígido, ósea del espesor de la losa que pueda resistir el peso calculado en los ejes equivalentes, se utiliza la siguiente formula

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_i) \times \text{Log}_{10} \left( \frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde primero tiene que definirse los parámetros que vamos a usar para dicho cálculo.

##### 4.7.1 Datos de ESAL (W18):

Para nuestro caso lo hallamos después de un estudio de tráfico en la zona del proyecto y cuyos resultados fueron

$$\#EE=W18 = 217376.451179$$

##### 4.7.2 Datos del CBR:

Para nuestro caso, hicimos calicatas y sometimos a nuestras muestras a un asentamiento por Proctor modificado, en laboratorio, para concluir los algunos resultados del CBR, y cuyo valor determinaremos que clase de suelo tenemos según la siguiente tabla.

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 33 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **24.9%**

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 40.9%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 30.4%

El valor que se toma es el menor correspondiente al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS), cuyo valor corresponde a un CBR de 24.9 %, lo que concluiríamos según la siguiente tabla a que es un suelo muy bueno.

**Tabla 37. Categorías de Subrasante**

Categorías de Subrasante	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	3 % ≤ CBR < 6 %
S2: Subrasante Regular	6 % ≤ CBR < 10 %
S3: Subrasante Buena	10 % ≤ CBR < 20 %
S4: Subrasante Muy Buena	20 % ≤ CBR < 30 %
S5: Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: *Elaboración propia basado en la guía del MTC según AASHTO 93.*

#### 4.7.3 Tipo de tráfico (Tp):

Teniendo un numero de ESAL de 217376.451, se puede buscar en el siguiente cuadro que valor de tipo de tráfico le corresponde según la metodología AASHTO por parte del MTC.

**Tabla 38. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 Tn, en el carril de diseño.**

Tipos Tráfico Pesado Expresado en EE	Rango de Tráfico Pesado Expresado en EE
TP1	>150,000 EE ≤ 300,000 EE
TP2	>300,000 EE ≤ 500,000 EE
TP3	>500,000 EE ≤ 750,000 EE
TP4	>750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: *Elaboración propia basado en la guía del MTC pág. 122.*

Lo que nos indica tomar el valor de TP1.

#### 4.7.4 Nivel de confiabilidad y desviación Estándar Normal

Para esos valores el manual de carreteras del MTC, nos brinda la siguiente tabla. Los valores a tomar serán:

$$R = 70 \%$$

$$Z_r = -0.524$$

**Tabla 39. 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 Camino	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)	Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%	-0.385
	TP1	150,001	300,000	70%	-0.524
	TP2	300,001	500,000	75%	-0.674
	TP3	500,001	750,000	80%	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Restos de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	TP9	7,500,001	10,000,000	90%	-1.282
	TP10	10,000,001	12,500,000	90%	-1.282
	TP11	12,500,001	15,000,000	90%	-1.282
	TP12	15,000,001	20,000,000	90%	-1.282
	TP13	20,000,001	25,000,000	90%	-1.282
	TP14	25,000,001	30,000,000	90%	-1.282
	TP15		> 30000000	95%	-1.645

Fuente: Elaboración propia basado en la guía del MTC.

#### 4.7.5 Desviación Estándar Combinada (S<sub>0</sub>) o Error estándar.

Valor que según AASHTO sería el promedio de valores comprendidos entre

0.30 < S<sub>0</sub> < 0.40, el cual sería de S<sub>0</sub> = 0.35

#### 4.7.6 Índice de serviciabilidad inicial y final

Condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios una condición segura y confortable al conducir en un determinado momento, antes el indicador era la opinión de los conductores. Ahora, al hacer un inventario de las fallas en el pavimento, se ha logrado plasmar en una fórmula matemática.

$$p = 5.03 - 1.91 \log (1 + Sv) - 0.01 (Cf + p) - 1.38 RD^2$$

Donde:

Sv: variación de la cota de la rasante

Cf: suma de las áreas fisuradas cada 1000 pies

P: Área de los baches en pies<sup>2</sup> por cada 1000 pies<sup>2</sup> de pavimento

RD: Profundidad media de ahuellamiento en pulgadas.

Valores que se han logrado plasmar en la siguiente tabla:

**Tabla 40. Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi), Índice de Serviciabilidad Terminal (Pt), Diferencial de Serviciabilidad según Rango de Tráfico**

Tipo de Camino	Tráfico	Ejes Equivalentes Acumulados	Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	Índice de Serviciabilidad Final (PT)	Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Restos de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10,000,001	12,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15	> 30000000		4.50	3.00	1.50

Fuente: Elaboración propia basado en la guía del MTC.

Y que para nuestro caso tomamos como  $\Delta$ PSI=2.10

#### 4.7.7 Resistencia Media del Concreto (Mr):

Para este valor tomaremos el recomendado por la metodología AASHTO 93

**Tabla 41. Valores Recomendados de Resistencia del Concreto según rango de Tráfico.**

Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE	Resistencia Mínima a la Flexo tracción del concreto (Mr)	Resistencia Mínima Equivalente Equivalente a la Compresión del Concreto (F'c)
$\leq 5'000,000$ EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
$>5'000,000$ EE $\leq 15'000,000$ EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
$> 15'000,000$ EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia basado en la guía del MTC.

Pero, nuestro diseño lo haríamos con la resistencia reemplazando con 3% CCA, que según los ensayos en laboratorio nos dieron:

$$F'c=305.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$Mr = 42.1 \text{ kg/cm}^2$$

Sabemos por formula que:  $Mr = a \sqrt{f'c}$  según ACI 363

$$42.1 = a \sqrt{305.3}$$

$$a = \frac{42.1}{\sqrt{305.3}} = 2.41$$

#### 4.7.8 Módulo de Elasticidad del concreto.

Según el AASHTO 93, establece que dicho valor puede ser establecido por una formula otorgada por el ACI

$$E = 57000x f'c^{0.5}$$

Pero,  $F'c$  debe estar en PSI, para lo cual nuestro valor de resistencia a la compresión de concreto adicionando 3% de CCA, con el cual vamos a diseñar nuestra losa será:

Transformando  $F'c=305.3 \text{ kg/cm}^2$  PSI

$$f'c = \left( \frac{14.2233 \text{ PSI}}{1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}} \right) x 305.3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 4341.96 \text{ PSI}$$

Luego aplicamos este valor en la formula anterior.

$$E = 57000x(4341.96)^{0.5} = 3755932.37958$$

#### 4.7.9 Módulo de Reacción de la Subrasante (K<sub>o</sub>).

Para dichos cálculos de manera empírica, tenemos un cuadro que representa la relación aproximada entre la clasificación de los suelos y las diferentes pruebas experimentales, según el Manual de la Asociación de Cemento Portland: Subrasantes y subbases para pavimentos de hormigón - Skokie PCA 1971.

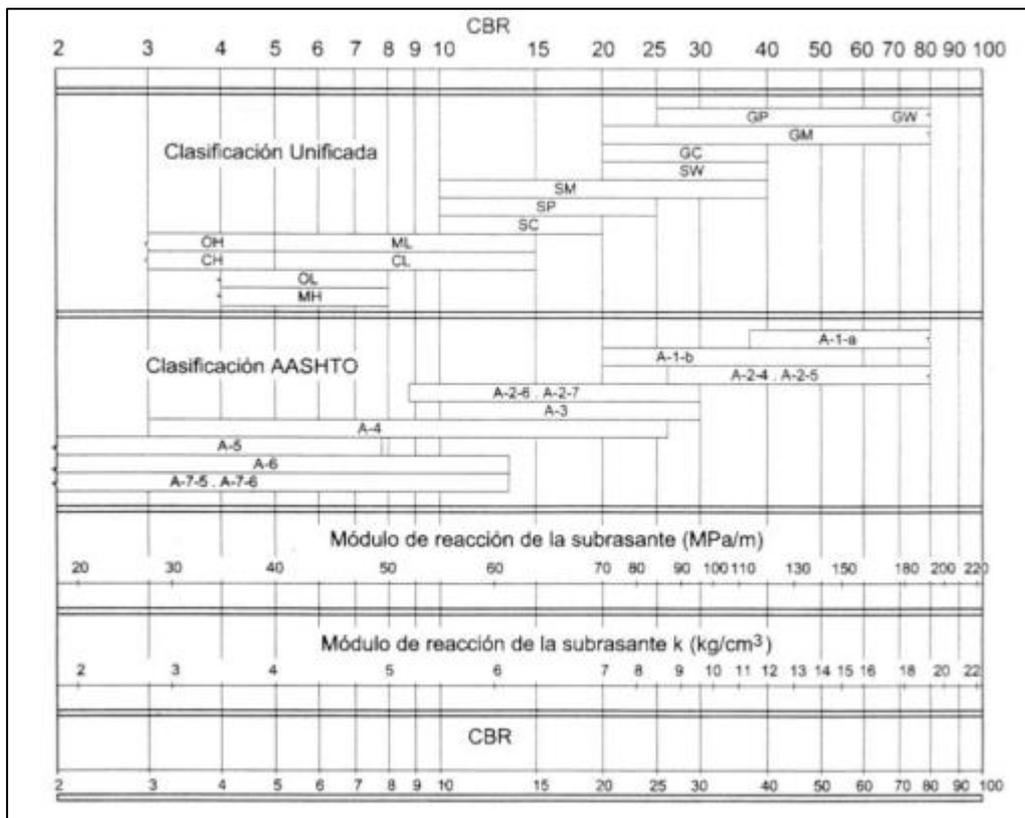
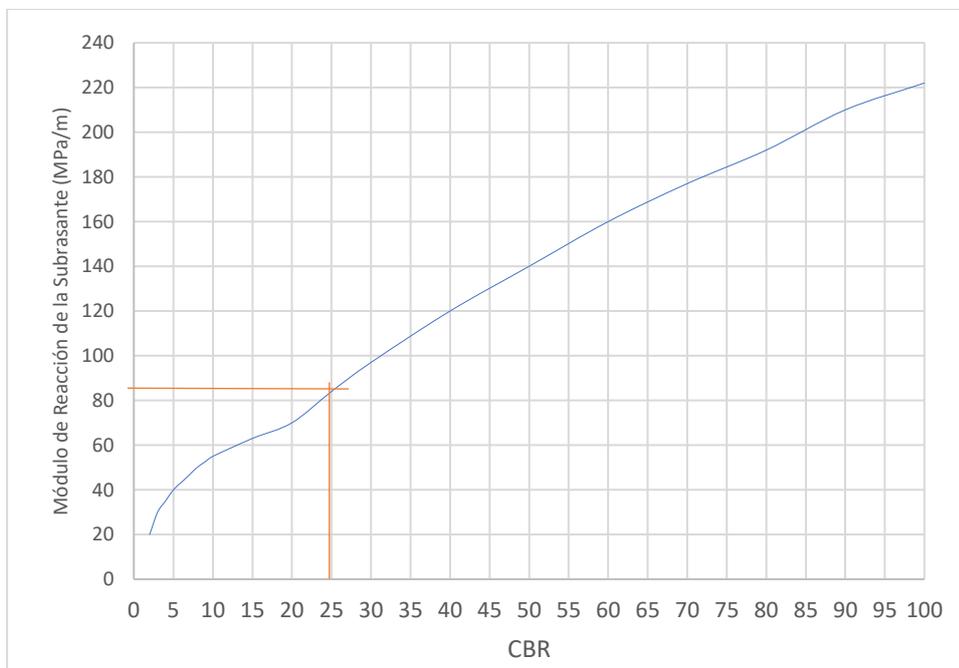


Figura 72. Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante.

Valores que graficaremos en ejes coordenados para establecer un cálculo de dicho modulo según el CBR obtenido de nuestro suelo que es 24.9 %



Lo que nos da un  $K_0 = 84 \text{ Mpa/m}$

O también  $K_0 = 8.4 \text{ Kg/cm}^3$  (297.36 pci)

#### 4.7.10 Coeficiente de drenaje (Cd)

Para esto se saturó en un 85% el suelo donde se va a establecer la vía, y se observó que el agua se secó entre 2 a 5 horas, por lo que puede clasificarse según la tabla siguiente como Bueno.

**Tabla 42. Condiciones de drenaje**

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Fuente: *Elaboración propia basado en el manual AASHTO*

Podemos establecer que en Piura llueve desde diciembre, enero, febrero, marzo y abril, ósea 5 meses, por lo que se puede establecer con una regla de tres simple que:

12 meses.....100 % llluvias

5 meses..... 41.7 % Lluvias.

**Tabla 43. Coeficiente de drenaje de las Capas Granulares (Cd)**

CALIDAD DE DRENAJE	% de tiempo en que el pavimento está 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

Fuente: *Elaboración propia basado en el manual AASHTO.*

Como se puede observar, el tiempo expuesto a la lluvia es mayor a 25%, en un suelo de drenaje bueno, por lo tanto, le corresponde un coeficiente de drenaje:

Cd = 1.00

#### 4.7.11 Coeficiente de transmisión de Carga (J):

La metodología AASHTO nos brinda una tabla de valores a elegir, el cual será J=3.8

**Tabla 44. Valores de Coeficiente de transmisión de Carga J**

TIPO DE	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
BERMA VALORES				
J	3.2	3.8 -3.44	2.8	3.8

Fuente: *Elaboración propia basado en el manual AASHTO.*

#### 4.7.12 Espesor de Losa

En resumen, los datos que tenemos y que vamos a usar en el diseño del espesor de la losa de pavimento rígido son:

ESAL	W18	217376.45	
Confiabilidad	R	70.00%	
Desviación estándar	Zr	-0.52	
Desviación Estándar	S0	0.35	
serviciabilidad	ΔPSI	2.10	
	S. inicial Pi	4.10	
	S final Pt	2.00	
Módulo de rotura	Mr	42.70	kg/cm <sup>2</sup>
	Mr	607.35	psi
Coef. Drenaje	Cd	1.00	
Coef. Transmisión de carga	J	3.80	
Módulo de elasticidad	E	3755932.38	
Mod Reacción			
Subrasante	K	84.00	
	K	297.36	pci

Empezamos por la Ecuación final de diseño según AASTHO 93.

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{(4.5-1.5)}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32p_t) \log\left[\frac{S_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{k})^{0.25}})}\right]$$

Hacemos uso de una Excel, para que haga las iteraciones necesarias

REEMPLAZANDO LOS DATOS OBTENIDOS EN LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

**ECUACION BASICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO**

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_f) \log_{10} \left[ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.03 J \left( D^{0.75} - \frac{18.42}{\left( \frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right]$$

**A** **B**

USO DE FORMULA CON EL PROCEDIMIENTO	
W18	2.17E+05
Zr	-0.524
So	0.35
ΔPSI	2.10
S'c	659
Cd	1.00
Ec	3755932
k	297.36
J	3.80
Pt	2.00
<b>D</b>	<b>6.80</b>

IGUALDAD	
A =	5.337
B =	6.319

**DISEÑO TEORICO**



**DIMENSIONES FINALES**



CONCLUSION y criterio tecnico se da una aproximacion al siguiente valor entero lo que nos da un diseño final de 20 cm o 8 pulg

Figura 73. Hoja de cálculo para espesor de losa de pavimento rígido (fuente: escuela CivilGeeks)

La subbase granular es opcional, pues el CBR mostrado llega a valores del 29.4 %, pero muchas veces se coloca una capa de 0.15 metros para evitar el contacto con el suelo y obtener una mayor estabilidad, y una base plana desde el punto de vista geométrico.

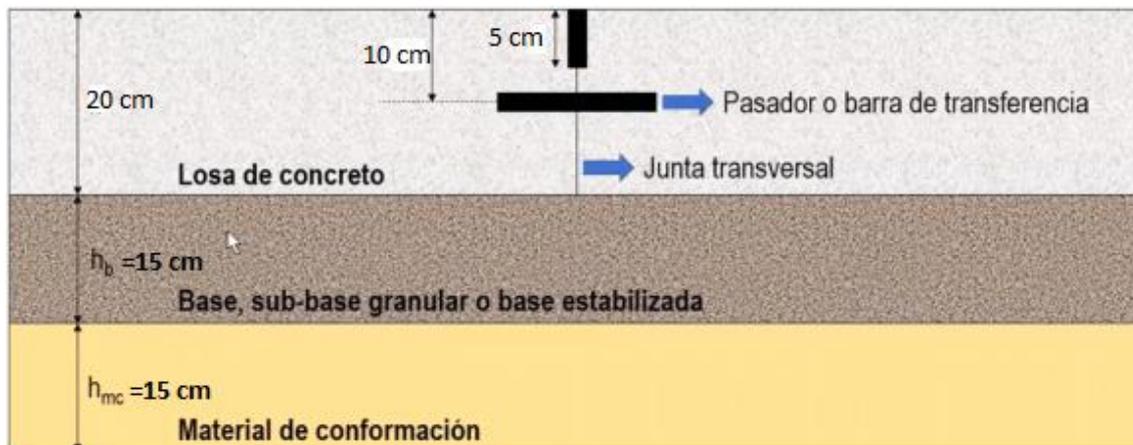


Figura 74. Perfil de la losa

Una vez hallado el espesor de losa, calculemos ahora las dimensiones de la losa, para lo cual, geoméricamente recomendamos un ancho de losa de 3.5 metros y para el largo consideramos 3 criterios:

$$L_{m\acute{a}x.} = 1.25 (\text{ancho de carril}) = 1.25(3.5\text{m}) = 4.375 \text{ m.} \approx 4.5\text{m}$$

$$L_{m\acute{a}x.} = 25(\text{espesor}) = 25 (0.20 \text{ m}) = 5 \text{ m}$$

$$L_{m\acute{a}x.} = 6 \text{ m}$$

De los cuales se toma el menor, ósea L= 4.5 metros

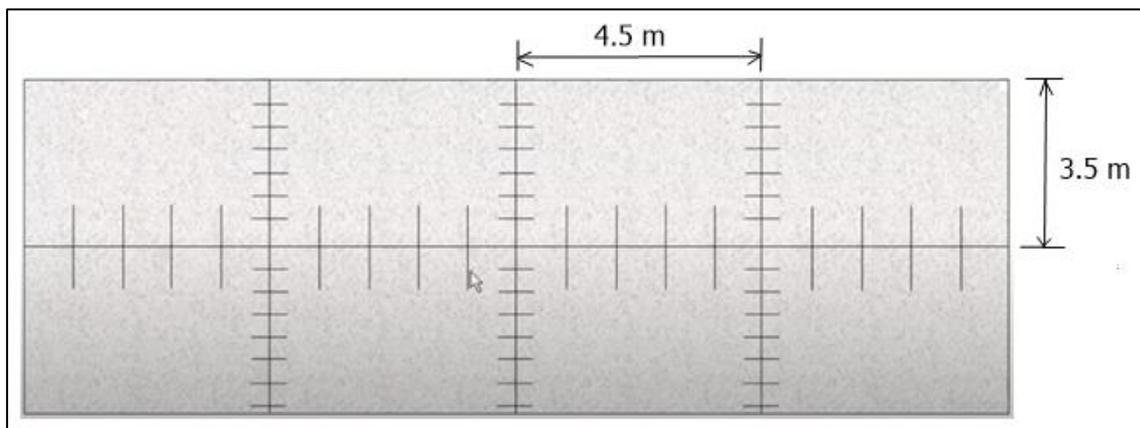


Figura 75. Vista de planta de losa de pavimento

Para las juntas de transversales, las barras que transfieren las cargas o dowells se diseñan de acuerdo al siguiente criterio:

**Tabla 45. Diámetros y longitudes recomendados para pasadores.**

<i>Espesor de Losa(cm)</i>	<i>Diámetro del pasador (Pulg.)</i>	<i>Longitud del pasador (cm)</i>	<i>Separación entre barras (cm)</i>
14 -15	3/4	35	
16 -18	7/8	35	
19 -20	1	35	
21 -23	1 1/8	40	30
24 -25	1 1/4	45	
26 -28	1 3/8	45	
29 -30	1 1/2	50	

**Fuente:** *Elaboración propia basado en el manual MTC.*

De acuerdo a esta tabla, utilizaremos barras lisas de 1 pulgada de diámetro, cuya longitud es de 0.35 metros, y colocados de manera que la separación entre cada uno de ellas es 0.3 metros.



Figura 76. Colocación de Dowells.

Y, por último, para el diseño de barras de amarre de las juntas longitudinales utilizaremos el criterio de:

**Tabla 46. Diámetros y longitudes recomendados en barras de amarre**

Acero de $f_y=280$ Mpa												
H (cm)	Barra de $\Phi 3/8''$			Barra de $\Phi 1/2''$			Barra de $\Phi 5/8''$					
	L (cm)	S (cm)			L (cm)	S (cm)			L (cm)	S (cm)		
		3.05	3.35	3.65		3.05	3.35	3.65		3.05	3.35	3.65
15		80	75	65	120	120	120	120	120	120	120	
17.5		70	60	55	120	110	100	120	120	120	120	
20	45	60	55	50	60	105	100	90	70	120	120	120
22.5		55	50	45		95	85	80	120	120	120	
25		45	45	40		85	80	70	120	120	120	

Fuente: *Elaboración propia basado en el manual MTC.*

Según la recomendación, expresada en esta tabla, utilizaremos barras de acero de  $f_y=280$  Mpa, de diámetro 3/8 de pulgada, cuya longitud será de 45 centímetros, colocados de manera separada a una distancia de 55 centímetros cada una de ellas.

#### 4.8 Resultados sobre las ventajas económicas.

Para hacer un cálculo de las ventajas económicas que representa el hacer uso de un concreto con sustitución de una parte de cemento usado con un 3% de ceniza de cascara de arroz

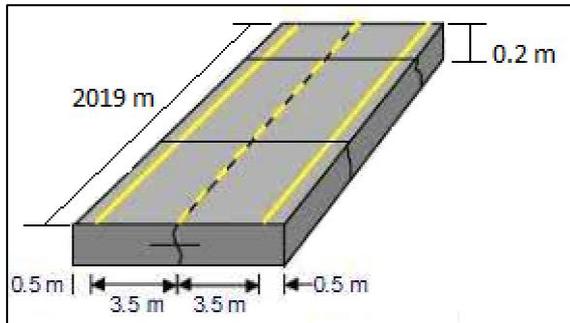


Figura 77. Dimensiones de la vía

necesitamos calcular el volumen de concreto a usarse en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro, cuyas dimensiones podemos establecer mediante el gráfico.

$$V = \text{Longitud} \times \text{Ancho} \times \text{espesor}$$

$$V = (2019 \text{ m})(8 \text{ m})(0.2 \text{ m}) = 3230.4 \text{ m}^3$$

Lo que, nos lleva a concluir que necesitamos 3230.4 m<sup>3</sup> de concreto para poder pavimentar dicha vía.

También, por nuestro diseño de concreto de  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ , sabemos que por cada cubo de concreto usamos 435 Kg de cemento (10.2 bolsas de cemento), y al reemplazar una parte por CCA, ahorraremos en cemento el 3%, por lo cual por cada cubo:

$$3\% \text{ de } \frac{\text{cemento}}{\text{cubo}} = \frac{3}{100} \times (435 \text{ kg}) = 13 \text{ Kg cemento/cubo}$$

Ahora para 3230.4 m<sup>3</sup> se ahorra en cemento.

$$\text{Total ahorro} = 13 \frac{\text{Kg cemento}}{\text{cubo}} \times (3230.4 \text{ cubos}) = 41995.2 \text{ Kg cemento}$$

Cantidad que en bolsas de cemento de 42.5 Kilos cada bolsa, representa un ahorro de 988.12 bolsas de cemento.

Lo que, en soles, actualmente significaría un ahorro de

$$988.12 \text{ bolsas} \left( 28.5 \frac{\text{soles}}{\text{bolsa}} \right) = 28161.42 \text{ soles}$$



Figura 78. Precio actualizado al 28Nov. fuente-Sodimac

También consideramos el gasto en la quema de la cáscara de arroz, cáscara de arroz, para la obtención de la ceniza. Prácticamente la cáscara fue obtenida sin generar algún costo, pues es considerado en Piura un desecho.

La quema, si bien es cierto, nosotros lo hicimos mediante un laboratorio, que tuvo un costo, pero fue con fines estudio, lograr la identificación de los componentes químicos, pero para el proyecto utilizaríamos las cenizas generadas de manera artesanal.

#### **4.9 Resultados sobre la cantidad de residuos sólidos generados.**

Por el análisis termo gravimétrico se observó que se obtuvo estos resultados:

Cantidad inicial de cáscara de arroz: 11.254 mg (0.011254 Kg)

Cantidad de ceniza obtenida en %: 18.94% (11.254 mg)

Cantidad de ceniza obtenida en mg: 2.131 mg (0.002131 Kg)



Figura 79. Cálculo de Cáscara de arroz reducida a cenizas en peso (Kg).

Por cada m<sup>3</sup> de concreto con el 3% de CCA se necesitará 13 Kg de ceniza, entonces para obtener dicha cantidad, necesitaremos:

$$13 \text{ Kg. ceniza} \left( \frac{0.011254 \text{ Kg. cáscara}}{0.002131 \text{ Kg ceniza}} \right) = 68.7 \text{ Kg de Cáscara Arroz}$$

Ósea, necesitamos 68.7 Kg de cáscara de arroz para producir 01 cubo de concreto con 3%de CCA, aplicamos una regla de tres simple y calculamos cuanto de cascara de arroz necesitaremos para hacer dicho concreto que cubra la necesidad y poder pavimentar la Av. Sánchez Cerro.

$$3230.4 \text{ m}^3 \text{ de concreto} \left( \frac{68.7 \text{ Kg cáscara}}{1 \text{ m}^3} \right) = 221928.48 \text{ Kg cáscara de arroz}$$

Lo que nos lleva a establecer que para pavimentar toda la extensión de la Av. Sánchez Cerro con concreto con 3% de ceniza de cáscara de arroz, necesitaríamos 221.9 tn. de cáscara de arroz, con ello estaríamos colaborando en parte de la mitigación de dicho residuo agroindustrial.

Como punto final elaboramos una tabla en la cual ponemos a manifiesto los objetivos a alcanzar y los resultados obtenidos en este proyecto de investigación.

**Tabla 47. Resumen de resultados.**

	<b>OBJETIVOS</b>	<b>RESULTADOS</b>
<b>GENERAL</b>	Evaluar los efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro – Piura.	Se evaluó con resultados positivos solo al 3% de CCA
	Determinar el comportamiento físico-mecánico del concreto al incorporar cenizas de cascara de arroz en el pavimento rígido en la Av. Sánchez Cerro - Piura.	Se determinó el comportamiento físico-mecánico, al 3, 7 y 12% de CCA
<b>ESPECÍFICOS</b>	Determinar el diseño del pavimento rígido incorporando la ceniza de cáscara de arroz en el concreto de la Av. Sánchez Cerro -Piura	Se hizo el diseño
	Analizar las ventajas económicas producidas al hacer uso de la ceniza de cáscara de arroz en el concreto del pavimento rígido en la Av. Sánchez Cerro – Piura.	Se determinó un ahorro de 28,161.42 soles.
	Determinar la cantidad de residuo solido generada por la cáscara de arroz el cual será empleado en el concreto de la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro- Piura.	Se determinó la cantidad de cáscara usada: 221.9 Tn.

**Fuente:** *Elaborado por el autor.*

## V. DISCUSIÓN

Podemos establecer que nuestro trabajo difiere mucho con las conclusiones obtenidas por otros autores, mientras que para nosotros, solo el 3% de CCA incluido en nuestro diseño de concreto mostró mejorías en las propiedades físico-mecánicas (en la resistencia a la compresión del 1.6 %) y en valores superiores al 7 y 12% de CCA, más bien estas resistencias decaen; en tanto en el trabajo de investigación de Rodríguez & Tibabuzo (2019), en el cual evaluaron el uso de 10% de CCA como aditivo del cemento en mezclas de concreto con  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ , les mostró mejorías en la resistencia a la compresión hasta de un 10%.

En cambio, el trabajo de tesis de Arevalo & Lopez (2020) realizada en la Región San Martín, se asemeja mucho a nuestros resultados, pero su evaluación fue en un concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  y en porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6%; concluyendo que para un 2%, consiguió la mejor resistencia que fue del 1.18% con respecto a su concreto patrón.

También hay algo de concordancia respecto a la tesis de Martínez & Oyanguren (2019), desarrollado en un concreto  $280\text{ Kg/cm}^2$  con CCA, llegó a la conclusión de que el diseño experimental del 5% demostró una mayor resistencia del 3,2% sobre el diseño convencional, mientras que nuestro trabajo evalúa entre 3 y el 7% de CCA donde dicha resistencia cae en un 2.8% con respecto a nuestro concreto patrón.

También podemos establecer que diferimos mucho respecto a la tesis de Aliaga & Badajos (2018), desarrollado en el departamento de Ucayali pues hicieron su trabajo con una sustitución de cemento del 10%, 15% y 20%; consiguiendo un mejor resultado de elevación en un 2.32% con respecto a su concreto normal, en la resistencia a la compresión, con un reemplazo del 10% del cemento pero coincidimos en que la trabajabilidad disminuye al aumentar la sustitución del cemento por CCA. Ya que en nuestro de investigación el asentamiento se fue reduciendo de un diseño patrón 4 pulgadas, para luego presentar en el de diseño de 3% de CCA con 3.4 pulgadas, seguido por el de 7% de CCA presento un asentamiento de 3 pulgadas y por último el de 12% de CCA que presento 2.3 pulgadas de asentamiento. Es por eso que podemos concluir en base a nuestros resultados que solo en porcentajes bajos entre el 1 al 5% de incluir la ceniza de cascara de arroz en el concreto, esperamos una mejora de la propiedad física más importante que es la

resistencia a la compresión. Mayores porcentajes, por el contrario, disminuirá dichas resistencias y trabajabilidad.

## **VI. CONCLUSIONES**

**6.1** Se establece que el diseño de concreto con una dosificación, reemplazando el 3% de la cantidad de cemento por CCA, mejoró el comportamiento físico mecánico, obteniendo una elevación en la resistencia a la compresión del 1.6% con respecto al concreto patrón, también un módulo de rotura de 42.1 Kg/cm<sup>2</sup>, un aumento del 3.9% en resistencia a la tracción, pero la trabajabilidad (slump) disminuye en forma lineal.

**6.2** Con respecto al diseño de pavimento, utilizando CCA y aplicando la metodología AASHTO, llegamos a un espesor de losa de 17 cm., pero que, se aproxima al siguiente valor en múltiplos de 5, al valor de 20 cm., no muestra gran diferencia al diseño de pavimento de la Av. Sánchez Cerro con un concreto normal.

**6.3** Se puede concluir que, al utilizar un concreto con 3% de CCA como reemplazo del cemento en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro, aparte de ofrecer mejoras en el comportamiento físico mecánico, estaríamos dejando de utilizar 41995. 2 kilogramos de cemento que representa 988.12 bolsas de cemento, de 42.5 Kilogramos cada uno; logrando un ahorro de 28161.42 soles con el precio actualizado a noviembre del 2023 con un precio unitario de 28.50 soles cada bolsa de cemento.

**6.4** Se concluye que para pavimentar toda la extensión de la Av. Sánchez Cerro de 2019 metros de longitud con concreto adicionado al 3% de ceniza de cáscara de arroz como reemplazante de cemento, necesitaríamos 221.9 toneladas de cáscara de arroz, para producir la cantidad necesaria de ceniza de dicho cereal, con ello estaríamos colaborando en parte de la mitigación de este residuo agroindustrial.

**6.5** Se concluye que la ceniza de cáscara de arroz obtenidas en Piura influye favorablemente en la pavimentación de dicha vía, además la ceniza nos ofrece un 79.23% de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), reactivo principal conocido como sílice, de diversos usos en el área de la construcción y en especial en la fabricación del cemento y un 7.905 % de cal u oxido de calcio (CaO), los cuales muestran unos efectos favorables en las propiedades físico mecánicas del concreto diseñado con dicha ceniza para ser usado en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro, pero en porcentajes menores ya que superior al 7% nos mostró efectos negativos en las propiedades anteriormente mencionadas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

**7.1** Se recomienda hacer un tratamiento minucioso en la recolección de cascara de arroz, luego de ello un lavado con agua potable, un secado previo al aire libre y en zona no contaminada.

**7.2** Se sugiere hacer la calcinación de la cáscara de arroz en un horno a una temperatura controlada de aproximadamente los 700°C, por un promedio de 2 horas, para obtener mejores resultados, refiriéndome a ello como una calcinación pareja, un polvo de mayor finura, y mayores porcentajes de óxido de calcio (Cal) y dióxido de Silicio.

**7.3** Se aconseja también que, después de la calcinación y obtener la ceniza pasarlo por un tamiz N°40 para asemejar la finura del cemento.

**7.4** Se recomienda, a los futuros tesisistas establecer un rango de estudios de porcentajes más bajos que fluctúen entre el 1 y 5 % de reemplazo en CCA por cemento, para poder hallar cual es el más adecuado, el que ofrece mayores mejorías en las propiedades físico mecánicas y poder plasmarlos en las ejecuciones de las obras civiles.

**7.5** Se sugiere también, hacer un análisis de los elementos puzolánicos obtenidos en diferentes regiones del Perú y hacer una data con ello. Ya que, por factores de clima, suelo, y otros podría variar los porcentajes de dichos elementos.

## REFERENCIAS

- AL-ALWAN, A.A.K., AL-BAZOOK, M., I.MUSSA, F., ALALWAN, H.A., HATEM SHADHAR, M., MOHAMMED, M.M. y MOHAMMED, M.F., 2022. The impact of using rice husk ash as a replacement material in concrete: An experimental study. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* [en línea], no. xxxx, ISSN 10183639. DOI 10.1016/j.jksues.2022.03.002. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2022.03.002>.
- ALIAGA, J. y BADAJOS, Q., 2018. *Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto f'c 210kg/cm2, Atalaya, Ucayali – 2018*. [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34374>.
- AMBEDKAR, B., ALEX, J. y ALEX, J., 2017. Enhancement of mechanical properties and durability of the cement concrete by RHA as cement replacement: Experiments and modeling. *Science Direct* [en línea], Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817309066>.
- ANDREW, R.M., 2019. Global CO 2 emissions from cement production , 1928 – 2018. *Earth System Science Data* [en línea], Disponible en: <https://com-mendeley-prod-publicsharing-pdfstore.s3.eu-west-1.amazonaws.com/4743-CC-BY-2/10.5194/essd-11-1675-2019.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEBwaCWV1LXdlc3QtMSJHMEUCIEBZ3TNBSQ05hdrv6QCclwEfrmuAUGD%2FQqqsfWGbW3gEAiEAquAqNLKBALSaZfIozco3Za7uY>.
- AREVALO TORRES, A. y LOPEZ DEL AGUILA, L., 2020. Adición De Ceniza De La Cascarilla De Arroz Para Mejorar Las Propiedades De Resistencia Del Concreto En La Region De San Martin. *Universidad Nacional de San Martin* [en línea], Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3740?show=full>.
- BIXAPATHI, G. y SARAVANAN, M., 2022. Strength and durability of concrete using Rice Husk ash as a partial replacement of cement. *Materials Today: Proceedings* [en línea], vol. 52, [consulta: 26 abril 2023]. ISSN 22147853. DOI 10.1016/J.MATPR.2021.11.267. Disponible en: [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321072825#:~:text=It very well may be,for M20 grade concrete mix](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321072825#:~:text=It%20very%20well%20may%20be,for%20M20%20grade%20concrete%20mix).
- DELGADO SALAZAR, P.J., 2022. *Analisis y estudios de suelos con fines de pavimentacion para el mejoramiento de la avenida el sol tramo comprendido*

- entre la avenida pachacutec y la antigua panamericana sur, distrito de Villa El Salvador, Lima* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31742/Delgado Salazar%2C Paty Juliana.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31742/DelgadoSalazar%2C%20Paty%20Juliana.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- FAPOHUNDA, C., AKINBILE, B. y SHITTU, A., 2017. Structure and properties of mortar and concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement – A review. *International Journal of Sustainable Built Environment* [en línea], vol. 6, no. 2, ISSN 22126104. DOI 10.1016/j.ijbsbe.2017.07.004. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2017.07.004>.
  - GARRETT, T.D., CARDENAS, H.E. y LYNAM, J.G., 2020. Sugarcane bagasse and rice husk ash pozzolans: Cement strength and corrosion effects when using saltwater. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry* [en línea], vol. 1-2, no. January, ISSN 26660865. DOI 10.1016/j.crgsc.2020.04.003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2020.04.003>.
  - GOPAL, M., 2022. Types of Pavements - Flexible Pavements and Rigid Pavements. [en línea]. [consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <https://theconstructor.org/transportation/types-of-pavement-flexible-and-rigid-pavement/9570/>.
  - HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA TORRES, C.P., 2018. *Metodología de la investigación Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 978-1-4562-6096-5. Disponible en: [http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf](http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología%20de%20la%20investigación.pdf).
  - HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C., 2018. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, calitativa y mixta*. Ciudad de México: Mc Graw-Hill. ISBN 978-1-4562-6096-5.
  - IGBA, U.T., EHIKHUENMEN, S.O., AKINYELE, J.O., OSAGHALE, M.O. y OYEBISI, S.O., 2019. The effect of partial replacement of Nigerian Portland limestone cement with rice husk ash agricultural waste in concrete. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 640, no. 1, ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/640/1/012041. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/640/1/012041/pdf>.
  - INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA, 2010. Norma técnica ce.

- 010 pavimentos urbanos. [en línea], Disponible en: [https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos\\_Urbanos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf).
- INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD., 2022. CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos. 8ª Edición. *INACAL* [en línea], Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inacal/normas-legales>.
  - INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD, 2022. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 4ª Edición. *INACAL* [en línea], Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-santo-toribio-de-mogrovejo/tecnologia-del-concreto/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas-compress/17223149>.
  - INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD, 2023. CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. 5ª Edición. *INACAL* [en línea], Disponible en: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
  - INTITUTO NACIONAL DE CALIDAD, 2022. CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos. Método de ensayo. 4ª Edición. *INACAL* [en línea], Disponible en: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/catalogo-bibliografico>.
  - ISBERTO, C.D., LABRA, K.L., LANDICHO, J.M.B. y DE JESUS, R., 2019. Optimized preparation of rice husk ash (RHA) as a supplementary cementitious material. *International Journal of GEOMATE* [en línea], vol. 16, no. 57, ISSN 21862982. DOI 10.21660/2019.57.4628. Disponible en: <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/2810/2397>.
  - JAYANT, B., 2013. *Mineral Admixtures in Cement and Concrete* [en línea]. S.I.: s.n. Disponible en: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YyNSX7EceVUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=%22RICE+HUSK+ASH%22+%22HARD+GROUND%22&ots=8a6175GtDu&sig=vfoQjZ71-Ajl7cbl0kQD\\_n6G6g#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=YyNSX7EceVUC&oi=fnd&pg=PP1&dq=%22RICE+HUSK+ASH%22+%22HARD+GROUND%22&ots=8a6175GtDu&sig=vfoQjZ71-Ajl7cbl0kQD_n6G6g#v=onepage&q&f=false).
  - JHA, P. y PATHAK, A., 2023. Strength prediction of sustainable concrete incorporating rice husk ash by using regression technique. *Materials Today: Proceedings* [en línea], vol. 74, [consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2214-7853. DOI

- 10.1016/J.MATPR.2022.08.404. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785322055936>.
- JITTIN, V., BAHURUDEEN, A. y AJINKYA, S.D., 2020. Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products. *Journal of Cleaner Production* [en línea], vol. 263, [consulta: 27 abril 2023]. ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/J.JCLEPRO.2020.121578. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620316255>.
  - KHAN, W., SHEHZADA, K., BIBI, T., UL ISLAM, S. y WALI KHAN, S., 2018. Performance evaluation of Khyber Pakhtunkhwa Rice Husk Ash (RHA) in improving mechanical behavior of cement. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 176, [consulta: 27 abril 2023]. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.04.213. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818310304>.
  - MANUBOTHULA, S. y GORRE, M., 2022. Influence of rice husk ash on compressive strength of an aerated concrete. *Materials Today: Proceedings* [en línea], vol. 65, [consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/J.MATPR.2022.05.320. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221478532203615X>.
  - MARTINEZ URTECHO, F.A. y OYANGUREN GALLO, L.J., 2019. *Diseño y evaluación de concreto especial con cenizas de cáscara de arroz (RHA) para aumentar la durabilidad de las estructuras frente a la exposición al ambiente marino* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
<http://hdl.handle.net/10757/628220>[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628220/Martinez\\_UF.pdf?sequence=3](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628220/Martinez_UF.pdf?sequence=3).
  - MIDAGRI, 2022. El Agro en cifras. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación* [en línea], Disponible en:  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2861470/Boletín Mensual %22El Agro en Cifras%22 - Diciembre 2021.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2861470/Boletín%20Mensual%20El%20Agro%20en%20Cifras%20-%20Diciembre%202021.pdf).
  - MORALES GARCIA, A. y QUINDE GRANADINO, J., 2021. *Análisis del Deterioro del Pavimento en la Av Tomas Eliseo Velasquez, en la Provincia de Ayabaca - Region Piura* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en:  
<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3199/ICIV-MOR-QUI-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
  - ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*

- [en línea]. S.l.: s.n. vol. 53. ISBN 9788578110796. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf).
- NGUYEN, D.T., NGUYEN, N.T., PHAM, H.N.T., PHUNG, H.H. y NGUYEN, H. Van, 2020. Rice husk ash and its utilization in soil improvement: An overview. *Journal of Mining and Earth Sciences* [en línea], vol. 61, no. 3, ISSN 18591469. DOI 10.46326/jmes.2020.61(3).01. Disponible en: [http://jmes.humg.edu.vn/images/paper/2020/61\\_3/01](http://jmes.humg.edu.vn/images/paper/2020/61_3/01). Nguyen Thanh Danh 1-11.pdf.
  - OGBONNA, A. y ABUBAKAR, M., 2021. Application of rice husk ash as supplementary cementitious material in continuously reinforced concrete pavement construction. [en línea], Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2637401052>.
  - OZTURK, E., INCE, C., DEROGAR, S. y BALL, R., 2022. Factors affecting the CO2 emissions, cost efficiency and eco-strength efficiency of concrete containing rice husk ash: A database study. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 326, [consulta: 27 abril 2023]. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.126905. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061822005918>.
  - PASTOR, L. y REYES, D., 2022. Propiedades Físicas De Un Concreto Permeable Aplicado a Un Pavimento Rígido En Trujillo, Perú. [en línea], Disponible en: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/9216/1/REP\\_LUIS.PASTOR\\_DIEGO.REYES\\_PROPIEDADES.FÍSICAS.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/9216/1/REP_LUIS.PASTOR_DIEGO.REYES_PROPIEDADES.FÍSICAS.pdf).
  - PATAH, D. y DASAR, A., 2022. Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM). *Journal of the Civil Engineering Forum* [en línea], vol. 8, no. September, ISSN 2581-1037. DOI 10.22146/jcef.3488. Disponible en: [http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!%40file\\_artikel\\_abstrak/lsi\\_Artikel\\_483964347320.pdf](http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/t!%40file_artikel_abstrak/lsi_Artikel_483964347320.pdf).
  - RIZWAN KHAN, A., SEEMA y TIWARY, A.K., 2021a. Strength Properties of Foamed Concrete Containing Blends of Rice Husk Ash (RHA). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea], vol. 889, no. 1, ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/889/1/012031. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/889/1/012031/pdf>.

- RIZWAN KHAN, A., SEEMA y TIWARY, A.K., 2021b. Strength Properties of Foamed Concrete Containing Blends of Rice Husk Ash (RHA). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea], vol. 889, no. 1, ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/889/1/012031. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2607342507/1AABF08711194A14PQ/1?aaccountid=37408&forcedol=true&forcedol=true>.
- ROCHA, J.H.A., TOLEDO FILHO, R.D. y CAYO-CHILENO, N.G., 2022. Sustainable alternatives to CO2 reduction in the cement industry: A short review. *Materials Today: Proceedings* [en línea], vol. 57, [consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/J.MATPR.2021.12.565. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785322000013>.
- RODRÍGUEZ DE SENSALÉ, G., 2006. Strength development of concrete with rice-husk ash. *Cement and Concrete Composites* [en línea], vol. 28, no. 2, [consulta: 29 abril 2023]. ISSN 0958-9465. DOI 10.1016/J.CEMCONCOMP.2005.09.005. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946505001022>.
- RODRIGUEZ SANCHEZ, A. y TIBABUZO JIMENEZ, M., 2019. Evaluacion de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidraulico. *Progress in Retinal and Eye Research* [en línea], vol. 561, no. 3, ISSN 13509462. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/15589/2019anyirodriguez?sequence=1&isAllowed=y>.
- SAAND, A., ALI, T., KEERIO, M.A. y BANGWAR, D.K., 2019. Experimental Study on the Use of Rice Husk Ash as Partial Cement Replacement in Aerated Concrete. *Engineering, Technology & Applied Science Research* [en línea], vol. 9, no. 4, ISSN 2241-4487. DOI 10.48084/etasr.2903. Disponible en: <https://etasr.com/index.php/ETASR/article/view/2903/pdf>.
- SANCHAYA, M., HARIKARAN, M., CHERAN, K., VAROON, M., JAYAPRAKASH, P. y NAVIN, G., 2022. Experimental investigation on rice husk ash and coconut shell used in building materials. *Materials Today: Proceedings* [en línea], vol. 68, [consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2214-7853. DOI 10.1016/J.MATPR.2022.08.264. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785322054256#!>
- SÁNCHEZ CARLESSI, H.H., REYES ROMERO, C. y MEJÍA SÁENZ, K., 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* [en

- línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786124735141. Disponible en: <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdfes>.
- SÁNCHEZ, H., REYES, C. y MEJÍA, K., 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* [en línea]. Lima: Vicerrectorado de investigación. ISBN 9786124735141. Disponible en: <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>.
  - SANDHU, R.K. y SIDDIQUE, R., 2017. Influence of rice husk ash (RHA) on the properties of self-compacting concrete: A review. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 153, [consulta: 2 mayo 2023]. ISSN 0950-0618. DOI 10.1016/J.CONBUILDMAT.2017.07.165. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181731509X>.
  - SENCICO, 2019. Propuesta de Norma E.060 Concreto Armado. *Norma E.060 Concreto Armado* [en línea], Disponible en: <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>.
  - SHUKLA, A., KISHORE, K. y GUPTA, N., 2021. Mechanical properties of cement mortar with Lime & Rice hush ash. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 1116, no. 1, ISSN 1757-8981. DOI 10.1088/1757-899x/1116/1/012025. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1116/1/012025>.
  - SIDDIKA, A., MAMUN, M.A. AI, ALYOUSEF, R. y MOHAMMADHOSSEINI, H., 2021. State-of-the-art-review on rice husk ash: A supplementary cementitious material in concrete. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* [en línea], vol. 33, no. 5, ISSN 10183639. DOI 10.1016/j.jksues.2020.10.006. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363920303275>.
  - VEGA PERRIGO, D., 2018. *Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo Puerto de Yurimaguas* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088/VEGA\\_PERRIGO\\_DISEÑO\\_PAVIMENTOS\\_CARRETERA\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088/VEGA_PERRIGO_DISEÑO_PAVIMENTOS_CARRETERA_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
  - ZAID, O., AHMAD, J., SIDDIQUE, M.S. y ASLAM, F., 2021. Effect of Incorporation of Rice Husk Ash Instead of Cement on the Performance of Steel

Fibers Reinforced Concrete. *Frontiers in Materials* [en línea], vol. 8, no. June, ISSN 22968016. DOI 10.3389/fmats.2021.665625. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmats.2021.665625/full#:~:text=Adding Rice Husk Ash to concrete improves the strength.>

- ZAREEI, S.A., AMERI, F., DOROSTKAR, F. y AHMADI, M., 2017. Rice husk ash as a partial replacement of cement in high strength concrete containing micro silica: Evaluating durability and mechanical properties. *Case Studies in Construction Materials* [en línea], vol. 7, no. October 2016, ISSN 22145095. DOI 10.1016/j.cscm.2017.05.001. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2214509516300924?token=C0E27B360DAB06AAB8D9DAB85E72197F371CA8E23F346E9A6EE3980F7102D1E6B582A84D379E518BD12232D4EAC852FF&originRegion=us-east-1&originCreation=20230428112917.>

## ANEXOS

### ANEXO 1: TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> <b>Título:</b> Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023 <b>Autores:</b> Argote Valdivia Marco Antonio – Maza Ypanaqué Elmer Ernesto						
Variable de investigación	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	Metodología
Concreto con Ceniza de Cáscara de arroz	El concreto es un componente moldeable a temperaturas a la intemperie lo que permite que se adecue a distintas formas, también, se aprecia una elevada resistencia a la compresión y con una capacidad de poderse a adherir con distintos materiales. Entre ellos el acero que nos permite comunicar la resistencia a la tracción también se puede apreciar su comportamiento plástico y elástico (abanto,2016, p.7).	Los procesos para diseñar una mezcla de concreto y/o obtener la cantidad de materiales se determinan mediante: slump, contenido de aire, relación – agua cemento, tamaño máximo del agregado, resistencia compresión (ACI 211.1-91 P.4)	Diseño de mezcla	Asentamiento (Slump) Tamaño máximo del Agregado Cálculo de resistencia Estimación de agua Contenido de aire Contenido de cemento Relación agua cemento Estimación de agregado fino y grueso Corrección de humedad de agregados	Razón	<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada <b>Nivel de Investigación:</b> Explicativa <b>Diseño de Investigación:</b> Experimental <b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Población:</b> Av. Sánchez Cerro con 7.83 Km. <b>Muestra:</b> No Probabilístico - se ensayará en todas las probetas <b>Técnica:</b> Observación directa <b>Instrumento de Investigación:</b> Fichas de observación, Fichas de ensayos experimentales.
			Resistencia a la compresión	Carga y área		
			Módulo elástico	Esfuerzo y deformación unitaria		
pavimento rígido	El pavimento rígido está construido con hormigón de cemento o losas de hormigón armado. Las carreteras de hormigón inyectado pertenecen a la categoría de pavimentos semirrígidos. El pavimento rígido tiene rigidez y un alto módulo de elasticidad para distribuir la carga sobre un área relativamente amplia de suelo. (Gopal 2022)	La consistencia. ACI 211.1. es la trabajabilidad es la propiedad determinar la comodidad con la se puede dosificar la mezcla, colocado, consolidado, y terminado. La consistencia se puede definir como la cabida relativa del concreto recién mezclado a fluir.	Espesor de losa (D)	Ejes equivalentes (EE) Desviación normal estándar ( $Z_R$ ) Error estándar ( $S_o$ ) Diferencia de índices de servicio inicial y final ( $\Delta PSI$ ) Índice de servicio final ( $P_t$ ) Resistencia media de concreto ( $M_r$ ) Coeficiente de drenaje ( $C_d$ ) Coeficiente de transmisión de carga en las juntas ( $J$ ) Módulo de elasticidad ( $E_c$ ) Módulo de reacción ( $k$ )	Razón	
			Estudio de suelos	% CBR		
			Estudio de trafico	IMDA		

## ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉNICAS	INSTRUMENTOS	
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	INDEPENDIENTE	Concreto con Ceniza de cáscara de arroz	Dosificación /diseño de Mezcla Módulo de rotura Módulo de elasticidad Módulo de Young	Cemento-agua-agregado grueso y fino-CCA Resistencia a flexión Módulo Elástico Resistencia a tracción	Enfoque: Cuantitativo Tipo Invest: Aplicada Población: 7.83 Km de Av. Sánchez Cerro Muestra: 2Km+17m tramo sin Pavimentar	Medición Observación	Balanzas de medición	
¿Cuáles serán los efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro-Piura?	Evaluar los efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro-Piura	El uso de la ceniza de cáscara de arroz influirá favorablemente en el diseño del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro-Piura								
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>		DEPENDIENTE	Pavimento Rígido	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la compresión (Kg/cm2)	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión (NTP 339.034)		
¿Cuál será la dosificación usando la ceniza de cáscara de arroz en el concreto que mejore las propiedades físico-mecánicas, en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro-Piura?	Determinar el comportamiento físico-mecánico del concreto al incorporar ceniza de cáscara de arroz en el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro-Piura	Una buena dosificación con el uso de la ceniza de cáscara de arroz mejorará las propiedades físico-mecánicas del concreto para el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro- Piura.					Resistencia a la tracción (Kg/cm2)	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica (NTP 339.084)		
¿Se podrá obtener un buen diseño de pavimento rígido al usar la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en la Av. Sánchez Cerro-Piura?	Determinar el diseño del pavimento rígido incorporando la ceniza de cáscara de arroz en el concreto de la Av. Sánchez Cerro-Piura	Se logrará un mejor diseño de pavimento rígido haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz en el concreto para la Av. Sánchez Cerro- Piura.	Resistencia a la tracción (Kg/cm2)				Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo (NTP 339.078)			
¿Qué ventajas económicas se lograría haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro?	Analizar las ventajas económicas producidas al hacer uso de la ceniza de cáscara de arroz en el concreto del pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro	El uso de la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en el pavimento rígido de la Av. Sánchez Cerro traerá ventajas económicas	Trabajabilidad Densidad							
¿Se podrá disminuir la cantidad de residuo sólido generada por la agro-industria haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz como componente del concreto en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro?	Determinar la cantidad de residuo sólido generada por la cáscara de arroz el cual será empleado en el concreto de la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro - Piura	La cantidad de residuo sólido disminuirá haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz como componente de concreto en la pavimentación de la Av. Sánchez Cerro-Piura		Propiedades Físicas						

# ANEXO 3: ESTUDIO DE CONTEO VEHICULAR (CON FORMATO NORMADO)

FORMULARIO Nº 1

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE CARRETERA	Carretera Paita- Av. A
SENTIDO	Ambos
UBICACIÓN	Puente peatonal ENACE

ESTACION	E-1
DIA	Domingo
FECHA	01/10/2023

HORA	MOTOS 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	8	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
6-7	18	4	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
7-8	19	7	0	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
8-9	10	7	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
9-10	12	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
10-11	12	11	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
11-12	16	12	1	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
12-13	15	13	0	3	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
13-14	11	10	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
14-15	12	11	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
15-16	11	10	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
16-17	10	12	1	3	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
17-18	12	12	1	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
18-19	16	12	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
19-20	12	12	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
20-21	8	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
21-22	5	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
22-23	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
23-24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTALES</b>	<b>209</b>	<b>161</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>457</b>

ENCUESTADOR : \_\_\_\_\_

JEFE DE BRIGADA : \_\_\_\_\_

FORMULARIO Nº 1

ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE CARRETERA	Carretera Paita- Av. A
SENTIDO	Ambos
UBICACIÓN	Puente peatonal ENACE

ESTACION	E-1
DIA	Lunes
FECHA	02/10/2023

HORA	MOTOS 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
4-5	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
5-6	11	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
6-7	21	4	3	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
7-8	27	5	4	0	1	4	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
8-9	28	7	5	2	1	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
9-10	21	6	4	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
10-11	17	7	9	1	1	4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
11-12	17	13	8	2	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
12-13	18	11	12	1	2	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
13-14	17	10	11	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
14-15	17	9	8	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
15-16	16	8	10	0	1	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
16-17	15	6	7	2	2	5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
17-18	15	7	8	1	1	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
18-19	16	7	7	3	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
19-20	14	4	5	2	1	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
20-21	11	4	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
21-22	9	3	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
22-23	3	2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
23-24	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<b>TOTALES</b>	<b>294</b>	<b>121</b>	<b>114</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>51</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>641</b>

ENCUESTADOR :

JEFE DE BRIGADA :

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE CARRETERA	Carretera Paita- Av. A
SENTIDO	Ambos
UBICACIÓN	Puente peatonal ENACE

ESTACION	E-1
DIA	Martes
FECHA	03/10/2023

HORA	MOTOS 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 				
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
4-5	3	3	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
5-6	11	4	3	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
6-7	23	7	3	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
7-8	25	5	4	1	2	4	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
8-9	23	7	5	2	1	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
9-10	17	6	4	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
10-11	13	7	9	2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
11-12	16	12	8	2	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
12-13	15	11	12	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
13-14	11	10	11	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
14-15	12	9	8	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
15-16	11	8	10	1	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
16-17	13	6	7	0	1	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
17-18	13	7	8	2	1	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
18-19	16	7	7	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
19-20	13	4	5	0	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
20-21	8	4	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
21-22	5	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
22-23	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	250	124	115	16	15	49	9	0	0	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	589

ENCUESTADOR:

JEFE DE BRIGADA:

**ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

TRAMO DE CARRETERA	Carretera Paita- Av. A
SENTIDO	Ambos
UBICACIÓN	Puente peatonal ENACE

ESTACION	E-1
DIA	Miercoles
FECHA	04/10/2023

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3				
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
5-6	7	1	2	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
6-7	15	3	4	1	1	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
7-8	17	3	3	2	2	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
8-9	12	4	2	2	2	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
9-10	11	7	3	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
10-11	11	3	7	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
11-12	13	3	3	2	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
12-13	11	4	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
13-14	12	2	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
14-15	12	2	2	2	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
15-16	11	4	3	1	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
16-17	10	4	4	0	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
17-18	12	3	3	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
18-19	16	2	4	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
19-20	13	3	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
20-21	7	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
21-22	5	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
22-23	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTALES</b>	<b>198</b>	<b>55</b>	<b>48</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>44</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>400</b>

ENCUESTADOR

JEFE DE BRIGADA:

### ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE CARRETERA	Carretera Paita- Av. A
SENTIDO	Ambos
UBICACIÓN	Puente peatonal ENACE

ESTACION	E-1
DIA	Jueves
FECHA	04/10/2023

HORA	MOTOS 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 			
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4-5	2	3	3	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
5-6	6	4	3	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
6-7	7	8	3	1	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
7-8	19	5	4	2	3	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
8-9	12	7	6	2	2	4	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
9-10	13	6	4	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
10-11	12	7	9	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
11-12	14	12	8	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
12-13	13	14	13	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
13-14	10	10	11	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
14-15	12	11	9	2	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
15-16	13	8	10	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
16-17	11	6	7	0	1	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
17-18	12	7	8	2	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
18-19	16	6	7	1	2	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
19-20	13	4	5	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
20-21	11	6	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
21-22	5	3	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
22-23	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
23-24	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>TOTALES</b>	<b>204</b>	<b>131</b>	<b>122</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>48</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>565</b>

ENCUESTADOR:

JEFE DE BRIGADA:

## ANEXO 4: FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL (MTC) PARA VEHÍCULOS LIGEROS

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2020)														HOJA A4. CF - Liviano	
Nº	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros								
		FC	FC	FC	FC	FC	FC								
1	AGUAS CALIENTES	0.9362	0.8626	1.0850	1.0925	1.1626	1.1758	0.9508	0.8846	0.9455	1.0418	1.0414	0.9899	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0020	1.0567	1.1036	1.0592	1.0095	1.0030	0.8943	0.9075	1.0128	1.0209	1.0749	0.9283	1.0000	
3	AMBO	0.9780	1.0546	1.1877	1.2770	1.0179	1.0278	0.9661	0.9541	1.0045	0.9693	0.9846	0.8615	1.0000	
4	ATICO	0.8554	0.7148	1.0360	1.0139	1.1484	1.1781	0.9965	0.9877	1.1394	1.0734	1.1453	0.8831	1.0000	
5	AYAVIRI	0.9722	0.9244	1.0735	1.0773	1.1098	1.1035	0.9469	0.9272	0.9376	1.0491	1.0215	0.9603	1.0000	
6	CAMANA	0.5958	0.4991	1.0434	1.2433	1.3825	1.4071	1.2562	1.2200	1.3018	1.2559	1.2199	0.9724	1.0000	
7	CANCAS	0.8619	0.8638	1.0755	1.1156	1.1769	1.2257	0.9733	0.9040	1.0565	1.0323	1.0284	0.8897	1.0000	
8	CARACOTO	1.0517	0.9815	1.0978	1.0548	1.0540	1.0469	0.9914	0.8786	0.9962	0.9920	0.9977	0.8907	1.0000	
9	CASARACRA	1.1057	1.1747	1.2363	1.0139	0.9312	1.0287	0.8415	0.8825	1.0603	0.9930	1.1250	0.9775	1.0000	
10	CATAC	1.0956	1.0575	1.3545	1.0628	1.0762	1.0767	0.8220	0.8684	0.9595	0.9494	1.1134	0.9559	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0047	1.0408	1.0824	1.0548	1.0802	1.0837	0.9727	0.9426	0.9081	0.9961	0.9756	0.9254	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.0446	0.9661	0.9178	1.0174	1.0405	1.1257	0.9550	0.9888	1.0378	1.0111	1.1305	1.0215	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.1671	1.2012	1.1909	1.0566	1.0146	1.0442	0.7925	0.8346	1.0198	0.9725	1.0259	0.9319	1.0000	
14	CHICAMA	0.9671	0.9414	1.1130	1.0394	1.0773	1.0585	0.9554	1.0080	1.0731	1.0420	1.0520	0.8249	1.0000	
15	CHILCA	0.6163	0.5814	0.7890	1.0577	1.5273	1.5796	1.2842	1.4015	1.4833	1.2554	1.1876	0.7400	1.0000	
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0135	1.0695	1.1798	1.1501	1.0679	1.0398	0.9751	0.9127	0.9779	0.9474	0.9119	0.8682	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	1.4832	0.9071	1.1711	1.0698	1.0027	1.0245	0.9031	0.9123	1.0735	1.0006	1.2021	0.8987	1.0000	
19	CORCONA	1.1024	1.1641	1.3033	1.0335	0.9767	1.0411	0.7767	0.8755	1.0142	1.0035	1.1663	1.0001	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.8734	0.8855	1.1136	1.1087	1.1470	1.1828	0.8641	0.9783	1.1469	1.0024	1.0777	0.7715	1.0000	
21	CUCULLI	0.9948	0.8317	1.1594	1.1180	1.1059	0.9573	0.9652	0.9185	0.9475	0.9719	0.9647	0.9955	1.0000	
22	DESVIÓ OLMOS	0.9497	1.0057	1.1672	1.1939	1.1494	1.0960	0.9411	0.8681	0.9965	0.9618	1.0119	0.8222	1.0000	
23	DESVIÓ TALARA	0.8705	0.8863	1.1244	1.0840	1.1438	1.1754	0.9963	0.9874	1.1057	1.0288	1.0309	0.8166	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9109	0.8549	1.0606	1.0601	1.0691	1.1260	0.9958	0.9853	1.0750	1.0662	1.0647	0.9479	1.0000	
25	EL PARAISO	0.9135	0.8984	1.0432	0.9974	1.1183	1.1530	0.9141	0.9811	1.0964	1.0384	1.0935	0.8747	1.0000	
26	FORTALEZA	0.8869	0.8317	1.0074	1.0227	1.1568	1.1965	0.8986	1.0119	1.1837	1.1022	1.1702	0.7936	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	1.1193	1.1570	1.0649	1.0486	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000	
28	HUARMAY	0.8816	0.9056	1.1120	1.1249	1.2557	1.2048	0.8790	0.9703	1.1483	1.0831	1.1634	0.7903	1.0000	
29	HUATAYA			2.3609	0.9600	0.8747	0.8705	0.7536	0.7578		0.7931	0.8788	0.8353	1.0000	
30	ICA	0.9310	0.8181	1.0513	1.0461	1.1642	1.1857	0.9741	1.0246	1.0994	1.0312	1.1911	1.0337	1.0000	
31	ILAVE	1.0111	0.9584	1.0360	1.0136	1.1067	1.1613	0.9700	0.7834	1.0335	1.0501	1.1248	0.9861	1.0000	
32	ILO	0.8275	0.8217	1.0112	1.0814	1.0777	1.1220	1.0989	1.0557	0.9854	1.0498	1.0303	0.9630	1.0000	
33	JAHUAY - CHINCHA	0.8291	0.8936	1.0170	0.9967	1.1373	1.1918	0.9486	1.0137	1.1321	1.0340	1.0634	0.9289	1.0000	
34	LOMA LARGA BAJA	1.0231	1.2771	1.3671	1.2848	1.1408	1.0369	0.8267	0.9064	0.9247	0.8925	0.8826	0.8752	1.0000	
35	LUNAHUANA	1.0119	1.0303	1.0475	0.9587	1.0163	1.1317	0.8233	0.9366	1.0988	0.9949	1.0780	1.0638	1.0000	
36	MACUSANI	1.0465	0.9990	1.0338	1.0944	1.0979	1.1081	0.9926	0.9493	1.0253	0.9652	1.0158	0.8879	1.0000	
37	MARCONA	0.9525	0.9039	0.9952	1.0106	1.0911	1.0595	1.0346	1.0232	1.0372	1.0290	0.9989	0.9111	1.0000	
38	MATARANI	0.4810	0.3998	0.9717	1.5343	1.7023	1.6718	1.6092	1.5584	1.5827	1.4257	1.2888	0.9119	1.0000	
39	MENOCUCHO	1.0850	0.9812	1.0500	1.0811	1.0266	1.0713	0.9585	0.9192	1.0498	1.0467	1.0452	0.8579	1.0000	
40	MOCCE	1.0115	0.9769	1.0613	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0012	0.9247	1.0000	
41	MONTALVO	0.9256	0.8896	1.0507	1.0351	1.0336	1.1014	1.0261	0.9905	1.0447	1.0608	1.0346	0.9658	1.0000	
42	MORROPE	0.9291	0.9180	1.2042	1.1140	1.1254	1.1566	0.8933	0.9593	1.0807	0.9811	1.0512	0.8016	1.0000	
43	MOYOBAMBA	1.0172	0.9993	1.0281	1.0219	0.9910	0.9724	0.9456	0.9603	1.0486	1.0817	1.1373	1.0800	1.0000	
44	NAZCA	0.9690	0.9023	1.0494	1.0595	1.0762	1.0902	0.9243	0.9306	1.0245	1.0160	1.0671	0.9918	1.0000	
45	PACANGUILLA	0.9539	0.9606	1.1189	1.1170	1.1420	1.1808	0.9622	0.9834	1.0937	0.9832	0.9979	0.7654	1.0000	
46	PACRA	1.0091	0.9570	1.0209	0.9881	1.2122	1.0758	0.8772	0.9346	1.0435	1.0345	1.0857	0.9795	1.0000	
47	PAITA	0.8362	0.8550	0.9600	1.1002	1.1329	1.1228	1.0946	1.0862	1.0113	1.0572	1.0343	0.8543	1.0000	
48	PAMPA CUELLAR	1.0268	0.8142	1.0724	1.0806	1.1616	1.1803	0.9567	0.7957	1.0641	1.0380	1.0557	0.9772	1.0000	
49	PAMPA GALERA	0.9640	1.0087	1.1311	1.1214	1.0518	1.0972	0.8190	0.7818	1.0505	1.0760	1.1323	0.9586	1.0000	
50	PAMPAMARCA	0.9412	0.9552	1.0962	1.0681	1.1301	1.1134	0.8653	0.8837	1.0188	1.0975	1.1159	0.9830	1.0000	
51	PATAHUASI	1.0505	0.9287	1.1460	1.0872	1.1086	1.1280	0.9169	0.8010	1.0421	0.9869	1.0075	0.9579	1.0000	
52	PEDRO RUIZ	0.9661	1.0279	1.1022	1.1233	1.1127	1.0515	0.9396	0.9041	0.9700	0.9832	1.0130	0.8890	1.0000	
53	PICHIRHUA	1.0465	1.0891	1.1333	1.0561	1.0383	1.0173	0.9081	0.8840	0.9812	0.9968	1.0126	0.9151	1.0000	
54	PIURA SULLANA	1.0607	1.0540	1.1688	1.0898	1.0558	1.0528	0.9697	0.9539	1.0019	0.9640	0.9557	0.8684	1.0000	
55	PLANCHON	1.0327	1.0756	1.0641	1.0613	1.0628	1.0224	0.9361	0.9131	0.9554	0.9680	1.0417	0.9385	1.0000	
56	POMAHUACA	0.9587	0.9933	1.1653	1.2213	1.1511	1.0886	0.9287	0.8481	1.0002	0.9934	1.0133	0.8296	1.0000	
57	PONGO	1.0265	1.0591	1.0560	1.0787	1.0546	1.0025	1.0750	0.9103	0.9692	0.9654	0.9778	0.9308	1.0000	
58	POZO REDONDO	0.8942	0.8240	1.0133	1.0783	1.1178	1.0895	1.0494	1.0438	1.1167	1.0579	1.0216	0.8480	1.0000	
59	PUNTA PERDIDA	0.9544	0.7922	1.0980	1.1995	1.4001	1.4069	0.8238	0.6031	1.1767	1.0628	1.2693	1.1014	1.0000	
60	QUIULLA	1.0974	1.1408	1.2315	1.0452	1.0212	1.0679	0.8140	0.8685	1.0002	1.0063	1.1046	0.9381	1.0000	
61	RUMICHACA	1.0577	0.9112	0.9934	0.9745	1.2193	1.2055	0.8748	0.8955	1.0297	1.0766	1.1671	0.9701	1.0000	
62	SAN ANTON	1.0691	1.0523	1.0689	1.1318	1.0035	1.0850	1.0541	1.0138	0.9978	0.9206	0.9981	0.8467	1.0000	
63	SAN GABAN	1.0594	1.0125	1.0893	1.1043	1.1321	1.0921	0.9727	0.8972	0.9272	0.9528	0.9512	0.9451	1.0000	
64	SAN LORENZO	1.0839	1.1914	1.1227	1.2647	1.0266	1.0376	0.8703	0.9258	0.9436	0.9610	1.0442	0.9270	1.0000	
65	SANTA LUCIA	1.0087	0.8363	1.1211	1.1106	1.1184	1.1768	0.9560	0.7674	1.0724	1.0214	1.0523	0.9795	1.0000	
66	SAYLLA	1.0222	0.9785	1.1062	1.0858	1.0613	1.0638	0.9806	0.9142	0.9238	0.9909	0.9947	0.9411	1.0000	
67	SERPENTIN DE PASAMA	1.0535	1.0503	1.0886	1.0814	1.0647	1.0464	0.9694	0.8540	1.0238	1.0450	1.0263	1.0654	1.0000	

## ANEXO 5: FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL (MTC) PARA VEHÍCULOS PESADOS

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2020)															HOJA A4. CF - Pesado
Nº	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Pesados FC													
1	AGUAS CALIENTES	1.0220	0.9808	1.0324	1.0653	1.0697	1.1028	0.9678	0.9555	0.9682	0.9530	0.9599	1.0098	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0412	1.0049	1.0248	1.0107	0.9905	0.9823	0.9917	0.9523	0.9768	1.0070	1.0080	1.0344	1.0000	
3	AMBO	1.0087	0.9707	1.1288	1.2086	1.0139	1.0238	1.0268	1.0086	0.9899	0.9453	0.9401	0.9497	1.0000	
4	ATICO	1.0337	0.9914	1.0298	1.0410	1.0342	1.0302	1.0277	0.9851	1.0265	0.9618	0.9271	0.9440	1.0000	
5	AYAVIRI	1.0167	1.0038	1.0708	1.0573	1.0486	1.0366	0.9665	0.9524	0.9501	0.9638	0.9601	1.0007	1.0000	
6	CAMANA	0.9513	0.8973	1.0392	1.0648	1.0702	1.0905	1.1087	0.9914	0.9997	0.9905	0.9708	0.9624	1.0000	
7	CANCAS	1.0323	0.9825	1.0400	1.0412	1.0604	1.0476	1.0117	0.9795	1.0006	0.9550	0.9461	0.9491	1.0000	
8	CARACOTO	1.0343	1.0013	1.0777	1.0346	1.0568	1.0441	0.9898	0.9297	0.9572	0.9481	1.0071	0.9547	1.0000	
9	CASARACRA	1.0936	1.0670	1.1094	0.9826	0.9904	0.9900	0.9969	0.9700	0.9760	0.9548	1.0373	1.0652	1.0000	
10	CATAC	1.0441	1.0678	1.1999	1.0772	1.1736	0.9553	0.9446	0.9253	0.9566	0.9547	0.9810	0.9634	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0968	1.0852	1.0957	1.0809	1.0239	0.9967	0.9386	0.9525	0.9555	0.9560	0.9332	0.9566	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.1031	0.9998	0.9655	0.9941	1.0102	1.0186	1.0155	1.0051	0.9767	0.9556	0.9706	1.0601	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.0680	1.0692	1.0807	1.0683	1.0507	0.9933	0.9468	0.9321	0.9565	0.9463	0.9497	0.9939	1.0000	
14	CHICAMA	0.9909	0.9874	1.0928	1.0708	1.0543	1.0573	1.0423	0.9933	1.0013	0.9946	0.9510	0.8799	1.0000	
15	CHILCA	0.9571	0.9724	1.0203	1.0381	1.0583	1.0539	1.0372	0.9948	0.9992	0.9880	0.9652	0.9396	1.0000	
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000	
17	CHULLUCANAS	0.9884	0.9682	1.1388	1.1641	1.0933	1.0508	1.0256	0.9679	0.9628	0.9205	0.8943	0.9220	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	1.4397	0.9383	1.1026	0.9966	0.9637	1.0342	1.0428	1.0261	1.0414	0.9841	0.9930	0.9649	1.0000	
19	CORCONA	1.0985	1.0709	1.1124	0.9593	0.9674	0.9840	0.9816	0.9627	0.9804	0.9767	1.0641	1.0861	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.9845	0.9606	1.0584	1.0655	1.0311	1.0361	1.0157	0.9821	1.0167	0.9774	0.9231	0.9028	1.0000	
21	CUCULLI	0.9424	1.0419	1.2043	1.1560	1.0848	0.9783	0.9812	0.9398	0.9207	0.9302	0.9384	1.0749	1.0000	
22	DESIVIO OLMOS	1.0470	1.0401	1.0986	1.0775	1.0393	1.0176	0.9898	0.9217	0.9405	0.9579	0.9500	0.9817	1.0000	
23	DESIVIO TALARA	1.0063	0.9722	1.0418	1.0405	1.0343	1.0196	1.0721	0.9782	0.9984	0.9792	0.9631	0.9516	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9889	0.9326	1.0201	1.0355	1.0216	1.0855	1.0665	1.0209	1.0150	0.9799	0.9618	0.9819	1.0000	
25	EL PARAISO	1.0084	0.9860	1.0607	1.0471	1.0250	1.0153	1.0105	0.9788	0.9973	0.9801	0.9625	0.9429	1.0000	
26	FORTALEZA	0.9938	0.9560	1.0154	1.0346	1.0384	1.3018	1.0249	0.9743	0.9948	0.9789	0.9539	0.9356	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	1.0850	1.1264	1.0529	1.0465	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000	
28	HUARMEY	1.0456	1.0252	1.1132	1.1416	1.1272	1.0303	0.9991	0.9554	0.9757	0.9617	0.9397	0.9169	1.0000	
29	HUATAYA			5.1132	1.3415	1.0567	1.1183	0.7106	0.7730		0.7399	0.8727	0.9802	1.0000	
30	ICA	0.9911	0.9493	1.0440	1.0283	1.0670	1.0747	1.0593	0.9907	0.9632	0.9523	1.0104	1.0032	1.0000	
31	ILAVE	1.0136	0.9470	0.9822	5.5822	1.0245	1.0346	1.0466	0.8667	1.0477	1.0417	1.0885	1.0638	1.0000	
32	ILO	1.0476	1.0169	1.0590	0.9766	0.9992	1.0420	1.0373	1.0284	0.9669	0.9802	0.9728	0.9625	1.0000	
33	JAHUAY - CHINCHA	0.9858	1.0162	1.0441	1.0554	1.0544	1.0480	1.0262	0.9755	0.9777	0.9697	0.9511	0.9478	1.0000	
34	LOMA LARGA BAJA	0.9981	1.1016	1.1995	1.2276	1.1103	1.0823	0.9596	0.9761	0.9483	0.9331	0.8987	0.8944	1.0000	
35	LUNAHUANA	1.1095	1.0967	1.0541	1.0430	0.9971	1.0739	1.0009	0.9482	0.9827	0.9329	0.9403	0.9907	1.0000	
36	MACUSANI	1.0895	1.0802	1.0669	1.0219	1.0756	1.0209	1.1741	0.9353	0.9179	0.9386	0.9390	0.9983	1.0000	
37	MARCONA	1.0430	1.0013	0.9583	1.0297	1.1134	1.0444	1.0480	1.0472	1.0260	0.9629	0.9465	0.9320	1.0000	
38	MATARANI	0.9673	0.8698	1.0297	1.0802	1.0657	1.0279	1.0254	1.0446	0.9864	0.9950	0.9822	0.9819	1.0000	
39	MENOCUCHO	1.0933	1.0653	1.1421	1.0364	0.9913	0.9622	0.9505	0.9625	0.9785	0.9841	0.9862	1.0148	1.0000	
40	MOCCE	0.9510	0.9816	1.0770	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9558	0.9435	1.0000	
41	MONTALVO	0.9754	0.9558	1.0155	1.0254	1.0095	1.0844	1.0785	1.0275	1.0167	0.9888	0.9674	0.9800	1.0000	
42	MORROPE	0.9854	0.9645	1.0770	1.0663	1.0358	1.0336	1.0257	1.0003	1.0155	0.9853	0.9451	0.9179	1.0000	
43	MOYOBAMBA	1.0123	0.9812	1.0120	1.0299	1.0077	0.9903	1.0012	0.9653	0.9861	1.0086	1.0129	1.0379	1.0000	
44	NAZCA	1.0562	1.0098	1.0329	1.0328	1.0325	1.0269	1.0128	0.9732	0.9609	0.9602	0.9275	1.0491	1.0000	
45	PACANGUILLA	1.0060	0.9822	1.0858	1.0969	1.0766	1.0798	1.0941	1.0166	0.9911	0.9429	0.9142	0.8905	1.0000	
46	PACRA	1.0832	1.0100	1.0286	1.0364	1.1083	1.0029	0.9686	0.9412	0.9706	0.9520	0.9859	0.9960	1.0000	
47	PAITA	1.0637	0.9986	1.0332	1.1742	1.1086	1.0719	1.1384	1.0669	0.9588	0.9185	0.8559	0.9255	1.0000	
48	PAMPA CUELLAR	1.1081	1.0770	1.0639	1.0083	1.1112	1.0845	0.9918	0.9561	0.9589	0.8916	0.9121	0.9504	1.0000	
49	PAMPA GALERA	1.1056	1.0973	1.0952	1.0658	1.0378	1.0205	0.9472	0.9311	0.9550	0.9441	0.9360	0.9479	1.0000	
50	PAMPAMARCA	1.0833	1.0608	1.0800	1.0714	1.0640	1.0321	0.9519	0.9426	0.9317	0.9501	0.9398	0.9688	1.0000	
51	PATAHUASI	1.0668	1.0418	1.0805	1.0643	1.0616	1.0569	1.0065	0.9440	0.9475	0.9036	0.9309	0.9274	1.0000	
52	PEDRO RUIZ	1.0361	1.0163	1.0483	1.0529	1.0166	0.9901	0.9900	0.9413	0.9610	0.9787	0.9826	1.0212	1.0000	
53	PICHIRHUA	1.0936	1.0887	1.1081	1.0925	1.0545	1.0256	0.9460	0.9321	0.9383	0.9460	0.9298	0.9399	1.0000	
54	PIURA SULLANA	1.0571	1.0402	1.1277	1.0518	1.0405	1.0119	1.0179	0.9763	0.9950	0.9755	0.9427	0.9189	1.0000	
55	PLANCHON	1.3722	1.2585	1.1075	1.1700	1.0496	1.0154	0.9275	0.8807	0.8567	0.8959	0.9614	1.0233	1.0000	
56	POMAHUACA	1.0674	1.0301	1.1158	1.1109	1.0645	1.0235	0.9882	0.9203	0.9522	0.9370	0.9332	0.9668	1.0000	
57	PONGO	1.1145	1.0702	1.0868	1.0354	0.9963	0.9774	1.0443	0.9020	0.9205	0.9680	0.9712	1.0669	1.0000	
58	POZO REDONDO	1.0157	0.9826	1.0195	1.0517	1.0534	1.0459	1.0140	0.9923	1.0345	1.0012	0.9435	0.8997	1.0000	
59	PUNTA PERDIDA	1.1180	1.1218	1.0774	1.0165	1.2427	1.1333	1.0120	0.9370	0.9279	0.8749	0.9204	0.9490	1.0000	
60	QUIBUILLA	1.1367	1.0810	1.0874	0.9355	0.9314	0.9736	0.9528	0.9488	0.9841	1.0038	1.1007	1.1109	1.0000	
61	RUMICHACA	1.0807	1.0122	1.0302	1.0888	1.0366	1.0099	0.9690	0.9188	0.9654	0.9569	1.0013	0.9972	1.0000	
62	SAN ANTON	1.1667	1.0854	1.0365	1.0303	1.0316	1.0426	1.0281	0.9802	0.9333	0.9279	0.9890	0.9485	1.0000	
63	SAN GABAN	1.1273	1.0635	1.1206	1.0840	1.1029	1.0740	1.1605	0.8976	0.8572	0.9080	0.9421	1.0128	1.0000	
64	SAN LORENZO	1.6588	1.5639	1.3338	1.4442	1.0532	1.0350	0.9249	0.9112	0.8771	0.8164	0.8616	0.9665	1.0000	
65	SANTA LUCIA	1.0356	1.0069	1.0716	1.0685	1.0621	1.0856	1.0229	0.9381	0.9411	0.9138	0.9453	0.9392	1.0000	
66	SAYLLA	1.0693	1.0277	1.0743	1.0610	1.0379	1.0317	0.9662	0.9474	0.9472	0.9579	0.9470	0.9774	1.0000	
67	SERPENTIN DE PASAM	0.9940	1.0077	1.0623	1.0455	1.0254	1.0171	1.0086	0.9839	0.9921	0.9743	0.9582	0.9488	1.0000	

## ANEXO 6: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL PARA VEHÍCULOS (MTC) PESADOS Y LIGEROS

<u>Tasas para la Proyección de la Demanda</u>		FORMATO	
Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento Anual de Vehículo	
Amazonas.	1.12%	Amazonas.	2.69%
Ancash.	2.33%	Ancash.	1.49%
Apurímac.	1.13%	Apurímac.	4.50%
Arequipa.	2.90%	Arequipa.	2.97%
Ayacucho.	1.83%	Ayacucho.	2.90%
Cajamarca.	3.05%	Cajamarca.	1.45%
Cusco.	2.77%	Cusco.	3.07%
Huancavelica.	1.17%	Huancavelica.	2.00%
Huánuco.	1.94%	Huánuco.	3.03%
Ica.	1.10%	Ica.	2.62%
Junín.	2.04%	Junín.	2.84%
La Libertad.	2.61%	La Libertad.	2.21%
Lambayeque.	2.40%	Lambayeque.	2.54%
Lima Provincias.	2.61%	Lima Provincias.	2.34%
Loreto.	0.12%	Loreto.	1.48%
Madre de Dios.	2.22%	Madre de Dios.	1.38%
Moquegua.	1.97%	Moquegua.	0.58%
Pasco.	1.72%	Pasco.	0.39%
Piura.	2.38%	Piura.	2.37%
Puno.	2.47%	Puno.	2.58%
San Martín.	2.11%	San Martín.	2.88%
Tacna.	2.13%	Tacna.	2.36%
Tumbes.	0.81%	Tumbes.	2.40%
Ucayali.	1.73%	Ucayali.	2.25%

Información al 2022, sin contar las distorsiones estadísticas provocadas por el impacto económico de la C  
Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin actualización de la Ficha Técnica Estándar.

# ANEXO 7: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE MUFLA ELÉCTRICA (HORNO).



REPORTE DE VERIFICACIÓN  
MUFLA ELÉCTRICA  
RP-0038-23



## 1. EQUIPO DE MEDICIÓN

- 1.1 Denominación : MUFLA ELECTRICA  
1.2 Marca : HINRA PERU  
1.3 Modelo : HME-30L  
1.4 Número de Serie : No Precisa  
1.5 Código de equipo : LAB-53

## 2. CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS

- 2.1 Rango de Medición : 50 a 1250 °C  
2.2 Resolución : 1 °C  
2.3 Error Máximo Permisible : No precisa

## 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

- 3.1 Método : Comparación Directa  
3.2 Documento de Referencia : P-026 "Calibración de Medios isoterms. Determinación del Error de Indicación y la Estabilidad de las Indicaciones"

## 4. PATRON Y TRAZABILIDAD

Denominación	Marca	Código	Nº Certificado
Termómetro	OAKTON	TE-057	C-6574-22

Este reporte de Verificación documenta la trazabilidad a patrones que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

## 5. CONDICIONES AMBIENTALES Y FECHAS

- 5.1 Humedad Relativa : 70%  
5.2 Temperatura : 25°C  
5.3 Lugar de Verificación : Laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos – SLab Perú  
5.4 Fecha de Verificación : 10-04-2023  
5.5 Fecha de Emisión : 17-04-2023

## 6. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

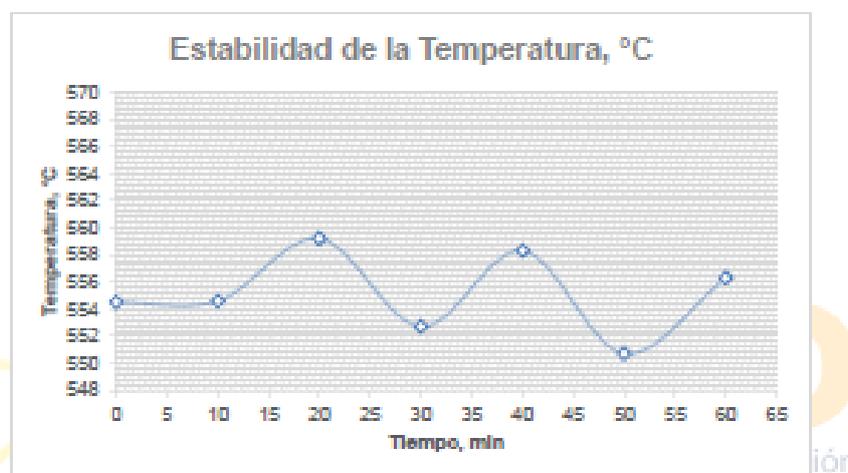
### 6.1. Determinación del Error de Indicación

Nº	Indicación del Equipo, °C	Indicación del Patrón, °C	Error de Indicación, °C	Incertidumbre Expandida, °C
1	550	567.5	-17.5	±1.3

## 6.2. Caracterización de la Estabilidad de las Indicaciones

Mediciones de Temperatura						
T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>
554.5	554.6	559.2	552.7	558.3	550.7	556.3
Tiempo de Medición				60 min		
Estabilidad Ajustada				8.500 + 0.062		

### Estabilidad del Equipo



**FIN DE DOCUMENTO**



Diego Romero Vera  
QUÍMICO  
CQP. 1337

El presente documento no debe ser reproducido, excepto en forma total, sin la aprobación escrita de Sistema de Servicios y Análisis Químicos SAC

# ANEXO 8: INFORME DE ENSAYO EN LABORATORIO: ELEMENTOS OBTENIDOS POR LA QUEMA CONTROLADA A 700 DE CÁSCARA DE ARROZ



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

## INFORME DE ENSAYO IE-051023-03

### 1. DATOS DEL CLIENTE

- 1.1 Clientes : ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUE -DNI 41482314  
MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA-DNI 08948395
- 1.2 Tests : EFECTOS DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SÁNCHEZ CERRO- PIURA, 2023

### 2. FECHAS

- 2.1 Inicio : 05 de octubre de 2023
- 2.2 Finalización : 11 de octubre de 2023
- 2.3 Emisión de Informe : 12 de octubre de 2023

### 3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

- 3.1 Temperatura : 20.0 °C
- 3.2 Humedad Relativa : 55 %

### 4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

- 4.1 Ensayo solicitado / Método Utilizado : Calorimetría diferencial de barrido (DSC) / ASTM D3418  
Termogravimetría (TGA) / ASTM E1131  
Determinación de Composición química de la ceniza) / Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE)

### 5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

- 5.1 Código de Muestra : S-4900
- 5.2 Tipo de Muestra : Residuo orgánico - Inorgánico
- 5.3 Descripción : RESIDUO DE CÁSCARA DE ARROZ
- 5.4 Lote : No aplica
- 5.5 Fecha de Fabricación : No aplica
- 5.6 Fecha de Fabricación : No aplica
- 5.7 Muestreo : Muestreado por el Cliente

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este Informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

  
DIEGO RODRIGO ESPINOSA ESTRADA  
Químico  
OQP. 1337

## 6. RESULTADOS

### 6.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC)

- Método: ASTM D3418 "Método de prueba estándar para temperaturas de transición y entalpías de fusión y cristalización de polímeros por calorimetría diferencial de barrido".
- Equipo Utilizado: Analizador térmico - Perkin Elmer - STA 6000.
- Rango de Temperatura: 35.00 °C – 900.00 °C. Atmósfera de Nitrógeno.
- Rampa: 35,00 °C a 900,00 °C a 20,00 °C/min
- Peso de prueba: 11.254 mg.

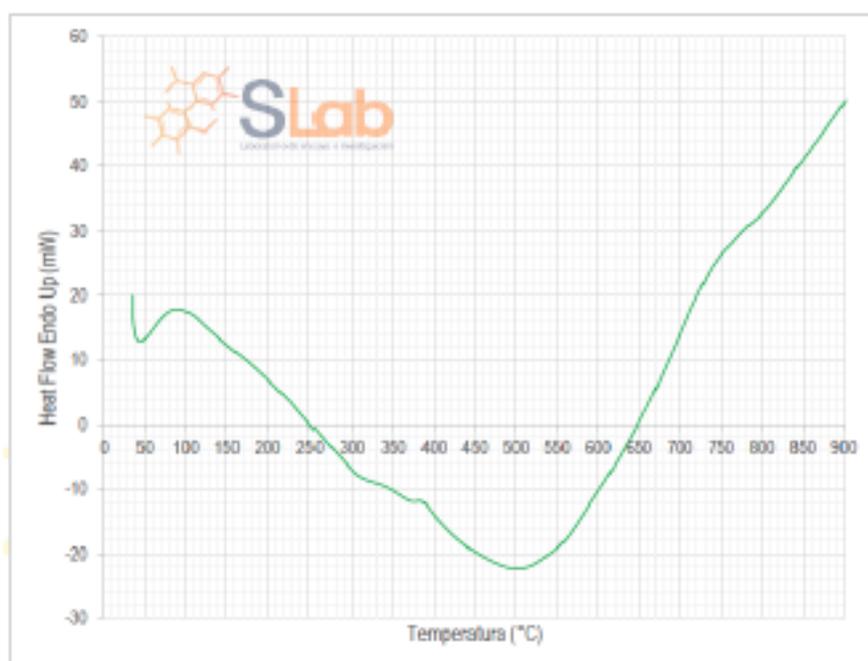


Figura N°1: Termograma de DSC de la muestra

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este Informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.



REGO ROMÁN LUISALDI ESTRADA  
QUÍMICO  
CQP. 1337

## 6.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE TERMOGRAVIMETRÍA (TGA)

- Método: ASTM E1131 "Método de prueba estándar para análisis composicional por Termogravimetría".
- Equipo Utilizado: Analizador térmico - Perkin Elmer - STA 6000.
- Rango de Temperatura: 35.00 °C - 900.00 °C. Atmósfera de Nitrógeno.
- Rampa: 35,00 °C a 900,00 °C a 20,00 °C/min
- Peso de prueba: 11.254 mg.

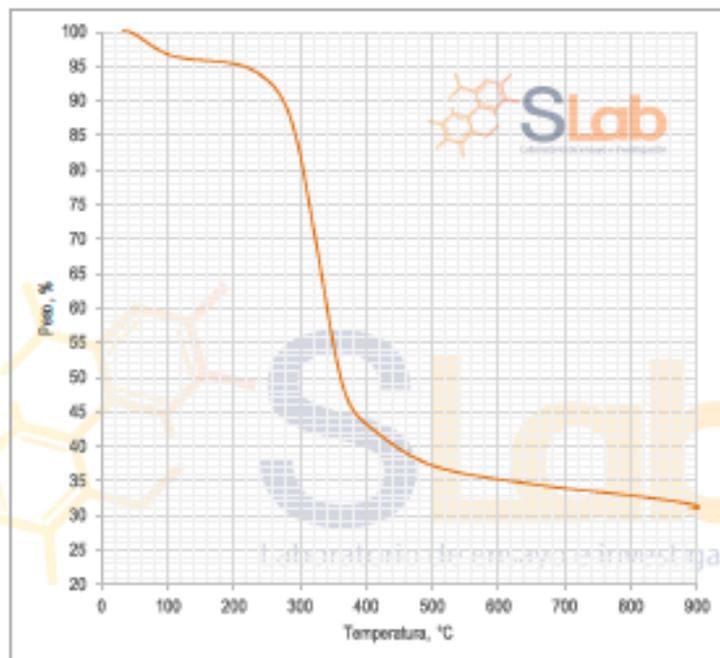


Figura N°2: Diagrama TGA de la muestra

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este Informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.



RIGOBERTO LISARUZ ESTRADA  
QUÍMICO  
COP. 1337

**6.3. RESULTADOS DE CONTENIDO DE CENIZAS**

**TABLA N°1: DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CENIZAS**

Muestra	Parámetro	Unidad	Resultado
S-4900	Contenido de Cenizas (Condiciones: 700°C por 2 Horas)	%	18.94



**FIGURA N°1: MUFLA USADA EN LA CALCINACIÓN CONTROLADA**



**FIGURA N°2: MUESTRA ANTES Y DESPUES DE LA CALCINACIÓN**

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este Informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.



Diego Rodrigo Lozano Estrada  
QUÍMICO  
CQP. 1337

**6.4. RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Muestra pulverizada pasante malla N°100
- Límite de detección del equipo es 0.010%.

**TABLA N°2: COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO COMO ÓXIDOS (\*)**

Muestra	Composición química	Unidad	Resultados
S-4900	Óxido de silicio SiO <sub>2</sub>	%	79.235
	Óxido de calcio CaO	%	7.905
	Óxido de potasio K <sub>2</sub> O	%	5.401
	Óxido de magnesio MgO	%	2.483
	Óxido de azufre SO <sub>3</sub>	%	1.969
	Óxido de fósforo P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	1.192
	Óxido de hierro Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.771
	Óxido de aluminio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.686
	Óxido de sodio Na <sub>2</sub> O	%	0.185
	Óxido de manganeso MnO	%	0.098
	Óxido de zinc ZnO	%	0.075

Nota: (\*) Cenizas Obtenidas a 700°C por 2 horas



**FIGURA N°3: EQUIPO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este Informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS S.A.C.

FIN DE DOCUMENTO



Diego Borjas Eugenio  
QUÍMICO  
OGP, 1357

# ANEXO 9: ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS- PRÓCTOR MODIFICADO, CBR Y CLASIFICACIÓN.



**RUC 20609900327**

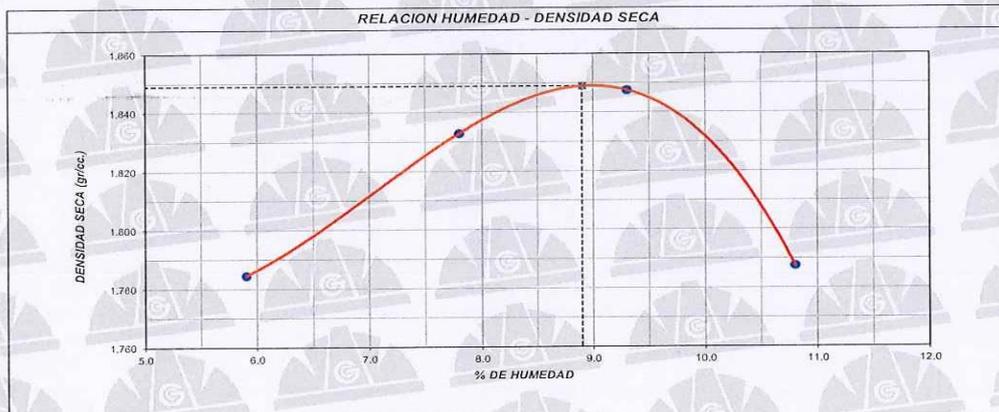
Cel: 963 583 788 - 933 910 417  
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos  
[www.geocontrolperu.com.pe](http://www.geocontrolperu.com.pe)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	12/10/2023
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA		
TÍTULO	: "EFECTO DEL USO DE LA GENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV.SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"		
UBICACIÓN	: PIURA		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo:	12/10/2023
MUESTRA	: ---		
PROFUNDIDAD	: 0.80- 1.50 m		

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,512	10,694	10,786	10,704	/
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,999	4,181	4,273	4,191	
Peso Volumetrico Humedo	gr/cm3	1.890	1.976	2.019	1.981	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	613.4	628.1	605.4	594.6	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	579.2	582.6	553.9	536.6	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	34.2	45.5	51.5	58.0	
Peso del suelo seco	gr.	579	583	554	537	
Contenido de agua	%	5.9	7.8	9.3	10.8	
Densidad Seca	gr/cm3	1.785	1.833	1.848	1.788	

Densidad Máxima Seca:	1.849	gr/cm <sup>3</sup> .	Contenido Humedad Optima:	8.9	%
-----------------------	-------	----------------------	---------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

 Elaborado por: <b>Katherine R. Toribio Rodríguez</b> TEG. DE LABORATORIO Jefe de Laboratorio	Revisado por:  <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  <b>José L. López García</b> TÉCNICO DE LABORATORIO Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC
---	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	02/01/2023
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA		
TITULO	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV.SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"		
UBICACIÓN	: PIURA		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo :	12/10/2023
MUESTRA	: ---		
PROFUNDIDAD	: 0.80- 1.50 m		

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	C4		A1		B3								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	11,488		11,975		11,095								
Peso molde (gr.)	7,253		7,988		7,228								
Peso suelo compactado (gr.)	4,235		4,087		3,867								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,103		2,133		2,122								
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2,014		1,916		1,822								
Humedad (%)	8.9		9.0		8.9								
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,849		1,758		1,673								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	564.8		513.4		525.7								
Tara+suelo seco (gr.)	518.6		471.0		482.7								
Peso de agua (gr.)	46.2		42.4		43.0								
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	518.6		471.0		482.7								
Humedad (%)	8.9		9.0		8.9								
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Expansión		Expansión						
			Dial	mm %	Dial	mm %	Dial	mm %					
NO EXPANSIVO													
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	C4				A1				B3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		23	1.2			17	0.9			10	0.5		
0.050		171	8.7			128	6.5			77	3.9		
0.075		322	16.4			242	12.3			145	7.4		
0.100	70.307	518	26.3	23.2	33.0	389	19.7	17.6	25.0	233	11.8	10.6	15.1
0.150		714	36.3			536	27.2			321	16.3		
0.200	105.460	845	42.9	43.1	40.9	634	32.2	32.1	30.4	380	19.3	19.4	18.4
0.300		1147	58.3			860	43.7			516	26.2		
0.400		1394	70.8			1046	53.1			627	31.9		
0.500		1743	88.5			1307	66.4			784	39.8		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

 <p>Elaborado por: <b>Katherine R. Toribio Rodríguez</b> TÉC. DE LABORATORIO Jefe de Laboratorio</p>	 <p>Revisado por: <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIF N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	 <p>Aprobado por: <b>José L. López García</b> INGENIERO CIVIL TÉCNICO DE CALIDAD Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC</p>
---	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC
		Fecha	12/10/2023
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA		
TITULO	: "EFECTO DEL USO DE LA GENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"		
UBICACIÓN	: PIURA		
CALICATA	: C-3	Fecha de ensayo :	12/10/2023
MUESTRA	: ---		
PROFUNDIDAD	: 0.80- 1.50 m		

**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca

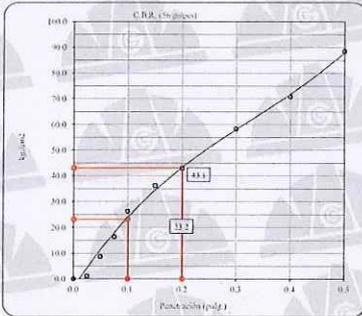
1.849 gr./cm<sup>3</sup>

Máxima Densidad Seca al 95%

1.757 gr./cm<sup>3</sup>

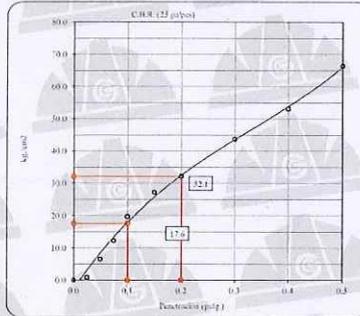
Óptimo Contenido de Humedad

8.9 %



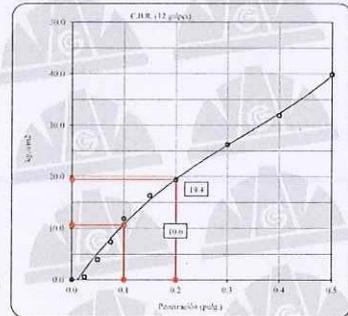
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

33.0 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

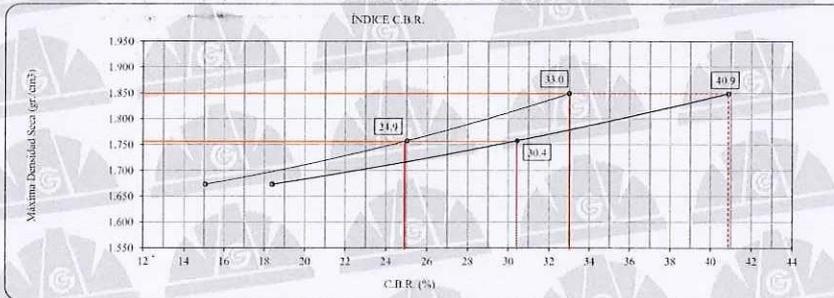
25.0 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

15.1 %

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 33.0 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": 24.9 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 40.9 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": 30.4 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad GEOCONTROL PERÚ

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	 <b>Gilder Garcia Guzman</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 <b>CONTROL PERU SAC</b> Y SERVICIOS <b>JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA</b> INGENIERO DE CALIDAD Tº del laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	4
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	2/01/2023
<b>PROYECTO</b> : "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"			
<b>SOLICITANTE</b> : ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA			
<b>UBICACIÓN</b> : PIURA			
<b>Calicata</b> : C-1			
<b>Muestra</b> : ---			
<b>Profundidad</b> : 0.00-1.50 m			<b>Fecha de ensayo:</b> 9/10/2023

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200	100.00	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>	
2 1/2"	63.500	100.00		Contenido Humedad (%) 10.1	
2"	50.800	100.00		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>	
1 1/2"	38.100	92.84		Límite Líquido (LL) N.P.	
1"	25.400	88.39		Límite Plástico (LP) N.P.	
3/4"	19.050	80.46		Índice Plástico (IP) N.P.	
1/2"	12.700	66.43		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)</b>	
3/8"	9.530	58.76		Grava (%) Arena (%) Finos (%)	
N° 4	4.750	42.87		57.1 36.6 6.2	
N° 10	2.000	32.18		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	
N° 20	0.850	23.81		Clasificación SUCS (ASTM D2487) GP - GM	
N° 40	0.430	19.11		Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-1-a (1)	
N° 60	0.250	13.44		<b>Nombre del Grupo</b>	
N° 100	0.150	8.38		Grava pobremente gradada con limo y arena	
N° 200	0.075	6.23			

**DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA:** GP - GM Grava pobremente gradada con limo y arena  
ASTM 2488

- INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**
- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
  - 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
  - 3) El Límite Líquido no se calcula debido a que el suelo no es plástico.

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERÚ.

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

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	4
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	2/01/2023
<b>TÍTULO</b> : "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"			
<b>SOLICITANTE</b> : ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA			
<b>UBICACIÓN</b> : PIURA			
<b>Calicata</b> : C-2			
<b>Muestra</b> : ---			
<b>Profundidad</b> : 0.00-1.50 m		<b>Fecha de ensayo:</b> 9/10/2023	

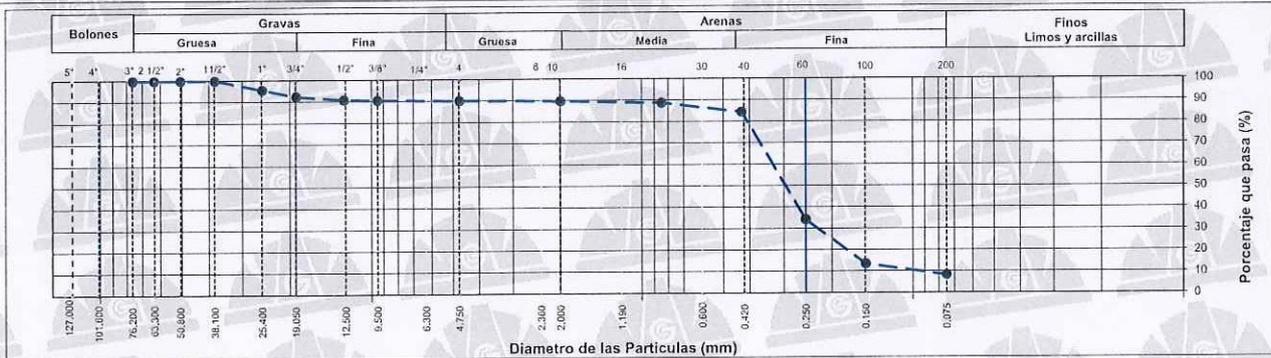
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b> Contenido Humedad (%) : 3.9  <b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b> Límite Líquido (LL) : N.P. Límite Plástico (LP) : N.P. Índice Plástico (IP) : N.P.  <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)</b> Grava (%) : 9.8    Arena (%) : 81.8    Finos (%) : 8.5  <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b> Clasificación SUCS (ASTM D2487) : SP - SM Clasificación AASHTO (ASTM D3282) : A-3 (1)  <b>Nombre del Grupo</b> Arena pobremente gradada con limo
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	95.60		
3/4"	19.050	92.52		
1/2"	12.700	90.82		
3/8"	9.530	90.54		
N° 4	4.750	90.23		
N° 10	2.000	89.77		
N° 20	0.850	88.91		
N° 40	0.430	84.51		
N° 60	0.250	34.34		
N° 100	0.150	13.62		
N° 200	0.075	8.48		

**DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA:** ASTM 2488    SP - SM    Arena pobremente gradada con limo

**INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a  $110 \pm 5$  °C.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a  $110 \pm 5$  °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El Límite Líquido no se calcula debido a que el suelo no es plástico.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERÚ.

<b>Elaborado por:</b>  <b>Katherine R. Toribio Rodríguez</b> TEG. DE LABORATORIO	<b>Revisado por:</b>  <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	<b>Aprobado por:</b>  <b>Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC</b>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	4
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	2/01/2023
<b>TÍTULO</b> : EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023*			
<b>SOLICITANTE</b> : ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA			
<b>UBICACIÓN</b> : PIURA			
<b>Calicata</b> : C-3			
<b>Muestra</b> : ---			
<b>Profundidad</b> : 0,00 - 1,50 m			<b>Fecha de ensayo:</b> 9/10/2023

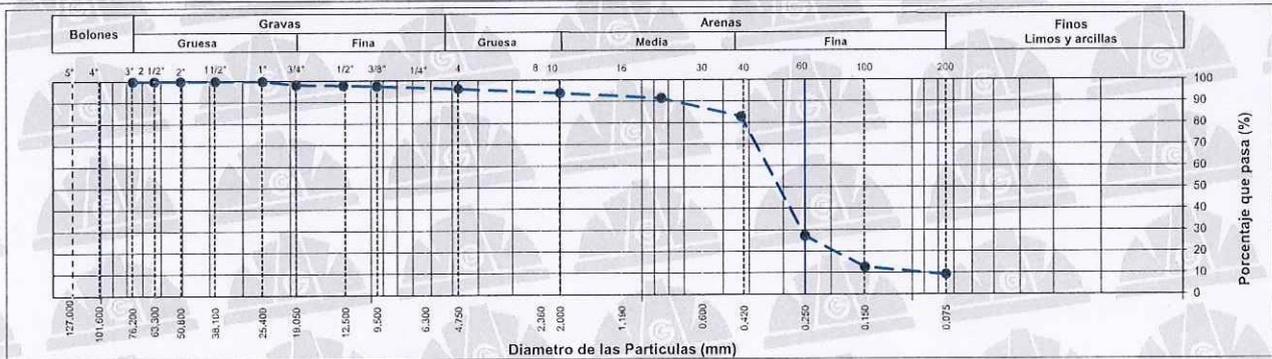
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	76,200	100,00	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
2 1/2"	63,500	100,00		Contenido Humedad (%)	2,8	
2"	50,800	100,00		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
1 1/2"	38,100	100,00		Límite Líquido (LL)	N.P.	
1"	25,400	100,00		Límite Plástico (LP)	N.P.	
3/4"	19,050	98,24		Índice Plástico (IP)	N.P.	
1/2"	12,700	97,90		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)</b>		
3/8"	9,530	97,54		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
N° 4	4,750	96,19		3,8	86,8	9,3
N° 10	2,000	94,15		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
N° 20	0,850	91,63		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	SP - SM	
N° 40	0,430	82,96		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	A-3 (1)	
N° 60	0,250	27,41		<b>Nombre del Grupo</b>		
N° 100	0,150	12,82		Arena pobremente gradada con limo		
N° 200	0,075	9,34				

**DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA:** ASTM 2488 SP - SM Arena pobremente gradada con limo

**INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El Límite Líquido no se calcula debido a que el suelo no es plástico.

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERÚ.

<b>Elaborado por:</b>  ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodríguez T.E.C. DE LABORATORIO	<b>Revisado por:</b>  <b>GILDER GARCÍA GUZMÁN</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	<b>Aprobado por:</b>  <b>JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA</b> TÉCNICO DE LABORATORIO
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	4
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	2/01/2023

**TITULO** : "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"

**SOLICITANTE** : ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA

**UBICACIÓN** : PIURA

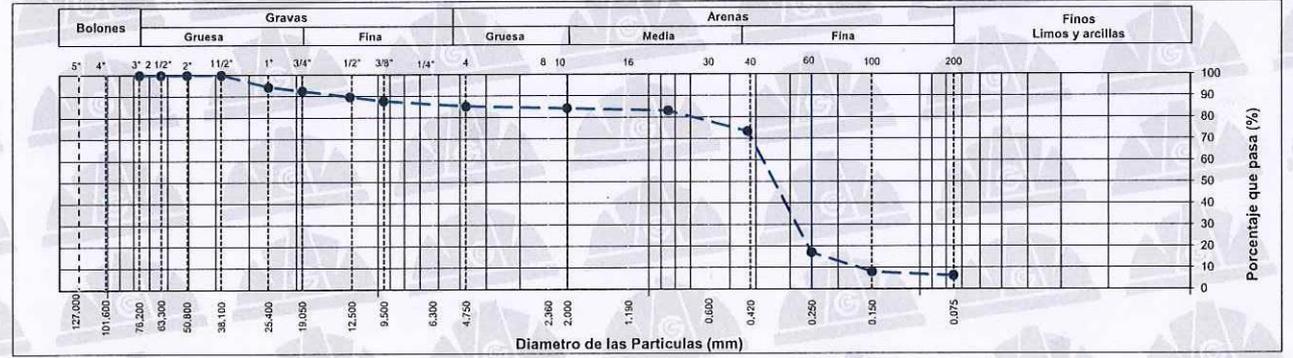
**Calicata** : C-4  
**Muestra** : ---  
**Profundidad** : 0.00 - 1.50 m **Fecha de ensayo:** 9/10/2023

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)			
2 1/2"	63.500	100.00			Contenido Humedad (%)	2.7	
2"	50.800	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)	Límite Líquido (LL)	N.P.	
1 1/2"	38.100	100.00			Límite Plástico (LP)	N.P.	
1"	25.400	94.30			Índice Plástico (IP)	N.P.	
3/4"	19.050	92.51		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
1/2"	12.700	89.72			14.7	78.9	6.3
3/8"	9.530	87.74			CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
N° 4	4.750	85.28		Clasificación SUCS (ASTM D2487)		SP - SM	
N° 10	2.000	84.34		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)		A-3 (1)	
N° 20	0.850	83.16		Nombre del Grupo			
N° 40	0.430	73.48		Arena pobremente gradada con limo			
N° 60	0.250	17.09					
N° 100	0.150	8.07					
N° 200	0.075	6.34					

**DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA:** SP - SM Arena pobremente gradada con limo  
ASTM 2488

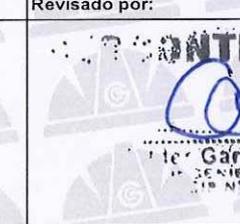
- INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**
- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
  - 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ . Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
  - 3) El Límite Líquido no se calcula debido a que el suelo no es plástico.

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERÚ.

<b>Elaborado por:</b>  Katherine R. Forjito Rodríguez TEC. DE LABORATORIO	<b>Revisado por:</b>  José L. López García ING. EN INGENIERIA CIVIL N° 259741	<b>Aprobado por:</b>  José L. López García Tecnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

## ANEXO 10: ALGUNAS COORDENADAS UTM DE LA ZONA

Punto	Este	Nrte	Cota	Descrip.
P	E	N	Z	D
1	534387.073	9428389.48	35.309	RELL
2	534386.298	9428390.917	35.294	RELL
3	534383.641	9428396.998	35.214	RELL
4	534380.873	9428402.085	35.137	RELL
5	534379.988	9428405.843	35.064	RELL
6	534377.554	9428413.583	34.908	RELL
7	534376.56	9428421.321	34.735	RELL
8	534375.567	9428430.496	34.519	RELL
9	534374.687	9428444.867	34.218	RELL
10	534375.464	9428445.751	34.238	RELL
11	534379.009	9428443.759	34.25	RELL
12	534382.663	9428437.788	34.405	RELL
13	534388.311	9428428.832	34.608	RELL
14	534392.298	9428422.75	34.717	RELL
15	534398.166	9428409.925	34.887	RELL
16	534399.161	9428405.392	34.937	RELL
17	534403.588	9428394.225	35.019	RELL
18	534407.02	9428386.707	35.041	RELL
19	534410.233	9428383.831	35.009	RELL
20	534411.785	9428383.941	34.982	RELL
21	534418.877	9428382.721	34.863	RELL
22	534419.764	9428382.832	34.848	RELL
23	534419.544	9428386.59	34.841	RELL
24	534419.435	9428390.459	34.832	RELL
25	534419.327	9428395.765	34.82	RELL
26	534419.107	9428399.524	34.811	RELL
27	534419.664	9428405.603	34.79	RELL
28	534419.444	9428409.362	34.781	RELL
29	534420.5579	9428420.857	34.749	RELL
30	534421.2255	9428426.273	34.739	RELL
31	534422.5603	9428436.332	34.73	RELL
32	534423.8929	9428441.748	34.736	RELL
33	534424.4496	9428447.053	34.806	RELL
34	534425.1161	9428450.148	34.872	RELL
35	534429.9919	9428448.93	34.903	RELL
36	534433.9814	9428448.375	34.938	RELL
37	534435.7524	9428443.842	34.867	RELL
38	534435.861	9428439.199	34.842	RELL
39	534437.5215	9428435.44	34.835	RELL
40	534438.4044	9428427.813	34.794	RELL

41	534438.6227	9428420.959	34.752	RELL
42	534439.6168	9428414.105	34.706	RELL
43	534441.3867	9428407.361	34.649	RELL
44	534442.6014	9428398.407	34.569	RELL
45	534443.597	9428394.648	34.527	RELL
46	534445.2569	9428389.452	34.456	RELL
47	534445.4752	9428382.598	34.388	RELL
48	534445.6943	9428377.292	34.333	RELL
49	534448.2404	9428371.321	34.218	RELL
50	534449.6834	9428375.963	34.266	RELL
51	534451.6828	9428385.248	34.366	RELL
52	534452.6873	9428399.618	34.522	RELL
53	534453.6914	9428413.214	34.67	RELL
54	534454.2478	9428417.856	34.72	RELL
55	534455.582	9428427.03	34.82	RELL
56	534455.472	9428429.352	34.845	RELL
57	534457.802	9428434.104	34.897	RELL
58	534457.694	9428440.294	34.963	RELL
59	534458.361	9428443.389	34.997	RELL
60	534459.803	9428446.483	35.062	RELL
61	534462.022	9428451.899	35.18	RELL
62	534465.683	9428458.198	35.315	RELL
63	534467.235	9428459.745	35.35	RELL
64	534471.114	9428459.08	35.337	RELL
65	534471.222	9428454.547	35.238	RELL
66	534471.55	9428445.483	35.04	RELL
67	534471.876	9428430.891	34.862	RELL
68	534472.201	9428416.41	34.704	RELL
69	534472.31	9428411.768	34.654	RELL
70	534472.747	9428399.718	34.523	RELL
71	534472.856	9428395.96	34.482	RELL
72	534472.965	9428392.202	34.442	RELL
73	534473.295	9428387.006	34.385	RELL
74	534473.403	9428381.7	34.328	RELL
75	534474.398	9428377.278	34.28	RELL
76	534475.283	9428373.519	34.239	RELL
77	534475.392	9428369.761	34.198	RELL
78	534477.163	9428364.564	34.142	RELL
79	534477.161	9428361.469	34.109	RELL
80	534478.931	9428354.836	34.036	RELL

2120	536297.7471	9427784.415	39.285	RELL
2121	536299.5264	9427796.242	39.033	RELL
2122	536290.1096	9427802.88	39.006	RELL
2123	536272.2721	9427813.501	39.084	RELL
2124	536271.4955	9427811.843	39.078	RELL
2125	534443.353	9428349.326	34.1	Esq
2126	534366.782	9428369.482	34.1	Esq
2127	534355.902	9428331.351	34.1	Esq
2128	534431.476	9428310.422	34.1	Esq
2129	534430.365	9428306.111	34.1	Esq
2130	534356.787	9428326.818	34.1	Esq
2131	534417.4811	9428474.803	38.228	CARRET
2132	534444.4072	9428464.841	38.408	CARRET
2133	534469.5606	9428456.206	38.274	CARRET
2134	534500.919	9428444.805	38.025	CARRET
2135	534526.5154	9428435.507	37.912	CARRET
2136	534566.7387	9428421.559	38.392	CARRET
2137	534603.6373	9428407.834	39.238	CARRET
2138	534629.234	9428399.089	39.898	CARRET
2139	534656.3819	9428389.79	40	CARRET
2140	534671.5626	9428384.477	40	CARRET
2141	534683.8631	9428382.039	40	CARRET
2142	534696.2735	9428377.501	40	CARRET
2143	534708.6841	9428373.515	40	CARRET
2144	534725.4157	9428366.874	40	CARRET
2145	534752.5625	9428355.254	40	CARRET
2146	534774.3911	9428346.621	39.868	CARRET
2147	534838.016	9428367.703	40.362	CARRET
2148	534842.6726	9428371.459	40.422	CARRET
2149	534843.6706	9428372.564	40.432	CARRET
2150	534849.2145	9428377.757	40.486	CARRET
2151	534850.8777	9428379.524	40.497	CARRET
2152	534864.8484	9428392.561	40.563	CARRET
2153	534863.9624	9428393.888	40.538	CARRET
2154	534891.4595	9428418.194	40.436	CARRET
2155	534891.3495	9428419.962	40.406	CARRET
2156	534930.3771	9428453.437	40.182	CARRET
2157	534930.1558	9428453.99	40.176	CARRET
2158	534798.2157	9428340.309	39.666	CARRET
2159	534825.0309	9428330.568	39.538	CARRET
2160	534904.923	9428302.451	41.801	CARRET
2161	534964.6482	9428281.64	42.144	CARRET
2162	535178.839	9428207.692	40.065	CARRET
2163	535213.9646	9428194.851	40.481	CARRET
2164	535243.7717	9428184.335	40.738	CARRET
2165	535322.6661	9428156.329	41.167	CARRET

2215	534348.1718	9428387.62	38.555	CARRET
2216	534443.8443	9428447.044	38.022	CARRET
2217	534411.8854	9428363.601	38.109	CARRET
2218	534443.8443	9428447.044	38.022	CARRET
2219	534464.1254	9428446.592	38.065	CARRET
2220	534439.4154	9428455.558	38.149	CARRET
2221	534412.7115	9428466.514	38.015	CARRET
2222	534395.4255	9428472.713	37.877	CARRET
2223	534415.3469	9428416.438	34.769	eje
2224	534446.152	9428406.695	34.613	eje
2225	534474.9623	9428397.396	34.498	eje
2226	534508.538	9428387.431	34.39	eje
2227	534536.0187	9428378.685	34.296	eje
2228	534562.613	9428370.381	34.868	eje
2229	534591.5315	9428355.554	35.671	eje
2230	534604.9382	9428348.694	36.089	eje
2231	534640.5088	9428339.06	36.978	eje
2232	534668.8759	9428329.982	36.819	eje
2233	534695.4701	9428321.346	36.56	eje
2234	534729.3782	9428311.712	36.121	eje
2235	534770.8215	9428299.864	35.607	eje
2236	534807.8323	9428289.013	35.041	eje
2237	534832.6542	9428282.589	35.45	eje
2238	534863.4596	9428273.62	36.715	eje
2239	534892.6033	9428266.31	38.098	eje
2240	534946.2349	9428249.15	38.739	eje
2241	534987.0136	9428238.186	38.357	eje
2242	535036.1022	9428223.017	37.301	eje
2243	535086.4092	9428206.522	36.635	eje
2244	535127.6286	9428190.362	37.011	eje
2245	535175.165	9428174.2	37.724	eje
2246	535215.7208	9428160.693	38.067	eje
2247	535246.082	9428150.398	38.179	eje
2248	535276.6654	9428140.987	38.281	eje
2249	535306.5834	9428130.691	38.508	eje
2250	535338.0531	9428120.727	38.819	eje
2251	535363.5387	9428111.871	39.141	eje
2252	535402.5428	9428098.476	39.074	eje
2253	535438.6666	9428087.404	38.574	eje
2254	535503.2677	9428066.258	37.41	eje
2255	535559.004	9428047.769	37.196	eje
2256	535640.7791	9428018.766	38.589	eje
2257	535715.0197	9427993.194	38.25	eje
2258	535766.4334	9427974.155	38.838	eje
2259	535839.4542	9427947.477	40.147	eje
2260	535912.9175	9427919.141	39.408	eje

2261	535987.8245	9427896.774	39.857	eje
2262	536083.8927	9427861.683	39.596	eje
2263	536281.1259	9427789.619	39.18	eje
2264	536340.7418	9427773.229	39.271	eje
2265	536515.3706	9427709.909	39.338	eje
2266	536569.7764	9427691.42	39.667	eje
2267	536754.2682	9427627.874	37.162	eje
2268	536855.2118	9427592.337	36.887	eje
2269	536998.3689	9427535.776	36.7	eje
2270	534443.1342	9428354.632	34.193	Mz
2271	534367.1169	9428374.677	36.007	Mz
2272	534379.8733	9428397.885	35.237	Mz
2273	534397.0573	9428409.925	34.893	Mz
2274	534457.8944	9428396.188	34.485	Mz
2275	534465.7622	9428394.305	34.464	Mz
2276	534452.4425	9428352.417	34.01	Mz
2277	534537.9889	9428328.277	33.985	Mz
2278	534551.5301	9428369.944	34.529	Mz
2279	534557.0668	9428360.435	34.614	Mz
2280	534600.0613	9428347.702	35.928	Mz
2281	534565.2065	9428235.189	34.276	Mz
2282	534527.0879	9428246.703	33.472	Mz
2283	534561.8314	9428358.554	34.747	Mz
2284	534605.6017	9428345.82	36.107	Mz
2285	534594.5002	9428307.468	35.748	Mz
2286	534733.9007	9428268.157	35.108	Mz
2287	534741.454	9428302.863	35.855	Mz
2288	534747.9917	9428300.76	35.766	Mz
2289	534738.5547	9428266.718	35.031	Mz
2290	534875.738	9428226.524	37.091	Mz
2291	534883.9571	9428262.777	37.618	Mz
2292	534897.1437	9428259.233	38.303	Mz
2293	534888.3704	9428222.759	37.499	Mz
2294	535011.702	9428186.109	36.639	Mz
2295	535025.0191	9428222.249	37.457	Mz
2296	535036.7649	9428218.485	37.218	Mz
2297	535003.1287	9428106.303	37.316	Mz
2298	535044.5717	9428094.233	37.315	Mz
2299	535077.8743	9428204.094	36.709	Mz
2300	535084.7443	9428201.548	36.679	Mz
2301	535073.6443	9428166.734	36.772	Mz
2302	535209.7196	9428127.534	38.428	Mz
2303	535217.8238	9428155.386	38.125	Mz
2304	535223.364	9428153.173	38.149	Mz
2305	535214.9274	9428125.542	38.449	Mz

2620	535871.4391	9427861.349	34.1	esq
2621	535842.8925	9427735.016	34.1	esq
2622	535829.6843	9427696.002	34.1	esq
2623	535911.3491	9427668.988	34.1	esq
2624	535925.445	9427710.213	34.1	esq
2625	535933.8666	9427707.997	34.1	esq
2626	535918.33	9427666.884	34.1	esq
2627	536025.726	9427678.325	34.1	esq
2628	536010.5221	9427637.765	34.1	esq
2629	536276.811	9427803.881	34.1	esq
2630	536304.0689	9427793.587	34.1	esq
2631	536279.1411	9427809.186	34.1	esq
2632	536308.7262	9427798.67	34.1	esq
2633	534348.3212	9428239.385	34.1	esq
2634	534404.6126	9428222.002	34.1	esq
2635	534501.2215	9428157.399	34.1	esq
2636	534775.9171	9428070.49	34.1	esq
2637	534740.2395	9428087.641	34.1	esq
2638	534752.1171	9428126.435	34.1	esq
2639	534768.9889	9428179.486	34.1	esq
2640	534782.0853	9428217.727	34.1	esq
2641	534727.1277	9428242.626	34.1	esq
2642	534732.9001	9428261.857	34.1	esq
2643	534743.4268	9428258.204	34.1	esq
2644	534738.4303	9428239.193	34.1	esq
2645	534726.1305	9428243.179	34.1	esq
2646	534731.4594	9428261.968	34.1	esq
2647	534871.7449	9428219.783	34.1	esq
2648	534865.4185	9428200.994	34.1	esq
2649	534742.7841	9428303.305	34.1	esq
2650	534734.6767	9428268.71	34.1	esq
2651	534737.6681	9428266.829	34.1	esq
2652	534748.1029	9428301.534	34.1	esq
2653	534827.8661	9428012.762	34.1	esq
2654	534976.0391	9428009.814	34.1	esq
2655	535002.9054	9428102.987	34.1	esq
2656	535042.5755	9428091.581	34.1	esq
2657	535017.2649	9428006.588	34.1	esq
2658	535065.4298	9428139.876	34.1	esq
2659	535214.4838	9428124.989	34.1	esq
2660	535209.2761	9428127.203	34.1	esq
2661	535208.0544	9428122.008	34.1	esq
2662	535214.5923	9428120.347	34.1	esq
2663	535208.5977	9428100.452	34.1	esq
2664	535347.2211	9428059.925	34.1	esq
2665	535304.7767	9428064.036	34.1	esq

## ANEXO 11: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 <sup>A</sup>	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...	...		B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	N.P.		B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. <sup>B</sup>
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

<sup>A</sup> La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

<sup>B</sup> El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

# ANEXO 12: CERTIFICADOS- DOSIFICACIÓN DE CONCRETO.



**RUC 20609900327**

Cel: 963 583 788 - 933 910 417  
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos  
[www.geocontrolperu.com.pe](http://www.geocontrolperu.com.pe)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	16/10/2023

## LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUE & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA
TESIS	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"
UBICACION	: PIURA

Fecha de ensayo: 16/10/2023

MATERIAL	f'c 280 kg/cm <sup>2</sup> ( PATRÓN)					
	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	1.7	1.6	1531.0	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	1.1	1492.0	1624.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO						
A)	VALORES DE DISEÑO					
	1 ASENTAMIENTO			4	pulg	
	2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			1"		
	3 RELACION AGUA CEMENTO			0.451		
	4 AGUA			196		
	5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			1.5		
	6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.66		
	7 TEMPERATURA C°			25.5	°C	
B)	ANALISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO		435.000	Kg/m <sup>3</sup>	10.2	Bls/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agua			0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Aire			0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO					
	CEMENTO			435	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			196	L/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			831	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			891	Kg/m <sup>3</sup>	
	PESO DE MEZCLA			2353	Kg/m <sup>3</sup>	
D)	CORRECCION POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO			845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
E)	CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
	AGREGADO FINO			%	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			-0.10	-0.8	
				0.80	7.1	
					6.3	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				202.3	Lts/m <sup>3</sup>
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO					
	CEMENTO			435	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			202	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			845	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			893	Kg/m <sup>3</sup>	
	PESO DE MEZCLA			2376	Kg/m <sup>3</sup>	
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (100 IL.)					
	CEMENTO			43.50	Kg	
	AGUA			20.23	Lts	
	AGREGADO FINO			84.51	Kg	
	AGREGADO GRUESO			89.34	Kg	
	PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					
	C			1.0		
	A.F			1.94		
	A.G			2.05		
	H2o			19.8		
	PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)					
	C			1.0		
	A.F			1.90		
	A.G			2.07		
	H2o			19.8		



**GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	16/10/2023

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA		
TESIS	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"		
UBICACION	: PIURA	Fecha de ensayo:	16/10/2023

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	1.7	1.6	1531.0	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	1.1	1492.0	1624.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO						
A)	VALORES DE DISEÑO					
	1 ASENTAMIENTO			4	pulg	
	2 TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			1"		
	3 RELACION AGUA CEMENTO			0.451		
	4 AGUA			196		
	5 TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			1.5		
	6 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.66		
	7 TEMPERATURA C°			25.5	°c	
B)	ANALISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO		435.000	Kg/m <sup>3</sup>	10.2	Bls/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agua			0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Aire			0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO SECO					
	CEMENTO			435	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			196	L/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			831	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			891	Kg/m <sup>3</sup>	
	PESO DE MEZCLA			2353	Kg/m <sup>3</sup>	
D)	CORRECCION POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO			845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
E)	CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
	AGREGADO FINO			%	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			-0.10	-0.8	
				0.80	7.1	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				6.3	
					202.3	Lts/m <sup>3</sup>
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m <sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO					
	CEMENTO			422	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			202	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			845	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			893	Kg/m <sup>3</sup>	
	3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ			13	Kg/m <sup>3</sup>	
	PESO DE MEZCLA			2376	Kg/m <sup>3</sup>	
G)	CANTIDAD DE MATERIALES (100 lt.)					
	CEMENTO			42.20	Kg	
	AGUA			20.23	Lts	
	AGREGADO FINO			84.51	Kg	
	AGREGADO GRUESO			89.34	Kg	
	3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ			1.31	Kg	
	PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					
	C			1.0		
	A.F			2.00		
	A.G			2.12		
	H2o			20.4		
	PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)					
	C			1.0		
	A.F			1.96		
	A.G			2.13		
	H2o			20.4		

Elaborado por:  <b>Katherine R. Toribio Rodríguez</b> Jefe de Laboratorio	Revisado por:  <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  <b>José L. López García</b> Técnico de Laboratorio Control de Calidad GEOCONTROL PERU
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	16/10/2023

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio					
<b>SOLICITANTE</b>	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA					
<b>TESIS</b>	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"					
<b>UBICACION</b>	: PIURA					<b>Fecha de ensayo:</b> 16/10/2023
<b>f'c 280 kg/cm<sup>2</sup> ( 7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ )</b>						
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO ESPECIFICO</b> g/cc	<b>MODULO FINEZA</b>	<b>HUM. NATURAL</b> %	<b>ABSORCIÓN</b> %	<b>P. UNITARIO S.</b> Kg/m <sup>3</sup>	<b>P. UNITARIO C.</b> Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	1.7	1.6	1531.0	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	1.1	1492.0	1624.0
<b>MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO</b>						
<b>A)</b>	<b>VALORES DE DISEÑO</b>					
	1	ASENTAMIENTO		4	pulg	
	2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL		1"		
	3	RELACION AGUA CEMENTO		0.451		
	4	AGUA		196		
	5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %		1.5		
	6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO		0.66		
	7	TEMPERATURA C°		25.5	°c	
<b>B)</b>	<b>ANALISIS DE DISEÑO</b>					
	<b>FACTOR CEMENTO</b>		435.000	Kg/m <sup>3</sup>	10.2	Bls/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agua			0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Aire			0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>					
<b>C)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>					
	CEMENTO			435	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			196	L/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			831	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			891	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2353	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D)</b>	<b>CORRECCION POR HUMEDAD</b>					
	AGREGADO FINO HUMEDO			845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E)</b>	<b>CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>					
	AGREGADO FINO			%	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			-0.10	-0.8	
				0.80	7.1	
	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>				202.3	Lts/m <sup>3</sup>
<b>F)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>					
	CEMENTO			405	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			202	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			845	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			893	Kg/m <sup>3</sup>	
	7% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ			30	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G)</b>	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2376	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>CANTIDAD DE MATERIALES (100 lt.)</b>					
	CEMENTO			40.46	Kg	
	AGUA			20.23	Lts	
	AGREGADO FINO			84.51	Kg	
	AGREGADO GRUESO			89.34	Kg	
	7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ			3.05	Kg	
<b>PROPORCION EN PESO p3 (húmedo)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>		
	C	1.0		C	1.0	
	A.F	2.09		A.F	2.05	
	A.G	2.21		A.G	2.22	
	H2o	21.3		H2o	21.3	

<p>Elaborado por:</p>  <p><b>ENSAYO DE MATERIALES</b> Katherine R. Fortis Rodríguez Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p>  <p><b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 809741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p><b>CONTROL DE CALIDAD</b> José L. López García Técnico de Laboratorio Control de Calidad GEOCONTROL PERU</p>
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	GCP
		Fecha	16/10/2023

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio					
<b>SOLICITANTE</b>	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA					
<b>TESIS</b>	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"					
<b>UBICACION</b>	: PIURA					<b>Fecha de ensayo:</b> 16/10/2023
<b>f'c 280 kg/cm<sup>2</sup> ( 12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ )</b>						
<b>MATERIAL</b>	<b>PESO ESPECIFICO g/cc</b>	<b>MODULO FINEZA</b>	<b>HUM. NATURAL %</b>	<b>ABSORCIÓN %</b>	<b>P. UNITARIO S. Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>P. UNITARIO C. Kg/m<sup>3</sup></b>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.63	2.93	1.7	1.6	1531.0	1770.0
AGREGADO GRUESO	2.67	7.47	0.3	1.1	1492.0	1624.0
<b>MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO</b>						
<b>A)</b>	<b>VALORES DE DISEÑO</b>					
1	ASENTAMIENTO			4	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			1"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.451		
4	AGUA			196		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			1.5		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.66		
7	TEMPERATURA C°			25.5	°c	
<b>B)</b>	<b>ANALISIS DE DISEÑO</b>					
	<b>FACTOR CEMENTO</b>		435.000	Kg/m <sup>3</sup>	10.2	Bls/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento				0.1394	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del Agua				0.1960	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del Aire				0.0150	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
	<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>					
	Volumen absoluto del Agregado fino				0.3160	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3336	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
	<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>					
<b>C)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>					
	CEMENTO			435	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			196	L/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			831	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			891	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2353	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D)</b>	<b>CORRECCION POR HUMEDAD</b>					
	AGREGADO FINO HUMEDO			845.1	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			893.4	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E)</b>	<b>CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>					
	AGREGADO FINO			%	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			-0.10	-0.8	
				0.80	7.1	
	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>				6.3	Lts/m <sup>3</sup>
					202.3	
<b>F)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>					
	CEMENTO			383	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			202	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			845	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			893	Kg/m <sup>3</sup>	
	12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ			52	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2376	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G)</b>	<b>CANTIDAD DE MATERIALES (100 lt.)</b>					
	CEMENTO			38.28	Kg	
	AGUA			20.23	Lts	
	AGREGADO FINO			84.51	Kg	
	AGREGADO GRUESO			89.34	Kg	
	12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ			5.22	Kg	
<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>		
C	1.0			C	1.0	
A.F	2.21			A.F	2.16	
A.G	2.33			A.G	2.35	
H2o	22.5			H2o	22.5	

Elaborado por:  <b>Katherine K. Toribio Rodriguez</b> Jefe de Laboratorio	Revisado por:  <b>Gilder Garcia Guzman</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  <b>José L. López García</b> Técnico de Laboratorio Control de Calidad GEOCONTROL PERU
--	--	--

# ANEXO 13: CERTIFICADOS- PRUEBAS DE COMPRESIÓN.



**RUC 20609900327**

Cel: 963 583 788 - 933 910 417  
Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, Lt 57, Los Olivos  
[www.geocontrolperu.com.pe](http://www.geocontrolperu.com.pe)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	25/11/2023

## LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio							
<b>SOLICITANTE</b>	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUE & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA							
<b>TESIS</b>	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SÁNCHEZ CERRO-PIURA 2023"							
<b>UBICACIÓN</b>	: PIURA	<b>CANTERA</b>	: SAINT THOMAS	<b>Fecha de emisión:</b>	: 25/11/2023			
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
PATRON N° 1	25/10/2023	1/11/2023	7	16179.4	78.54	206.0	280.0	73.6
PATRON N° 2	25/10/2023	1/11/2023	7	17362.8	78.54	221.1	280.0	79.0
PATRON N° 3	25/10/2023	1/11/2023	7	16140.9	78.54	205.5	280.0	73.4
PATRON N° 4	25/10/2023	8/11/2023	14	20099.9	78.54	255.9	280.0	91.4
PATRON N° 5	25/10/2023	8/11/2023	14	19565.6	78.54	249.1	280.0	89.0
PATRON N° 6	25/10/2023	8/11/2023	14	21406.3	78.54	272.6	280.0	97.3
PATRON N° 7	25/10/2023	22/11/2023	28	24905.8	78.54	317.1	280.0	113.3
PATRON N° 8	25/10/2023	22/11/2023	28	22480.4	78.54	286.2	280.0	102.2
PATRON N° 9	25/10/2023	22/11/2023	28	23378.4	78.54	297.7	280.0	106.3

**EQUIPO DE ENSAYO**  
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

- OBSERVACIONES:**
- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
  - \* El ensayo fue realizado haciendo uso de material reftente (Almohadillas de Neopreno).
  - \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU SAC

<b>Elaborado por:</b>  Catherine R. Toribio Rodriguez T.E.B. DE LABORATORIO	<b>Revisado por:</b>  <b>Gilder Garcia Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	<b>Aprobado por:</b>  <b>José L. López García</b> Técnico de Laboratorio
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b>

Email: [Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe](mailto:Cotizaciones@geocontrolperu.com.pe)  
[Gerencia@geocontrolperu.com.pe](mailto:Gerencia@geocontrolperu.com.pe)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	25/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio									
<b>SOLICITANTE</b>	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUE & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA									
<b>TESIS</b>	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"									
<b>UBICACIÓN</b>	: PIURA	CANTERA	SAINT-THOMAS						Fecha de emisión:	25/11/2023
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm2	ESFUERZO kg/cm2	F'c Diseño kg/cm2	% F'c		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 1	25/10/2023	1/11/2023	7	17418.6	78.54	221.8	280.0	79.2		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	1/11/2023	7	16985.3	78.54	216.3	280.0	77.2		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	1/11/2023	7	18056.2	78.54	229.9	280.0	82.1		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 4	25/10/2023	9/11/2023	14	20728.1	78.54	263.9	280.0	94.3		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 5	25/10/2023	8/11/2023	14	22244.9	78.54	283.2	280.0	101.2		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 6	25/10/2023	8/11/2023	14	20945.2	78.54	266.7	280.0	95.2		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 7	25/10/2023	22/11/2023	28	24176.6	78.54	307.8	280.0	109.9		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 8	25/10/2023	22/11/2023	28	24280.2	78.54	309.1	280.0	110.4		
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 9	25/10/2023	22/11/2023	28	23473.1	78.54	298.9	280.0	106.7		

**EQUIPO DE ENSAYO**  
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de material referentante (Almohadillas de Neopreno).
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU SAC

<b>Elaborado por:</b>   <b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Revisado por:</b>  <b>GEOCONTROL PERU S.A.C.</b> <b>Y SERVICIOS</b> <b>Gilder Garcia Guzman</b> <b>INGENIERO CIVIL</b> <b>CIP N° 299741</b> <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Aprobado por:</b>  <b>GEOCONTROL PERU S.A.C.</b> <b>Y SERVICIOS</b> <b>CONTROL DE CALIDAD</b> <b>José L. López García</b> <b>Técnico de laboratorio</b> <b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b>
---	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS</b>	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	25/11/2023

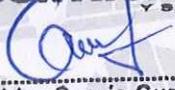
**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio							
<b>SOLICITANTE</b>	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUE & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA							
<b>TESIS</b>	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"							
<b>UBICACIÓN</b>	: PIURA	<b>CANTERA</b>	: SAINT THOMAS	<b>Fecha de emisión:</b>	25/11/2023			
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA (kgf)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO (kg/cm <sup>2</sup> )	F <sup>c</sup> Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% F <sup>c</sup>
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 1	25/10/2023	1/11/2023	7	16168.2	78.54	205.9	280.0	73.5
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	1/11/2023	7	15746.8	78.54	200.5	280.0	71.6
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	1/11/2023	7	15701.6	78.54	199.9	280.0	71.4
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 4	25/10/2023	8/11/2023	14	19078.5	78.54	242.9	280.0	86.8
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 5	25/10/2023	8/11/2023	14	20941.2	78.54	266.6	280.0	95.2
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 6	25/10/2023	8/11/2023	14	18610.5	78.54	237.0	280.0	84.6
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 7	25/10/2023	22/11/2023	28	22954.4	78.54	292.3	280.0	104.4
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 8	25/10/2023	22/11/2023	28	23237.7	78.54	295.9	280.0	105.7
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 9	25/10/2023	22/11/2023	28	22622.7	78.54	288.0	280.0	102.9

**EQUIPO DE ENSAYO**  
Capacidad máxima 250 000 Lb. división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- El ensayo fue realizado haciendo uso de material refrentante (Almohadillas de Neopreno).
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU SAC

<b>Elaborado por:</b>  <b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Revisado por:</b>  <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Aprobado por:</b>  <b>José L. López García</b> TÉCNICO DE LABORATORIO <b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b>
--	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILINDRICAS</b>	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	25/11/2023

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio							
<b>SOLICITANTE</b>	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUE & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA							
<b>TESIS</b>	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SÁNCHEZ CERRO-PIURA 2023"							
<b>UBICACIÓN</b>	: PIURA	CANTERA	SAINT THOMAS	Fecha de emisión:	25/11/2023			
IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F <sub>c</sub> Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F <sub>c</sub>
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 1	25/10/2023	1/11/2023	7	14447.8	78.54	184.0	280.0	65.7
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	1/11/2023	7	15584.0	78.54	198.4	280.0	70.9
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	1/11/2023	7	14058.1	78.54	179.0	280.0	63.9
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 4	25/10/2023	8/11/2023	14	16615.0	78.54	211.5	280.0	75.6
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 5	25/10/2023	8/11/2023	14	17298.2	78.54	220.2	280.0	78.7
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 6	25/10/2023	8/11/2023	14	18186.8	78.54	205.8	280.0	73.5
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 7	25/10/2023	22/11/2023	28	21022.3	78.54	267.7	280.0	95.6
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 8	25/10/2023	22/11/2023	28	21452.5	78.54	273.1	280.0	97.6
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 9	25/10/2023	22/11/2023	28	21554.4	78.54	274.4	280.0	98.0

**EQUIPO DE ENSAYO**  
Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**

- No se observaron fallas atípicas en las roturas
- El ensayo fue realizado haciendo uso de material refrentante (Almohadillas de Neopreno).
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU SAC

<p><b>Elaborado por:</b></p>  <p><b>Jefe de Laboratorio</b></p>	<p><b>Revisado por:</b></p>  <p><b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b></p>	<p><b>Aprobado por:</b></p>  <p><b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b></p>
--	--	--

# ANEXO 14: CERTIFICADOS- PRUEBAS DE FLEXIÓN.



**RUC 20609900327**

Cel: 963 583 788 - 933 910 417  
 Calle 21, Los Rosales de Pro m z B, It 57, Los Olivos  
[www.geocontrolperu.com.pe](http://www.geocontrolperu.com.pe)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	: 25/11/2023
		Página	1 de 1

PROYECTO : "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"

SOLICITANTE : ELMER ERNESTO MAZA Y PANAUQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA

UBICACIÓN : LIMA.

FECHA DE EMISIÓN : 25/11/2023

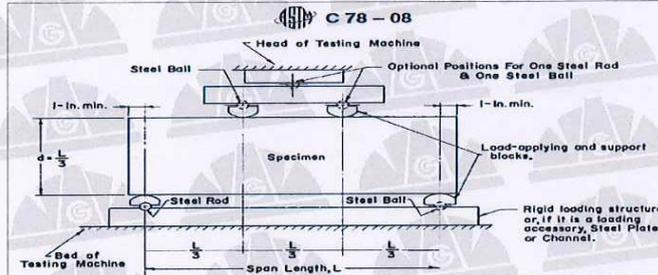
Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Especímenes prismáticos

F'c de diseño : 280 kg/cm2

## RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
PATRON I	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	39.5 kg/cm2
PATRON II	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	41.5 kg/cm2
PATRON III	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	41.3 kg/cm2



### OBSERVACIONES:

- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
	<b>GILDER GARCÍA GUZMÁN</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	<b>JOSÉ L. LÓPEZ GARCÍA</b> Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	: 25/11/2023
		Página	1 de 1

PROYECTO : DISEÑO Y MEJORAMIENTO DE PAVIMENTO SUSTITUYENDO CENIZA DE BAGAZO DE UVA POR CEMENTO EN AV VICTOR ANDRES BELAUNDE, CAÑETE-2023

SOLICITANTE : CHRISTOPHER ANTHONY PRIETO ZARATE

UBICACIÓN : LIMA,

FECHA DE EMISIÓN : 25/11/2023

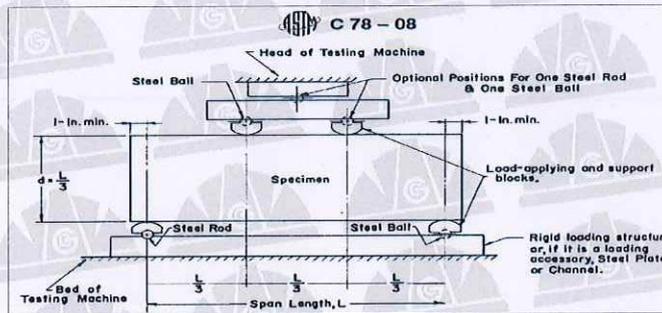
Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Especímenes prismáticos

F'c de diseño : 280 kg/cm2

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
3% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 1	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	41.7 kg/cm2
3% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	42.8 kg/cm2
3% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	41.9 kg/cm2



**OBSERVACIONES:**

- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

 <p><b>Jefe de Laboratorio</b></p>	 <p><b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p> <p><b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b></p>	 <p><b>CONTROL DE CALIDAD</b> José L. López García Técnico de laboratorio</p> <p><b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b></p>
---	---	---

04/07/2023	FORMATO	Código	AE-FO-124
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	25/11/2023
		Página	1 de 1

PROYECTO : DISEÑO Y MEJORAMIENTO DE PAVIMENTO SUSTITUYENDO CENIZA DE BAGAZO DE UVA POR CEMENTO EN AV VICTOR ANDRES BELAUNDE, CAÑETE-2023

SOLICITANTE : CHRISTOPHER ANTHONY PRIETO ZARATE

UBICACIÓN : LIMA.

FECHA DE EMISIÓN : 25/11/2023

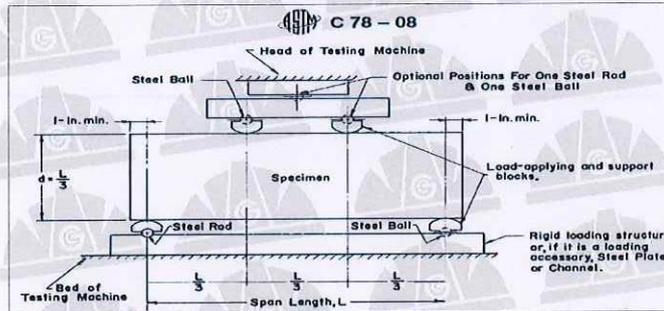
Tipo de muestra : Concreto endurecido

Presentación : Especímenes prismáticos

F'c de diseño : 280 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
7% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 1	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	39.8 kg/cm <sup>2</sup>
7% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	40.6 kg/cm <sup>2</sup>
7% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	39.9 kg/cm <sup>2</sup>



**OBSERVACIONES:**

- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

<p>Elaborado por: <b>Jefe de laboratorio</b></p>	<p><b>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC</b></p> <p><b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por: <b>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC</b></p> <p><b>CONTROL DE CALIDAD</b> <b>José L. López García</b> Técnico de laboratorio</p> <p>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</p>
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-124
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO (USANDO UNA VIGA SIMPLE)	Versión	02
		Fecha	: 25/11/2023
		Página	1 de 1

PROYECTO : DISEÑO Y MEJORAMIENTO DE PAVIMENTO SUSTITUYENDO CENIZA DE BAGAZO DE UVA POR CEMENTO EN AV VICTOR ANDRES BELAUDE, CAÑETE-2023

SOLICITANTE : CHRISTOPHER ANTHONY PRIETO ZARATE

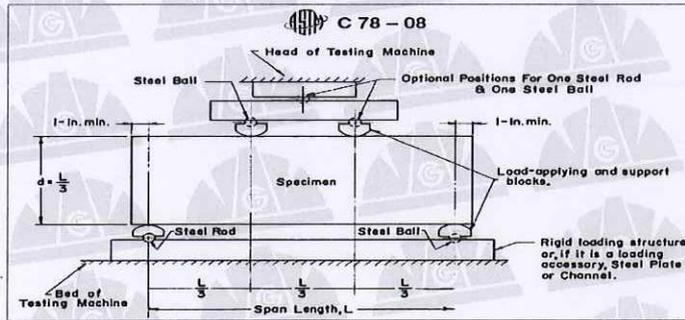
UBICACIÓN : LIMA.

FECHA DE EMISIÓN : 25/11/2023

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
Presentación : Especímenes prismáticos  
F'c de diseño : 280 kg/cm2

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE (cm)	MÓDULO DE ROTURA
12% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 1	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	38.2 kg/cm2
12% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	35.7 kg/cm2
12% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	22/11/2023	28 días	DENTRO DEL TERCIO MEDIO	45.0	37.3 kg/cm2



OBSERVACIONES:

- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

Elaborado por:  Katherine R. Tonibio Rodríguez TEC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

# ANEXO 15: CERTIFICADOS- PRUEBAS DE TRACCIÓN.



**RUC 20609900327**

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

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

[www.geocontrolperu.com.pe](http://www.geocontrolperu.com.pe)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-126
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS	Versión	01
		Fecha	25/11/2023
		Página	1 de 1

SOLICITANTE : ELMER ERNESTO MAZA Y PANAUQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA  
 TITULO : "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"  
 UBICACIÓN : PIURA  
 FECHA DE EMISIÓN : 25/11/2023  
 MUESTRA : Concreto endurecido  
 PRESENTACIÓN : Especímenes cilíndricos  
 F<sup>o</sup> DE DISEÑO : 280 kg/cm<sup>2</sup>

## RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	ALTURA	DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA KG/CM <sup>2</sup>
PATRÓN MUESTRA N° 1	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6578.9	20.9
PATRÓN MUESTRA N° 2	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6688.0	21.3
PATRÓN MUESTRA N° 3	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6612.9	21.0
PATRÓN MUESTRA N° 4	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7945.6	25.3
PATRÓN MUESTRA N° 5	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7898.5	25.1
PATRÓN MUESTRA N° 6	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7821.9	24.9
PATRÓN MUESTRA N° 7	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9770.1	31.1
PATRÓN MUESTRA N° 8	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9647.5	30.7
PATRÓN MUESTRA N° 9	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9790.7	31.2

### OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

Elaborado por:  Katherine R. Terán Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS	Código	AE-FO-126
		Versión	01
		Fecha	25/11/2023
		Página	1 de 1

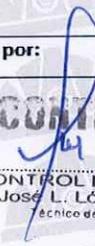
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA Y PANAUQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA
TÍTULO	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"
UBICACIÓN	: PIURA
FECHA DE EMISIÓN	: 25/11/2023
MUESTRA	: Concreto endurecido
PRESENTACIÓN	: Especímenes cilíndricos
F'c DE DISEÑO	: 280 kg/cm <sup>2</sup>

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	ALTURA	DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA KG/CM <sup>2</sup>
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 1	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6785.2	21.6
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6898.3	22.0
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6945.2	22.1
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 4	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7953.8	25.3
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 5	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	8052.9	25.7
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 6	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	8687	27.7
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 7	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9870.6	31.4
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 8	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	10510.2	33.5
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 9	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9985.6	31.8

OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

Elaborado por:  Katherine R. Foribio Rodríguez TCC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-126
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS	Versión	01
		Fecha	25/11/2023
		Página	1 de 1

SOLICITANTE : ELMER ERNESTO MAZA Y PANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA  
 TITULO : "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RIGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"  
 UBICACIÓN : PIURA  
 FECHA DE EMISIÓN : 25/11/2023  
 MUESTRA : Concreto endurecido  
 PRESENTACIÓN : Especímenes cilíndricos  
 F'c DE DISEÑO : 280 kg/cm2

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS ASTM C496**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	ALTURA	DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA KG/CM2
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 1	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6688.2	21.3
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 2	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6512.0	20.7
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 3	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6600.1	21.0
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 4	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7655.3	24.4
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 5	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7942.0	25.3
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 6	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7561.8	24.1
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 7	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	8878.7	28.3
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 8	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9579.6	30.5
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ - MUESTRA 9	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9867.6	31.4

OBSERVACIONES:  
 \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.  
 \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
	 <b>Gilder Garcia Guzman</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 <b>L. Lopez Garcia</b> TECNICO DE CALIDAD TECNICO DE LABORATORIO
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-126
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES CILINDRICOS	Versión	01
		Fecha	25/11/2023
		Página	1 de 1

SOLICITANTE : ELMER ERNESTO MAZA Y PANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA  
TITULO : "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"  
UBICACIÓN : PIURA  
FECHA DE EMISIÓN : 25/11/2023  
MUESTRA : Concreto endurecido  
PRESENTACIÓN : Especímenes cilíndricos  
F'c DE DISEÑO : 280 kg/cm2

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECÍMENES CILINDRICOS ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD	ALTURA	DIAMETRO	FUERZA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA KG/CM2
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 1	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6433.8	20.5
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 2	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6320.5	20.1
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 3	25/10/2023	1/11/2023	7	20	10.0	6333.8	20.2
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 4	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7452.1	23.7
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 5	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7444.0	23.7
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 6	25/10/2023	8/11/2023	14	20	10.0	7589.6	24.2
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 7	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	8832.4	28.1
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 8	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	9251.3	29.4
12% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 9	25/10/2023	22/11/2023	28	20	10.0	8770.8	27.9

OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

Elaborado por:  LABORATORIO DE MATERIALES Gerardo Rodríguez	Revisado por:  <b>Gilder García Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  <b>GEOCONTROL PERU</b> Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

# ANEXO 16: CERTIFICADOS- PRUEBAS DE ASENTAMIENTO.



**RUC 20609900327**

Cel: 963 583 788 - 933 910 417  
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, lt 57, Los Olivos  
[www.geocontrolperu.com.pe](http://www.geocontrolperu.com.pe)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO
-------------------------------------	--

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO  
 ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA
PROYECTO	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"
UBICACIÓN	: PIURA

FECHA DE ENSAYO:	25/10/2023
------------------	------------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
Muestra 1 PATRÓN	4
Muestra 2 PATRÓN	4
Muestra 3 PATRÓN	4

**OBSERVACIONES:**

\*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

<p><b>Elaborado por:</b></p> <p>ENSAYO DE MATERIALES                  Katherine R. Toribio Rodriguez                  T.C. DE LABORATORIO</p> <p><b>Jefe de Laboratorio</b></p>	<p><b>Revisado por:</b></p> <p><b>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C.</b></p> <p>Gilder García Guzmán                  INGENIERO CIVIL                  CIP N° 299741</p> <p><b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b></p>	<p><b>Aprobado por:</b></p> <p><b>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C.</b></p> <p>CONTROL DE CALIDAD                  José L. López García                  Técnico de laboratorio</p> <p><b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b></p>
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO
-------------------------------------	--

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**

ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA
PROYECTO	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"
UBICACIÓN	: PIURA

FECHA DE ENSAYO:	25/10/2023
------------------	------------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 1	3 1/2
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 2	3 1/2
3% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 3	3 1/4

**OBSERVACIONES:**

\*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

<p><b>Elaborado por:</b></p>  <p>ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodriguez TEC. DE LABORATORIO</p>	<p><b>Revisado por:</b></p>  <p><b>GEOCONTROL PERU</b> Y SERVICIOS SAC</p> <p>Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p>	<p><b>Aprobado por:</b></p>  <p><b>GEOCONTROL PERU</b> Y SERVICIOS SAC</p> <p>CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de laboratorio</p>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO
-------------------------------------	--

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**

ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA
PROYECTO	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"
UBICACIÓN	: PIURA

FECHA DE ENSAYO:	26/10/2023
------------------	------------

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 1	3
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 2	3
7% CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ MUESTRA 3	3

**OBSERVACIONES:**

\*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

<p><b>Elaborado por:</b></p>  <p><b>Jefe de Laboratorio</b></p>	<p><b>Revisado por:</b></p>  <p><b>GEOCONTROL PERU</b> Y SERVICIOS SAC</p> <p><b>Gilder Garcia Guzmán</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 209741</p> <p><b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b></p>	<p><b>Aprobado por:</b></p>  <p><b>GEOCONTROL PERU</b> Y SERVICIOS SAC</p> <p><b>CONTROL DE CALIDAD</b> José L. López García Técnico de laboratorio</p> <p><b>Control de Calidad GEOCONTROL PERU</b></p>
--	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR EL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRÁULICO
-------------------------------------	--

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**

ASTM C143

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ELMER ERNESTO MAZA YPANAQUÉ & MARCO ANTONIO ARGOTE VALDIVIA
PROYECTO	: "EFECTO DEL USO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ EN EL DISEÑO DEL CONCRETO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO, AV. SANCHEZ CERRO-PIURA 2023"
UBICACIÓN	: PIURA

FECHA DE ENSAYO:	25/10/2023
------------------	------------

**REPORTE DE PORCENTAJE DE ORIGINALIDAD**

IDENTIFICACIÓN	ASENTAMIENTO (pulg.)
12% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 1	2 1/4
12% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 2	2 1/2
12% CENIZA DE CASCARA DE ARROZ MUESTRA 3	2 1/4

**OBSERVACIONES:**

\*Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.

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

## ANEXO 17: PLANOS DEL PROYECTO



PROYECTO:

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023

DESCRIPCIÓN: VISTA DE PLANTA  
PROGRESIVA 00 A 00 +240

SEDE:

LIMA ESTE - SAN JUAN DE LURIGANCHO

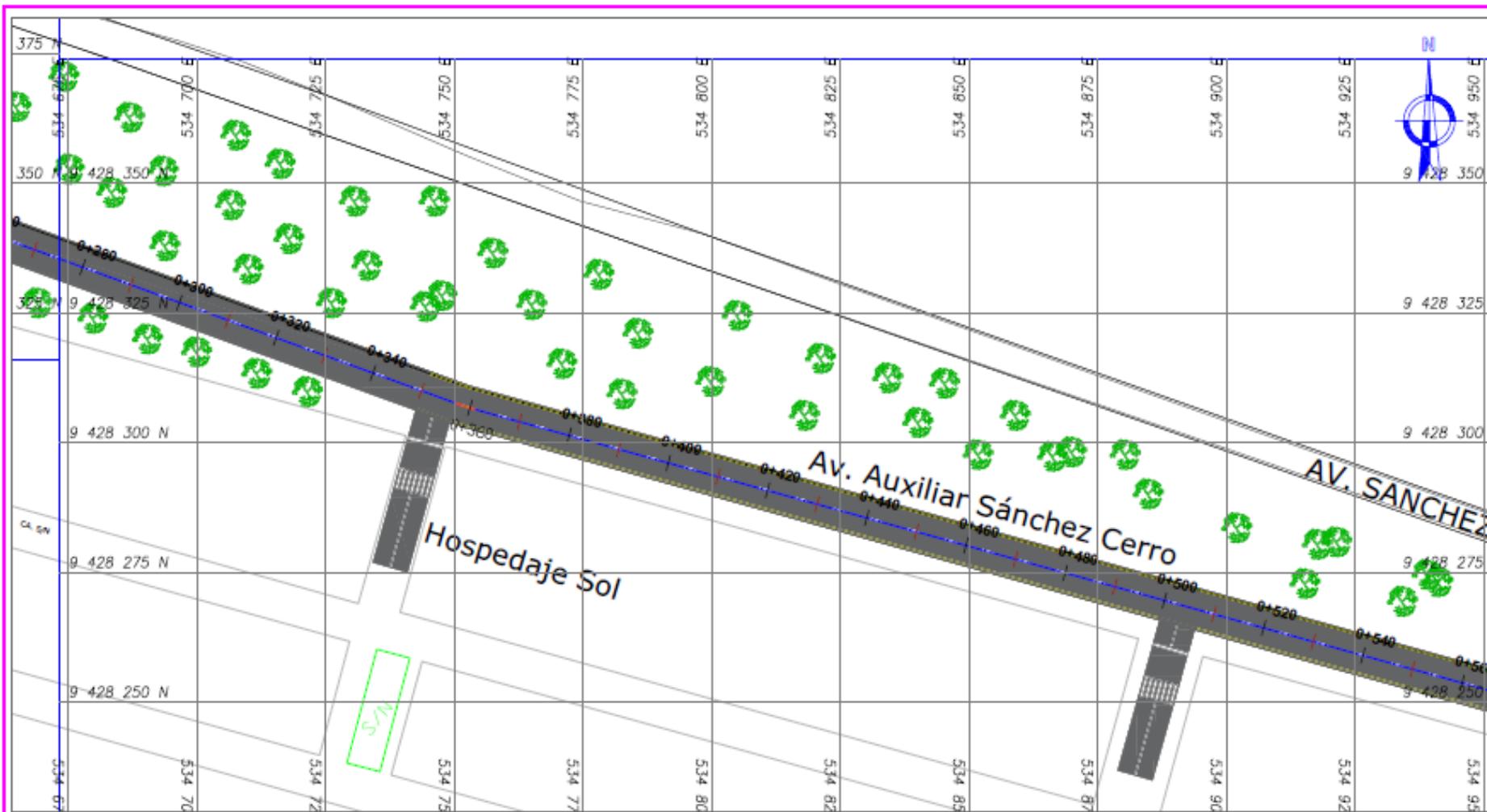
AUTORES:

ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO  
MAZA YPANAQUÉ ELMER ERNESTO

ASESOR:

MSC. PACCHA RUFASTO CÉSAR AUGUSTO

Lámina N°: 01



**PROYECTO:**

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023

**DESCRIPCIÓN:**

VISTA DE PLANTA  
PROGRESIVA 00+280 A 00+560

**SEDE:**

LIMA ESTE - SAN JUAN DE LURIGANCHO

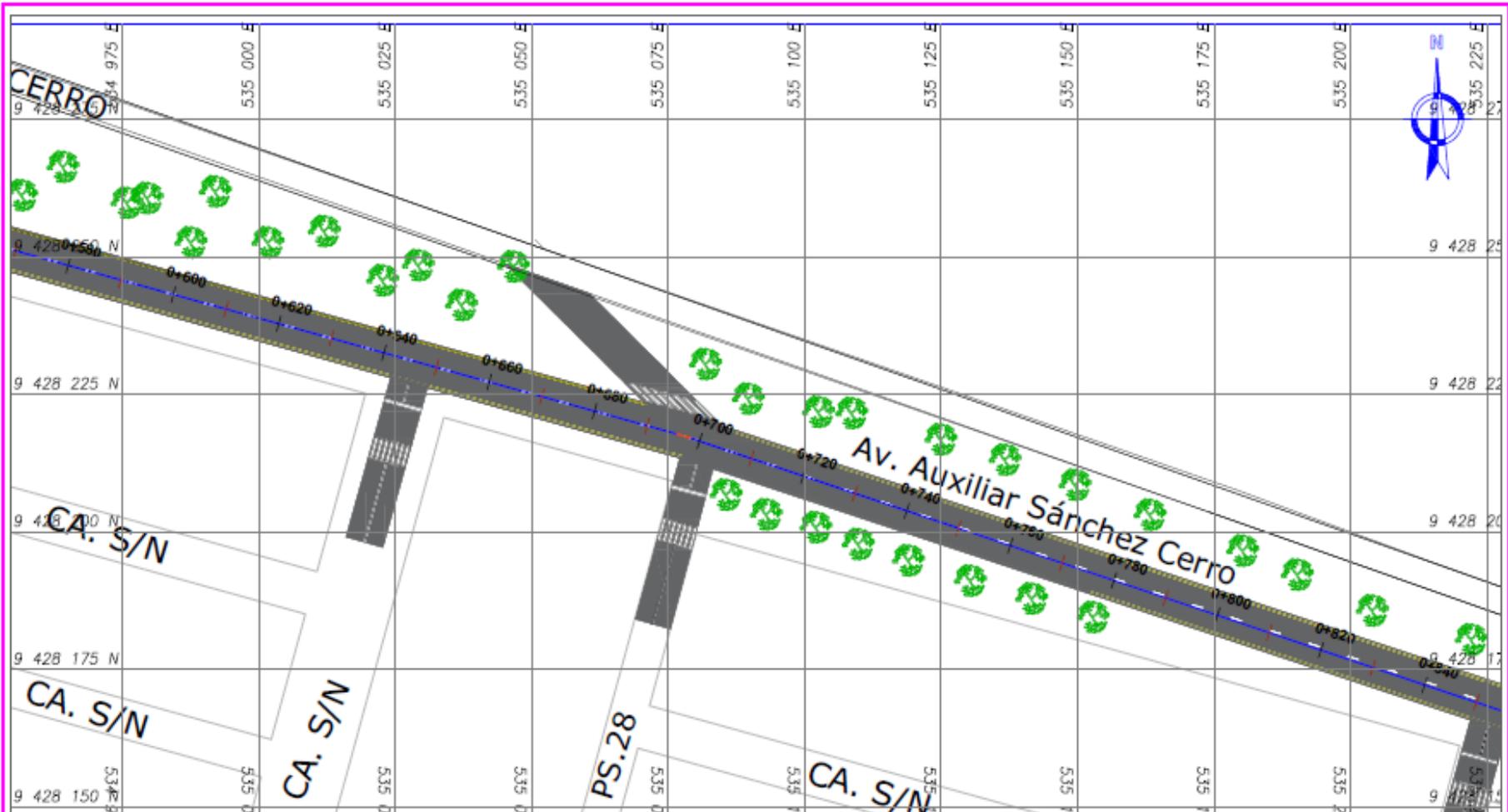
**AUTORES:**

ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO  
MAZA YPANAQUÉ ELMER ERNESTO

**ASESOR:**

MSC. PACCHA RUFASO CÉSAR AUGUSTO

Lámina N°: 02



PROYECTO:

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023

DESCRIPCIÓN:

VISTA DE PLANTA

PROGRESIVA 00+560 A 00+840

SEDE:

LIMA ESTE - SAN JUAN DE LURIGANCHO

AUTORES:

ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO

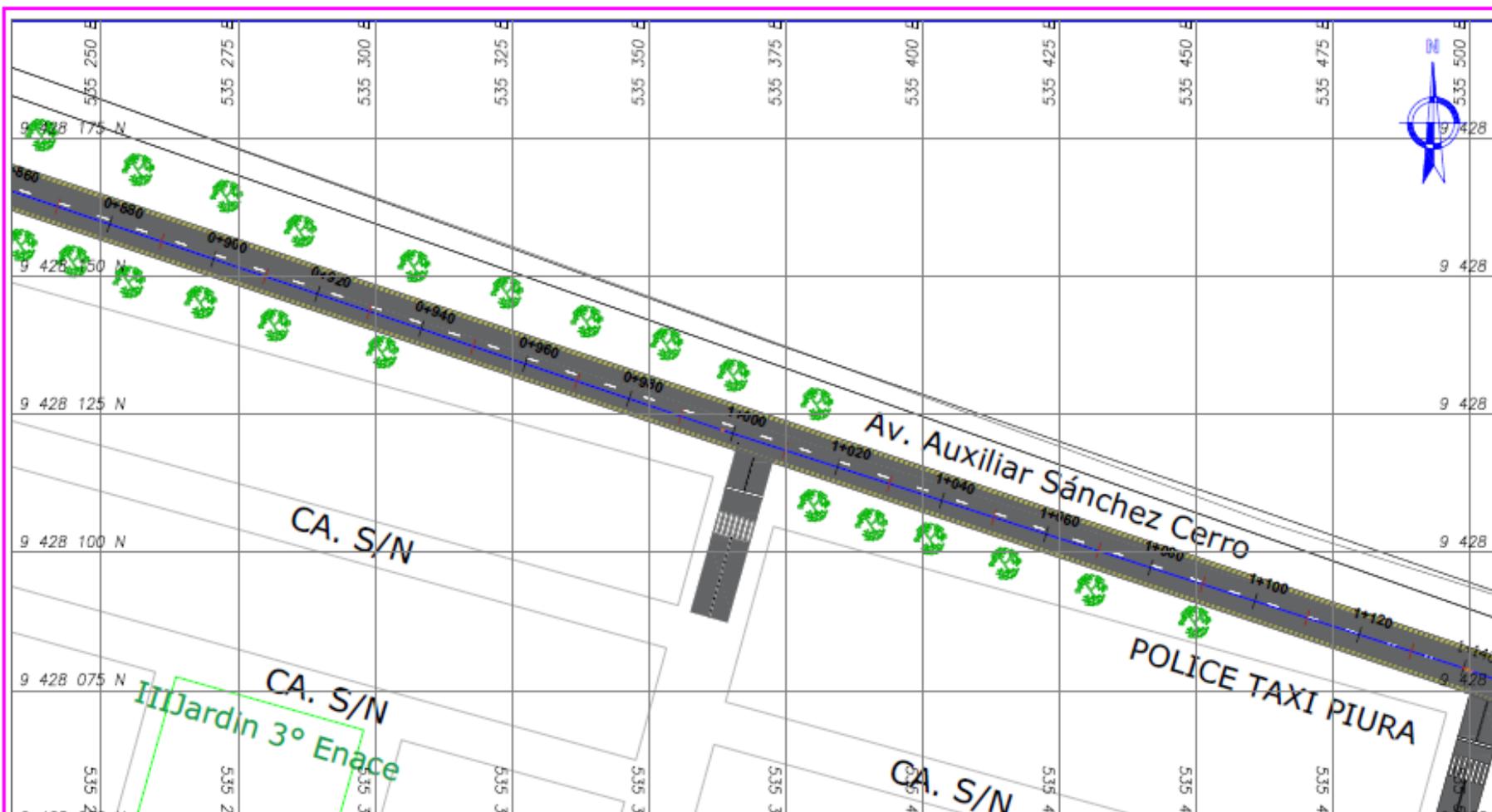
MAZA YPANAQUÉ ELMER ERNESTO

ASESOR:

MSC. PACCHA RUFASTO CÉSAR AUGUSTO

Lámina N°:

03



PROYECTO:

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023

DESCRIPCIÓN

VISTA DE PLANTA

PROGRESIVA 00+860 A 01+160

SEDE:

LIMA ESTE - SAN JUAN DE LURIGANCHO

AUTORES:

ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO

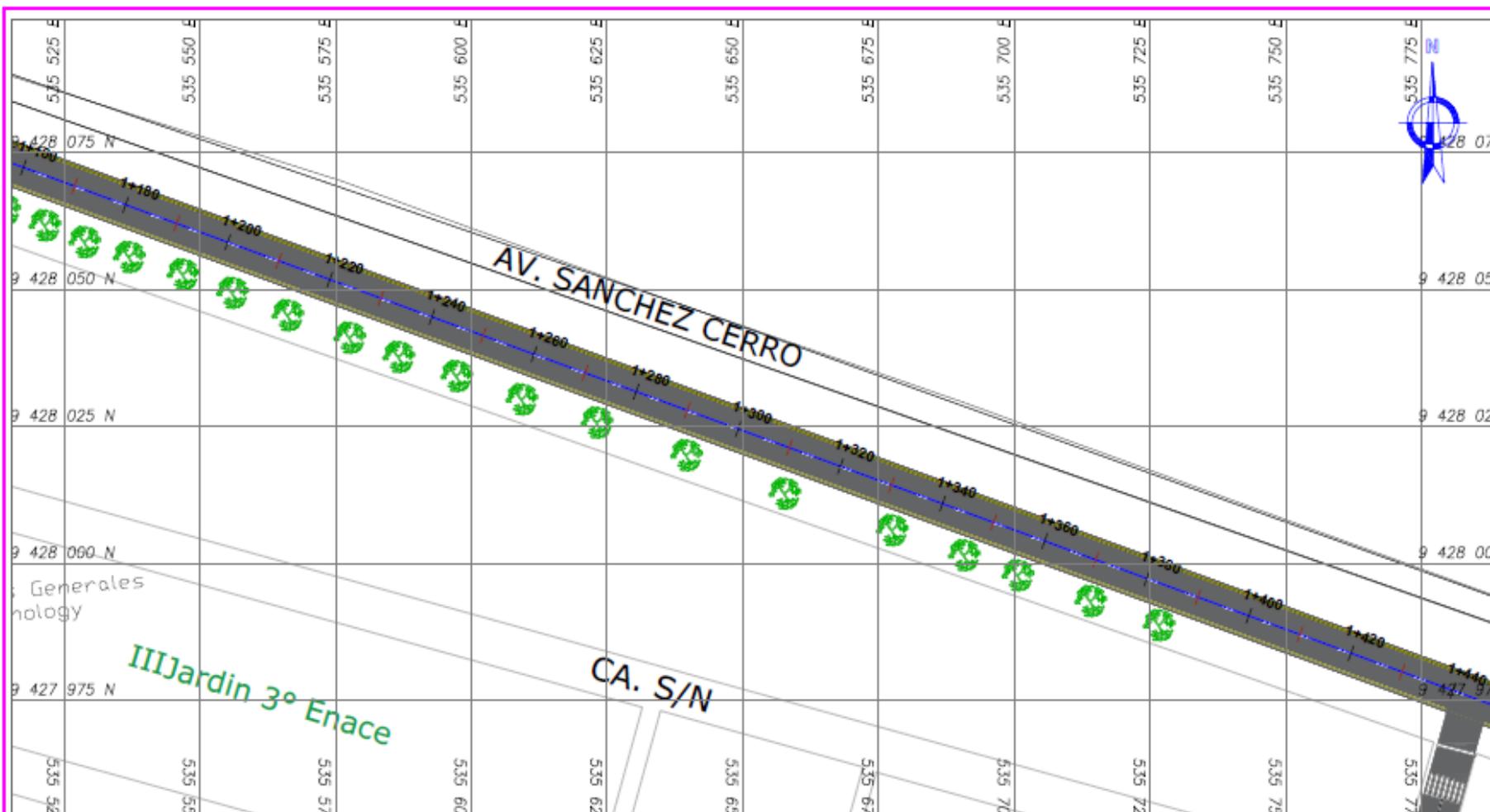
MAZA YPANAQUÉ ELMER ERNESTO

ASESOR:

MSC. PACCHA RUFASTO CÉSAR AUGUSTO

Lámina N°:

04



PROYECTO:

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023

DESCRIPCIÓN

VISTA DE PLANTA

PROGRESIVA 01+160 A 01+440

SEDE:

LIMA ESTE - SAN JUAN DE LURIGANCHO

AUTORES:

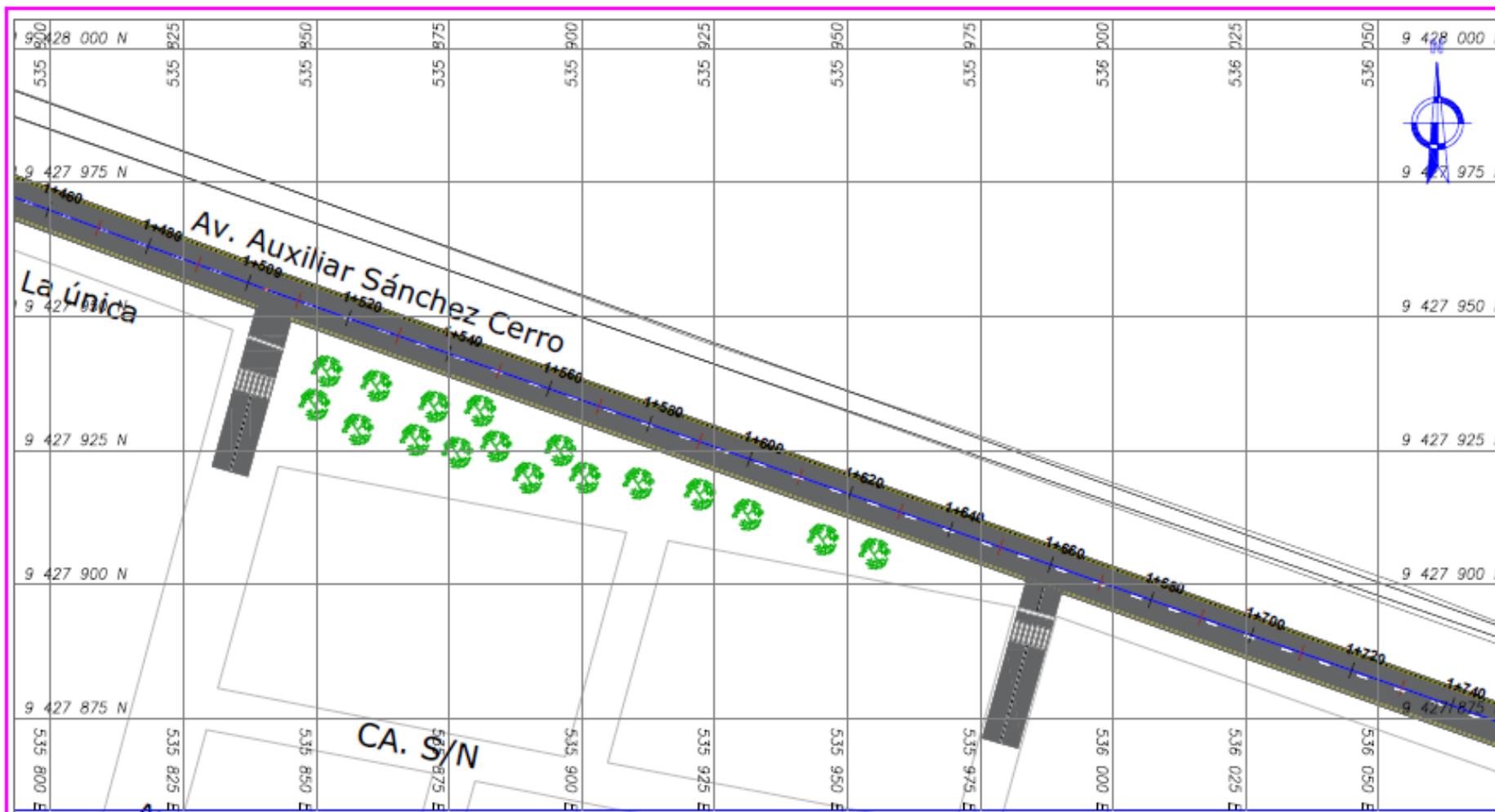
ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO  
MAZA YPANAQUÉ ELMER ERNESTO

ASESOR:

MSC. PACCHA RUFASO CÉSAR AUGUSTO

Lámina N°:

05



PROYECTO:

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023

DESCRIPCIÓN

VISTA DE PLANTA

PROGRESIVA 01+440 A 01+740

SEDE:

LIMA ESTE - SAN JUAN DE LURIGANCHO

AUTORES:

ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO

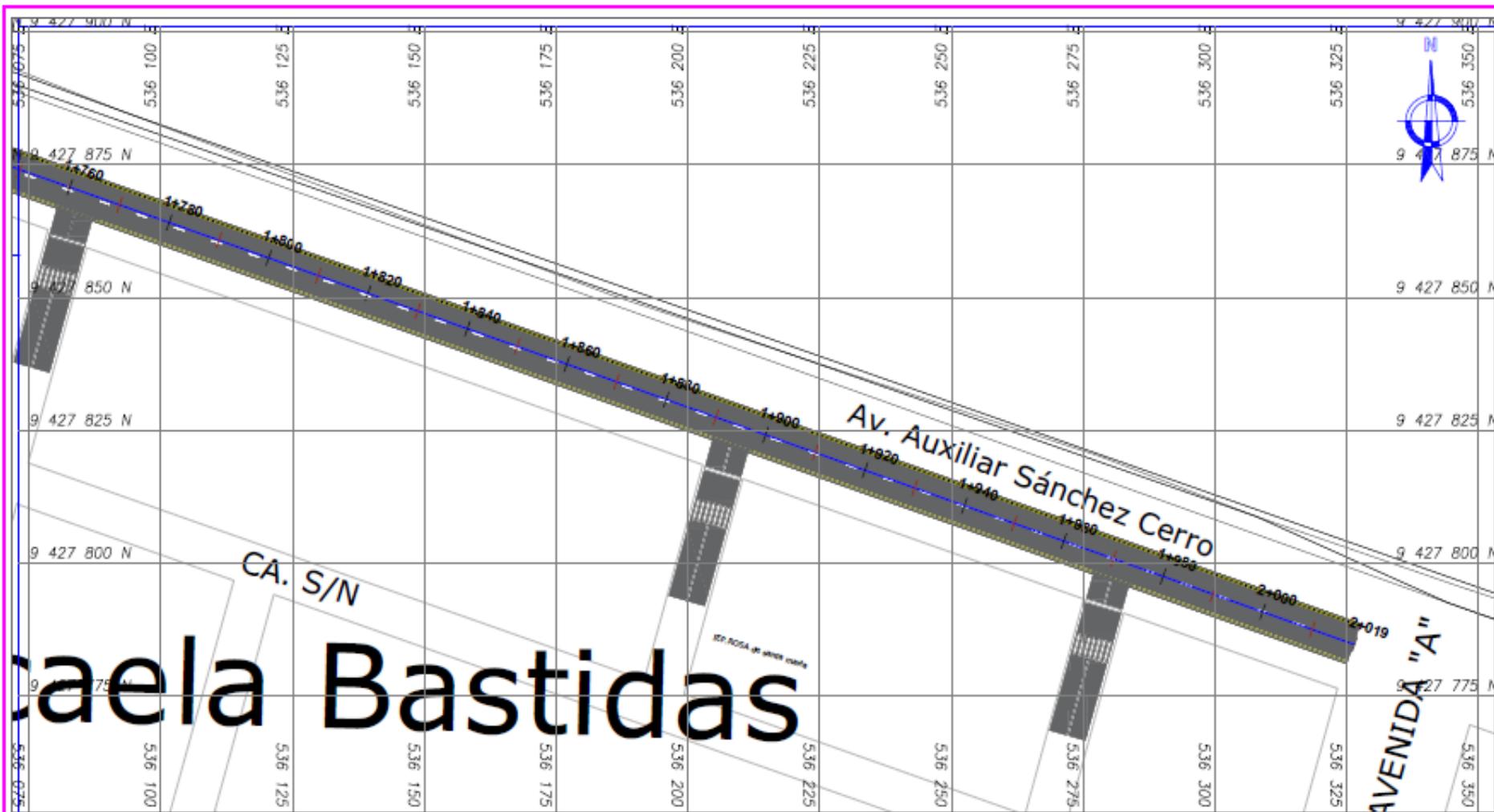
MAZA YPANAQUÉ ELMER ERNESTO

Lámina N°:

06

ASESOR:

MSC. PACCHA RUFASTO CÉSAR AUGUSTO



**PROYECTO:**

Efectos del uso de la ceniza de cáscara de arroz en el diseño del concreto para el pavimento rígido, Av. Sánchez Cerro- Piura 2023

**DESCRIPCIÓN**

VISTA DE PLANTA

PROGRESIVA 01+740 A 02 +019

**SEDE:**

LIMA ESTE - SAN JUAN DE LURIGANCHO

**AUTORES:**

ARGOTE VALDIVIA MARCO ANTONIO  
MAZA YPANAQUÉ ELMER ERNESTO

**ASESOR:**

MSC. PACCHA RUFASTO CÉSAR AUGUSTO

Lámina N°: 07