



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Diseño estructural empleando vidrio reciclado molido como aporte a los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Grande Asto, Carlos Bernard (orcid.org/0000-0001-5440-6485)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

Mi tesis está dedicada a Dios por guiar mis pasos y brindarme sabiduría en los momentos difíciles, a mis padres por el amor, enseñanzas y apoyo incondicional. A mi familia por motivarme y compartir momentos especiales. A mi hermano por sus consejos y ejemplo demostrarme que con esfuerzo y sacrificio todo es posible.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por siempre estar presente. A mi familia por ser mi sostén emocional, sentimental y económico. A mis asesores por brindarme sus conocimientos, orientaciones y vocación de servicio en la elaboración y culminación de mi tesis y en general a todas las personas que contribuyeron en mi formación profesional.



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: "Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023", cuyo autor es GRANDE ASTO CARLOS BERNARD, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 20.00%, 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, 04 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PACCHA RUFASO CESAR AUGUSTO DNI: 42569813 ORCID: 0000-0003-2085-3046	Firmado electrónicamente por: CPACCHAR el 19-07- 2023 16:23:37

Código documento Trilce: TRI - 0570709



Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, GRANDE ASTO CARLOS BERNARD estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CARLOS BERNARD GRANDE ASTO DNI: 75479222 ORCID: 0000-0001-5440-6485	Firmado electrónicamente por: CGRANDE el 04-07- 2023 16:48:44

Código documento Trilce: TRI - 0570711

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	iv
Declaratoria de autenticidad del autor.....	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	x
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos.....	32
IV. RESULTADOS.....	33
V. DISCUSIÓN.....	103
VI. CONCLUSIONES	109
VII. RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS.....	114
ANEXOS	124

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química del vidrio	14
Tabla 2. Datos técnicos y coordenadas UTM del terreno	23
Tabla 3. Datos técnicos y coordenadas UTM de las calicatas	26
Tabla 4. Cuadro de datos técnicos y coordenadas UTM de las calicatas	28
Tabla 5. Resultados del ensayo de análisis químico del suelo	29
Tabla 6. Resultados de los ensayos de densidad en laboratorio	29
Tabla 7. Resultados del ensayo de corte directo	29
Tabla 8. Análisis granulométrico del agregado fino	38
Tabla 9. Análisis granulométrico del agregado grueso	39
Tabla 10. Análisis granulométrico del vidrio reciclado molido	40
Tabla 11. Peso específico y absorción del agregado fino	41
Tabla 12. Peso específico y absorción del agregado grueso	42
Tabla 13. Peso específico y absorción del VRM	42
Tabla 14. Peso unitario suelto del agregado fino	43
Tabla 15. Peso unitario compactado del agregado fino	43
Tabla 16. Peso unitario suelto del agregado grueso	44
Tabla 17. Peso unitario compactado del agregado grueso	44
Tabla 18. Peso unitario suelto del VRM	44
Tabla 19. Peso unitario compactado del VRM	45
Tabla 20. Contenido de humedad del agregado fino	45
Tabla 21. Contenido de humedad del agregado grueso	46
Tabla 22. Resumen de datos para el diseño de mezcla	46
Tabla 23. Resistencia a la compresión requerida del concreto para el diseño de mezcla	47
Tabla 24. Asentamientos por tipo de estructura	47
Tabla 25. Agua de mezclado en relación al Slump y el TMN	48
Tabla 26. Relación agua/cemento del concreto sin aire incorporado	48
Tabla 27. Peso del agregado grueso por m ³ de concreto (b/bo)	49
Tabla 28. Contenido de agregado fino en peso seco	50
Tabla 29. Corrección por humedad de los agregados	50
Tabla 30. Agua efectiva por absorción y humedad de los agregados	51
Tabla 31. Diseño Húmedo por m ³ de concreto	51

Tabla 32. Dosificación del diseño de mezcla	51
Tabla 33. Cálculo de volúmenes de los moldes de las probetas para tandas de diseños de mezcla.....	52
Tabla 34. Volumen de concreto para tanda de diseño patrón.....	52
Tabla 35. Contenido de agregado fino y VRM en peso seco para los diseños de 16% y 18% de sustitución	53
Tabla 36. Corrección por humedad de los agregados convencionales en los diseños mezcla por sustitución del 16% y 18% de VRM.....	54
Tabla 37. Agua efectiva por absorción y humedad de los agregados para los diseños de mezcla por sustitución de 16% y 18% por VRM	54
Tabla 38. Diseño de mezcla húmedo por m ³ de concreto para el 16% y 18% de remplazo de VRM.....	55
Tabla 39. Dosificación del diseño de mezcla de 16% de sustitución del A.F. por el VRM	55
Tabla 40. Dosificación del diseño de mezcla de 18% de sustitución del A.F. por el VRM	56
Tabla 41. Volumen de concreto para tanda de diseño de 16% sustitución de VRM	56
Tabla 42. Volumen de concreto para tanda de diseño de 18% sustitución de VRM	56
Tabla 43. Resumen de ensayos en estado fresco de los diseños de mezcla	57
Tabla 44. Identificación y fechas de las etapas de elaboración, desencofrado y rotura.....	58
Tabla 45. Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de los diseños de mezcla patrón, 16% y 18% de sustitución por VRM.....	58
Tabla 46. Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños de mezcla patrón, 16% y 18% de sustitución por VRM.....	59
Tabla 47. Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días de los diseños de mezcla patrón, 16% y 18% de sustitución por VRM.....	60
Tabla 48. Metrados de cargas muertas de la columna central.....	66
Tabla 49. Metrados de cargas vivas de la columna central.	67
Tabla 50. Valores P y n para el predimensionamiento de columna.	67
Tabla 51. Valores k y q _s para el predimensionamiento de zapatas	69

Tabla 52. Propiedades de los materiales para el análisis sísmico	72
Tabla 53. Resumen de parámetros sísmicos.....	73
Tabla 54. Verificación de la irregularidad de rigidez de piso blando	74
Tabla 55. Verificación de la irregularidad de resistencia de piso débil.....	74
Tabla 56. Evaluación de la irregularidad de peso	75
Tabla 57. Verificación de la irregularidad de torsión	76
Tabla 58. Peso de la edificación obtenido del programa computacional	77
Tabla 59. Periodo de vibración y masa participativa.....	78
Tabla 60. Fuerzas laterales sísmicas en altura para X y Y	80
Tabla 61. Derivas inelásticas del análisis estático en ambas direcciones	81
Tabla 62. Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en ambas direcciones ..	82
Tabla 63. Periodos de vibración y masa participativa de la estructura	83
Tabla 64. Derivas inelásticas del análisis dinámico en ambas direcciones	84
Tabla 65. Verificación de la fuerza cortante mínima en ambas direcciones	85
Tabla 66. Periodos de vibración de la estructura con concreto de diseño patrón	87
Tabla 67. Periodos de vibración de la estructura con concreto con 18% de VRM	88
Tabla 68. Derivas inelásticas del análisis dinámico en ambas direcciones para la estructura con concreto de diseño patrón	90
Tabla 69. Derivas inelásticas del análisis dinámico en ambas direcciones para la estructura con concreto de diseño con 18% de VRM.....	91
Tabla 70. Propiedades del material y geometría.....	94
Tabla 71. Cálculo de acero y cuantías.....	94
Tabla 72. Cálculo del estribos y espaciamiento	94
Tabla 73. Cálculo del acero y cuantías viga secundaria	95
Tabla 74. Cálculo de estribos y espaciamiento viga secundaria.....	96
Tabla 75. Cálculo del acero y cuantías en la vigueta de la losa aligerada.....	97
Tabla 76. Datos de la geometría y el material - computo de acero en columnas.	97
Tabla 77. Acero de refuerzo longitudinal en columna	97
Tabla 78. Refuerzo transversal y confinamiento en columna.....	98
Tabla 79. APU del concreto con diseño de mezcla patrón - columna.....	98
Tabla 80. APU del concreto con diseño de mezcla patrón - viga.....	99
Tabla 81. APU del concreto con diseño de mezcla de 18% por VRM - columna	100
Tabla 82. APU del concreto con diseño de mezcla de 18% por VRM - viga.....	101

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación del terreno en estudio	22
Figura 2. Levantamiento topográfico del terreno	23
Figura 3. Ubicación de las calicatas en el terreno	27
Figura 4. Resumen del procedimiento de investigación..	31
Figura 5. Ubicación de los puntos de recolección..	34
Figura 6. Reciclaje, EPP y herramientas	35
Figura 7. Flujograma de la limpieza del vidrio	36
Figura 8. Proceso de trituración y molienda del vidrio	37
Figura 9. Curva granulométrica del agregado fino.....	39
Figura 10. Curva granulométrica agregado grueso..	40
Figura 11. Curva granulométrica del VRM	41
Figura 12. Corte 3D de la vivienda unifamiliar	61
Figura 13. Estructuración del primer nivel..	63
Figura 14. Estructuración del segundo nivel.....	63
Figura 15. Estructuración del tercer nivel	63
Figura 16. Predimensionamiento de columna central.....	66
Figura 17. Modelo analítico de pisos 1, 2 y 3	70
Figura 18. Modelo matemático analítico de la edificación	71
Figura 19. Cálculo de la rigidez lateral	73
Figura 20. Desplazamiento promedio.....	75
Figura 21. Periodos obtenidos del programa ETABS	77
Figura 22. Asignación del coeficiente sísmico C y el exponente k en ambas direcciones en el ETABS.....	79
Figura 23. Fuerza cortante en la base en el programa ETABS	80
Figura 24. Derivas inelásticas del análisis estático en el programa ETABS.....	81
Figura 25. Espectro de diseño en “X-X” y “Y-Y”	82
Figura 26. Espectro de diseño en “X y Y”	83
Figura 27. Derivas inelásticas del análisis dinámico en el programa ETABS	84
Figura 28. Fuerzas cortantes en la base debido al análisis sísmico en el programa ETABS	85
Figura 29. Propiedades del concreto de diseño patrón y el 18% de sustitución por VRM en el programa ETABS.....	86

Figura 30. Periodos de vibración en la estructura con concreto de diseño patrón calculados en el programa ETABS.....	88
Figura 31. Periodos de vibración en la estructura con concreto de diseño con 18% de VRM calculados en el programa ETABS.....	89
Figura 32. Resumen de los periodos de vibración para cada $f'c$ de los concreto analizados	89
Figura 33. Derivas inelásticas en la estructura con concreto de diseño patrón en el programa ETABS	90
Figura 34. Derivas inelásticas en la estructura con concreto de diseño con 18% de VRM en el programa ETABS.....	91
Figura 35. Resumen de las derivas de entrepiso para cada $f'c$ de los concreto analizados en X-X	92
Figura 36. Resumen de las derivas de entrepiso para cada $f'c$ de los concreto analizados en Y-Y	92
Figura 37. MF producto de la Envolvente - viga	93
Figura 38. MF producto de la Envolvente - viga secundaria.....	95
Figura 39. Diagrama de MF de la vigueta - losa aligerada	96
Figura 40. APU del concreto de diseño de mezcla patrón.....	101

Resumen

La presente investigación está orientada a determinar la influencia de incorporar los residuos de vidrio debidamente acondicionados o también llamados vidrio reciclado molido (VRM) al diseño de mezcla del concreto $f'c$ de 210 kg/cm² por el método ACI con la finalidad de extrapolar las características encontradas a el comportamiento de la estructura aporticada de una vivienda unifamiliar de 3 niveles, para ello se elaboraron probetas cilíndricas y prismáticas rectangulares con dosificaciones de 0%, 16% y 18% de VRM que fueron ensayadas a compresión y flexión a los 28 días de inmersas en agua, obteniendo resistencias de $f'c$ promediadas de 279.3 kg/cm², 288.5 kg/cm² y 296.1 kg/cm² respectivamente, los f_r promediados fueron de 44.5 kg/cm², 46.45 kg/cm² y 50.15 kg/cm² respectivamente, luego en el programa de análisis y diseño sísmico por computadora se ingresaron los datos obtenidos de laboratorio, observando que la utilización del VRM tiene un impacto en las derivas laterales y tiempo que tarda en hacer una oscilación completa la estructura de 0.344 segundos en traslación en "X-X" y de 0.296 segundos en traslación en "Y-Y", asimismo se evaluó el costo directo de aplicar el VRM en un m³ de concreto para columnas y vigas, ahorrando ambos S/. 2.57.

Palabras clave: Vidrio reciclado molido, concreto modificado, diseño estructural.

Abstract

The present investigation is aimed at determining the influence of incorporating properly conditioned glass waste or also called ground recycled glass (VRM) to the concrete mix design f'_c of 210 kg/cm² by the ACI method in order to extrapolate the characteristics found in the behavior of the framed structure of a 3-story single-family home, for which cylindrical and rectangular prismatic specimens were prepared with dosages of 0%, 16% and 18% of VRM that were tested in compression and flexion after 28 days. of immersed in water, obtaining average f'_c resistances of 279.3 kg/cm², 288.5 kg/cm² and 296.1 kg/cm² respectively, the averaged f_r were 44.5 kg/cm², 46.45 kg/cm² and 50.15 kg/cm² respectively, then in the seismic analysis and design program by computer, the data obtained from the laboratory were entered, observing that the use of the VRM has an impact on the lateral drifts and the time it takes for the structure to make a complete oscillation of 0.344 seconds in translation in " X-X" and 0.296 seconds in translation in "Y-Y", likewise, the direct cost of applying the VRM in one m³ of concrete for columns and beams was evaluated, saving both S/. 2.57.

Keywords: Ground recycled glass, modified concrete, structural design.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto es el material compuesto más utilizado en las obras ejecutadas por los ingenieros civiles sus ventajosas propiedades lo han hecho un material el cual pueda ser obtenido en la mayor parte del planeta a un costo asequible, sin embargo sus secuelas en el medio ambiente son uno de los principales factores a los que continuamente la industria busca dar solución para ello se han creado alternativas como concretos ecológicos, sin embargo esta medida no es suficiente por lo que se debe adoptar acciones que disminuyan el impacto medioambiental como el de la reutilización de productos que se consideran como si ya no tuvieran provecho pero en realidad se pueden aplicar a otros sectores como es el caso de los vidrios los cuales son utilizados a diario en diferentes rubros, inclusive la industria de la construcción los utiliza como mamparas, ventanas, etcétera, según diversas fuentes el vidrio no solo podría servir para los usos antes mencionados sino también para incorporarlo al diseño de mezcla del concreto, al respecto Carvajal, Teijeiro y García (2022) señalaron que la reutilización por medio de reciclaje de los desperdicios de otras industrias pueden convertirse en la materia prima de otra, pudiendo desarrollar una economía sostenible y circular (p. 414).

En el mundo se generan todos los años grandes toneladas de desperdicio de diferentes tipos el Banco Mundial de acuerdo a su nuevo informe sobre la gestión de residuos manifestó en 2018 que si no se toman acciones la contaminación para el año 2050 crecerá un 70% lo que se traduce a 3400 millones de toneladas de basura acumulada en diferentes lugares del planeta, en ese mismo año igualmente mencionó que el continente del pacífico y Asia oriental producen el 23% del total de residuos esto significa la cuarta parte del total mundial. En ese sentido, se debe priorizar una adecuada gestión de los residuos como el vidrio ya que es un material que para su creación demanda mucha energía, así como también su descomposición natural es tardía y lo peor que es poco reciclado, lo que provoca la contaminación por mucho tiempo del relleno sanitario que lo alberga, es por eso que no debe ser eliminado indiscriminadamente ya que este tiene en su composición minerales que pueden ser reutilizados, como por ejemplo en la industria de la construcción, este recurso puede aminorar la extracción de agregados pétreos para la generación del concreto. Asimismo, en un informe divulgado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) señala que la utilización de los agregados posiblemente al 2030 por cada año

alcance un aproximado de 50 000 millones de toneladas (2019, p. 4). Por ese motivo debemos adoptar medidas para desarrollar una economía circular que permita exprimir al máximo los recursos ya utilizados para que no afecten innecesariamente los recursos de las próximas generaciones.

La problemática antes mencionada también se vive en el Perú, esto se debe a la gran informalidad que existe en todo aspecto, las autoridades no gestionan o realizan las acciones para las que fueron elegidas, más bien se dedican a buscar su beneficio personal, es por esta razón que no se controlan las actividades que generan contaminación perjudicando a la diversidad de ecosistemas que se localizan en el territorio nacional y la sociedad, por ejemplo en la construcción se ve reflejado en las bajas medidas de prevención o mitigación de la autoconstrucción pues la mayoría de viviendas están edificadas por albañiles, sin un adecuado diseño estructural que garantice su adecuado comportamiento frente acciones sísmicas, de igual forma no se tiene normas que regulen la disposición final de los residuos como el vidrio, de acuerdo a Díaz, Velarde y Lino (2021), este material en forma de botellas en el año 2018 alcanzó las 632 500 toneladas, de la cuales aproximadamente 131 500 toneladas tuvieron como destino final los rellenos y botaderos sanitarios (p. 1). Sin duda alguna el empleo del vidrio de diversas maneras debería ser una política pública pues considerando que este material posee unas buenas características a las cuales se le puede dar reuso sobre todo en Lima cuya demanda de construcciones a base de concreto podría incorporarlo sustituyendo el agregado fino o hasta el cemento.

De la misma forma, en Jicamarca se observa un abandono por parte de las autoridades públicas con respecto a la disposición de los desechos ya que en muchas zonas de la localidad existen pequeños botaderos de basura los cuales perjudican el tránsito por esos lugares, a su vez contaminan el medio ambiente y la visualización del lugar en general, muchos de estos residuos son plásticos, papeles en desuso, cáscaras, vidrios entre otros. Este último puede ser usado en la construcción de viviendas ya que las teorías e investigaciones mencionan sus grandes beneficios como el aumento de la resistencia del concreto, además que sus reacciones adversas frente a la humedad estarían controladas y reducidas pues en la localidad el clima no presenta casi precipitaciones por lo que su aplicación

repercutirá en un mejor manejo de los desperdicios, reducir un pequeño porcentaje de los agregados que constituye la mezcla del concreto, mejorar la resistencia a las fuerzas axiales compresivas de los elementos estructurales ante un eventual sismo el cual pueda ocurrir en cualquier momento.

A raíz de todo lo antes expuesto, se plantea el problema general ¿De qué manera el empleo de vidrio reciclado molido aportará en el diseño estructural de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023? De igual forma, se plantearon los problemas específicos; primero ¿En qué medida la dosificación de vidrio reciclado molido influirá en la resistencia a la compresión y flexión del concreto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023?, segundo ¿En qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el comportamiento sísmico de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023?, tercero ¿En qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el presupuesto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023?

La presente investigación tiene relevancia social pues aborda las problemáticas de la contaminación ambiental, la extracción de recursos naturales para la generación de concreto, la falta de control de desechos, la gestión del reciclaje, la construcción informal, la baja resistencia sísmica de las viviendas en los conos de lima, el costo de construcción ligado a la elaboración de concreto, para generar una propuesta de solución que gira en torno a la reutilización del vidrio desechado en la zona de Jicamarca incorporándolo al concreto en intercambio por los agregados finos reduciendo el costo de la cantidad de árido fino a adquirir, a su vez elaborar el diseño estructural de una vivienda tipo, unifamiliar de 3 niveles, en la zona de estudio con la finalidad de saber cómo este influye en sus elementos sismorresistentes para la cual se tomará los parámetros ligados al sitio de estudio.

Asimismo, se aporta al conocimiento, generando nueva información acerca del beneficio de emplear el vidrio reciclado particulado en la construcción de viviendas en zonas donde no se tiene un presupuesto amplio para construir, las cuales se encuentran en zonas vulnerables por lo que se necesita generar elementos estructurales más resistentes sin encarecer la construcción para ello el vidrio reciclado molido VRM es una excelente alternativa puesto que mejora la resistencia

a las fuerzas de compresión como también al ser éste obtenido por reciclaje no constituye un gasto extra en el costo total. En esa misma línea, presenta una justificación metodológica ya que se elaboró la investigación de acuerdo a los lineamientos del método científico, los pasos que se siguieron para su realización fueron guiados por las normas y decretos, nacionales e internacionales, asimismo los resultados ayudarán al desarrollo de futuras investigaciones a fin de profundizar más sobre el tema abordado.

Por consiguiente, la investigación tiene el objetivo general: Determinar de qué manera el empleo de vidrio reciclado molido aportará en el diseño estructural de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023; para ello se propuso los objetivos específicos: primero, determinar en qué medida la dosificación de vidrio reciclado molido influirá en la resistencia a la compresión y flexión del concreto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023; segundo, determinar en qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el comportamiento sísmico de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023; tercero, determinar en qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el presupuesto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.

De la misma forma, se propone las hipótesis de investigación, sustentando como hipótesis general: El empleo de vidrio reciclado molido aporta significativamente en el diseño estructural de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023; como hipótesis específicas: primero, la dosificación de vidrio reciclado molido influye notablemente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023; segundo, el empleo de vidrio reciclado molido influye considerablemente en el comportamiento sísmico de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023; tercero, el empleo de vidrio reciclado molido influye notablemente en el presupuesto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la investigación, se redactaron los siguientes antecedentes de carácter internacional después de una amplia búsqueda bibliográfica.

En Australia, Wang, San-Nicolas, Kashani y Ngo (2022) en su artículo de revista científica *Sustainable utilisation of low-grade and contaminated waste glass fines as a partial sand replacement in structural concrete*, presentado a la revista *Case Studies in Construction Materials*, tienen como propósito analizar la viabilidad de utilizar los finos de vidrio desechado sin lavar (U-WGF) en una mezcla de concreto de 40MPa en laboratorio e in situ en las afueras de una estación de metro en Melbourne, para ello elaboraron un concreto de control, otro con 10% de sustitución de árido fino por el (U-WGF) y el mismo porcentaje con finos de vidrio desechado lavado (W-WGF), estos concretos fueron ensayados a los 7 y 28 días incluyendo muestras perforadas de la acera que se construyó con estos concretos, obteniendo resistencias a la compresión en el laboratorio a los 7 y 28 días de 30.6 MPa, 42.8 MPa; 29.7 MPa, 42.1 MPa y 30.7, 42.3 MPa respectivamente; para los desarrollados en moldes y núcleos en sitio a los 28 días de 51.0 MPa, 46.3 MPa; 47.8 MPa, 42.9 MPa y 46.0 MPa, 42.9 MPa respectivamente, concluyeron que remplazar el porcentaje de 10% de U-WGF está por debajo de los límites de contaminantes que pueden haber en el concreto según las normas australianas y que puede ser utilizado en la industria.

En la India, Bahadur y Kumar (2023) en su investigación denominada *An investigation of waste glass powder with the substitution of sand on concrete mix*, presentado a la revista *Materials Today: Proceedings*, tuvo como objetivo estudiar el impacto de usar el polvo de vidrio desechado como árido fino en las propiedades del concreto en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% en el diseño de mezcla M-30 que de acuerdo al Indian Standard (IS) representa un factor de 30 MPa, las probetas cilíndricas elaboradas fueron de 0.30 m de altura x 0.15 m de diámetro; las rectangulares de 0.15 m en todas sus dimensiones, como resultado de este remplazo fueron ensayadas a tracción y compresión luego de 28 días de curado, concluyeron que el porcentaje más óptimo de remplazo es de 15% de polvo de vidrio desechado y que esta respecto al patrón presenta una ganancia de $f'c$ de 17.05% y una resistencia a la tracción dividida de 11.28%, los resultados para cada porcentaje anteriormente mencionado es el siguiente 36.82, 38.5, 40.95, 43.1 y

41.82 MPa respectivamente, y de igual modo para la resistencia a la tracción dividida es el siguiente 2.57, 2.65, 2.76, 2.86 y 2.80 MPa respectivamente, además que conforme se iba remplazando el vidrio se observó un incremento del asentamiento, de igual forma una reducción de la capacidad de absorción de agua en la mezcla de concreto.

Según Ho y Huynh (2022) en su artículo de revista científica *Recycled waste medical glass as a fine aggregate replacement in low environmental impact concrete: Effects on long-term strength and durability performance* presentado en *Journal of Cleaner Production*, tienen como principal propósito demostrar la aplicabilidad de los desechos de vidrios médicos como agregados finos (WGA) en la fabricación de concreto para la construcción, para ello realizaron un programa experimental en donde evaluaron las propiedades mecánicas y de durabilidad en los testigos cilíndricos y prismáticos de concreto con agregados de 0% a 100% en intervalos de 20% de WGA, se hicieron ensayos de la velocidad de pulso ultrasónico, resistencia a la compresión, absorción de agua, prueba rápida de permeabilidad al cloruro, resistencia al sulfato y una evaluación mediante un microscopio electrónico de barrido, los resultados de las pruebas antes mencionadas fueron satisfactorias evidenciando mejoras en las propiedades con un 60% de WGA, para más sustitución del agregado fino de 80% y 100% se observaron reducciones en las propiedades, cabe mencionar que los ensayos se elaboraron en intervalos de tiempos de curado de 7 hasta los 120 días, asimismo el escaneo con el microscopio electrónico de barrido detectó una mejor estructura de silicato de cálcico hidratado (CSH) en la muestra con 60 % de WGA, finalmente, la evaluación ambiental que se realizó demuestra la reducción de contaminantes y ahorro de energía al remplazar la arena natural triturada por el WGA.

En Australia, Tamanna, Tuladhar y Sivakugan (2020) en su investigación *Performance of recycled waste glass sand as partial replacement of sand in concrete* presentado a la revista *Construction and Building Materials*, tuvieron como principal eje reutilizar los desechos de vidrio de la ciudad de Cairns añadiéndolo al concreto en proporciones de 0%, 20%, 40% y 60% en un diseño de mezcla característico de 32 MPa, luego de ser ensayadas a compresión y flexión después de un curado de 56 y 28 días respectivamente, alcanzaron resistencias favorables

de $f'c$ de 38.75 MPa, 41.40 MPa, los remplazos de 40% y 60% lograron un 86% y 96% del concreto de control respectivamente, asimismo los módulos de rotura experimentaron la misma tendencia que los resultados antes mencionados, concluyeron que el mejor porcentaje de remplazo de arena de vidrio desechado es del 20%, además que la reacción ASR se ve muy reducida en partículas inferiores a 4,5mm de acuerdo a los ensayos SEM realizados, por lo tanto recomiendan el uso del materia.

En ese sentido, Arbelaez, Agudelo, Acevedo y Valencia (2022) en su investigación titulada Factores de emisión de concretos modificados con residuos de vidrio en reemplazo de los agregados finos presentado en la Revista chilena de ingeniería, cuyo propósito principal es reducir los impactos negativos medioambientales que tiene el vidrio al introducirlo de forma parcial en intercambio por la arena fina en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 50%, para ello elaboraron testigos a los cuales se les realizaron ensayos de asentamiento y resistencia a la compresión, concluyendo que el espécimen con porcentaje de remplazo con mayor desempeño es el de 20% pues presenta un 5.5% más de $f'c$, asimismo se consiguió una reducción económica de 0.7% en la elaboración de la mezcla y un 6.4% en sus emisiones contaminantes respecto al concreto patrón.

Para Manzoor, Yashpal y Sharma (2022) en su artículo científico titulado Comparison of partially replaced concrete by waste glass with control concrete presentado a la revista Materials Today: Proceedings, tienen como finalidad esclarecer el debate sobre la aplicación de los residuos de vidrio tratados como remplazo parcial de los agregados o el cemento en la mezcla del concreto para su uso más recurrente en obras civiles, para ello revisaron y analizaron diferentes investigaciones que abordaron este tema, además realizaron experimentos con ensayos de compresión, flexión y tracción, en primer lugar a un espécimen sin incorporación, luego con diferentes porcentajes de remplazo de residuos de vidrio, los cuales fueron 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, su resistencia fue tomada a los 7, 28, 56 y 90 días de estar sumergidas en agua, dentro de los hallazgos de su estudio descubrieron que el remplazo de vidrio hasta un 20% genera beneficios en la resistencia y durabilidad, después de seguir sustituyendo el cemento por

porcentajes más elevados de residuos de vidrio observaron resultados adversos en las propiedades antes mencionadas.

Según Hernández y Rojas (2021) en su trabajo de grado Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino, buscaron evaluar porcentajes de sustitución de 0%,4

De acuerdo con Hernández y Rojas (2021) en su trabajo de investigación Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino entregado a la Universidad Católica de Colombia, establecieron como propósito fundamental determinar las propiedades del concreto después de adicionar el vidrio particulado en porcentajes de 4%, 5% y 6% en remplazo del árido fino, para su comprobación se elaboraron 24 testigos, se dividieron 6 especímenes con 0% de remplazo de vidrio por agregado fino y 18 especímenes para los porcentajes de sustitución antes mencionados, se ejecutaron ensayos de compresión a los testigos con dimensiones de 4 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de altura, a los 7, 14 y 28 días de curado tanto al espécimen representativo sin añadidura como a los sustituidos, concluyeron que en relación a como se vaya incorporando el vidrio particulado la resistencia se va incrementando, por lo que al haber sustituido 6% de la arena fina por vidrio y al efectuar el ensayo de rotura de probeta obtuvieron un $f'c$ de 23,07 mega pascales.

Por otra parte, Paul, Bindhu, Matos y Delgado (2022) en su artículo de investigación Eco-friendly concrete with waste glass powder: A sustainable and circular solution presentado a la revista científica Construction and Building Materials, tenían como finalidad generar en la india concretos ecológicos producidos con los desechos de vidrio (GP), de dos tipos a los cuales denominaron M30 y M40 para estos dos se dosificaron contenidos de GP de variada finura con 0%, 10%, 20%, 30% y 40% por peso en intercambio parcial del cemento, ya que mencionan que el GP tiene propiedades puzolánicas potenciales, para alcanzar tal propósito realizaron un programa experimental primero ensayando testigos con los valores de porcentajes en sustitución antes mencionados, los cuales dieron como resultado una ligera mejora en las propiedades del concreto como la resistencia y durabilidad, luego estudiaron el comportamiento de este nuevo compuesto en adoquines elaborando cuatro tipos de concreto con y sin GP, los resultados de las pruebas de laboratorio

confirmaron que los adoquines con agregado de vidrio particulado mejora la resistencia y durabilidad de las muestras.

De igual forma, se procede a mencionar los antecedentes nacionales.

En Lima, Achahuanco (2022) en su tesis titulada Incorporación de botellas de vidrio reciclado en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido en Ayacucho – 2022 presentado a la Universidad Cesar Vallejo, cuyo propósito principal tenía de probar como influye el material propuesto en las propiedades del hormigón, para ello su investigación cuenta con un enfoque cuantitativo, de diseño experimental, realizó ensayos de compresión de 60 probetas y 15 prismas agregando vidrio reciclado en sustitución del árido fino en porcentajes de 15, 30 y 45, finalmente concluyó su estudio señalando que el porcentaje más óptimo de remplazo que da una buena resistencia a los 28 días es del 30 por ciento de vidrio logrando un valor de 281 kilogramos por centímetro cuadrado, también menciona que la utilización de más porcentaje de vidrio reduce la resistencia del concreto.

En Cajamarca, Bustamante y Ramos (2022) en su investigación denominada Estudio de la influencia de la adición del vidrio reciclado en la resistencia a compresión del concreto y beneficio en el ambiente presentado a la Universidad Privada del Norte, tenía como finalidad establecer un estudio de la influencia de añadir vidrio al concreto para ver su repercusión en la resistencia y el medio ambiente, es de carácter no experimental, uso como herramienta el meta análisis refiriéndose a 50 documentos científicos ligados al problema de estudio, concluyeron que los porcentajes más óptimos de añadidura en intercambio del árido fino son de 10 y 20, mejorando las propiedades del concreto como el $f'c$ y que el mismo es muy beneficioso para el medio ambiente, como alternativa de reutilización y menor impacto ambiental.

En Lima, Bartolo y Ledesma (2021) en su tesis titulada Diseño del Sistema Aporticado de una Vivienda Multifamiliar de Seis Pisos Empleando Fibra de Acero, Santa Clara, Ate – 2021 tiene como propósito principal analizar la influencia de emplear fibras de acero por parte parcial de los agregados en el concreto para el diseño de los pórticos de una vivienda de 6 niveles, para tal fin se determinó una muestra de 12 probetas con distintos porcentajes de sustitución del árido fino y

grueso; estas fueron para un 0, 10, 12.5 y 15 % de remplazo, luego se realizó el ensayo de resistencia de compresión, finalmente se realizó el diseño en el programa ETABS, se concluyó que los elementos estructurales una mejora en sus desplazamientos, periodos de vibración y secciones finales en los pórticos.

En Trujillo, Campos y Hernandez (2021) en su trabajo de investigación Influencia del vidrio reciclado en las propiedades mecánicas en bloques intertrabados de concreto de cemento Portland, Trujillo 2021 entregado al a Universidad Privada del Norte, tenía el objetivo principal de establecer las propiedades del concreto después de haber remplazado parte del árido fino en su elaboración, para su logro primero realizo ensayos en los agregados gruesos y finos luego realizo los diseño de las dosificaciones del concreto patrón de 320 kilogramos por centímetro cuadrado y de los añadidos con 5, 10 y 15 porciento de vidrio reciclado, concluyeron que existe una gran influencia de las muestras que fueron dosificadas con vidrio reciclado con respecto a la muestra patrón.

Según Rivera y Sandivar (2021) en su tesis denominada Diseño estructural empleando vidrio molido al concreto como mejora a la resistencia de compresión, San Juan de Miraflores, 2021 entregado a la Universidad Cesar Vallejo, tiene como propósito general conocer la resistencia del concreto al ser adicionado vidrio parcialmente por el árido fino en proporciones de 20, 30 y 40 porciento, la metodología usada es de diseño cuasi experimental por lo que elaboraron 36 testigos los cuates fueron ensayados a compresión en laboratorio a los 7, 14 y 28 días, concluyeron su estudio señalando que a medida que el material fino es más remplazado hay una mejor ganancia de resistencia por parte del concreto, obteniendo para un 40% de sustitución un indicador de $f'c$ igual a 291 kilogramos por centímetro cuadrado superior a la muestra patrón.

De acuerdo con Soto (2021) en su trabajo de grado titulado Propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm², tiene como finalidad hallar el mejor contenido de remplazo del vidrio en el concreto y su costo económico en relación a ello, su programa experimental consistió en elaborar probetas rectangulares (vigas) con armadura de acero con concreto convencional y otros concretos modificados con porcentajes de remplazo de 5%, 10% y 15% de vidrio

molido por el árido fino, obteniendo al cabo de 28 días sus respectivos módulos de rotura con los que concluyó que el concreto más beneficioso se obtiene con un 5% de vidrio molido y armadura de 1/2" obteniendo un fr de 72 kg/cm², además del análisis de costos que realizó obtuvo un valor por m³ de concreto armado de S/. 1984.98 con una diferencia respecto al mismo concreto armado sin el porcentaje de sustitución S/. 92.96 lo que equivale a un 4.47% más económico.

En Cusco, Aucca y Carbajal (2021) en su investigación titulada Evaluación comparativa de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto tradicional, con respecto a un concreto traslucido, reemplazando el agregado fino por vidrio molido en diferentes porcentajes presentado a la Universidad Andina del Cusco, tenían como principal finalidad medir los cambios en las propiedades del concreto, para lo que denominaron a uno patrón de f'c igual a 210 kg/cm² y otros modificados parcialmente en el contenido de agregado fino de 50, 75 y 100 por ciento de remplazo, se efectuaron ensayos de traslucidez, conductividad térmica, resistencia a la compresión y peso volumétrico, teniendo como resultados respectivamente que al sustituir el 100% se logra apreciar el paso ligero de la luz, a medida que se reemplaza se obtiene una reducción de la conductividad térmica, el 50% de remplazo es el nivel más óptimo que otorga una resistencia máxima de f'c y por ultimo al sustituir la arena fina se observó que su peso se reducía, concluyendo que el vidrio es un excelente material que beneficia a la mezcla del concreto.

Se presentan las diferentes teorías relacionadas con el tema de investigación.

El vidrio como expresa Esmaeili y Oudah (2021), es un compuesto sólido que consiste en sílice no cristalizada, óxido de sodio, óxido de calcio y otros componentes en menor cantidad, su composición mineralógica está vinculada a las materias primas utilizadas en su fabricación sin embargo para cada tipo de vidrio esta varía ligeramente. Por otro lado, los vidrios sodio-cal más conocidos están conformados por 70% de SiO₂, 12% de Na₂O y 5% de CaO. Además, el VRM puede reemplazar al cemento o agregados dependiendo de su trituración ya que presenta propiedades puzolánicas (p. 1959). Asimismo, en la tabla 1 se puede apreciar su composición.

De igual manera, para la Norma E.040 Vidrio (2020), el vidrio es una sustancia amorfa, solida, frágil, dura, sobrefundida, compuestos principalmente por silicatos y cal, la nomenclatura de su fórmula es SiO_2 (Na₂O) m (CaO) n, el silicato SiO_2 proviene de la arena limpiada y secada, el óxido de sodio Na₂O proviene de los sulfatos de sodio o del carbonato, el óxido de calcio CaO de la caliza natural y el óxido de magnesio MgO de la dolomita (p. 11). En la tabla 1 se muestra como está compuesta.

El vidrio reciclado de acuerdo a Guo P, Meng, Nassif, Gou H y Bao (2020) no es un compuesto biodegradable, por el contrario, es químicamente estable, su reutilización depende del tipo de vidrio, es así que el gran porcentaje de reutilización de vidrio está dirigido a la fabricación de botellas por lo que otros tipos de este material (vidrio de plomo, borosilicato y eléctrico) son desechados en vertederos. El proceso de reciclado para la fabricación de botellas consiste en su clasificación, limpieza y fundido lo que ocasiona unos elevados gastos de energía para volver a fundir la sílice del vidrio. En ese sentido una alternativa viable es incorporar los residuos de vidrio en la industria de la construcción para reducir su impacto en el medio ambiente ya que sus características químicas lo permiten y favorecen (p. 2).

Tabla 1. Composición química del vidrio

N°	Composición % en masa	Polvo de vidrio
1	Sílice (SiO ₂)	50–80%
2	Alúmina (Al ₂ O ₃)	1-10%
3	Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	mayor al 1%
4	Óxido de calcio (CaO)	5-15%
5	Óxido de magnesio (MgO)	<1,5%
6	Óxido de sodio (Na ₂ O)	1-15%
7	Óxido de potasio (K ₂ O)	<1%

Fuente: Adaptado de Haloub (2018).

El concreto es considerado el material más utilizado de construcción, sus principales características como la resistencia a la compresión, la durabilidad y la rigidez la hacen la más elegible al momento de construir edificios e infinidad de obras civiles. Por otra parte, sus desventajas o limitaciones son una baja resistencia a la tracción, limitada ductilidad y baja resistencia al agrietamiento. Su buen

comportamiento depende exclusivamente de las medidas más adecuadas que se elijan en su elaboración como también en la elección de los materiales que lo conforman (Tibebu *et al.* 2022, p. 5087).

En base a la NTP 339.047 (2021), el concreto está compuesto por un aglutinante o cemento que junto con el agua reaccionan formando una pasta, la cual envuelve a los agregados de diferente diámetro a los que se le denomina árido grueso y fino, aire, [y opcionalmente adiciones que mejoran su desempeño] (p. 17).

Existen algunas reacciones nocivas en el concreto que se deben controlar para ello la NTP 239.700 (2021) menciona que la reacción álcali sílice se produce debido a diferentes tipos de minerales reactivos silíceos en combinación de agregados que contienen álcali, estos provocan una expansión y posterior agrietamiento del concreto si no se controlan antes en el diseño de mezcla.

Para fines de la investigación se debe definir lo que es un agregado y sus tipos, de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 400.037 (2021), es un material granulado que puede tener su origen de forma natural por fenómenos medioambientales o artificial por acción del ser humano, esta puede ser arena, gravilla, piedra chancada o activada por trituración, su uso frecuentemente este ligado a la elaboración de concreto. Asimismo, el árido fino es aquella partícula de agregado que pasa el tamiz de 9.5 milímetros o 3/8 de pulgada, casi todo su contenido pasa el tamiz de 4.75mm o número 4 y es retenido en el tamiz de 75 micras o número 200. Así como también, el árido grueso es el que no pasa el tamiz de 4.75mm o número 4, su procedencia está relacionada a la desintegración de la roca. En ese sentido, el árido reciclado queda definido como material obtenido producto de la remoción de los desechos sólidos, los cuales tienen que ser procesados para su uso como materia prima del concreto (p. 12).

El agua, según la Norma E.060 Concreto Armado (2020), para la elaboración y curado del concreto de preferencia tiene que ser potable o que cumpla las condiciones requeridas para ser empleada en la mezcla con los demás materiales sin perjudicarla; en ese sentido, debe estar limpia de aceites, álcalis, materias inorgánicas, ácidos y otras impurezas (p. 31).

Las principales propiedades del concreto como expresan Segura, Sigüenza, Solar y Zamora, en estado fresco son: la trabajabilidad, consistencia, exudación, Contracción y Segregación; asimismo en estado endurecido son: la extensibilidad, elasticidad, durabilidad, la resistencia a la compresión y la impermeabilidad. La consistencia y trabajabilidad están relacionadas a la cantidad de agua utilizada en la mezcla, la facilidad con la que se elabore, coloque, compacte y se le dé el acabado final al concreto en la obra antes que fragüe, para efectuar tal medición se utiliza el Cono de Abrams el cual determina el asentamiento de la mezcla. En estado endurecido la principal ventaja del concreto es su resistencia a la compresión frente a otros materiales, su capacidad de resistir y transmitir cargas puntuales o axiales por unidad de área es la propiedad que le permite ser ampliamente usada en la construcción de edificaciones, además de su costo asequible y que puede ser elaborado en la mayor parte de los países, el ensayo para determinar cuantitativamente su $f'c$ se realiza con la utilización de una prensa hidráulica calibrada para tal fin, la cual de acuerdo a la fuerza que va incorporando progresivamente para induce al fallo al testigo ensayado, se mide en kilogramos por centímetro cuadrado o megapascales (2022, p. 181).

Por otro lado, para la variable dependiente, la estructuración para Riddell e Hidalgo (2018), se basa en determinar la geometría de los elementos estructurales, así como también el sistema estructural a utilizar sin dejar de lado el material por el que estará compuesto, lo principal que se busca en este procedimiento son que la estructura predimensionar sea segura, funcional y de menor costo económico (p. 16). Asimismo, el análisis estructural según Harmsen (2019), tiene como principal propósito conocer los esfuerzos y las deformaciones que presentan los elementos estructurales y el sistema en general a las cargas mayoradas externas propuestas y calculadas por el ingeniero estructural (p. 15). En esa misma línea, el dimensionamiento o conocido también como diseño final de los elementos estructurales, se respalda en los resultados del análisis estructural como el tipo de sollicitación que se efectúa en un elemento con el fin de otorgarle un nivel de seguridad adecuado y en general las características finales que deberá tener en obra (Riddell e Hidalgo, 2018, p. 17).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Aplicada

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018) señalaron que es un tipo de investigación pragmática que se basa en investigaciones teóricas también conocidas como básicas y que su finalidad es brindar conocimiento como también dar soluciones a problemas de mucho interés (p. 79). Asimismo, el CONCYTEC (2020), es aquella que, valiéndose de tecnologías, protocolos, metodologías y el conocimiento científico busca cubrir o responder una problemática latente y específica (p. 5).

Por lo tanto, la investigación es aplicada ya que se empleó conocimientos y teorías para con ellas generar propuestas de solución que benefician a la sociedad.

Diseño de investigación: Cuasi experimental

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), este tipo de investigación se caracteriza por su manipulación deliberada sobre mínimamente una variable independiente para observar sus efectos en una o más variables dependientes, asimismo los sujetos de estudios no son asignados al azar a los grupos, ni son emparejados (p.173).

Es así que el trabajo de investigación es desarrollado bajo un diseño cuasi experimental, porque se manipulo la dosificación del VRM en el concreto con el fin de saber cómo influyo en el diseño estructural de una vivienda unifamiliar.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Vidrio reciclado molido

Definición conceptual:

Frometa, Vidaud, Font y Negret (2020) señalan que los hormigones o concretos con adición de vidrio reciclado [molido] no presentan diferencias significativas con relación a las propiedades principales [en estado endurecido o fresco] que manifiesta un concreto convencional, en ese sentido, estas propiedades son el peso, color, exudación, laborabilidad, consistencia, entre otras (p.68).

Definición operacional:

El vidrio reciclado molido es activado por trituración y molienda, presenta peso, tamaño y su dosificación será prevista con el propósito de lograr los objetivos de estudio. Se miden en kilogramos, milímetros y porcentaje de sustitución en volumen del árido fino.

Variable dependiente: Diseño estructural

Definición conceptual:

Riddell e Hidalgo (2018) mencionan que el objetivo de realizar un diseño estructural es proporcionar una estructura económica y segura para satisfacer las necesidades específica requeridas, de forma general sus etapas son las siguientes: estructuración, análisis y dimensionamiento (p. 16).

Definición operacional:

El diseño estructural comprende en primer lugar la elección preliminar del material y sus propiedades, luego la estructuración de los elementos resistentes, el análisis de las cargas y esfuerzos de la estructura y por último el dimensionamiento final de las secciones o geometrías de los elementos estructurales de los cuales se parten para calcular los costos y presupuesto.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Para Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) la población es el conjunto que alberga todas las unidades de estudio con características específicas definidas, los cuales pueden ser fenómenos, hechos, objetos, conglomerados y personas (p. 334).

La población que se determinó para el estudio está compuesta por 18 probetas, que serán ensayadas bajo prensa hidráulica (ensayo de compresión y flexión) de los cuales se obtuvo el $f'c$ (resistencia a la compresión del concreto) y el fr (módulo de rotura) que se utilizará en el diseño estructural de una vivienda unifamiliar de 3 pisos ubicada en Jicamarca.

Muestra:

Empleando las palabras de Hernández y Mendoza (2018), definen a la muestra de una investigación como un subgrupo del universo total que se dedea estudiar, de esta se deberá recolectar todos los datos, y su representatividad debe ser garantizada (p. 196).

De igual manera, la muestra estuvo conformada por 12 probetas cilíndricas y 6 probetas rectangulares, estas serán ensayadas en laboratorio a los 7 y 28 días de estar sumergidas en agua.

Muestreo:

Citando nuevamente a Hernández y Mendoza (2018) mencionan que, en las muestras no probabilísticas, se seleccionan las unidades de estudio sin depender de la estadística, por el contrario, el proceso depende de las decisiones del investigador o del grupo de investigación (p. 202).

Por lo tanto, en la investigación se aplicó un muestreo intencional o no probabilístico para obtener la muestra de acuerdo a los requerimientos y parámetros del estudio en mención.

Unidad de análisis:

Está compuesta por las probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, así mismo, las probetas prismáticas rectangulares son de 15 cm x 15 cm de sección transversal y 50 cm de largo, las cuales fueron utilizadas para ser ensayadas a la compresión y flexión con la finalidad de obtener los indicadores de resistencia requeridos para el diseño estructural.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación de campo, como señala Hernández y Mendoza (2018), radica en el registro sistemático, validado y verídico de situaciones y comportamientos perceptibles de las variables u objetos de estudio, a través de un conjunto de dimensiones e indicadores propuestos (p. 290).

Se utilizó la técnica de la observación de campo ya que se empleó formatos para la recolección de información antes, durante y después, de la realización de los ensayos o experimentos.

Como instrumento se utilizó las fichas de medición de laboratorio empleadas por Torres (2020) en su trabajo de investigación, las cuales se extrajeron de los anexos 3, 6 y 7; como también las fichas del laboratorio en donde se efectuaron estudios al suelo y concreto, fueron utilizados para registrar las mediciones de los ensayos efectuados en el laboratorio, su validación y confiabilidad fue dada por juicio de expertos en la misma línea de estudio que la presente investigación.

3.5. Procedimientos

Como primer paso se realizaron los estudios básicos para determinar las características del lugar en donde se proyectó el diseño estructural, para ello se efectuaron los estudios de topografía y mecánica de suelos, estos nos proporcionan datos específicos en cuanto al área o superficie exacta, los límites del terreno donde se efectuaron los estudios, sus dimensiones, pendiente, curvas de nivel, clasificación del suelo, nivel freático, capacidad portante, etc.

3.5.1. Ubicación del área en estudio

El terreno está situado en la localidad de Jicamarca Anexo 22, Sector El Palomar, se eligió esta zona de estudio a raíz de la falta de recursos económicos de la mayor parte de la población para construir y contratar los servicios de profesionales a fines a la construcción o empresas que se dedican a tal rubro, así mismo las viviendas en dichas zonas son construidas por personal no calificado por lo mismo que estas pueden presentar fallos en el diseño y construcción de las viviendas lo que puede generar el colapso de las mismas ante un eventual sismo de gran magnitud que puede ocurrir en el Perú dejando miles de damnificados y víctimas mortales. En la figura 1 se observa el Sector El Palomar y el terreno donde se ejecutaron los estudios necesarios para el desarrollo del proyecto y diseño de los elementos constituyentes del sistema estructural empleado, por otro lado, las edificaciones en los alrededores de la zona investigada tienen el uso de vivienda por lo cual se partió de ello para la proyección de los estudios realizados.

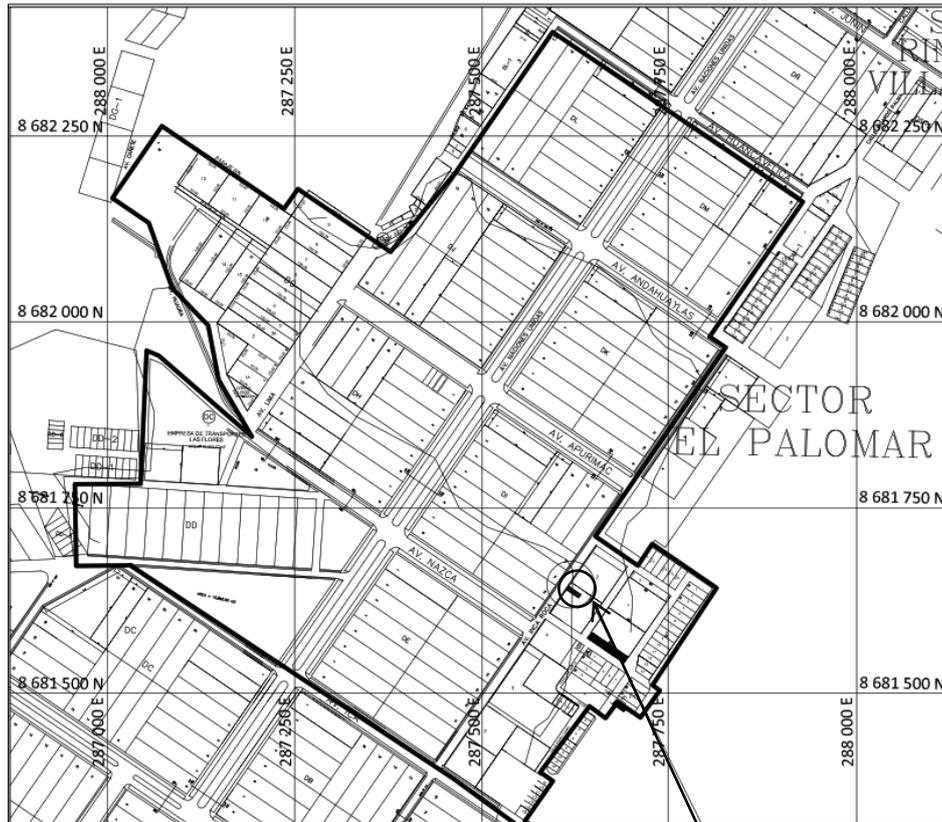


Figura 1. Ubicación del terreno en estudio. Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Estudio Topográfico

Se realizó el levantamiento de la topografía del lote en estudio utilizando programas computacionales como el Google Earth Pro, Global Mapper y Civil 3D. Del primer programa mencionado se extrajeron los datos con respecto a la distancia, dirección y altitud del terreno, luego se procedió a realizar con el segundo programa el mapeo de las curvas de nivel donde se puede apreciar las pendientes con una curva mayor a cada 25 cm y las curvas menores a intervalos de 5 cm, Por último toda la información recolectada se trasladó al programa Civil 3D para realizar el dibujo técnico donde se detalla los linderos, se denota que por la parte frontal el terreno tiene acceso a la Av. Inca Roca, por la parte trasera tiene accesibilidad a la calle Las Gardenias, asimismo por los lados colinda con terrenos sin construcción; goza de un área rectangular total de 120 m², se tomaron 4 puntos de medición en los vértices, todos los ángulos tienen 90°, el lado más largo tiene una distancia de 20m y su ancho es de 6m, sumadas sus medidas dan un perímetro total de 52 m, la cota

de altitud más baja del terreno es de 615.15m que se encuentra en la parte frontal y la cota más alta es de 616.55m en la parte posterior, revisar figura 2.

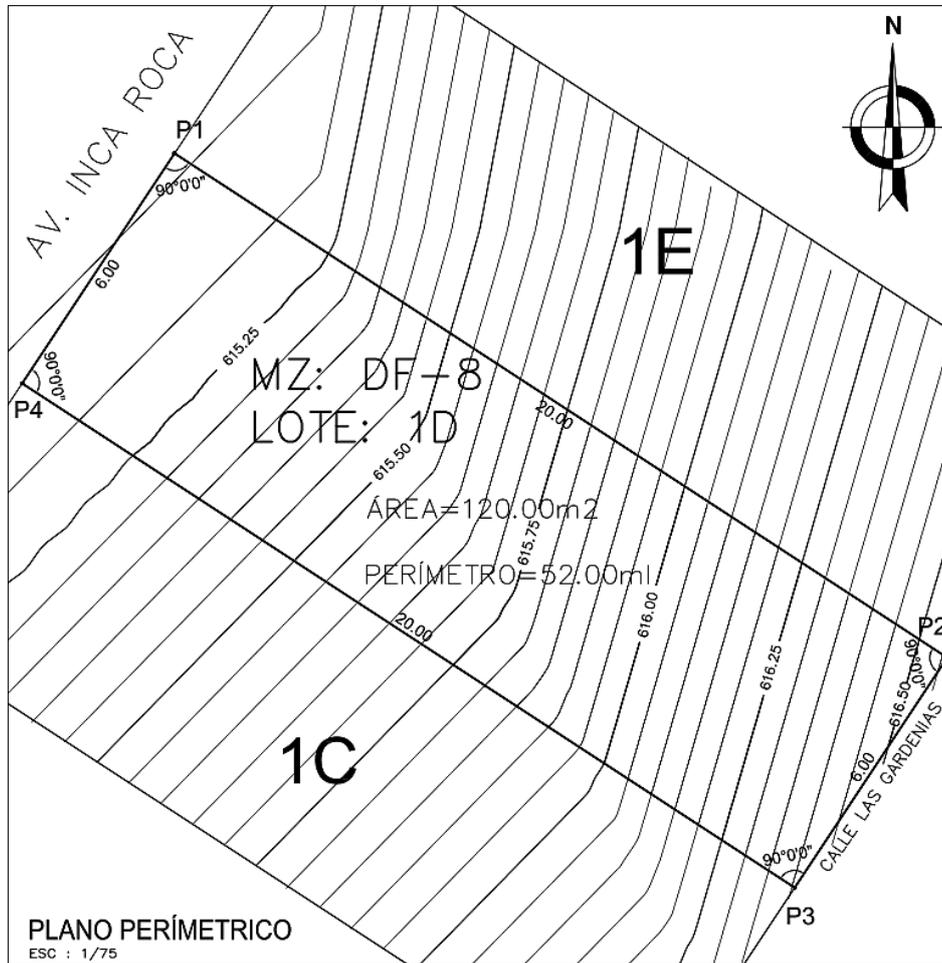


Figura 2. Levantamiento topográfico del terreno. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, los datos técnicos de los puntos fueron tomados en sentido horario, sus coordenadas norte y este se exhiben en la tabla 2.

Tabla 2. Datos técnicos y coordenadas UTM del terreno

DATOS TÉCNICOS Y COORDENADAS UTM					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INT.	NORTE	ESTE
P1	P1-P2	20.00	90°00'00"	8'681644.484	287,615.359
P2	P2-P3	6.00	90°00'00"	8'681633.190	287,631.866
P3	P3-P4	20.00	90°00'00"	8'681628.239	287,628.478
P4	P4-P1	6.00	90°00'00"	8'681639.532	287,611.971

Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Estudio de mecánica de suelos

3.5.3.1. Generalidades

Objetivo del estudio

Se efectuó el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) con el objetivo de obtener los parámetros del suelo en el que se proyectará la cimentación de la vivienda unifamiliar para ello es necesario contar con las propiedades físicas, mecánicas y dinámicas del suelo, la agresividad química, la capacidad admisible y los asentamientos del suelo, además de los parámetros sísmicos y geotécnicos con los cuales se realizó el dimensionamiento sismorresistente de los elementos estructurales.

Normatividad

El estudio tiene como guía y respaldo las normativas nacionales vigentes del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y Normas Técnicas Peruanas (NTP), así mismo sus respectivas normas internacionales correspondientes y complementarias, las cuales son:

- Norma E.030 Diseño Sismorresistente
- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones
- Norma E.060 Concreto Armado
- Normas Técnicas Peruanas para la caracterización del suelo, densidad mínima y máxima, corte directo, y contenido de, sulfatos cloruros y sales.
- Normas American Concrete Institute (ACI) y American Society for Testing and Materials (ASTM) y demás estándares, códigos o guías complementarias.

3.5.3.2. Geología y sismicidad

Geomorfología

El terreno está situado dentro de la subcuenca Canto Grande con cuatro geomorfologías diferentes, para la zona de estudio específicamente se encuentra ubicado entre Zonas de Colinas y Valles los cuales presentan una pendiente suave de 15 a 25 grados.

Geodinámica Externa

En los estudios e información recabada no se halló evidencia de fenómenos que alteren la capacidad y perfil del suelo como hundimientos, inundaciones, ni desplazamientos.

Sismicidad

De acuerdo con el RNE en su norma referente al Diseño sismorresistente (E.030) en el capítulo II menciona los parámetros de peligro sísmico que sirven para obtener el factor de amplificación sísmica (C) que nos sirven para determinar la cortante basal de la edificación en el análisis de fuerzas equivalentes - estático. El terreno en estudio se encuentra en la Zona 4 donde se presencia una alta sismicidad debido a su cercanía con las placas tectónicas, para lo cual se le da un factor (Z) de 0.45.

3.5.3.3. Exploraciones de campo

Información previa y reconocimiento

Se comenzó con la inspección visual del terreno y de sus alrededores, luego se recolectó datos de las personas aledañas que tengan más tiempo residiendo en el lugar para conocer a profundidad la zona de estudio, el uso anterior del terreno, entre otros datos importantes. Como resultado el terreno se encuentra al costado del inicio de la ladera de un cerro con una pendiente de poca inclinación por tal razón fue una zona sin presencia de alguna actividad que altere el perfil del suelo. De la misma forma se recabo información del plano de lotización del sector el Palomar, así como también carece de infraestructura de servicios básicos por lo que no se encontró sistemas de agua potable y desagüe y otra de la misma índole, por último, no se encontró información de restos arqueológicos u obras semejantes.

Programa de exploración de campo

En cuanto a las condiciones de frontera, en el grupo de lotes que conforman la manzana en donde se encuentra el terreno, no se encontraron a 100 m de distancia en los alrededores EMS de otras edificaciones, y las existentes no presentan grietas en sus elementos estructurales y arquitectónicos, asimismo en el suelo no se reconoce evidencia de anomalías u otro tipo de fallas en el mismo rango de observación tal como señala la norma referente.

Se efectuaron 3 exploraciones a cielo abierto (calicatas) de acuerdo a la norma E.050 para observar el perfil estratigráfico del suelo, su disposición dentro de la superficie del terreno fue en forma diagonal. La profundidad de las calicatas se determinó una vez realizado una uniformización de la superficie a fin de eliminar la pendiente del suelo y definir una altura de terreno natural, a partir de ahí se realizaron excavaciones con maquinaria a 3 metros de profundidad ya que no se contará con sótanos en la edificación y se diseñará en base a una cimentación superficial. La calicata C-1 fue la que se tomó a mayor profundidad pues existe un desnivel de la superficie del terreno que asciende a 1.35m más arriba con respecto al punto más bajo del terreno por lo que de esta exploración se tomaron las muestras de suelo a los 4.35m de profundidad para llevarlas a ensayar al laboratorio contratado. Las muestras (Mab) se recolectaron en bolsas plásticas, para luego ser puestas en baldes herméticos para su transporte al laboratorio. Por otro lado, no se encontró nivel freático hasta la profundidad de excavación, así como también cuando se realizó el registro de la información previa.

Con toda la información recabada se realizó el dibujo técnico en Autocad de las ubicaciones de las zonas de exploración como se muestra en la figura 3. De la misma manera, en la tabla 3 se exponen los datos técnicos de las 3 calicatas.

Tabla 3. Datos técnicos y coordenadas UTM de las calicatas

DATOS TÉCNICOS Y COORDENADAS UTM				
CALICATA	PROF.	COTA	NORTE	ESTE
C-1	3.00	616.30	8'681644.484	287,615.359
C-2	2.50	615.90	8'681633.190	287,631.866
C-3	2.00	615.35	8'681628.239	287,628.478

Fuente: Elaboración propia.

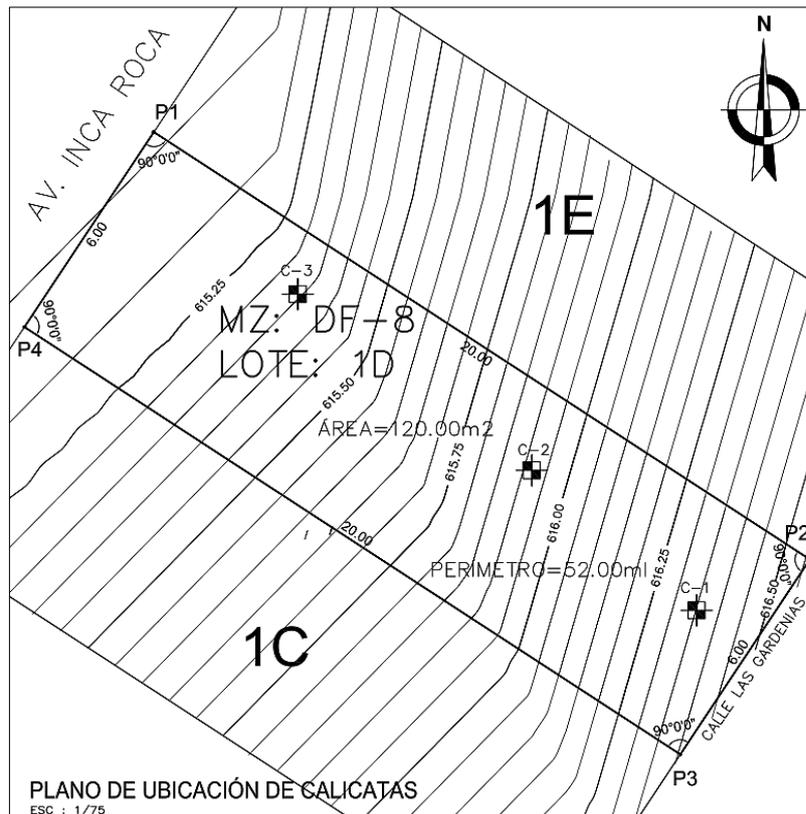


Figura 3. Ubicación de las calicatas en el terreno. Fuente: Elaboración propia.

La descripción del perfil estratigráfico encontrado en las 3 calicatas es el siguiente.

Calicata C-1: Tiene un suelo superficial afirmado no controlado, de coloración marrón claro, con gravas angulares, chatas y alargadas, seco, compacto, firme, con un espesor de 0.00 hasta 0.40m, luego ostenta un estrato de suelo en su mayoría gravoso de color marrón, seco, compacto, de consistencia dura, con arenas y finos, cuyo espesor se encuentra desde los 0.45 hasta 3.00m, teniendo un porcentaje de gravas de 65.4%, arena de 19.2% y finos de 15.4%, con un contenido de humedad de 2.71%, no presenta plasticidad.

Calicata C-2: Se observó un suelo superficial afirmado no controlado, de coloración marrón claro, con gravas angulosas, alargadas, seco, compacto, firme, con un espesor de 0.00 hasta 0.36m, el segundo estrato está compuesto por suelo gravoso de color marrón, seco, compacto, duro, con arenas y finos limosos, con espesor de 0.35 hasta 2.50m.

Calicata C-3: Se visualizó un suelo superficial afirmado no controlado, de coloración marrón claro, con gravas angulosas, alargadas y chatas, seco, compacto, firme,

con un espesor de 0.00 hasta 0.31m, el segundo estrato está compuesto por suelo gravoso de color marrón, seco, compacto, duro, con arenas y finos limosos, con espesor de 0.35 hasta 2.00m.

La información que nos brinda la estratigrafía del suelo nos permitió fundamentar la recolección de una sola muestra de suelo (M-1) ya que los estratos del suelo se mantienen uniformes en las exploraciones realizadas, por ende, se tomará la muestra M-1 de la calicata C-1 en la cual se efectuaron los ensayos de laboratorio correspondientes.

Ensayos de laboratorio

Se ejecutaron los ensayos de laboratorio respectivos.

Análisis Granulométrico, se llevó una muestra de suelo (M-1) con 5 kg aprox. de material al laboratorio este fue tamizado de acuerdo a los procedimientos de la NTP y ASTM como resultado se obtuvo un suelo de acuerdo a la clasificación SUCS, Grava limosa con arena (GM), y de acuerdo a la clasificación AASHTO un suelo A-1-a (Bueno), dentro de los porcentajes de grava, arena y finos el suelo en estudio presenta un 65.4%, 19.2% y 15.4% respectivamente.

De la misma manera, para el análisis de los límites de Atterberg se efectuaron los ensayos correspondientes, dando como resultado que el suelo no presenta índice de plasticidad.

Asimismo, el contenido de humedad (CH) del suelo se calculó respetando las normas nacionales y extranjeras, resultando un CH 2.71%, esto quiere decir que el suelo presenta poco contenido de agua en su composición. En la tabla 4 se hace una recopilación de los ensayos tratados y los valores encontrados.

Tabla 4. Cuadro de datos técnicos y coordenadas UTM de las calicatas

Punto. Explor.	Muestra	Prof.	Granulometría			Límites		IP	CH (%)	Clasif. SUCS
			(%) Grava	(%) Arena	(%) Finos	(%) LL	(%) LP			
C-1	M-1	3.00	65.4	19.2	15.4	NP	NP	NP	2.71	GM

Fuente: Elaboración propia.

Análisis químico de la agresividad de las sales solubles totales, sulfatos y cloruros del suelo, se efectuaron los ensayos con fin de ver los porcentajes de estos agentes externos que dañan al concreto y el acero, los datos hallados de los ensayos químicos figuran en la tabla 5, en ese sentido, debido al porcentaje de sulfatos moderados que sobrepasan a los especificados en la norma el estudio recomendó utilizar un cemento tipo 2 o MS / HS.

Tabla 5. Resultados del ensayo de análisis químico del suelo

Punto Exploración	Muestra	Prof. (m)	Sulfatos (SO ₄) (ppm)	Cloruros (Cl) (ppm)	Sales solubles totales (ppm)
C-1	M-1	3.00	(ppm)	542.00	1120.00

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la densidad mínima y máxima del suelo se realizaron bajo las normativas correspondientes respetando los procesos que se detallan en las misma, los valores descubiertos del ensayo se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados de los ensayos de densidad en laboratorio

Punto Exploración	Muestra	Prof. (m)	Densidad Mínima (g/cm ³)	Densidad Máxima (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)
C-1	M-1	3.00	1.69	2.02	1.91

Fuente: Elaboración propia.

El ensayo de corte directo bajo condiciones drenadas arrojó información que se adjunta en la tabla 7, donde se resalta el ángulo de fricción obtenido y la cohesión efectiva del suelo.

Tabla 7. Resultados del ensayo de corte directo

Punto Exploración / Muestra	Estado	Prof. (m)	Densidad Seca (g/cm ³)	Cohesión efectiva - C' (kg/cm ²)	Ángulo de fricción efectivo - ϕ' (°)
C-1 / M-1	Remoldeado	3.00	1.91	0.00	34.3

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, se consiguieron los parámetros elásticos del suelo como el Módulo de Elasticidad (E) de 120 000 Tn/m² y Módulo de Poisson.

El cálculo de la capacidad portante del suelo se realizó a través de la fórmula propuesta por Meyerhof como se adjunta en anexos.

$$q_{ult} = 0.5\gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot D_\gamma \cdot I_\gamma + C \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c \cdot I_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q \cdot I_q$$

Obteniendo para una profundidad de desplante de 1.50m y una cimentación de zapata cuadrada aislada de 1.50m de lado una capacidad admisible del suelo de 4.091 kg/cm² demostrando que el suelo donde se proyectó la vivienda tiene un buen soporte para las cargas que transferirá la estructura.

Para el cálculo de los asentamientos elásticos se usó la teoría de la elasticidad del libro Braja M. Das, consultar anexos, dando como resultado un máximo permisible de 5 cm.

3.5.4. Secuencia de desarrollo de la investigación

Luego se continuo con la secuencia de pasos de acuerdo a los objetivos, para la obtención del agregado reciclado se realizó la recolección, limpieza a los residuos de vidrio recolectados, para luego ser triturados y molidos a partículas que se encuentren dentro de los tamices N°4 y N°200 ya que serán sustituidas por el 16% y 18% del volumen total árido fino, asimismo se realizó el análisis granulométrico para obtener los valores pasantes y retenidos en cada malla de cada tamiz para ello se hará uso de la ficha de medición de granulometría, seguido se realizó los ensayos a los agregados grueso y fino para conseguir sus principales particularidades físicas, se utilizó el mismo formato antes mencionado, luego se realizó el diseño de mezcla del concreto estándar y los remplazados con 16% y 18% de VRM este proceso se registró con ayuda de las fichas de medición de la dosificación de los materiales, en simultaneo se efectuó el EMS previendo contar con esos datos indispensables en la investigación más adelante, asimismo una vez obtenida las proporciones se preparó la mezcla del concreto, después se realizó las pruebas de revenimiento con el cono de Abrams para ver el slump el cual debe cumplir con los requerimientos respectivos, en secuencia se elaboró las probetas para luego proceder a realizar el curado de las mismas en un pozo de agua,

después dentro de periodos de 7 y 28 días de encontrarse sumergidas efectuar el ensayo de resistencia a la compresión detallando las observaciones en la ficha de medición de tal ítem, finalmente como los datos obtenidos del $f'c$ y f_r de las probetas se ejecutó el modelamiento en el programa de apoyo para observar la influencia del VRM en el diseño estructural de los elementos sismorresistentes de una vivienda, en la figura 4 se detalla a manera de síntesis.

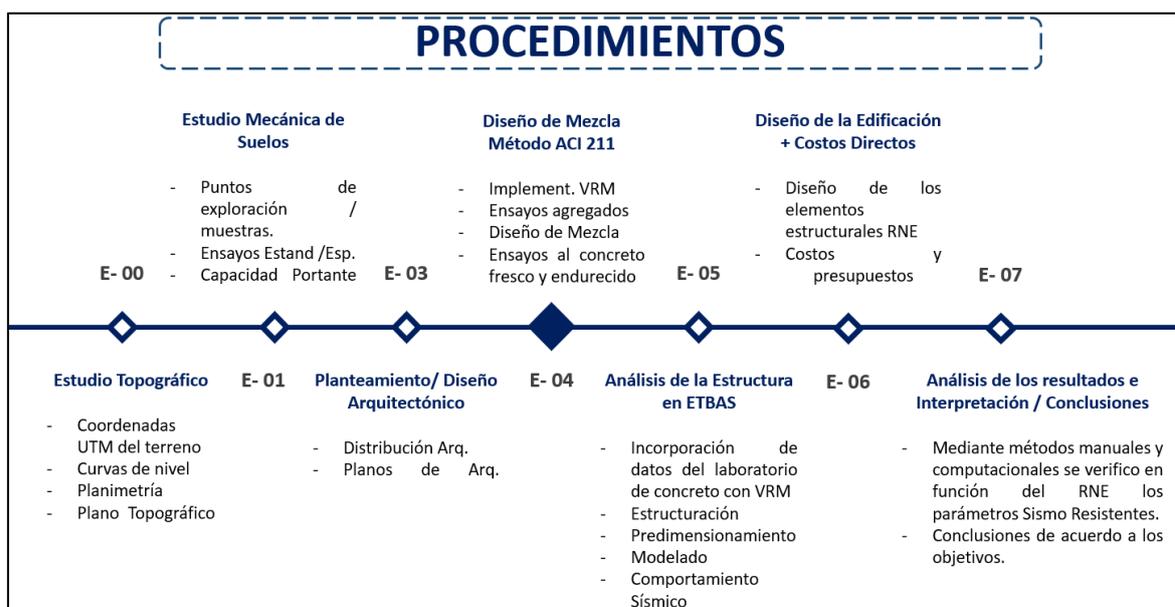


Figura 4. Resumen del procedimiento de investigación. Fuente: Elaboración propia.

3.6. Método de análisis de datos

Para Ñaupás, Valdivia, Palacios y Romero (2018), el análisis de datos por medio de la Estadística descriptiva por su naturaleza es muy relevante en investigaciones donde se emplean datos cuantitativos como es el caso de los estudios ejecutados en ingenierías, para presentar las características de los datos se vale de medidas de resumen, figuras o tablas (p. 419).

La información producto de la manipulación de la variable independiente se expresará de forma estadística descriptiva ya que para su procesamiento y análisis se utilizarán tablas y gráficos de distribución de frecuencia.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó y redactó bajo los criterios de la normativa ISO 690 y 690 - 2 brindada por el centro de estudios, se citó todo el material científico obtenido de diferentes fuentes confiables, asimismo se respeta a cabalidad la guía de elaboración de productos de investigación de la universidad siguiendo cada uno de los puntos establecidos con idoneidad, además se acatará las disposiciones de las Normas Técnicas Peruanas y el Reglamento Nacional de Edificaciones con respecto a las especificaciones de los materiales en la elaboración de concreto, los ensayos que se realizarán a este para su adecuada medición de la resistencia a la compresión y el diseño estructural en base a la norma E-060 respectivamente, por último, se sigue al pie de la letra demostrando ética profesional los términos consignados en el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú.

IV. RESULTADOS

4.1. Programa para el proceso de reciclaje y molienda del vidrio (VRM)

Se inicio recolectando el material, luego se transportó para realizar la limpieza, secado, trituración y molienda final.

4.1.1. Puntos de recolección de vidrio

Se analizó los puntos de recolección de materia prima de vidrio desechado, algunos de ellos fueron Vidrieras, Centros de construcción de ventanas, puertas o prefabricados, centros de esparcimiento y recreación, por último, el vidrio arrojado en las avenidas y calles de la zona de estudio, se determinó que los desechos más difíciles de recolectar y catalogar son los que se encuentran dispersos en la infraestructura vial continuando con la contaminación del suelo y siendo un peligro para los moradores del lugar, es por ello que se eligió estos residuos cuyo punto de recolección se aprecia en la figura 5, en ella se detalla los tipos de vidrio recolectados y su cercanía con el terreno de estudio.



Figura 5. Ubicación de los puntos de recolección. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Reciclaje y selección de vidrio

Una vez ubicadas las zonas de reciclaje se procedió a su recolección con los Equipos de Protección Personal (EPP) adecuados. Los EPP para la recolección de vidrio fueron, zapatos de seguridad suela y punta dura, pantalón y suéter largo grueso, guantes de cuero, gafas y casco de protección. Asimismo, las herramientas

usadas fueron comba - machete de acero, baldes y costales. Se seleccionaron los vidros para su transporte, utilizando la comba – machete se disminuyó el tamaño de los vidrios de ventanas y mesas con la finalidad que puedan acomodarse en el balde, de la misma forma para los envases y botellas de vidrio se almacenaron en costales para su transporte al área de lavado o limpieza, cabe mencionar que los vidrios de ventanas, mesas y parecidos ocupan menos espacio, sin embargo necesitan recipientes resistentes, como baldes o contenedores metálicos, por el contrario las botellas y envases ocupan más espacio. En la figura 6 al lado izquierdo (a) se distingue la recolección de botellas y envases de vidrio, en el medio (b) se aprecia los EPP y selección de virios de mesa y ventana, finalmente en la parte derecha (c) se muestra la recolección de vidrio de ventanas en baldes.



Figura 6. Reciclaje, EPP y herramientas. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Proceso de limpieza del vidrio reciclado

Antes de iniciar se debe contar con los materiales, insumos y EPP adecuado para la limpieza con el fin de evitar tener cualquier tipo de lesiones en el cuerpo, los EPP utilizados para esta actividad fueron los mismos a el proceso de recolección, se usaron recipientes de plástico y metal para el proceso de lavado, agua caliente y fría, detergente, una escobilla y fuentes metálicas para el secado y selección por colores y tipo de vidrio. El proceso inicio con la selección inicial del vidrio de las partículas grandes de basura que estaban adheridos en el momento de su recolección, luego se procedió al primer lavado en un recipiente cilíndrico con detergente y agua fría a retirar la suciedad, continuando con un segundo lavado

con agua caliente en un recipiente plástico y terminando el lavado con abundante agua, por último, se dejó secar al aire libre, en un día soleado, toda la tarde. De la limpieza se obtuvieron vidrios planos flotados transparentes de ventanas, mesas y otros parecidos; así como también envases de vino y botellas de vidrio transparentes de bebidas energéticas, se excluyeron los vidrios de colores, los vidrios laminados, templados ya que su proceso de limpieza requiere procesos poco tradicionales y con un costo considerable pues estos vidrios sufren reacciones químicas al ser laminados y templados, así como también aquellos que presentaban algún tipo de impureza o tinte que no se pudo desprender. La cantidad de vidrio en porcentaje del volumen total que se molió por cada tipo de vidrio son, para los vidrios planos flotados de 90% del volumen total que se llevó al laboratorio para los ensayos y diseño de mezcla, para los envases y botellas de 2% y 8% respectivamente. En la figura 7 se elaboró un flujograma a manera de resumen.



Figura 7. Flujograma de la limpieza del vidrio. Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Trituración y molienda del vidrio reciclado

Consistió en llevar a tamaños reducidos los vidrios limpios y seleccionados para luego realizar el proceso de molienda a partículas diminutas, primero se adecuaron las herramientas esterilizándolas para que no contaminen el vidrio al tritúralo y molerlo, para ello se utilizaron un recipiente metálico cilíndrico en forma de olla donde se trituro los vidrios para posteriormente con la ayuda de una plancha

metálica en una superficie nivelada y una vez confinado sus bordes con la finalidad de que los residuos de vidrio no se dispersen por todo el ambiente, con una roca plana en su base con extremos alargados en forma triangular y con los EPP anteriormente señalados, añadiendo a ello un cubrebocas se procedió a moler el vidrio a partículas menores de 4 milímetros, este objetivo se logró haciendo uso de dos mallas, la primera que retenga las partículas mayores a 4mm para proseguir con la molienda de las mismas hasta que alcance un tamaño idóneo y la segunda malla con una abertura de 1mm, adicionalmente en el laboratorio con el tamiz N° 200 se procedió a eliminar un porcentaje de los finos del vidrio, ver figura 8.



Figura 8. Proceso de trituración y molienda del vidrio. Fuente: Elaboración propia.

El cómputo total que se llevó al laboratorio fueron 27 kilos, de ellos 18 kilos fueron partículas de vidrio que quedaron retenidas en la malla de 1mm y los 17 restantes fueron los que pasaron tal malla. Al momento de la trituración y molienda se extrae que, en comparación a los vidrios planos flotados, los vidrios de envases y botellas son más fáciles de disminuir de tamaño, pero en contra parte el volumen y peso de una botella y envase en comparación a un pedazo de vidrio flotado es inferior. Por otro lado, debido a las limitaciones de la investigación no se ejecutaron ensayos químicos a los vidrios reciclados por lo que no se pudo determinar su resistencia, sin embargo, se consultó información técnica de los fabricantes, y se arribó a la inferencia que el proceso de fabricación del vidrio flotado le otorga una mayor resistencia debido a que estos son utilizados como soportes o planchas de mesa, ventanas. Por último, el proceso de molienda es rustico o artesanal por lo que este

método puede ser utilizado para disminuir de tamaño el vidrio de manera económica siempre y cuando se use los EEP recomendados con la finalidad de cuidar la salud.

4.2. Ensayos físicos y mecánicos a los agregados

Se efectuaron todos los ensayos necesarios para realizar el diseño de mezcla bajo la normativa internacional elegida.

4.2.1. Granulometría

Los agregados convencionales proceden de la Cantera de agregados Trapiche. En las siguientes tablas 8, 9 y 10, se observa las características granulométricas de los áridos fino y grueso halladas en laboratorio de calidad de materiales (CM).

Agregado fino

Tabla 8. Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz (N°)	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
3/8"	9.50 mm	-	-	-	100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	20.2	3.32	3.32	96.68	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	65.5	10.79	14.11	85.89	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	137.5	22.65	36.76	63.24	50.00	85.00
# 30	600 µm	152.4	25.11	61.87	38.13	25.00	60.00
# 50	300 µm	97.2	16.01	77.88	22.12	5.00	30.00
# 100	150 µm	87.0	14.33	92.22	7.78	0.00	10.00
Fondo		47.3	7.78	100.00	0.00	-	-
TMN	2.36 mm	>	5% retenido				
MF	2.86						

Fuente: Laboratorio C.M.

Se determino un TMN de 2.36 milímetros y un módulo de finura de 2.86, de acuerdo a la metodología de diseño de mezcla ACI a mayor MF el coeficiente b/b_0 se ve minimizado lo que podría generar un volumen reducido de piedra chancada. En la figura 9 se denota los limites ASTM para la granulometría de la arena gruesa de color rojo y de color azul una óptima granulometría del árido fino.

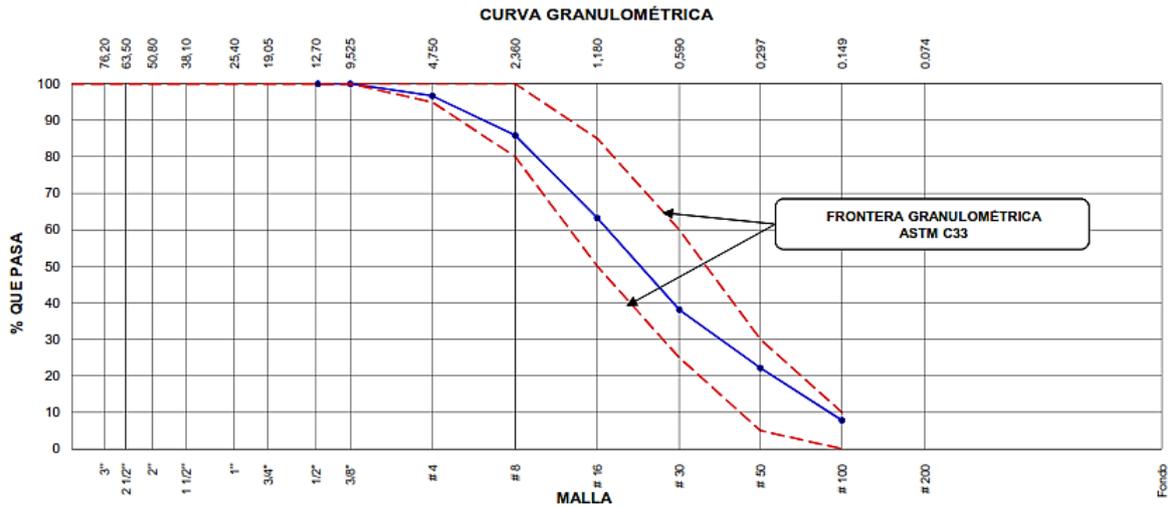


Figura 9. Curva granulométrica del agregado fino. Fuente: Laboratorio de C.M.

Agregado grueso

La caracterización por tamizado del agregado pétreo señalado es la siguiente.

Tabla 9. Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz (N°)	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa	ASTM "MIN"	ASTM "MAX"
1 1/2"	37.50	-	-	-	100.00	100.00	100.00
1"	25.00	311.0	7.76	7.76	92.24	90.00	100.00
3/4"	19.00	1115.0	27.82	35.57	64.43	40.00	85.00
1/2"	12.50	1711.0	42.68	78.26	21.74	10.00	40.00
3/8"	9.50	510.5	12.74	90.99	9.01	0.00	15.00
No. 4	4.75	270.0	6.74	97.73	2.27	0.00	5.00
No. 8	2.36	91.0	2.27	100.00	-	0.00	0.00
TMN	1"						
MF	6.89						

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 9 se extrae un TMN de la piedra chancada de 1 pulgada. En la figura 10 se detalla su curva granulométrica, apreciándose que se encuentra dentro de los Límites mínimos y máximos señalados por noma internacional americana.

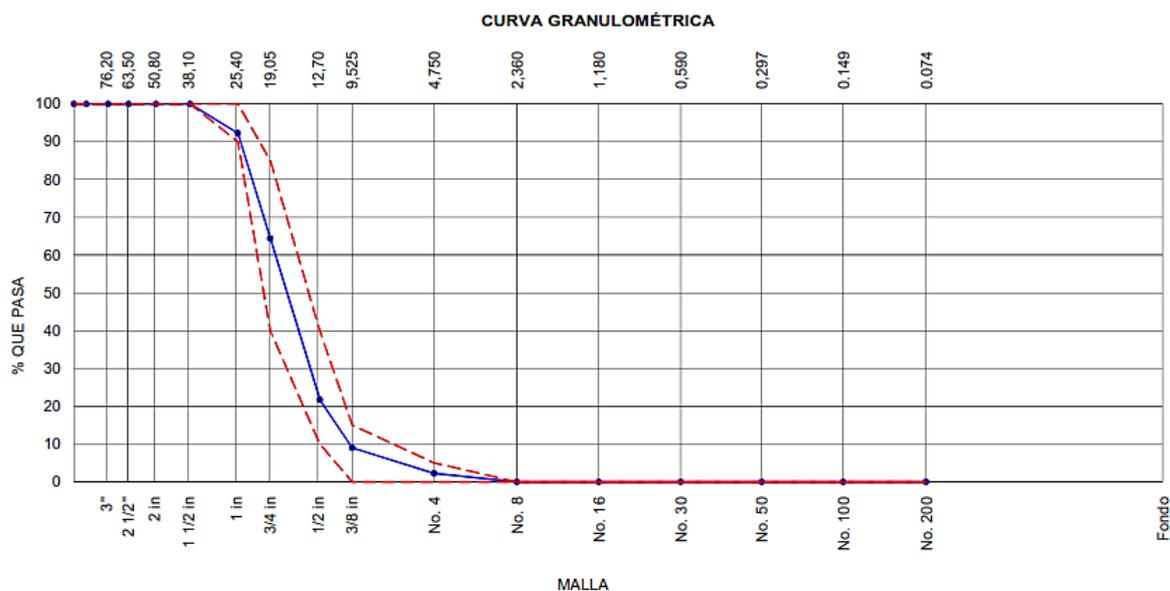


Figura 10. Curva granulométrica agregado grueso. Fuente: Laboratorio C.M.

Vidrio Reciclado Molido

En relación a la granulometría del vidrio reciclado molido o agregado reciclado se tiene las siguientes características resumidas en la tabla 10 que se señala a continuación.

Tabla 10. Análisis granulométrico del vidrio reciclado molido

Tamiz (N°)	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
3/8"	9.50 mm	-	-	-	99.40	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	60.0	5.14	5.74	94.26	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	130.0	11.14	16.88	83.12	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	360.0	30.85	47.73	52.27	50.00	85.00
# 30	600 µm	210.0	17.99	65.72	34.28	25.00	60.00
# 50	300 µm	180.0	11.14	81.15	7.71	5.00	30.00
# 100	150 µm	130.0	7.71	92.29	18.85	0.00	10.00
Fondo		90.0	15.42	100.00	0.00	-	-
MF	3.10						

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 10 se extrae que el MF del VRM es de 3.10 lo que representa una granulometría en los límites que menciona la norma, revisar figura 11.

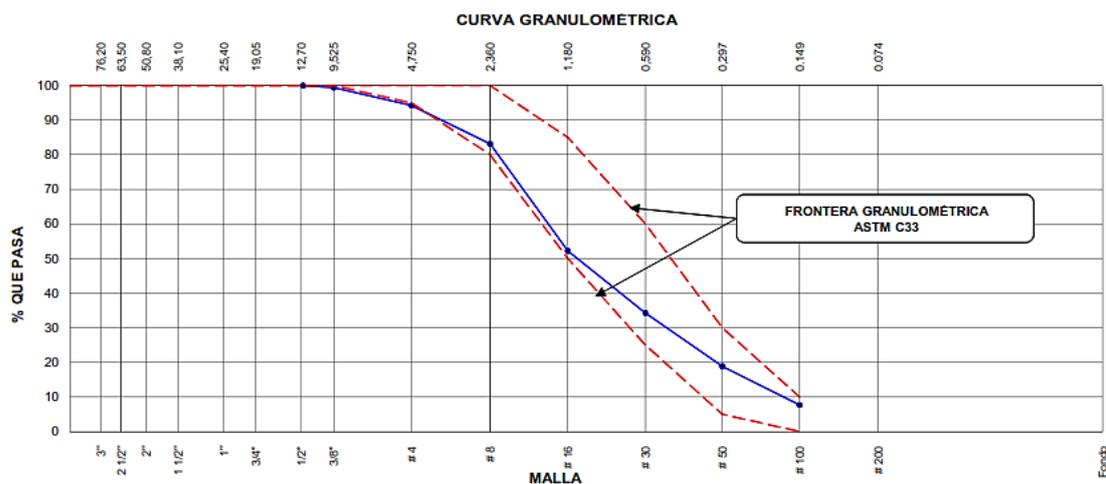


Figura 11. Curva granulométrica del VRM. Fuente: Laboratorio C.M.

4.2.2. Peso específico y absorción

Se determino de los ensayos respectivos las características del peso específico de masa y absorción de los agregados que intervienen en el diseño de mezcla incluidos el VRM. En las tablas 11, 12 y 13 se detallan los cálculos respectivos efectuados a dos especímenes para obtener un promedio de cada característica de los agregados mencionados líneas arriba.

Agregado fino

Tabla 11. Peso específico y absorción del agregado fino

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca S.S.S (g)	500.0	500.0	-
Peso fiola o frasco con agua (g)	668.0	669.2	-
Peso muestra S.S.S. dentro del agua + fiola o frasco (g)	978.4	979.7	-
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	491.9	492.1	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	310.4	310.5	-
Peso específico de masa - P.E.M. (g/cm ³)	2.594	2.597	2.596
Peso específico de masa S.S.S. (g/cm ³)	2.637	2.639	2.638
Peso específico aparente - P.E.A. (g/cm ³)	2.710	2.710	2.710
Absorción (%)	1.65	1.61	1.63

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 11 se infiere un valor de peso P.E.M. del A. Fino de 2.596 g/cm³.

Agregado grueso

Tabla 12. Peso específico y absorción del agregado grueso

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	1666.58	1639.85	-
Peso canastilla dentro del agua (g)	980.00	980.00	-
Peso muestra saturada dentro del agua + canastilla (g)	2745.00	2745.00	-
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	1636.90	1609.71	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	1053.00	1035.20	-
Peso específico de masa - P.E.M. (g/cm ³)	2.668	2.662	2.665
Peso específico de masa S.S.S. (g/cm ³)	2.716	2.712	2.714
Peso específico aparente - P.E.A. (g/cm ³)	2.803	2.802	2.803
Absorción (%)	1.813	1.872	1.84

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 12 se infiere un valor de P.E.M. del árido grueso de 2.665 g/cm³.

Vidrio reciclado molido

Tabla 13. Peso específico y absorción del VRM

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso muestra saturada con superficie seca S.S.S (g)	500.0	500.0	-
Peso fiola o frasco con agua (g)	668.0	669.2	-
Peso muestra S.S.S. dentro del agua + fiola o frasco (g)	978.0	979.7	-
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	470.0	469.2	-
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	310.0	310.5	-
Peso específico de masa - P.E.M. (g/cm ³)	2.474	2.476	2.475
Peso específico de masa S.S.S. (g/cm ³)	2.632	2.639	2.635
Peso específico aparente - P.E.A. (g/cm ³)	2.938	2.957	2.947
Absorción (%)	-	-	-

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 13 se infiere un valor de P.E.M. del VRM de 2.475 g/cm³.

4.2.3. Peso unitario suelto y compactado

Se realizaron los ensayos de Peso Unitario Suelto y Compactado (PUS) y (PUC) respectivos determinando sus valores en las tablas 14 hasta 19 de acuerdo al tipo de agregado convencional y reciclado, se realizaron dos pruebas al igual que el ensayo para determinar las características anteriores.

Agregado fino

Tabla 14. Peso unitario suelto del agregado fino

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso molde (g)	1628	1628	-
Volumen molde (cm ³)	2809	2809	-
Peso de molde + muestra (g)	6248	6252	-
Peso de Muestra (g)	4620	4624	-
Peso Unitario Suelto P.U.S. (g/cm ³)	1.645	1.646	1.645

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 14 se extrae un valor de P.U.S. promedio del agregado pétreo fino de 1.645 g/cm³.

Tabla 15. Peso unitario compactado del agregado fino

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso molde (g)	1628	1628	-
Volumen molde (cm ³)	2809	2809	-
Peso de molde + muestra (g)	6686	6689	-
Peso de Muestra (g)	5058	5061	-
Peso Unitario Compactado P.U.C. (g/cm ³)	1.801	1.802	1.801

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 15 se extrae un valor de P.U.C. promedio del agregado pétreo fino de 1.801 g/cm³.

Agregado Grueso

Tabla 16. Peso unitario suelto del agregado grueso

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso molde (g)	6376	6376	-
Volumen molde (cm ³)	9273	9273	-
Peso de molde + muestra (g)	19976.5	19978.5	-
Peso de Muestra (g)	13600.5	13602.5	-
Peso Unitario Suelto P.U.S. (g/cm ³)	1.467	1.467	1.467

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 16 se extrae un valor de P.U.S. promedio del agregado pétreo grueso de 1.467 g/cm³.

Tabla 17. Peso unitario compactado del agregado grueso

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso molde (g)	6376	6376	-
Volumen molde (cm ³)	9273	9273	-
Peso de molde + muestra (g)	21231	21240	-
Peso de Muestra (g)	14855	14864	-
Peso Unitario Compactado P.U.C. (g/cm ³)	1.602	1.603	1.602

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 17 se extrae un valor de P.U.C. promedio del agregado pétreo grueso de 1.602 g/cm³.

Vidrio Reciclado Molido

Tabla 18. Peso unitario suelto del VRM

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso molde (g)	1896	1896	-
Volumen molde (cm ³)	2796	2796	-
Peso de molde + muestra (g)	5801.3	5807.7	-
Peso de Muestra (g)	3905.3	3911.7	-
Peso Unitario Suelto P.U.S. (g/cm ³)	1.397	1.399	1.398

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 18 se extrae un valor de P.U.S. promedio del VRM de 1.398 g/cm³.

Tabla 19. Peso unitario compactado del VRM

Proceso	E - 01	E - 02	Promedio
Peso molde (g)	1896	1896	-
Volumen molde (cm ³)	2796	2796	-
Peso de molde + muestra (g)	6327.3	6332.2	-
Peso de Muestra (g)	4431.3	4436.2	-
Peso Unitario Compactado P.U.C (g/cm ³)	1.585	1.587	1.586

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 19 se extrae un valor de P.U.C. promedio del VRM de 1.586 g/cm³.

4.2.4. Contenido de humedad

Se efectuaron los ensayos a los agregados usuales en el concreto y el VRM para determinar el porcentaje de humedad, en las tablas 20 y 21 se detalla la manera en que se hallaron los valores, de igual forma que el ensayo de absorción de los materiales en el diseño de mezcla, el VRM no presenta contenido de humedad, por lo que se obviaron los cálculos del mismo.

Agregado fino

Tabla 20. Contenido de humedad del agregado fino

Proceso	Datos
Masa del Recipiente (g)	489.6
Masa del Recipiente + muestra húmeda (g)	999.5
Masa del Recipiente + muestra seca (g)	985.2
Contenido de humedad (%)	2.90

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 20 se obtuvo un contenido de humedad del árido fino de 2.90%, este dato es muy importante ya que depende de ello el reajuste de agua en la mezcla del concreto de control y con los porcentajes de sustitución que se pretenden evaluar en la investigación. Asimismo, debido a la absorción de la arena y la no absorción del VRM se realizarán los ajustes de agua correspondientes luego de determinar la cantidad en volumen que sustituirá el VRM.

Agregado grueso

Tabla 21. Contenido de humedad del agregado grueso

Proceso	Datos
Masa del Recipiente (g)	489.6
Masa del Recipiente + muestra húmeda (g)	1395.7
Masa del Recipiente + muestra seca (g)	1391.6
Contenido de humedad (%)	0.45

Fuente: Laboratorio C.M.

De la tabla 21 se obtuvo un contenido de humedad del árido grueso de 0.45%.

Vidrio Reciclado Molido

El vidrio reciclado molido, así como no presenta absorción, de la misma manera la información de los ensayos demuestran que no representa contenido de humedad.

4.3. Diseño de mezcla por el Método ACI comité 211.1

Resumen de la caracterización de los agregados convencionales y VRM para el diseño y cálculo de la dosificación en la tabla 22.

Tabla 22. Resumen de datos para el diseño de mezcla

Insumo	P.E.M.	C.H.	A (%)	MF	TMN	P.U.S.	P.U.C.
Cemento HS	2980 kg/m ³	-	-	-	-	-	-
Agua	1000 kg/m ³	-	-	-	-	-	-
A. grueso	2665 kg/m ³	0.45%	1.84%	6.89	1"	1467	1602
A. Fino	2596 kg/m ³	2.90%	1.63%	2.86	2.36	1645	1801
VRM	2475 kg/m ³	0.00%	0.00%	3.1	-	1398	1586

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1. Diseño de mezcla de concreto de control

Se inicio definiendo el concreto para los elementos sismorresistentes de una vivienda por ende su resistencia específica mínima debe ser igual a 210 kg/cm², puesto que en la zona de estudio no se cuenta con información estadística sobre diseños de mezcla y roturas de probetas, se diseñó a partir de una resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}) empleada como base para la dosificación del concreto como estipula la norma E.060, en el capítulo 5 y cuya cuadro se muestra a continuación en la tabla 23.

Tabla 23. Resistencia a la compresión requerida del concreto para el diseño de mezcla

F'c especificado (Kg/cm ²)	F'cr requerido (Kg/cm ²)
< 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
> 350	f'c + 98

Fuente: Adaptación de la Norma E.060 de MPA a MKS.

El f'cr obtenido es de 294 kg/cm² de acuerdo al numeral o apartado 5.4.1 de la norma antes mencionada.

Luego se realizó la elección del asentamiento de acuerdo a la tabla 24, al tipo de estructura y la consistencia que se desea emplear, optando por un asentamiento entre 2" y 4" lo que representa una consistencia plástica del concreto y un uso en elementos estructurales.

Tabla 24. Asentamientos por tipo de estructura

Tipos de estructuras	Slump Máx.	Slump Mín.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Extraído de Bendezú (como se citó, ACI Committee 211.1-91).

Consecutivamente, se seleccionó el tamaño máximo nominal (TMN) del árido grueso de 1" siendo compatible con las secciones de los elementos estructurales y obtenido del análisis granulométrico.

El siguiente paso consistió en la determinación del agua de mezclado y el porcentaje de aire atrapado, el agua es un factor muy importante en el asentamiento de la mezcla del concreto, en el cálculo del contenido de cemento y la relación agua material cementante. Se uso la tabla 25 para obtener ambos datos señalados en líneas anteriores, que están en función del tipo de concreto, el Slump y el TMN.

Tabla 25. Agua de mezclado en relación al Slump y el TMN

Slump (pulg)	Agua (kg/m ³) para los TMN de A, Grueso y consistencia indicada							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
Concreto sin aire incorporado								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-
Aire atrapado en el concreto %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1 a 2	181	181	168	160	160	160	160	107
3 a 4	202	202	184	175	175	175	175	119
6 a 7	216	216	197	184	184	184	184	-
Aire incluido, nivel de exposición %								
Ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: Extraído de Bendezú (como se citó, ACI Committee 211.1-91).

Por lo tanto, se tiene un agua de mezclado de 193 kg/m³ y aire atrapado de 1.5%. Con los valores obtenidos se realizó el cálculo de la relación agua - cemento (a/c), para ello se usó de la tabla 26 en donde se relaciona el f'_{cr} de 294 kg/cm² y el tipo de concreto sin aire incorporado.

Tabla 26. Relación agua/cemento del concreto sin aire incorporado

Resistencia a compresión a 28 días, kg/cm ²	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
420	0.41	-
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: Extraído de Bendezú (como se citó, ACI Committee 211.1-91).

Se interpola entre los f'_{cr} y las relaciones (a/c) de 0.48 y 0.57, para obtener la relación agua material cementante de 0.56.

Hallado la relación (a/c) de 0.56 y el contenido de agua de 193 kg/m^3 en la mezcla del concreto, se calculó el contenido de cemento en la mezcla, dividiendo el agua de mezcla con la relación (a/c), consiguiendo una cantidad de material cementante de 345.9 kg/m^3 , este valor al ser nuevamente dividido por el peso de una bolsa de 42.5 kg de cemento tenemos un factor de cemento de 8.1 bolsas.

A continuación, se busca el contenido de árido grueso de acuerdo a la tabla 27, en donde se compara el MF del árido fino versus el TMN del árido grueso (b/b_o).

Tabla 27. Peso del agregado grueso por m³ de concreto (b/b_o)

TMN del agregado grueso	Volumen de agregado grueso seco y compactado para diferentes MF del agregado fino (b/b _o).				
	2.40	2.60	2.80	3.00	3.02
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3"	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Fuente: Extraído de Bendezú (como se citó, ACI Committee 211.1-91).

Para el MF de la arena de 2.86 y un TMN de la piedra chancada de 1" se realizó la interpolación de los valores cercanos comparados, obteniendo un (b/b_o) de 0.664, este se multiplica por el P.U.C del árido grueso que equivale a 1602 kg/m^3 dio como resultado un contenido de peso seco de agregado grueso de 1063.73 kg/m^3 .

Habiendo calculado las cantidades del peso seco de cemento, agua, árido grueso, aire, se procedió a la determinación de la cantidad de agregado fino en la mezcla del concreto. En la tabla 28 se exhibe a manera de resumen los cálculos efectuados.

Tabla 28. Contenido de agregado fino en peso seco

Material	Cant. Peso. S (kg)	P.E.M. (kg/m3)	Vol. Abs. (m3)
Cemento	345.9	2980	0.1161
Agua	193 L	1000	0.1930
Aire	1.5 %	100	0.0150
A. Grueso	1063.7	2665	0.3991
Volumen parcial sin A. Fino			0.7232
Volumen de A. Fino = (1 - Volumen parcial sin A. Fino)			0.2768
A. Fino	718.5	2596	0.2768

Fuente: Elaboración propia.

En ese sentido, primero se halló los volúmenes absolutos de cada material en la mezcla, esto fue posible dividiendo las cantidades de materiales con sus respectivos pesos específicos de masa obtenidos de los ensayos de laboratorio dándonos como resultado los volúmenes de material para 1 m³ de concreto, por lo que el restante que faltó para completar el metro cubico es el volumen del árido fino, aplicando la misma lógica si se tiene el volumen de arena gruesa se pudo obtener la cantidad en peso seco al multiplicar el volumen del material por su P.E.M. de 2596 kg/m³ obteniendo 718.5 kg de arena gruesa.

Luego se realizó el ajuste por humedad de los agregados en la mezcla, esto se realizó con los datos de absorción y contenido de humedad natural que presentaron en los ensayos efectuados en el laboratorio, pues se tiene conocimiento de que los agregados contienen una humedad natural y una absorción superficial, por lo que ese porcentaje de agua se calculó y resto al agua de mezcla. En las tablas 29 y 30 se detalla el proceso de cómputo.

Tabla 29. Corrección por humedad de los agregados

Material	Peso Seco (kg)	C.H.	Peso Húmedo = (P. Seco*(1+CH/100)
A. Grueso	1063.7	0.45	1068.5 kg
A. Fino	718.5	2.90	739.4 kg

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se determinó el agua efectiva por humedad y absorción de los áridos convencionales.

Tabla 30. Agua efectiva por absorción y humedad de los agregados

Material	Peso Seco (kg)	C.H.	A%	Aport. Humedad = (P.S*(CH-A%)/100))
A. Grueso	1063.7	0.45	1.84	-14.79 L
A. Fino	718.5	2.90	1.63	9.13 L
Agua efectiva = (Agua Cal. - Aport. Humedad)				198.7 L

Fuente: Elaboración propia.

Se observo que la arena gruesa aporta 9.13 litros de agua y la piedra chancada no aporta, por el contrario, absorbe 14.79 litros de agua, por lo tanto, es necesario añadir 5.66 litros, resultando en un agua efectiva total de 198.7 litros. En la tabla 31 se expone el cálculo del peso unitario del concreto teórico (PUCT).

Tabla 31. Diseño Húmedo por m³ de concreto

Material	Peso Húmedo de los agregados por m ³
Cemento	345.9 kg
Agua	198.7 L
A. Grueso	1068.5 kg
A. Fino	739.4 kg
PUCT	2352 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Las proporciones del diseño de mezcla en peso, bolsas de cemento y pie³, se muestran en la siguiente tabla 32.

Tabla 32. Dosificación del diseño de mezcla

Material	En peso	Bolsas de Cemento	Pie ³
Cemento	1	1	1 pie ³
Agua	24.41 L	24.41 L	24.41 L
A. Fino	2.14	90.9 kg	1.88 pie ³
A. Grueso	3.09	131.3 kg	3.12 pie ³

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, el cálculo del volumen de materiales que se necesitó para la elaboración de 4 probetas cilíndricas y 2 probetas rectangulares se encuentra resumido a continuación en la tabla 33 y 34.

Tabla 33. Cálculo de volúmenes de los moldes de las probetas para tandas de diseños de mezcla

Tipo de Probetas	N° Probetas	Dimensiones (m*m*m)			Volumen m ³
		Ancho o Diámetro	Alto	Largo	
Cilíndrico	4	0.15	-	0.30	0.0212
Rectangular	2	0.15	0.15	0.50	0.0225
Total					0.0440

Fuente: Elaboración propia

Se le otorgo un porcentaje de desperdicio de 15% a los resultados de los volúmenes de las probetas, resultando en 0.05m³, con ello se procedió al cálculo de las proporciones de materiales para toda la tanda del diseño de control.

Tabla 34. Volumen de concreto para tanda de diseño patrón.

Material	Diseño Húmedo	Volumen de 0.050m ³
Cemento	345.9 kg	17.294 kg
Agua	198.7 L	9.93 L
A. Fino	739.4 kg	36.97 kg
A. Grueso	1068.5 kg	53.43 kg
Peso Unitario	2354 kg/m ³	

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Diseño de mezcla de concreto con 16% y 18% de sustitución por VRM

Se aplico la misma metodología que el diseño patrón, por lo tanto, el cálculo de las proporciones de materiales para los siguientes diseños de mezcla de concreto con 16% y 18% de sustitución del agregado fino por el VRM, serán efectuadas simplificando el uso de tablas hasta el cálculo del contenido de agregado grueso, pues el proceso es el mismo al diseño patrón hasta ese punto, luego se realizaron pequeñas variaciones a los cálculos siguientes con fin de optimizar la relación agua cemento tan importante en el dosificación final de los materiales para la mezcla del concreto.

Primero, se seleccionó el f'cr bajo el mismo criterio que lo mencionado en el diseño patrón, obteniendo una resistencia a la compresión promedio requerida como base para la dosificación de 294 kg/cm².

Segundo, se seleccionó el revenimiento de 2 a 4 pulgadas.

Tercero, se eligió el TMN coherente con la piedra chancada que se utilizó en el diseño base de 1".

Cuarto, se seleccionó de la tabla 25 el contenido de aire y agua de mezclado obteniendo 193 litros de agua y 1.5 % de aire atrapado.

Quinto, se utilizó la tabla 26 para obtener la relación (a/c) de 0.56.

Sexto, el contenido de cemento es de 345.9 kg/m³.

Séptimo, la determinación del contenido de agregado grueso se obtuvo de la tabla 27 relacionando el MF de 3.1 y el TMN de 1" de los respectivos agregados, dando como resultado después de una interpolación un factor (b/b_o) de 0.64, al cual se le multiplico por el P.E.M. del agregado grueso para obtener el peso seco del material para un metro cubico de concreto, obteniendo 1033.3 kg de piedra chancada, para ambos diseños de 16% y 18% de sustitución de VRM.

Octavo, cálculo del contenido de agregado fino y VRM, en este paso se realizó el remplazo del agregado fino por el VRM, el proceso en forma de resumen se divulga en la tabla 35.

Tabla 35. Contenido de agregado fino y VRM en peso seco para los diseños de 16% y 18% de sustitución

Material	Cant. Peso. S (kg)	P.E.M. (kg/m ³)	Vol. Abs. (m ³)
Cemento	345.9	2980	0.1161
Agua	193 L	1000	0.1930
Aire	1.5 %	100	0.0150
A. Grueso	1033.3	2665	0.3877
Volumen parcial sin A. Fino			0.7232
Volumen de A. Fino = (1 - Volumen parcial sin A. Fino)			0.2768
Cálculo de 16% VRM x A. Fino	114.1	2475	0.0461
A. Fino – Diseño de 16% VRM	628.5	2596	0.2421
Cálculo de 18% VRM x A. Fino	128.4	2475	0.0519
A. Fino – Diseño de 18% VRM	613.5	2596	0.2363

Fuente: Elaboración propia.

La obtención de los volúmenes absolutos responde a la división del peso seco del material entre el P.E.M. hallado en laboratorio, por lo tanto, una vez obtenido el contenido de agregado fino total se procedió a multiplicar por los porcentajes de sustitución de 16% y 18% del volumen del A.F. resultando en 0.0461m³ y 0.0519m³ de VRM respectivamente, luego para la obtención de los pesos secos se multiplico los volúmenes de VRM por su P.E.M. de 2475 kg/m³ dando como resultado unos contenidos de VRM de 114.1 kg y 128.4 kg respectivamente, asimismo para el cálculo de la arena gruesa para los diseños de 16% y 18% se efectuó primero la resta de los volúmenes de VRM al volumen de 0.2768m³ individualmente consiguiendo los volúmenes de 0.2424 m³ y 0.2363 m³ para la determinación de los pesos secos se siguió el mismo proceso señalado líneas arriba para el VRM.

Noveno, ajuste por humedad de los agregados convencionales en el diseño de 16% y 18% de sustitución de agregado fino por VRM, en forma de resumen se muestra tales resultados en la tabla 36 a continuación.

Tabla 36. Corrección por humedad de los agregados convencionales en los diseños mezcla por sustitución del 16% y 18% de VRM

Material	Peso Seco (kg)	C.H.	Peso Húmedo = (P. Seco*(1+CH/100))
A. Grueso	1033.3	0.45	1037.9 kg
A. Fino - D_16%	628.5	2.90	646.7 kg
A. Fino - D_18%	613.5	2.90	631.3 kg

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos representan a los pesos húmedos de los agregados habituales, el VRM no presenta contenido de humedad por lo que está excluido de esta operación.

Decimo, ajuste del agua de diseño debido a la humedad y absorción natural de los agregados convencionales en los diseños de mezcla de 16% y 18%, en la tabla 37 se especifica los detalles de tal operación.

Tabla 37. Agua efectiva por absorción y humedad de los agregados para los diseños de mezcla por sustitución de 16% y 18% por VRM

Material	Peso Seco (kg)	C.H.	A%	Aport. Hum. = (P.S*(CH-A%)/100))
----------	----------------	------	----	----------------------------------

A. Grueso	1033.3	0.45	1.84	-14.36 L
A. Fino - 16%	628.5	2.90	1.63	7.98 L
A. Fino - 18%	613.5	2.90	1.63	7.79 L
Agua Efec.16% = (Agua Cal. - Aport. Humedad)				199.4 L
Agua Efec.18% = (Agua Cal. - Aport. Humedad)				199.6 L

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene un agua efectiva para el diseño de mezcla con 16% y 18 % de sustitución del agregado fino por VRM de 199.4 litros y 199.6 litros de agua respectivamente. En la tabla 38 se hace un recuento por material de sus respectivos pesos de acuerdo a cada diseño de mezcla.

Tabla 38. Diseño de mezcla húmedo por m³ de concreto para el 16% y 18% de remplazo de VRM

Material	Peso Húmedo de los agregados por m ³ para el diseño de 16%.	Peso Húmedo de los agregados por m ³ para el diseño de 18%.
Cemento	345.9 kg	345.9 kg
Agua	199.4 L	199.6 L
A. Grueso	1037.9 kg	1037.9 kg
A. Fino	646.7 kg	631.3 kg
VRM	114.1	128.4
PUCT	2344 kg/m ³	2343 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Onceavo, las proporciones del diseño de mezcla para el 16% y 18% de sustitución por VRM en peso, bolsas de cemento y pie³, se muestran en las tablas 39 y 40.

Tabla 39. Dosificación del diseño de mezcla de 16% de sustitución del A.F. por el VRM

Material	En peso	Bolsas de Cemento	Pie3
Cemento	1	1	1 pie3
Agua	24.50 L	24.50 L	24.50 L
A. Fino	1.86	79.5 kg	1.64 pie3
A. Grueso	3.00	127.5 kg	3.03 pie3
VRM	0.33	14.0 kg	0.35 pie3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Dosificación del diseño de mezcla de 18% de sustitución del A.F. por el VRM

Material	En peso	Bolsas de Cemento	Pie3
Cemento	1	1	1 pie3
Agua	24.52 L	24.52 L	24.52 L
A. Fino	1.83	77.6 kg	1.60 pie3
A. Grueso	3.00	127.5 kg	3.03 pie3
VRM	0.37	15.8 kg	0.39 pie3

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma, el cómputo de los volúmenes de las 4 probetas cilíndricas y 2 probetas rectangulares para los diseños de mezcla de 16% y 18% de remplazos se muestran en la tabla 34. La cantidad de material para los diseños de mezcla antes mencionados se aprecian en las tablas 41 y 42 respectivamente.

Tabla 41. Volumen de concreto para tanda de diseño de 16% sustitución de VRM

Material	Diseño Húmedo	Volumen de 0.050m ³
Cemento	345.9 kg	17.294 kg
Agua	199.4 L	9.97 L
A. Fino	646.7 kg	32.34 kg
A. Grueso	1037.9 kg	51.90 kg
VRM	114.1 kg	5.71 kg
Peso Unitario	2344 kg/m ³	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Volumen de concreto para tanda de diseño de 18% sustitución de VRM

Material	Diseño Húmedo	Volumen de 0.050m ³
Cemento	345.9 kg	17.294 kg
Agua	199.6 L	9.98 L
A. Fino	631.3 kg	31.57 kg
A. Grueso	1037.9 kg	51.90 kg
VRM	128.4	6.42 kg
Peso Unitario	2343 kg/m ³	

Fuente: Elaboración propia

4.4. Características del concreto en estado fresco y endurecido.

Se midieron las propiedades del concreto en estado fresco y fraguado mediante ensayos de laboratorio descrito en las normas ASTM y NTP.

4.4.1. Ensayos al concreto en estado fresco de los diseños patrón, 16% y 18%

Una vez elaborado la mezcla de los diseños patrón, 16% y 18% de sustitución por VRM se le efectuaron ensayos en estado fresco, como el peso unitario del concreto fresco (PUCF) en kg/m^3 con la finalidad de obtener el rendimiento (REND) el cual tiene que estar entre el rango establecido para ser adecuado, el revenimiento (SLUMP), contenido de aire (%A), temperatura del concreto ($T^\circ \text{C}$) y otros parámetros como la temperatura del ambiente ($T^\circ \text{A}$), humedad relativa (HR), que reglamenta las normas ASTM y NTP, en la tabla 43 se expone el resumen de las propiedades antes mencionadas.

Tabla 43. Resumen de ensayos en estado fresco de los diseños de mezcla

Diseños	PUCT	PUCF	REND	SLUMP	$T^\circ \text{C}$	%A	$T^\circ \text{A}$	H.R.
Patrón	2352	2374	0.99	3"	24.7°C	1%	24.5°C	76%
16%	2344	2383	0.98	3 1/4"	24.7°C	1.3%	24.4°C	76%
18%	2343	2384	0.98	3 1/2"	24.7°C	1.1%	24.3°C	76%

Fuente: Elaboración propia.

Los ensayos ejecutados determinaron que los diseños están dentro de los parámetros que nos señalan las normas y que es apto el concreto para verterlo en los moldes cilíndricos y rectangulares de acero teniendo como fecha de elaboración el 17 de mayo del año en que se realizó la investigación, luego de 24 horas de fraguado se sumergieron en un pozo de agua teniendo como fecha de muestreo inicial el 18 de mayo del año antes mencionado hasta los 28 días de curado para alcanzar la resistencia mínima sin el factor de seguridad requerido de 210 kg/cm^2 a más. En ese sentido, se elaboraron dos probetas cilíndricas para los periodos de rotura de 7 días y 28 días, más 2 vigas a los 28 días por diseño de mezcla, cumpliendo con lo que menciona la norma E.060, por limitaciones, criterio del investigador, se descartó a los 14 días ya que los antecedentes y la tendencia de ganancia de resistencia nos permitió tomar esa elección. En la tabla 44 de se

presenta las fechas e identificación de las probetas elaboradas con los diseños de mezclas.

Tabla 44. Identificación y fechas de las etapas de elaboración, desencofrado y rotura

Identificación	Fecha	Fecha	Fecha Rotura	Fecha Rotura
Diseño - N°	Elaboración	Desencofrado	7d	28d
Patrón D - 1	17/05/2023	18/05/2023	25/05/2023	15/06/2023
VRM 16% D - 2	17/05/2023	18/05/2023	25/05/2023	15/06/2023
VRM 18% D - 3	17/05/2023	18/05/2023	25/05/2023	15/06/2023

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Ensayos al concreto en estado endurecido de los diseños patrón, 16% y 18%

Se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión y flexión en un periodo inicial de 7 días de curado en el caso de probetas cilíndricas para obtener una aproximación de la resistencia en tal periodo de tiempo y luego de 28 días para las vigas y el resto de probetas cilíndricas tal como nos señala la normativa peruana. En la tabla 45 se condensa los resultados de los ensayos a la compresión con los f_c promedios que se tuvieron como resultado.

Tabla 45. Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de los diseños de mezcla patrón, 16% y 18% de sustitución por VRM

Identificación	Diámetro	Altura	Área	Tipo	Fuerza	Esfuerzo	%
Diseño - N°	(cm)	(cm)	(cm ²)	falla	máx. (kg)	(kg/cm ²)	Obtenido
Patrón D-1	15	30	176.7	5	31866.25	180.3	88%
Patrón D-1	15	30	176.7	5	33736.42	190.9	
VRM 16% D-2	15	30	176.7	5	33232.67	188.1	91%
VRM 16% D-2	15	30	176.7	2	34456.34	195.0	
VRM 18% D-3	15	30	176.7	5	34620.51	195.9	93%
VRM 18% D-3	15	30	176.7	5	34517.52	195.3	

Fuente: Elaboración propia.

La ganancia de resistencia a la compresión a los 7 días está por encima del estimado de 75% de la resistencia de 210 kg/cm² esto se debe al factor de

mayoración de 84 kg/cm² y el cemento Andino HS de alta resistencia a los sulfatos que recomienda el estudio de mecánica de suelos, por consiguiente, se espera que el diseño patrón sobrepase el f'c anteriormente señalado, además los diseños de 16% y 18% de sustitución por VRM presentan una ligera tendencia a incrementar su resistencia promedio en 2% respecto al patrón.

Por último, se efectuaron los ensayos de resistencia a la compresión y flexión a los 28 días de curado a las probetas cilíndricas y rectangulares obteniendo los siguientes datos que se muestran en la tabla 46 y 47 respectivamente.

Tabla 46. Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días de los diseños de mezcla patrón, 16% y 18% de sustitución por VRM

Identificación Diseño - N°	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo falla	Fuerza máx. (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	% Obtenido
Patrón D-1	15	30	176.7	5	49637.93	280.9	133%
Patrón D-1	15	30	176.7	5	49074.03	277.7	
VRM 16% D-2	15	30	176.7	5	51175.67	289.6	137%
VRM 16% D-2	15	30	176.7	2	50801.43	287.5	
VRM 18% D-3	15	30	176.7	5	52255.55	295.7	141%
VRM 18% D-3	15	30	176.7	5	52376.90	296.4	

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las roturas de probeta por el ensayo antes descrito exhiben un correcto diseño ya que los valores obtenidos están dentro del rango esperado, la resistencia a la compresión promedio de las roturas para el patrón, 16% y 18% de VRM son de 279.3 kg/cm², 288.5 kg/cm² y 296.1 kg/cm² como anteriormente se señaló esto se debe a la capacidad aglomerante que tienen los materiales cementicios en la matriz del concreto, pues al usar el cemento Andino Ultra HS con alta resistencia a los sulfatos con partículas más finamente molidas este presenta una mejor ganancia de resistencia, además los finos del VRM contiene en sus componentes químicos sílice que al unirse con los hidratos de calcio (CH) forman nuevas estructuras CSH (Silicatos de Calcio Hidratados) que son la fuente de resistencia del concreto, es decir a más formaciones de este gel, el concreto experimenta una mejor ganancia de resistencia.

Los resultados del $f'c$ promedio obtenidos de los diseños de sustitución al 16% y 18% presentan una ganancia de resistencia del 2.09% y 5.70% respecto al $f'c$ obtenido de la rotura de las probetas patrón.

De igual modo, el ensayo de resistencia a la flexión al tercio central de las probetas prismáticas rectangulares se realizó a los 28 días obteniendo lo siguiente, tabla 47.

Tabla 47. Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días de los diseños de mezcla patrón, 16% y 18% de sustitución por VRM

Identificación Diseño - N°	Ancho - Alt. (cm)	Largo (cm)	Luz libre (cm)	Módulo de rotura fr (kg/cm ²)	fr prom. (kg/cm ²)	% Obt.
Patrón D-1	15	50	45	44.5	44.00	20.95
Patrón D-1	15	50	45	43.5		
VRM 16% D-2	15	50	45	46.2	46.45	22.12
VRM 16% D-2	15	50	45	46.7		
VRM 18% D-3	15	50	45	49.0	50.15	23.88
VRM 18% D-3	15	50	45	51.3		

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la resistencia a flexión demuestran una mejora progresiva con el remplazo de VRM obteniendo una ganancia máxima de 50.15 kg/cm² al remplazar el agregado fino por 18% de VRM, esto equivale a una ganancia del 2.1% respecto al fr obtenido del patrón, en correspondencia con su ganancia de $f'c$ exhibida anteriormente se puede inferir que de acuerdo a los parámetros evaluados incorporar el VRM hasta estos porcentajes dan como resultado una mejora en las resistencias a flexión y compresión, siendo la segunda la que más ganancia presenta. En ese sentido, con los datos hallados del concreto experimental se procedió a realizar el análisis sísmico y diseño estructural ingresando las propiedades producidas por los ensayos efectuados en el laboratorio al concreto en el programa de diseño y análisis asistido por computador.

4.4. Diseño sismorresistente

4.4.1. Arquitectura

La vivienda unifamiliar se encuentra en un terreno con dos accesos en la parte frontal por una avenida y en la parte posterior por un pasaje o calle, por lo que se

proyectó un doble ingreso a la edificación, a nivel arquitectónico el diseño de la fachada presenta una filosofía minimalista. En el primer nivel se tiene la entrada principal a la vivienda, además cuenta con un garaje, 2 baños, sala, cocina, comedor, pequeño jardín, piscina y adicionalmente una rampa que puede usarse como estacionamiento para vehículos menores como motos lineales o vehículo liviano. En el segundo nivel, se accede desde una escalera a una sala estar, presenta 2 servicios higiénicos, un dormitorio principal y secundario y una sala. En el tercer nivel la distribución de ambientes presenta un bar con sala terraza, un dormitorio principal con su servicio higiénico, ver figura 12. Las alturas de entrepiso, los materiales usados y demás detalles arquitectónicos se especifican en los planos de arquitectura anexados.

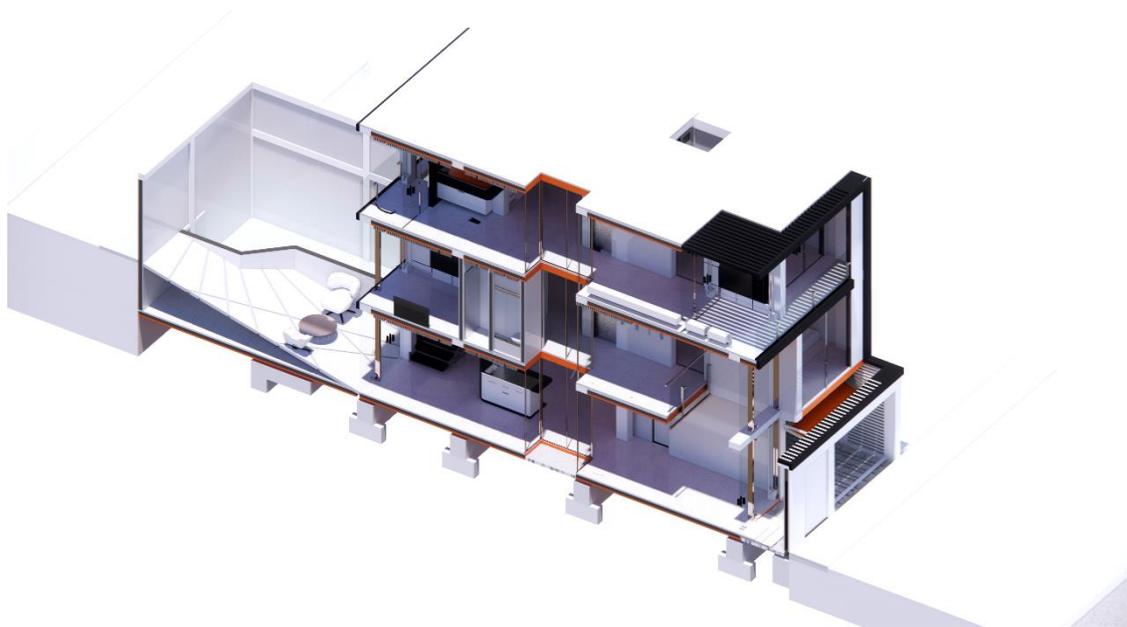


Figura 12. Corte 3D de la vivienda unifamiliar. Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Estructuración

Se selecciono como material usado para la estructura el concreto armado y el concreto armado con sustitución del 18% del árido fino por VRM, como sistema estructural se definió a los pórticos de concreto armado corroborando que las cortantes en el primer nivel absorbidas sean ascendentes o iguales al 80% y el resto lo absorban los muros estructurales. En términos simples se busca una estructura segura y económica.

Se manejaron los siguientes criterios de estructuración en el proyecto:

Simetría y simplicidad en la distribución de elementos estructurales en planta previendo la continuidad en altura, con la finalidad que no exista una excentricidad elevada en los centros de masa y rigidez que puedan generar que la estructura sufra de torsión, a la vez de respetar la arquitectura propuesta, pues el objetivo de una vivienda es prever comodidad, seguridad, estética, espacios habitables y funcionales.

Continuidad en planta y altura de los elementos sismorresistentes para que no presenten cambios bruscos de rigidez.

Rigidez en ambas direcciones ya que las fuerzas laterales como el sismo pueden generar deformaciones que pueden perjudicar elementos estructurales y no estructurales, esto se puede reducir a través de la idealización en el diseño de diafragmas rígidos de entrepiso permitiendo la transferencia uniforme de fuerzas y desplazamientos.

Resistencia y ductilidad, esto se logra otorgándole a la estructura una resistencia por debajo de su máxima capacidad, además de que esta incurse en un comportamiento plástico, es decir, se deforme sin que falle hasta que las personas puedan evacuar de la edificación.

La estructuración siguió la siguiente descripción, se plateo un sistema de pórticos ya que se busca tener ambientes libres con el máximo de iluminación natural, además que la arquitectura propuesta no permite la colocación de muros en la dirección más corta de la edificación por lo que se aprovechó en generar una densidad de pórticos que apoyen en la dirección donde no se cuenta con mucha densidad de columnas, así como también se evitó tener entrepisos con irregularidad de geometría en planta, adicionalmente se optó por tener una escalera metálica para reducir el peso de la edificación, las divisiones se realizó con tabiquería ligera, solo se cuenta con albañilería de arcilla cosida hueca de 1350 kg/m^3 en los linderos laterales de la vivienda, se optó por una losa aligerada en una dirección, todas las columnas presentan las mismas dimensiones, excepto en el cerco perimétrico de la parte posterior, las vigas principales son peraltadas y las vigas secundarias

chatas ya que las cargas de la losa van a las vigas principales, en el techo se redujeron las cargas como estipula la norma E.020, revisar figuras 13,14 y 15.

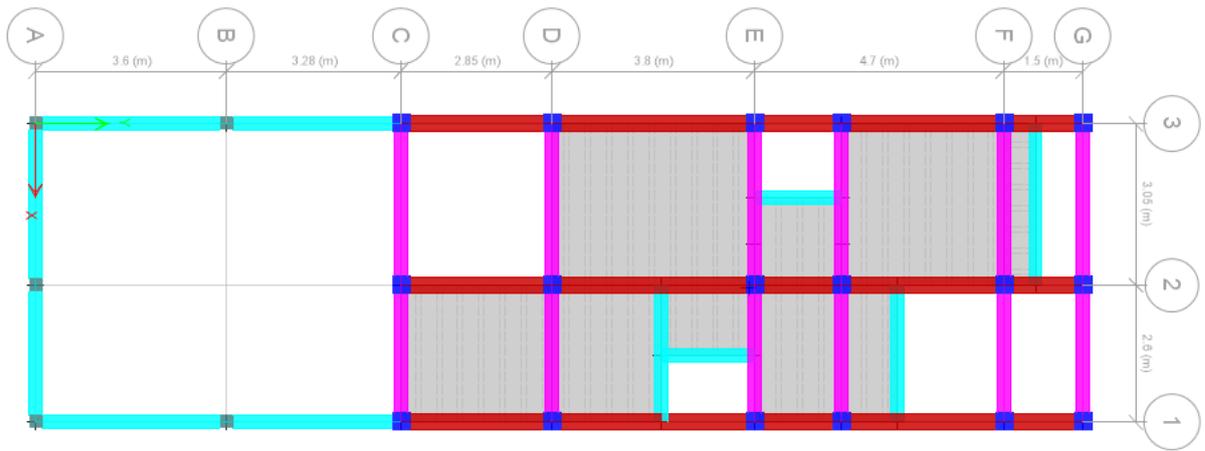


Figura 13. Estructuración del primer nivel. Fuente: Elaboración propia.

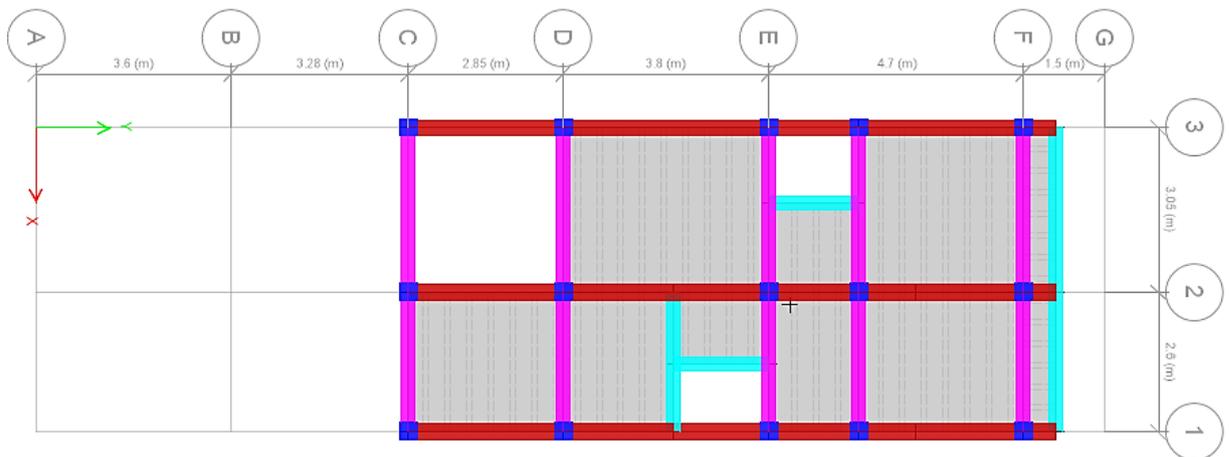


Figura 14. Estructuración del segundo nivel. Fuente: Elaboración propia.

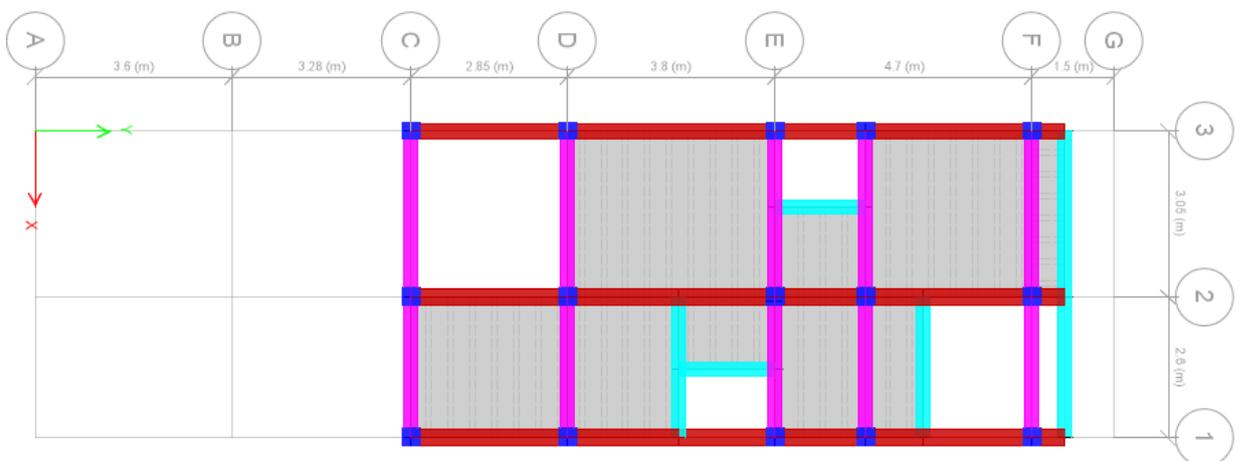


Figura 15. Estructuración del tercer nivel. Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Predimensionamiento

Losa aligerada

Se inicio con el predimensionamiento de losa aligerada, para ello se analizó las dimensiones de las viguetas utilizando lo que especifica la norma E.060 sobre el peralte mínimo en vigas y losas para no verificar deflexiones, se usó el factor de luz libre entre 18.5 porque se trata de una vigueta con un extremo continuo.

$$h_{vigueta} = \frac{l}{18.5} ; l = 2.70m$$

$$h_{vigueta} = \frac{2.70}{18.5} = 0.145m \approx 0.20m$$

Dónde:

$h_{vigueta}$: Espesor de la vigueta de entrepiso

l : Luz libre mayor

Vigas principales

Se continuo con el dimensionamiento tentativo de las vigas principales y secundarias, bajo dos métodos el primero es el mismo utilizado en la losa de entrepiso, con una luz libre máxima de 4.35m, para el cómputo de la base de las vigas se usó la mitad del peralte.

$$h_{v_principal} = \frac{l}{18.5} ; l = 4.35m$$

$$h_{v_principal} = \frac{4.35}{18.5} = 0.235m \approx 0.25m$$

El segundo método es la forma práctica dividiendo la luz libre máxima entre 12.

$$h_{v_principal} = \frac{l}{10} ; l = 3.80m \text{ y } b_{v_secundaria} = \frac{h_{v_principal}}{2}$$

$$h_{v_principal} = \frac{3.80}{10} = 0.380m \approx 0.40m \text{ y } b_{v_secundaria} = 0.20m \approx 0.25m$$

Dónde:

$h_{v_principal}$: Espesor de viga principal

$b_{v_principal}$: Base de la viga

Las dimensiones finales que se eligieron para el peralte de la viga de acuerdo a la norma de concreto armado nos demandan una altura de viga de 0.25m y según la practica 0.38m se determinó una sección h viga principal de 0.40m y para la base se seleccionó la dimensión mínima que tiene una columna sismorresistente de 0.25m, con opción a agrandarse a 0.30m.

Vigas secundarias

Debido a la forma alargada del terreno y la distribución en planta de la vivienda aplicar la fórmula para conocer el peralte mínimo de la viga de la norma de estructuras de concreto armado del RNE nos arroja secciones poco conservadoras por lo que las vigas secundarias se tomaron de acuerdo al criterio practico señalado por ingenieros estructurales el cual se basa en dividir la luz mayor libre entre 10 o 12, con la finalidad de no tener pintos sobresalientes de la viga secundaria se consideró vigas chatas embebidas dentro de la losa aligerada.

$$h_{v_secundaria} = \frac{l}{10} \text{ o } \frac{l}{12}; l = 2.70m$$

$$h_{v_secundaria} = \frac{2.70}{10} = 0.270m \approx 0.30m \text{ y } b_{v_secunadria} = 0.25m$$

Dónde:

$h_{v_secunadria}$: Espesor de la viga secundaria

$b_{v_secunadria}$: Base de la viga secundaria

A criterio del investigador se consideró unas dimensiones de viga chata de 0.35m de ancho por el espesor de la losa de 0.20m y de viga peraltada de 0.30m x 0.25m a evaluar

Columnas

Se aplico la fórmula de predimensionamiento de columnas del libro de concreto armado del Ing. Roberto Morales, en ese sentido se calculó primero el peso de toda el área tributaria de la columna más crítica, asimismo se tuvo que definir una

sección tentativa de la columna para la estimación de los pesos de las columnas superiores teniendo como criterio el ancho de la viga chata 0.35m y el mínimo especificado por norma de 0.25m. En la figura 16 se observa el área tributaria de la columna a evaluar.

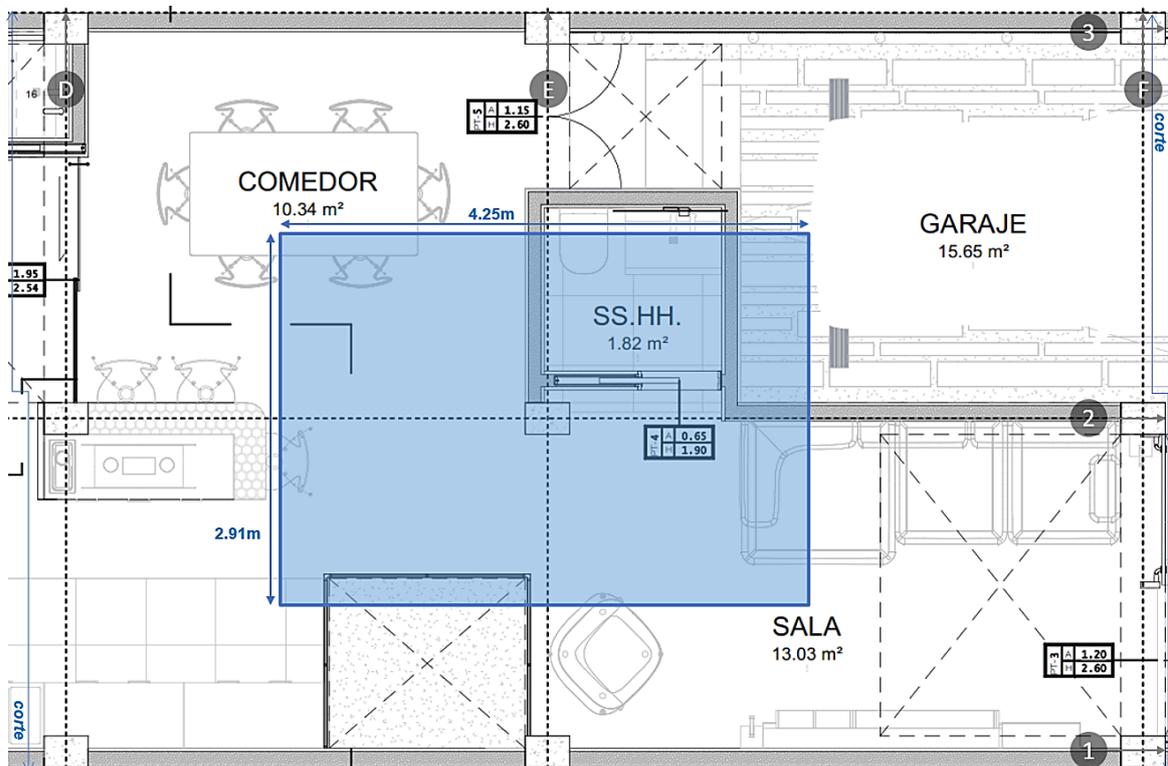


Figura 16. Predimensionamiento de columna central. Fuente: Elaboración propia.

Se inició metrando las cargas que actúan en la columna interior central para estimar las dimensiones más cercanas a las definitivas y evitar el retrabajo, en las tablas 48 y 49 se pueden observar el metrado de carga muerta y viva respectivamente.

Tabla 48. Metrados de cargas muertas de la columna central.

Descripción	N° Pisos	Dimensiones			Carga por m ³ (ton/m ³)	Carga por m ² (ton/m ²)	Peso (ton)
		Área (m ²)		Longitud l (m)			
		b (m)	h (m)				
V. Principales (Y)	3	0.30	0.40	3.90	2.4	-	2.81
V. Secundarias (X)	3	0.25	0.30	2.66	2.4	-	1.40
Columnas 1er Piso	1	0.35	0.35	4.00	2.4	-	1.18
Columnas 2-8vo Piso	2	0.35	0.35	2.80	2.4	-	1.65
Losa aligerada	3	10.464			-	0.300	9.70

Acabados	3	12.370	-	0.100	3.71
Tanque elevado	1	12.370	-	0.100	1.23
Tabiquería móvil	3	12.370	-	0.100	3.71
				Total	25.4

Fuente: Elaboración propia.

Para la carga viva que actúa en toda el área tributaria de la columna.

Tabla 49. Metrados de cargas vivas de la columna central.

Descripción	N° Pisos	Dimensiones			Carga por m ² (ton/m ³)	Carga por m ³ (ton/m ²)	Peso (ton)
		Área (m ²)		Longitud			
		b (m)	h (m)	l (m)			
S/C pisos	2	12.370			-	0.200	4.95
S/C Último piso	1	12.370			-	0.100	1.24
				Total		6.19	

Fuente: Elaboración propia.

En total la carga que actúa sobre el elemento estructural es la suma de la carga muerta y viva igual a 31.59 toneladas, la formula antes mencionada según ensayos experimentales en Japón es:

$$Db = \frac{P}{nf'c}$$

Dónde:

D: Dimensión de la sección en análisis

b: La dimensión faltante

P: Carga total ejercida en la columna

n: Valor que depende de la ubicación de la columna, ver tabla 50

f'c: Resistencia a la compresión

Tabla 50. Valores *P* y *n* para el predimensionamiento de columna.

Tipo de columna	Ubicación	Valores <i>P</i> y <i>n</i>
Tipo C1	Columnas Interior	$P = 1.10 P_G$

(para los primeros pisos)		$n = 0.30$
Tipo C1	Columnas Interior	$P = 1.10 P_G$
(para los 4 últimos pisos superiores)		$n = 0.25$
Tipo C2, C3	Columnas Externas de pórticos interiores	$P = 1.25 P_G$
Tipo C1	Columnas de esquina	$P = 1.50 P_G$
(para los 4 últimos pisos superiores)		$n = 0.20$

Fuente: Diseño en concreto armado Ing. Roberto Morales Morales.

Efectuando el cálculo para las dimensiones de la columna es:

$$Db = \frac{1.10 * 31590}{0.25 * 210} = 661.885 \text{ cm}^2$$

$$D = \frac{661.885}{b} ; b = 25 \text{ cm}$$

$$D = 26.47 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Un criterio práctico es tomar en cuenta la zona de sismicidad debido a que el edificio se encuentra en la zona 4, una sección como mínimo debe alcanzar los 1000 cm², optando por tener secciones tentativas de 0.25m x 0.45m, 0.35m x 0.35m, que luego se verificaron teniendo un predimensionamiento óptimo con la sección de 0.35m X0.35m, por otro lado, la viga secundaria tiene una base de 0.35m lo que necesariamente en una de las dimensiones de la columna debe contar como mínimo.

Zapatas

Se siguió la siguiente fórmula para las zapatas centrales, perimetrales y esquineras.

$$A_{zapata} \geq \frac{P_{servicio}}{k * q_s}$$

Dónde:

A_{zapata} : Área de zapata

$P_{servicio}$: Carga de servicio

k : Coeficiente que depende del tipo de suelo, ver tabla 51

q_s : Capacidad portante del suelo, consultar tabla 51

Tabla 51. Valores k y q_s para el predimensionamiento de zapatas

Tipo de suelo	k		q_s
Roca dura	1	> 8 kg/cm ²	> 80 ton/m ²
Muy rígido	0.9	4 a 8 kg/cm ²	40 a 80 ton/m ²
Intermedio	0.8	2 a 4 kg/cm ²	20 a 40 ton/m ²
Blando o Flexible	0.7	< 2 kg/cm ²	< 20 ton/m ²

Fuente: Elaboración propia.

La carga de servicio que llega a la zapata es la misma que la hallada en la columna de 32.86 toneladas, del mismo modo, de acuerdo al EMS la capacidad resistente es de 40 ton/m² y un factor k de 0.9, reemplazando los valores obtenemos el siguiente resultado.

$$A_{zapata} = \frac{31.59}{0.9 * 35} = 1.003 \text{ m}^2$$

$$A_{zapata} = (0.40 + 0.35 + 0.40) * (0.40 + 0.35 + 0.40) = 1.323 \text{ m}^2$$

Las zapatas centrales serán de 1.20m x 1.20m x 1.20m, las laterales de 0.70m x 1.20m x 1.20m y las esquineras de 0.70m x 0.85m x 1.20m.

4.4.3. Modelamiento

Se inició modelando la estructura para el análisis del comportamiento sísmico en el software ETABS considerando un comportamiento elástico lineal tal como menciona la norma sobre diseño sismorresistente, de la misma forma, se asignaron a las columnas y vigas como elementos frame verticales y horizontales, a las losas como elementos Shell thin, los componentes no estructurales fueron asignados como cargas pues no contribuyen a la ganancia de resistencia y rigidez de la estructura. Se otorgo a la base de los elementos frame verticales restricciones de empotramiento, y para los frame horizontales brazos rígidos, a los Shell thin diafragmas rígidos.

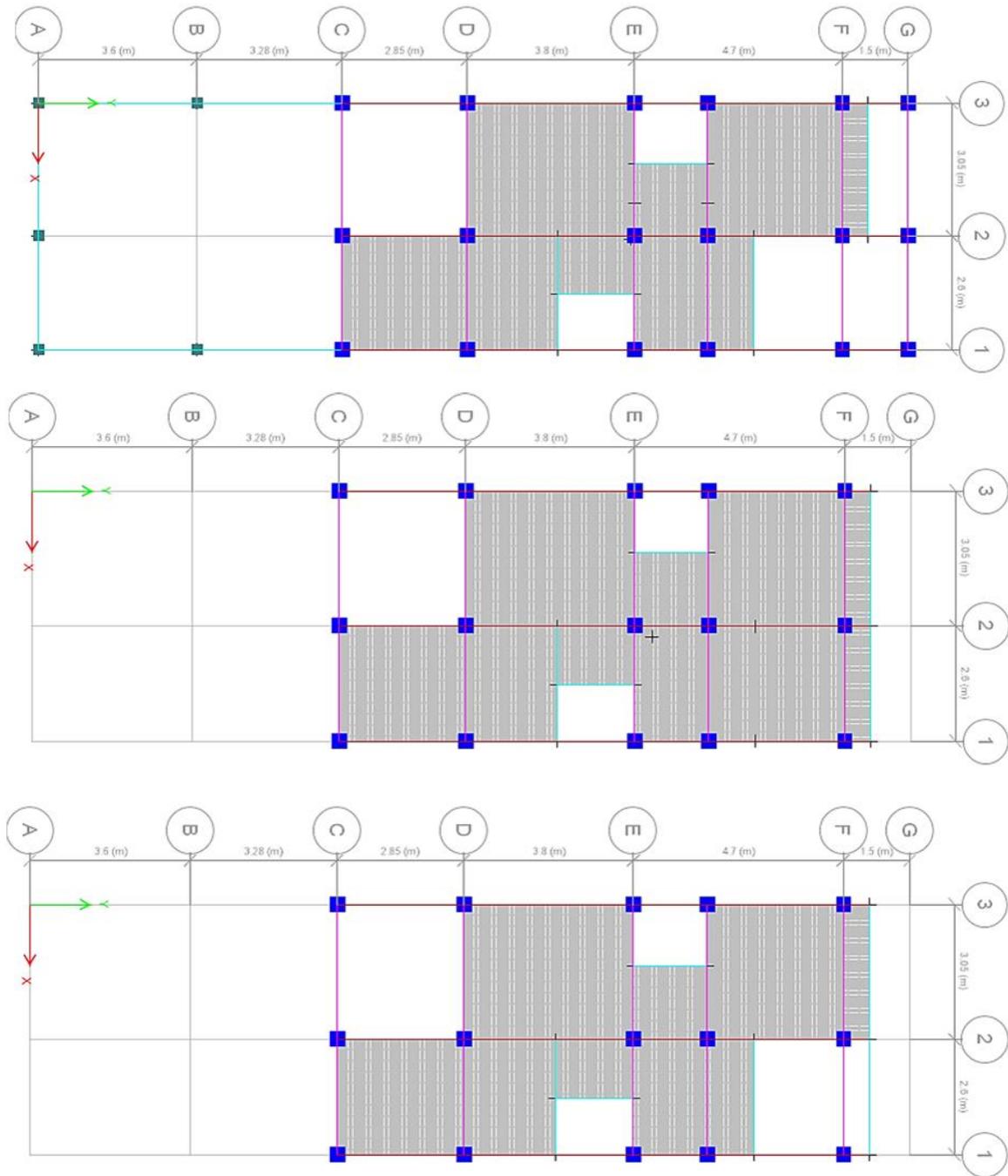


Figura 17. Modelo analítico de pisos 1, 2 y 3. Fuente: Elaboración propia.

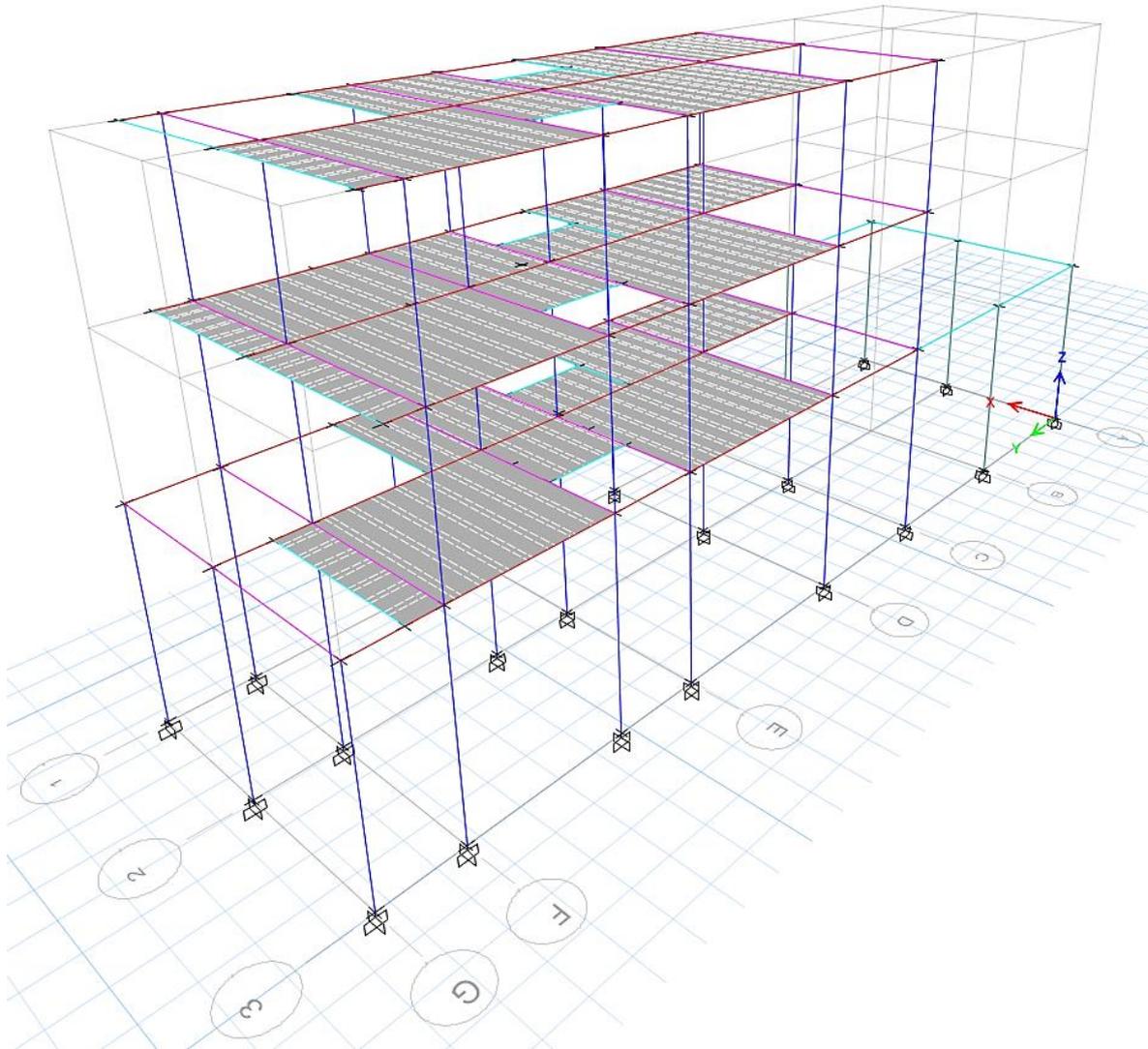


Figura 18. Modelo matemático analítico de la edificación. Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 17 y 18 se muestra el modelo analítico, los frame verticales de color azul representan a las columnas, los frame horizontales de color rojo representan las vigas principales, de color magenta las vigas secundarias y de color celeste las viguetas de borde de los volados de losa de 0.20m x 0.25m, las columnas perimetrales posteriores son frame de color plomo y las losas de Shell thin color plomo.

Parámetros de los materiales

Se asignaron como materiales el concreto y el acero corrugado en los elementos sismorresistentes con las siguientes propiedades que se exhiben en la tabla 52.

Tabla 52. Propiedades de los materiales para el análisis sísmico

Diseño	Material	f 'c / fy (kg/cm ²)	E _c / E _s (kg/cm ²)
Patrón D-1	Concreto	210	217370.6
	Acero Corrugado	4200	2x10 ⁶
VRM 18% D-3	Concreto	296	250549.39
	Acero Corrugado	4200	2x10 ⁶

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se ingresaron los valores de módulo de Poisson de 0.15 y un peso específico del concreto de 2400 kg/m³.

4.4.4. Análisis Sísmico

4.4.4.1. Parámetros sísmicos

Factor de zonificación sísmica (Z), está dividido en 4 zonas sísmicas, las cuales mientras más cerca se encuentren de la costa o las fallas entre las intersecciones de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana presentaran un factor (Z) creciente, en el caso de la edificación que se diseñó presenta un factor Z de 0.45.

Factor de tipo de suelo (S), el suelo de acuerdo a la norma anteriormente mencionada presenta 5 tipos, para el terreno de estudio luego de los ensayos realizados se obtuvo un tipo de suelo S1 Roca o Suelos muy rígidos, ya que la resistencia al corte en condición no drenada es mayor a 1 kg/cm² y sus propiedades mecánicas van aumentando con la profundidad, para hallar el factor de suelo se tiene que relacionar el tipo de suelo con la zona sísmica obteniendo un S de 1.00.

Parámetros de sitio (S , T_p , T_L), este dato se utiliza para hallar el cálculo del factor de amplificación sísmica (C), para ello se debe obtener los periodos T_p y T_L que de acuerdo a el perfil del suelo S_1 le corresponde los valores de 0.40 y 2.50 respectivamente.

Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas (R), se utilizó el sistema de pórticos de concreto armado, la norma E-030 menciona que le corresponde un coeficiente básico de reducción (R_o) igual a 8 que estuvo sujeto a la verificación de irregularidades estructurales. En la tabla 53 se resumen tales parámetros sísmicos para la edificación proyectada.

Tabla 53. Resumen de parámetros sísmicos

Parámetros sísmicos (De acuerdo con la Norma E.030)	
Tipo de suelo según E.030	S1 (Suelos Rígidos)
Factor de Zona (Z)	0.45
Factor de Suelo (S_1)	1.00
Periodo Predominante T_p (s)	0.40
Periodo Predominante T_L (s)	2.50
Coefficiente básico de reducción (R_0)	8.00

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.2. Factores de Irregularidades estructurales (I_a, I_p)

Irregularidad estructural en altura (I_a)

Irregularidad de Rigidez - Piso blando (0.75)

Se evalúa la rigidez lateral mediante la relación de la cortante de entrepiso entre las derivas inelásticas máximas de entrepiso, las cuales tienen que estar por encima del 70% del piso superior o el 80% de promedio de los 3 pisos superiores, este último no se corroborara ya que se aplica en edificaciones de más de 3 pisos. en la figura 19 se explica las el planteamiento señalado, además en la tabla 54 se expone la evaluación de la estructura a estas irregularidades.

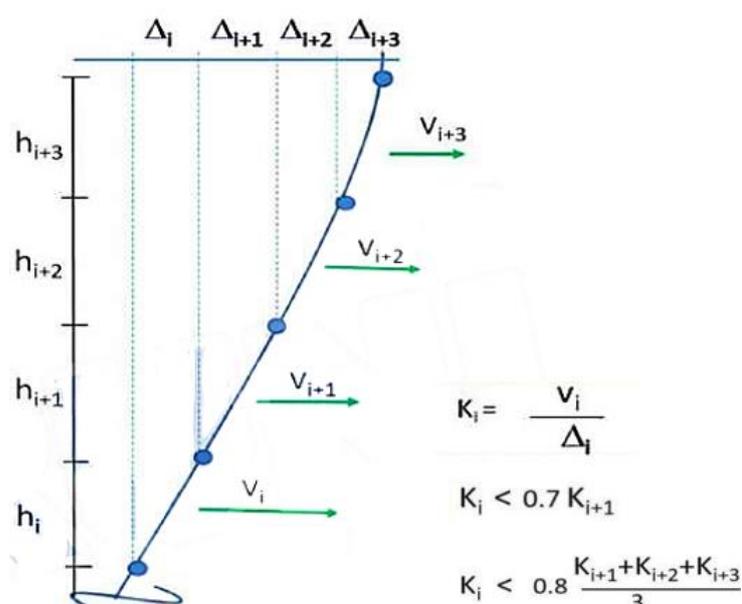


Figura 19. Cálculo de la rigidez lateral. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Verificación de la irregularidad de rigidez de piso blando

Caso (X/Y)	Fuerza cortante (V_i)	Deriva (Δ_i)	K_i	$K_i / K_{i+1} < 0.7$
Piso 3 X	8883.70 kg	0.003156	2814860.583	-
Piso 2 X	19162.43 kg	0.005565	3443383.648	1.22
Piso 1 X	25758.44 kg	0.006218	4142560.309	1.20
Piso 3 Y	8883.70 kg	0.001742	5099712.974	-
Piso 2 Y	19162.43 kg	0.003164	6056393.805	1.18
Piso 1 Y	25758.44 kg	0.004228	6092346.263	1.01

Fuente: Elaboración propia.

Los valores sobrepasan en gran medida el requerimiento mínimo que señala la norma por lo que no será necesario verificar el caso extremo de esta misma irregularidad, cabe resaltar que los valores observados en la tabla fueron obtenidos del programa antes mencionado.

Irregularidad de Resistencia - Piso débil (0.75)

Se evaluó las fuerzas cortantes y la rigidez lateral en cada piso como indicadores de esta irregularidad, la norma nos menciona que no deben ser inferiores al 80% de un piso a otro, en la tabla 55 se muestra el cálculo de esta irregularidad dando resultados satisfactorios con implicancia en un adecuado diseño estructural.

Tabla 55. Verificación de la irregularidad de resistencia de piso débil

Caso (X/Y)	Fuerza cortante (V_i)	$V_i / V_{i+1} < 0.8$	K_i	$K_i / K_{i+1} < 0.8$
Piso 3 X	8883.70 kg	-	2814860.583	-
Piso 2 X	19162.43 kg	2.16	3443383.648	1.22
Piso 1 X	25758.44 kg	1.34	4142560.309	1.20
Piso 3 Y	8883.70 kg	-	5099712.974	-
Piso 2 Y	19162.43 kg	2.16	6056393.805	1.18
Piso 1 Y	25758.44 kg	1.34	6092346.263	1.01

Fuente: Elaboración propia.

Irregularidad de masa o peso (0.9)

En la estructura se tiene un peso por piso el cual no sobrepasa el 150% del piso superior o inferior, tal como se muestra en la tabla 56 los cálculos del peso de la edificación se extrajeron del programa de apoyo.

Tabla 56. Evaluación de la irregularidad de peso

N° Piso	Peso	$W_i > W_{i+1} * 1.5$ ó $W_i > W_{i-1} * 1.5$
Piso 3	41.48 ton	<i>Azotea</i>
Piso 2	67.76 ton	$W_{i+1} = 67.76 * 1.5 = 101.64$ ton
Piso 1	73.92 ton	$W_i = 73.92$ ton

Fuente: Elaboración propia.

Irregularidad geométrica vertical (0.9) y Discontinuidad en la estructura (0.8)

Tanto en la estructuración como en el modelo analítico se pueden observar que en todas las direcciones de análisis existen elementos estructurales que resisten las cargas laterales y que se preveo que no exista excentricidad o desalineamiento entre elementos resistentes a fuerzas laterales por lo que la estructura no presenta estas irregularidades.

Irregularidad estructural en planta (I_p)

Irregularidad torsional (0.75)

Primero se evaluó si los desplazamientos máximos relativos son mayores a la mitad del máximo permisible de 0.007, en la tabla 57 se puede apreciar la corroboración de la irregularidad torsional y en la figura 20 a que se refiere con el Δ_{prom} descrito en la tabla en cuestión.

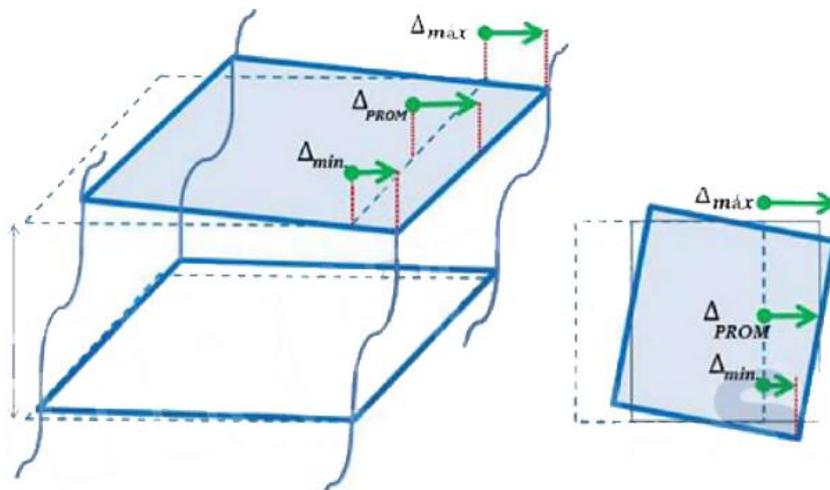


Figura 20. Desplazamiento promedio. Fuente: Elaboración propia.

Se verificó en ambas direcciones, los datos de las derivas máximas relativas ($\Delta_{m\acute{a}x}$), la relación menor a 1.3 se extrajeron de las tablas de acceso rápido del Etabs denominado Diaphragm Max Over Avg Drifts, en la investigación la tabla 57.

Tabla 57. Verificación de la irregularidad de torsión

Caso (X/Y)	Deriva máx. ($\Delta_{m\acute{a}x}$)	$\Delta_{max}/\Delta_{permisible} > 0.5$	$\Delta_{m\acute{a}x}/\Delta_{prom} > 1.3$
Piso 3 X	0.003156	0.45085714	1.266
Piso 2 X	0.005565	0.79500000	1.266
Piso 1 X	0.006218	0.88828571	1.209
Piso 3 Y	0.001742	0.24885714	1.042
Piso 2 Y	0.003164	0.45200000	1.059
Piso 1 Y	0.004228	0.60400000	1.053

Fuente: Elaboración propia.

No es necesario calcular la irregularidad extrema, la estructura presenta una torsión controlada.

Irregularidad esquinas entrantes (0.9), Discontinuidad de diafragma (0.85) y sistemas no paralelos (0.90).

En todos los casos mencionados observando la estructuración y el modelo matemático pueden descartarse estas irregularidades.

Por lo tanto, el coeficiente de reducción es la multiplicación de I_a , I_p y R_o dando como resultado un valor de 8, ya que en la estructuración se tuvo los cuidados para disminuir la ocurrencia de estas irregularidades.

$$R = R_o * I_a * I_p = 8 * 1 * 1 = 8$$

4.4.4.3. Análisis Estático

Este método busca el hallar las fuerzas sísmicas laterales en cada entrepiso que actúan en sus centros de masa con la finalidad de conseguir las derivas inelásticas de la estructura. Asimismo, la norma E.030 menciona que este método es usado en edificaciones regulares de una altura máxima de 30 metros. La vivienda tiene una altura máxima de 9.6m además tiene una estructura regular por ende puede analizarse por el método de fuerzas estáticas equivalentes, de igual manera,

también será usado para compárala con la cortante basal del análisis dinámico. La expresión matemáticas de la fuerza cortante es la siguiente.

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

Los parámetros sísmicos conocidos son Z , U , S , R y P . Para la estimación del factor de amplificación sísmica (C) se halló el periodo fundamental de vibración (T) obtenido del programa computacional, luego de aplicar lo que establece la norma de diseño sismorresistente para determinar el peso de la estructura, la edificación es una vivienda unifamiliar, por lo cual el peso se halló con el 100% y 25% de la carga muerta y el de la carga viva respectivamente, luego se realizó el análisis modal espectral para tales fines. En la tabla 58 se aprecia el peso por piso de la edificación.

Tabla 58. Peso de la edificación obtenido del programa computacional

Nº Pisos	Combinación	Masa(kg*s ² /m)	Gravedad (m/s ²)	Peso (ton)
Piso 3	100%CM+25%CV	4230.23	9.8067	41.48
Piso 2	100%CM+25%CV	6909.90	9.8067	67.76
Piso 1	100%CM+25%CV	7538.12	9.8067	73.92
			Total	183.16

Fuente: Elaboración propia.

Con la definición del peso sísmico se continuó generando el caso de carga modal, para el análisis modal traslacional para obtener los periodos fundamentales de vibración traslacional (T_x , T_y). En ese sentido, en la figura 21 se aprecia los periodos después del modelado y la asignación de parámetros para tal fin.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Modal	1	0.376	0.8862	0.0001	0	0.8862	0.0001	0	1.523E-05	0.181	0.0566	1.523E-05	0.181	0.0566
Modal	2	0.322	0.0012	0.9368	0	0.8874	0.9369	0	0.154	0.0002	0.0117	0.1541	0.1812	0.0683
Modal	3	0.292	0.0393	0.0139	0	0.9267	0.9508	0	0.0025	0.0063	0.7771	0.1565	0.1876	0.8455
Modal	4	0.152	0.0134	0	0	0.9401	0.9508	0	0	0.0225	0.1025	0.1565	0.2101	0.948
Modal	5	0.111	0.0503	0	0	0.9904	0.9503	0	0.0001	0.7118	0.0079	0.1566	0.9219	0.9559
Modal	6	0.102	1.843E-05	0.0451	0	0.9904	0.9559	0	0.8209	0.0003	4.427E-06	0.9775	0.9222	0.9559
Modal	7	0.092	5.199E-06	0.0007	0	0.9904	0.9966	0	0.0171	0.0001	3.706E-05	0.9946	0.9222	0.9559
Modal	8	0.09	0.0032	0.0001	0	0.9935	0.9968	0	0.0011	0.0597	0.0363	0.9957	0.9819	0.9923
Modal	9	0.075	0.0003	1.175E-06	0	0.9938	0.9968	0	7.591E-06	0.0044	0.0027	0.9957	0.9863	0.995

Figura 21. Periodos obtenidos del programa ETABS. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 59 se expone el resumen de los cálculos del análisis modal y las comprobaciones según norma.

Tabla 59. Periodo de vibración y masa participativa

T	T_x	T_y	TR_z
U máx. (Masa)	88.62%	93.68%	77.71%
Modo	1	2	3
Periodo	0.376 s	0.322 s	0.292 s
Estructura (N° Pisos/10)	0.3s Rígida	0.3s Rígida	0.3s Rígida
< 90% Masa 9 modos	99.39%	99.67%	99.48%

Fuente: Elaboración propia.

Con los periodos (T_x, T_y) se calculó el factor de amplificación sísmica aplicando el Art. 14 de la norma de diseño sismorresistente que se muestra a continuación.

$$\begin{aligned}
 \text{1er Caso:} \quad T < T_p \rightarrow C = 2.5 \quad \therefore \quad 0.376 < 0.4 \rightarrow C_x = 2.5 \\
 \therefore \quad 0.322 < 0.4 \rightarrow C_y = 2.5
 \end{aligned}$$

$$\text{2do Caso:} \quad T_p < T < T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$\text{3er Caso:} \quad T > T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Se uso el primer caso ya que los periodos fundamentales de vibración (T_x, T_y) son menores al T_p por lo tanto se tiene un C_x y C_y igual a 2.5. El valor C/R debe ser mayor igual a 0.11.

$$\begin{aligned}
 C/R \geq 0.11 \quad \therefore \quad C_x/R \rightarrow 2.5/8 = 0.31 \\
 \therefore \quad C_y/R \rightarrow 2.5/8 = 0.31
 \end{aligned}$$

Del mismo modo el exponente k relacionado a los periodos fundamentales de vibración para ambas direcciones es de 1 pues en las dos direcciones los T_x y T_y son menores a 0.5.

$$\begin{aligned}
 T_x = 0.376 \text{ s} \leq 0.5 \quad \rightarrow \quad k_x = 1 \\
 T_y = 0.322 \text{ s} \leq 0.5 \quad \rightarrow \quad k_y = 1
 \end{aligned}$$

Remplazando los parámetros sísmicos calculados y el peso en la fórmula para hallar la cortante basal en ambas direcciones se tiene.

$$V_x = \frac{Z * U * C * S}{R_x} * P = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1}{8} * P$$

$$C = V_x = 0.140625 P \rightarrow V_x = 25.76 \text{ ton}$$

$$V_y = \frac{Z * U * C * S}{R_y} * P = \frac{0.45 * 1 * 2.5 * 1}{8} * P$$

$$V_y = 0.140625 P \rightarrow V_y = 25.76 \text{ ton}$$

Los valores obtenidos de las cortantes sin multiplicar por el peso de la vivienda fueron ingresados en el software de análisis estructural asistido por ordenador para el cálculo de las derivas elásticas, inelásticas y la cortante en cada nivel. En la figura 22 se expone la asignación de V_x , k_y y V_y , V_y en el software.

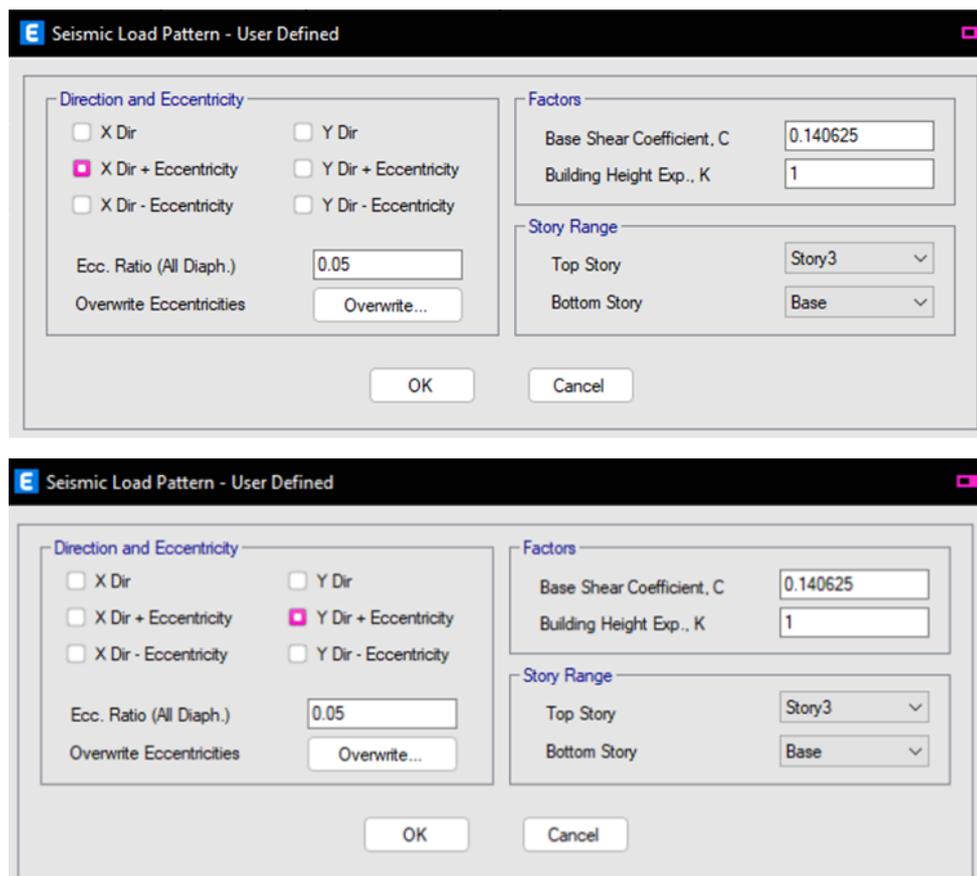


Figura 22. Asignación del coeficiente sísmico C y el exponente k en ambas direcciones en el ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Fuerza sísmica en altura

Se evaluó en cada dirección, sin embargo, debido a que tenemos valores iguales en el coeficiente sísmico C y el exponente k , se tendrán los mismos datos en ambos sentidos de análisis, en la tabla 60 se puede denotar los hallazgos obtenidos. La fórmula para hallar las fuerzas sísmicas laterales en los entresijos de acuerdo al RNE es:

$$F_i = \alpha_i * V \quad ; \quad \alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Tabla 60. Fuerzas laterales sísmicas en altura para X y Y

Pisos	Peso (P_i)	Altura (h_i)	$P_i(h_i)^k$	α_i	F_i	$F_i A$
3	41.48 ton	9.6 m	398.21	0.345	8.88	8.88 ton
2	67.76 ton	6.8 m	460.77	0.399	10.28	19.16 ton
1	73.92 ton	4.0 m	295.68	0.256	6.60	25.76 ton
Total	183.16 ton	9.6 m	\sum 1154.66	1.00	25.76 ton	

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se calculó en el software de análisis asistido obteniendo los siguientes resultados en la figura 23.

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m
SE_X	LinStatic				-25758.44	0	0	0	-181562.92
SE_Y	LinStatic				0	-25758.44	0	181562.92	0

Figura 23. Fuerza cortante en la base en el programa ETABS. Fuente: Elaboración propia.

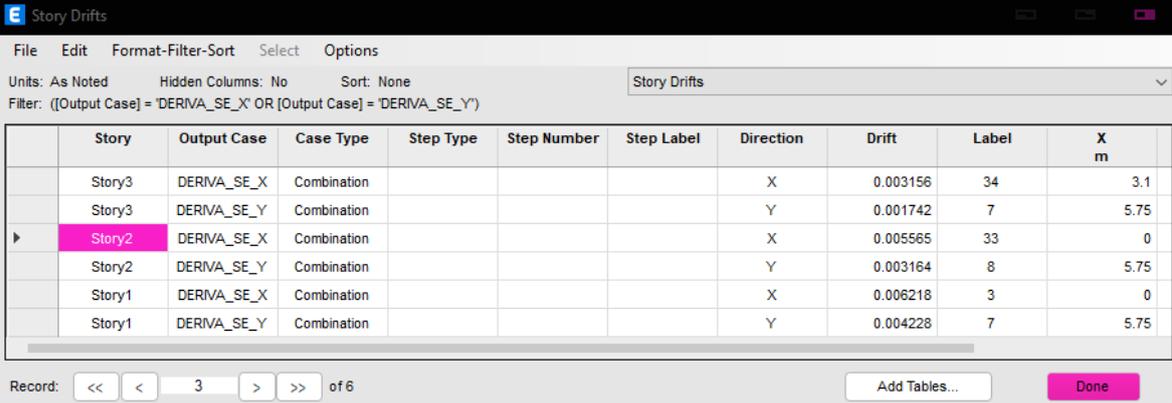
Las derivas o distorsiones laterales para el análisis lineal elástico se exponen en la tabla 61 teniendo en cuenta las derivas elásticas multiplicadas por un factor de 0.75

del R tal como menciona la Norma E.030. En la figura 24 se evidencia los datos obtenidos del programa.

Tabla 61. Derivas inelásticas del análisis estático en ambas direcciones

N° Pisos	Caso (X/Y)	Derivas Elásticas	Derivas Inelásticas 0.75*R*D. Elásticas	Norma E.030 Derivas ≤ 0.007
Piso 3	SE_X	0.000526	0.003156	Cumple
Piso 2	SE_X	0.000927	0.005565	Cumple
Piso 1	SE_X	0.001036	0.006218	Cumple
Piso 3	SE_Y	0.00029	0.001742	Cumple
Piso 2	SE_Y	0.000527	0.003164	Cumple
Piso 1	SE_Y	0.000705	0.004228	Cumple

Fuente: Elaboración propia.



The screenshot shows the 'Story Drifts' window in ETABS. The window title is 'Story Drifts'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Format-Filter-Sort', 'Select', and 'Options'. The status bar shows 'Units: As Noted', 'Hidden Columns: No', 'Sort: None', and 'Story Drifts'. The filter is set to '([Output Case] = 'DERIVA_SE_X' OR [Output Case] = 'DERIVA_SE_Y')'. The main table displays the following data:

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Direction	Drift	Label	X m
Story3	DERIVA_SE_X	Combination				X	0.003156	34	3.1
Story3	DERIVA_SE_Y	Combination				Y	0.001742	7	5.75
Story2	DERIVA_SE_X	Combination				X	0.005565	33	0
Story2	DERIVA_SE_Y	Combination				Y	0.003164	8	5.75
Story1	DERIVA_SE_X	Combination				X	0.006218	3	0
Story1	DERIVA_SE_Y	Combination				Y	0.004228	7	5.75

At the bottom of the window, there is a record navigation bar showing 'Record: << < 3 > >> of 6' and buttons for 'Add Tables...' and 'Done'.

Figura 24. Derivas inelásticas del análisis estático en el programa ETABS.

Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.4. Análisis Dinámico

Este método combina el análisis de los modos de vibración con el análisis espectral, donde se utiliza un espectro de diseño inelástico de pseudo – aceleraciones en cada una de las direcciones horizontales. Los modos de vibración se hallaron para el análisis estático en la tabla 59 se tiene un resumen de los mismos y en la figura 21 la evidencia de los cálculos realizados en el programa. En ese sentido, se determinó la aceleración espectral usando el coeficiente sísmico multiplicándolo por la aceleración de la gravedad, como ya anteriormente se calculó los parámetros sísmicos para el análisis estático solo se muestran los resultados del espectro de

diseño que se ingresaron al programa de análisis estructural, la fórmula extraída de la RNE es la siguiente. En la tabla 62 y figura 25 se resumen tales datos.

$$S_a = \frac{Z * U * C * S}{R} * g$$

Tabla 62. Espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en ambas direcciones

<i>Cx y Cy</i>	<i>T(s)</i>	<i>Sa (m/s²)</i>	<i>Cx y Cy</i>	<i>T(s)</i>	<i>Sa (m/s²)</i>
2.50	0.00	1.38	0.63	1.60	0.34
2.50	0.10	1.38	0.59	1.70	0.32
2.50	0.20	1.38	0.56	1.80	0.31
2.50	0.30	1.38	0.53	1.90	0.29
2.50	0.40	1.38	0.50	2.00	0.28
2.00	0.50	1.10	0.40	2.50	0.22
1.67	0.60	0.92	0.28	3.00	0.15
1.43	0.70	0.79	0.20	3.50	0.11
1.25	0.80	0.69	0.16	4.00	0.09
1.11	0.90	0.61	0.12	4.50	0.07
1.00	1.00	0.55	0.10	5.00	0.06
0.91	1.10	0.50	0.07	6.00	0.04
0.83	1.20	0.46	0.05	7.00	0.03
0.77	1.30	0.42	0.04	8.00	0.02
0.71	1.40	0.39	0.03	9.00	0.02
0.67	1.50	0.37	0.03	10.00	0.01

Fuentes: Elaboración propia.

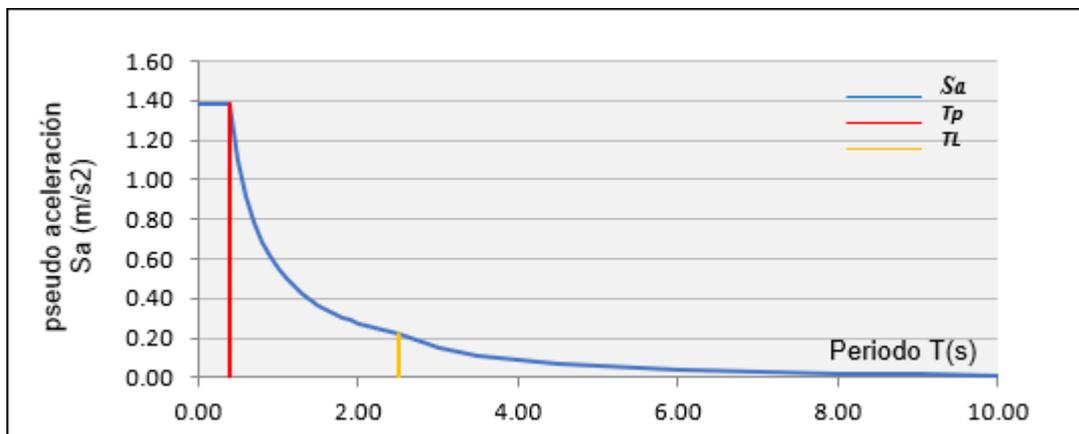


Figura 25. Espectro de diseño en “X-X” y “Y-Y”. Fuentes: Elaboración propia.

La asignación del espectro de respuesta sísmica en el programa se puede denotar en la figura 26.

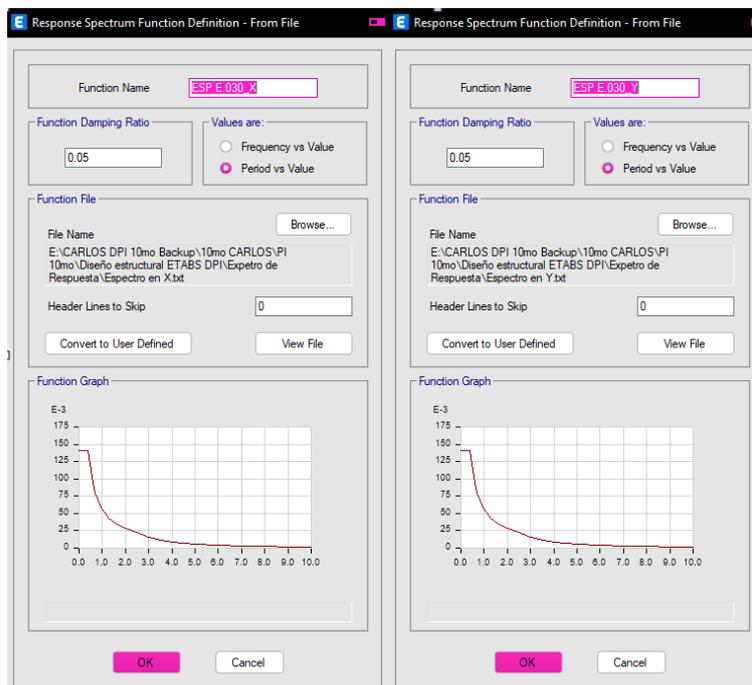


Figura 26. Espectro de diseño en “X y Y”. Fuentes: Elaboración propia.

Periodos de vibración

Los periodos de vibración extraídos del programa se aprecian en la figura 21, asimismo tanto el porcentaje de masa participativa en los 9 primeros modos de vibración son mayores al 90% y su comprobación se detalla en la tabla 59. Del mismo modo a manera de resumen en la tabla 63 se muestra los 9 primeros modos del conjunto de elementos resistentes.

Tabla 63. Periodos de vibración y masa participativa de la estructura

Modos N°	Periodos (s)	(%) Masa Participativa X	(%) Masa Participativa Y	(%) Masa Participativa Rotacional
1	0.376	88.62%	0.000100	0.056600
2	0.322	0.00120	93.68%	0.011700
3	0.292	0.03930	0.013900	77.71%
4	0.152	0.01340	0.000000	0.102500
5	0.111	0.05030	0.000000	0.007900
6	0.102	0.00002	0.045100	0.000004

7	0.092	0.00001	0.000700	0.000037
8	0.090	0.00320	0.000100	0.036300
9	0.075	0.00030	0.000001	0.002700
Total	90% Masa	99.39%	99.67%	99.48%

Fuente: Elaboración propia.

Derivas inelásticas relativas debido al análisis sísmico dinámico

Las distorsiones laterales de entrepiso o derivas al igual que en el análisis estático se realizaron producto del análisis dinámico en la tabla 64 se da cuenta de ello y en la figura 27 la evidencia de las derivas en el programa utilizado.

Tabla 64. Derivas inelásticas del análisis dinámico en ambas direcciones

N° Pisos	Caso (X/Y)	Derivas Elásticas (m)	Derivas Inelásticas 0.75*R*D. Elásticas (m)	Norma E.030 Derivas ≤ 0.007
Piso 3	SD_X	0.000456	0.002737	Cumple
Piso 2	SD_X	0.000838	0.005029	Cumple
Piso 1	SD_X	0.000969	0.005811	Cumple
Piso 3	SD_Y	0.000244	0.001465	Cumple
Piso 2	SD_Y	0.000470	0.002820	Cumple
Piso 1	SD_Y	0.000660	0.003958	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

The screenshot shows the 'Story Drifts' window in ETABS. The window title is 'Story Drifts'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Format-Filter-Sort', 'Select', and 'Options'. The status bar shows 'Units: As Noted', 'Hidden Columns: No', and 'Sort: Direction DESC'. The filter is set to '([Output Case] = 'DERIVA_SD_X') AND ([Step Type] = 'Max') AND ([Direction] = 'X')'. The table displays the following data:

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Direction	Drift
Story3	DERIVA_SD_X	Combination	Max			X	0.002737
Story2	DERIVA_SD_X	Combination	Max			X	0.005029
Story1	DERIVA_SD_X	Combination	Max			X	0.005811
Story3	DERIVA_SD_Y	Combination	Max			Y	0.001465
Story2	DERIVA_SD_Y	Combination	Max			Y	0.00282
Story1	DERIVA_SD_Y	Combination	Max			Y	0.003958

The window also shows a record navigation bar at the bottom with 'Record: << < 1 > >> of 3' and buttons for 'Add Tables...' and 'Done'.

Figura 27. Derivas inelásticas del análisis dinámico en el programa ETABS.

Fuente: Elaboración propia.

Verificación de la fuerza cortante mínima y factor de escala.

Se verifico la fuerza cortante mínima y el factor de escala en caso no se cumpla que la cortante dinámica para estructuras regulares debe ser mayor igual al 80% de la cortante estática, para estructuras irregulares este requisito se amplía al 90%. En la tabla 65 se muestra la comprobación de cortantes y en la figura 28 la obtención de dicha información en el programa.

Tabla 65. Verificación de la fuerza cortante mínima en ambas direcciones

N° Pisos	Caso (X/Y)	Fuerza cortante X (Kg)	Fuerza cortante Y (Kg)	Norma E.030 $SD_X \geq 0.8 * SE_X$
Piso 1	SE_X	-25758.44	-	
Piso 1	SE_Y	-	-25758.44	
Piso 1	SD_X	23049.76	-	20606.75 Cumple
Piso1	SD_Y	-	24352.42	20606.75 Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Se denota que no es necesario aplicar un factor de escala a toda la estructura, ya que el 80% de la cortante estática es de 20606.75 kg por debajo de la fuerza cortante dinámica.

Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	FX kgf	FY kgf
SE_X	LinStatic				-25758.44	0
SE_Y	LinStatic				0	-25758.44
SD_X	LinRespSpec	Max			23049.76	750.15
SD_Y	LinRespSpec	Max			750.15	24352.42

Figura 28. Fuerzas cortantes en la base debido al análisis sísmico en el programa ETABS. Fuente: Elaboración propia.

4.4.4.5. Análisis sísmico con los concretos ensayados en laboratorio.

Los concretos seleccionados para obtener el comportamiento sísmico de la misma estructura anteriormente analizada fueron, el concreto de diseño patrón y el 18% de sustitución por VRM con resistencias a la compresión a los 28 días de 279 kg/cm² y 296 kg/cm² respectivamente. Asimismo, para asignar el módulo de elasticidad del concreto de diseño patrón en el programa, se realizó aplicando la fórmula de la norma E.060 donde especifica que para concretos de peso normal se puede hallar el E_{c1} multiplicando 15 000 por la raíz cuadrada de 279 kg/cm² dando un resultado de 250549.39 kg/cm², del mismo modo, para el concreto con 18% de remplazo por VRM se usó la misma fórmula pues sus pesos unitarios son similares, ver tabla 43, obteniendo un E_{c2} para tal concreto de 258069.75 kg/cm². En la figura 29 se muestra el ingreso de datos sobre los materiales anteriormente señalados, solo se aplicó a los pórticos.

Property	Concrete (Fc=296 kg/cm ²)	Concrete (Fc=279 kg/cm ²)
Material Name	Fc=296kg/cm2	Fc=279kg/cm2
Material Type	Concrete	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic	Isotropic
Material Display Color	[Color]	[Color]
Material Notes	Modify/Show Notes...	Modify/Show Notes...
Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Specify Mass Density	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weight per Unit Volume	2400 kgf/m ³	2400 kgf/m ³
Mass per Unit Volume	244.732 kgf-s ³ /m ⁴	244.732 kgf-s ³ /m ⁴
Modulus of Elasticity, E	2580697580.11279 kgf/m ²	2505493963 kgf/m ²
Poisson's Ratio, U	0.15	0.15
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099 1/C	0.0000099 1/C
Shear Modulus, G	1122042426 kgf/m ²	1089345201 kgf/m ²
Design Property Data	Modify/Show Material Property Design Data...	Modify/Show Material Property Design Data...
Advanced Material Property Data	Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...	Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...
Modulus of Rupture for Cracked Deflections	<input checked="" type="radio"/> Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) <input type="radio"/> User Specified	<input checked="" type="radio"/> Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) <input type="radio"/> User Specified

Figura 29. Propiedades del concreto de diseño patrón y el 18% de sustitución por VRM en el programa ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, con la metodología desarrollada en la presente investigación en sus subíndices 4.4.4.3 y 4.4.4.4 de acuerdo a la norma de diseño sísmico E-030 se efectuaron los cálculos para los concretos patrones y 18% de VRM añadiendo sus propiedades a la estructura con la finalidad de analizar su comportamiento sísmico, en ese sentido, se simplificaron algunas operaciones por ser redundantes, y se dio paso a los resultados que se exhiben seguidamente.

Análisis modal espectral de la estructura con concreto de diseño patrón.

Tabla 66. Periodos de vibración de la estructura con concreto de diseño patrón

Modos N°	Periodos (s)	(%) Masa Participativa X	(%) Masa Participativa Y	(%) Masa Participativa Rotacional
1	0.350	88.62%	0.000100	0.056600
2	0.300	0.00120	93.68%	0.011700
3	0.272	0.03930	0.013900	77.71%
4	0.141	0.01340	-	0.102500
5	0.103	0.05030	-	0.007900
6	0.095	0.00002	0.045100	0.000004
7	0.086	0.00001	0.000700	0.000037
8	0.084	0.00320	0.000100	0.036300
9	0.070	0.00030	0.000001	0.002700
Total	90% Masa	99.39%	99.67%	99.48%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 66 se detallan los datos conseguidos del análisis modal espectral, observando que existe una ligera disminución de los 3 primeros periodos de vibración con respecto al análisis sísmico con un concreto de 210 kg/cm², en el primer modo ocurre una traslación que se presenta en la dirección X con un periodo de 0.35 segundos, en el segundo modo ocurre una traslación en la dirección Y con un periodo de 0.30 segundos, por último, en el tercer modo ocurre una rotación con un periodo de 0.272 segundos, en resumen la estructura presenta un comportamiento aceptable pues no presenta algún caso particular de rotación en los primeros dos modos corroborando que se realizó una buena estructuración. En la figura 30 se detalla los resultados en el programa.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0.35	0.8862	0.0001	0	0.8862	0.0001	0	1.523E-05	0.181	0.0566
Modal	2	0.3	0.0012	0.9368	0	0.8874	0.9369	0	0.154	0.0002	0.0117
Modal	3	0.272	0.0393	0.0139	0	0.9267	0.9508	0	0.0025	0.0063	0.7771
Modal	4	0.141	0.0134	0	0	0.9401	0.9508	0	0	0.0225	0.1025
Modal	5	0.103	0.0503	0	0	0.9904	0.9508	0	0.0001	0.7118	0.0079
Modal	6	0.095	1.843E-05	0.0451	0	0.9904	0.9959	0	0.8209	0.0003	4.427E-06
Modal	7	0.086	5.199E-06	0.0007	0	0.9904	0.9966	0	0.0171	0.0001	3.706E-05
Modal	8	0.084	0.0032	0.0001	0	0.9935	0.9968	0	0.0011	0.0597	0.0363
Modal	9	0.07	0.0003	1.175E-06	0	0.9938	0.9968	0	7.591E-06	0.0044	0.0027

Figura 30. Periodos de vibración en la estructura con concreto de diseño patrón calculados en el programa ETABS. Fuente: Elaboración propia.

Análisis modal espectral de la estructura con concreto de diseño con 18% de VRM.

Tabla 67. Periodos de vibración de la estructura con concreto con 18% de VRM

Modos N°	Periodos (s)	(%) Masa Participativa X	(%) Masa Participativa Y	(%) Masa Participativa Rotacional
1	0.344	88.62%	0.000100	0.056600
2	0.296	0.00120	93.68%	0.011700
3	0.268	0.03930	0.013900	77.71%
4	0.139	0.01340	-	0.102500
5	0.101	0.05030	-	0.007900
6	0.094	0.00002	0.045100	0.000004
7	0.084	0.00001	0.000700	0.000037
8	0.083	0.00320	0.000100	0.036300
9	0.068	0.00030	0.000001	0.002700
Total	90% Masa	99.39%	99.67%	99.48%

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, en la tabla 67 se observa una reducción de los periodos de oscilación de la estructura en los 3 primeros modos, además las sumas de las masas participativas en las direcciones X, y Y rotación de los 9 modos suman más del 90% tal como señala la norma correspondiente. En la figura 31 se muestra como evidencia de los datos presentados en la tabla antes mencionada.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0.344	0.8862	0.0001	0	0.8862	0.0001	0	1.523E-05	0.181	0.0566
Modal	2	0.296	0.0012	0.9368	0	0.8874	0.9369	0	0.154	0.0002	0.0117
Modal	3	0.268	0.0393	0.0139	0	0.9267	0.9508	0	0.0025	0.0063	0.7771
Modal	4	0.139	0.0134	0	0	0.9401	0.9508	0	0	0.0225	0.1025
Modal	5	0.101	0.0503	0	0	0.9904	0.9508	0	0.0001	0.7118	0.0079
Modal	6	0.094	1.843E-05	0.0451	0	0.9904	0.9959	0	0.8209	0.0003	4.427E-06
Modal	7	0.084	5.199E-06	0.0007	0	0.9904	0.9966	0	0.0171	0.0001	3.706E-05
Modal	8	0.083	0.0032	0.0001	0	0.9935	0.9968	0	0.0011	0.0597	0.0363
Modal	9	0.068	0.0003	1.175E-06	0	0.9938	0.9968	0	7.591E-06	0.0044	0.0027

Figura 31. Periodos de vibración en la estructura con concreto de diseño con 18% de VRM calculados en el programa ETABS. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 32 se muestra un gráfico en forma de resumen de los resultados obtenidos de los periodos de vibración para cada caso analizado.

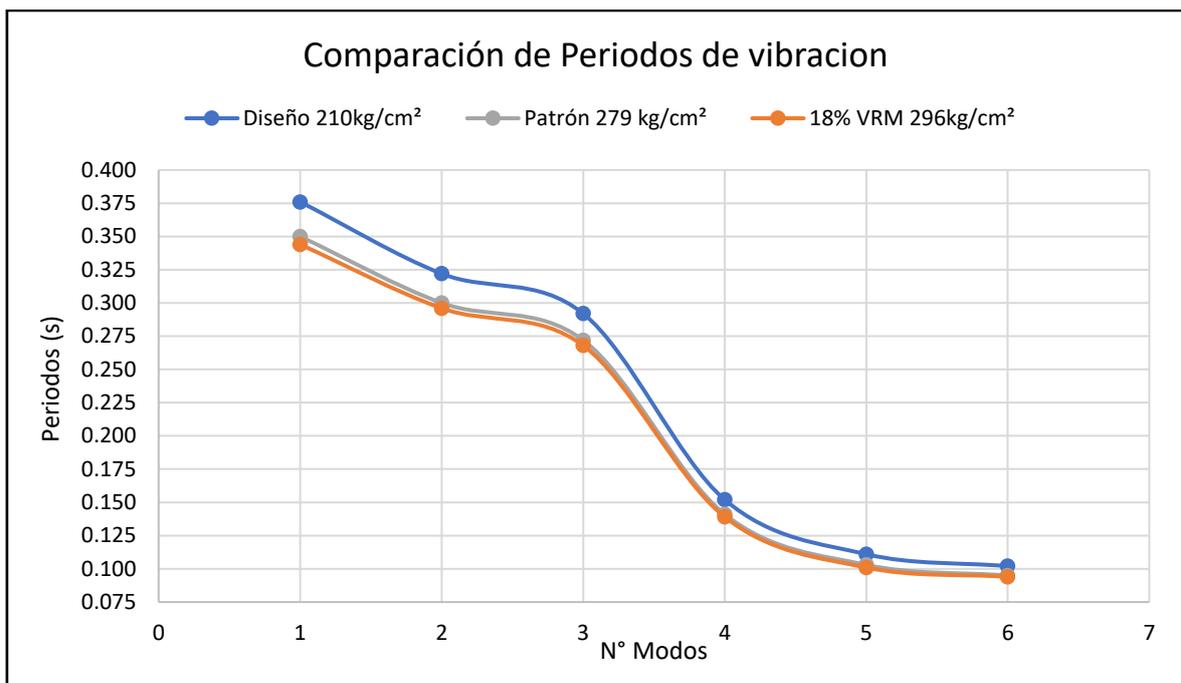


Figura 32. Resumen de los periodos de vibración para cada f'c de los concreto analizados. Fuente: Elaboración propia.

Como muestra el gráfico de la figura 32 a mayor f'c del concreto las características de los elementos estructurales se ven beneficiados, en el módulo de elasticidad del material, pues esta característica se le concede a toda la estructura por lo que se ve reflejado en la disminución del tiempo de oscilación. Por ende, la estructura de

concreto con sustitución del 18% por VRM es la más rígida experimentando unos periodos más reducidos en comparación con los otros dos casos.

Derivas inelásticas del edificio con concreto de diseño patrón.

Como se explicó anteriormente a las derivas elásticas relativas se tienen que multiplicar por 0.75 R para obtener las derivas inelásticas relativas y estos resultados tienen que ser menores a la distorsión de entrepiso mínimo de acuerdo al sistema estructural empleado de 0.007. En las tablas 68 y 69 se muestran tales cálculos para los dos casos de concreto analizados, y la extracción de datos del programa en las figuras 33 y 34.

Tabla 68. Derivas inelásticas del análisis dinámico en ambas direcciones para la estructura con concreto de diseño patrón

N° Pisos	Caso (X/Y)	Derivas Elásticas (m)	Derivas Inelásticas 0.75*R*D. Elásticas (m)	Norma E.030 Derivas ≤ 0.007
Piso 3	SD_X	0.000396	0.002375	Cumple
Piso 2	SD_X	0.000727	0.004363	Cumple
Piso 1	SD_X	0.000840	0.005042	Cumple
Piso 3	SD_Y	0.000212	0.001271	Cumple
Piso 2	SD_Y	0.000408	0.002447	Cumple
Piso 1	SD_Y	0.000572	0.003434	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

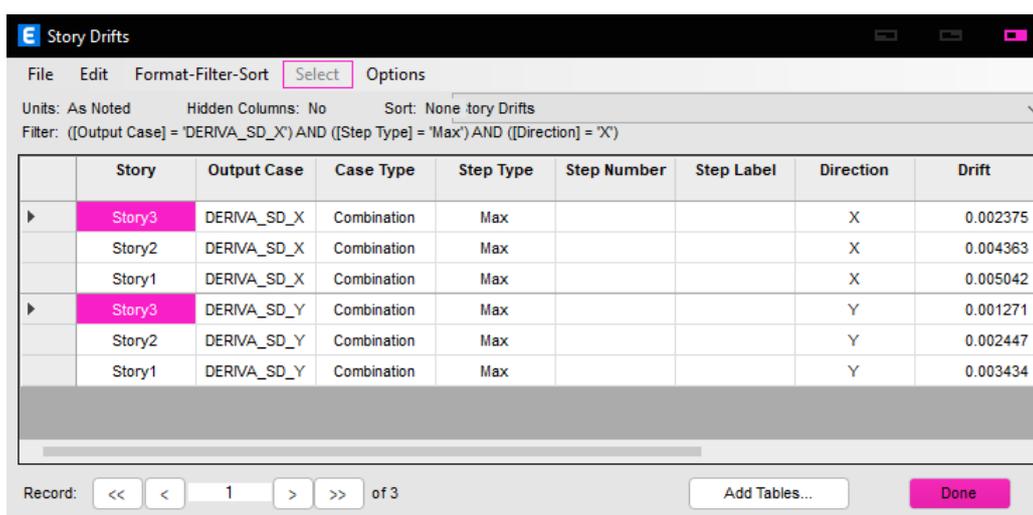


Figura 33. Derivas inelásticas en la estructura con concreto de diseño patrón en el programa ETABS. Fuente: Elaboración propia.

La estructura con el concreto de diseño patrón presenta una reducción en sus desplazamientos relativos de entrepiso con respecto al primer caso de análisis realizado con un $f'c$ de 210 kg/cm².

Derivas inelásticas del edificio con concreto de diseño patrón diseño con 18% de VRM.

Siguiendo la tendencia los desplazamientos relativos en cada piso para el sistema de elementos sismorresistentes en cuestión son los siguientes.

Tabla 69. Derivas inelásticas del análisis dinámico en ambas direcciones para la estructura con concreto de diseño con 18% de VRM

N° Pisos	Caso (X/Y)	Derivas Elásticas (m)	Derivas Inelásticas 0.75*R*D. Elásticas (m)	Norma E.030 Derivas ≤ 0.007
Piso 3	SD_X	0.000205	0.002302	Cumple
Piso 2	SD_X	0.000395	0.004229	Cumple
Piso 1	SD_X	0.000555	0.004887	Cumple
Piso 3	SD_Y	0.000384	0.001232	Cumple
Piso 2	SD_Y	0.000705	0.002372	Cumple
Piso 1	SD_Y	0.000814	0.003329	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Direction	Drift
Story3	DERIVA_SD_X	Combination	Max			X	0.002302
Story2	DERIVA_SD_X	Combination	Max			X	0.004229
Story1	DERIVA_SD_X	Combination	Max			X	0.004887
Story3	DERIVA_SD_Y	Combination	Max			Y	0.001232
Story2	DERIVA_SD_Y	Combination	Max			Y	0.002372
Story1	DERIVA_SD_Y	Combination	Max			Y	0.003329

Figura 34. Derivas inelásticas en la estructura con concreto de diseño con 18% de VRM en el programa ETABS. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 35 y 36 se muestran los gráficos en forma de resumen de los resultados obtenidos de las derivas de entrepiso para cada caso analizado en la dirección de análisis dinámicos en X-X y Y-Y.

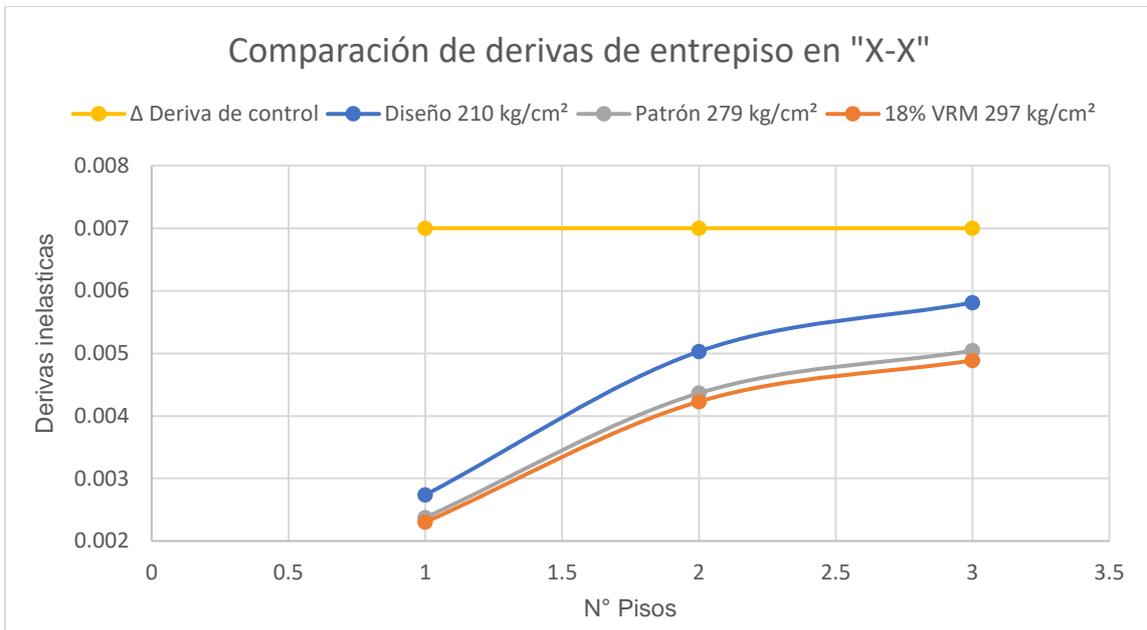


Figura 35. Resumen de las derivas de entrepiso para cada f'c de los concreto analizados en X-X. Fuente: Elaboración propia.

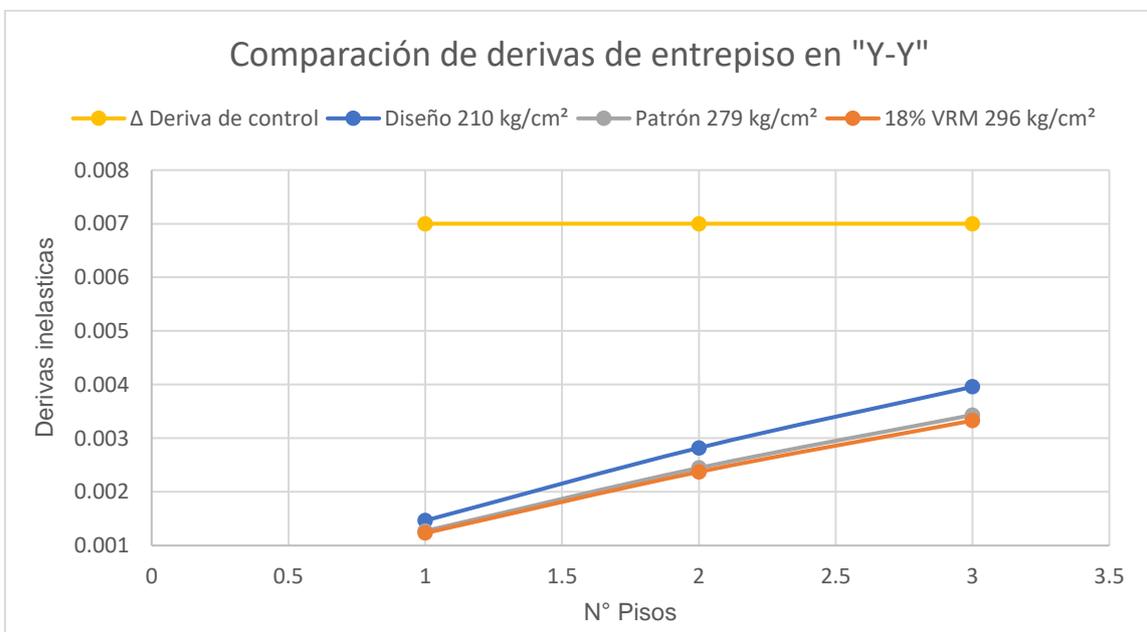


Figura 36. Resumen de las derivas de entrepiso para cada f'c de los concreto analizados en Y-Y. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos demuestran una reducción en los desplazamientos laterales de entresijos en ambas direcciones siendo el sistema con elementos estructurales con concreto de diseño con 18% de VRM el que experimento menos desplazamiento lateral con una deriva máxima en la dirección X de 0.0048 y en la dirección Y de 0.0033, se puede observar una relación con el periodo de vibración de la misma estructura, al presentar esta una oscilación reducida, la estructura es más rígida y como resultado de ello presenta unos desplazamientos menores. Por todo lo antes mencionado para el diseño estructural en concreto armado se usó los resultados del tercer caso; la estructura con concreto de diseño del 18% de sustitución por VRM que dio como resultado los planos estructurales de la vivienda unifamiliar, de la misma forma para el cálculo del análisis de costos unitarios y presupuesto del concreto en toda la estructura de la edificación se utilizó el concreto especial

4.5. Diseño Estructural

4.5.1. Diseño de elementos estructurales

Viga Principal Critica

Del programa de análisis estructural asistido por ordenador se extrajo después del aplicar las combinaciones por tipos de carga de la normativa de concreto reforzado peruana y analizar el apeo de vigas. En la figura 37 se muestra el máximo momento flector (MF) con el cual se diseñará la viga.

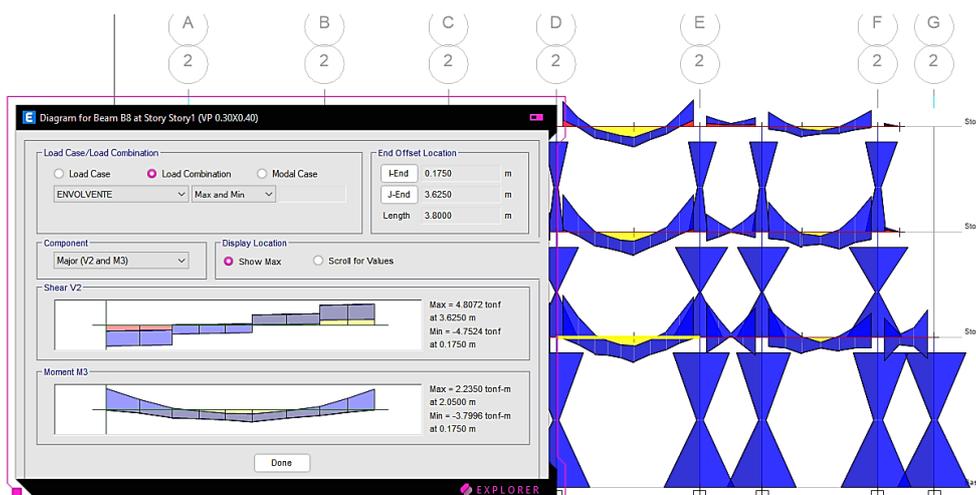


Figura 37. MF producto de la Envolvente - viga. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 70, se expone los datos del material y la sección para el diseño.

Tabla 70. Propiedades del material y geometría

Elemento	f'c (kg/cm ²)	fy (kg/cm ²)	Base [b] (cm)	Peralte [h] (cm)	β_1	\emptyset	d (cm)	M_u (ton*m)
Viga	296	4200	30	40	0.8385	0.9	34.25	3.80

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el acero de diseño por flexión.

$$A_s = \frac{0.85f'_c b d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\emptyset 0.85f'_c b d^2}} \right]$$

En la tabla 71 se observa los cálculos hallados.

Tabla 71. Cálculo de acero y cuantías

$A_{s\text{diseño}}$ (cm ²)	$\rho_{\text{diseño}}$	ρ_b	ρ_{max}	$A_{s\text{min}}$ (cm ²)	ρ_{min}	$M_u R$ (ton*m)	Verificación
3.01	0.00293	0.0295	0.0147	2.95	0.0028	17.2	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, el acero que se colocó en la viga fueron 6 varillas de ½ pulgada, distribuidas 3 varillas positivas y 3 varillas negativas, revisar anexos para observar los detalles estructurales.

Para el cálculo del refuerzo por corte se usaron las siguientes fórmulas de acuerdo a la norma peruana.

$$\emptyset V_c = \emptyset 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d \quad y \quad V_s = \frac{A_v * f_y * d}{S}$$

En la tabla 72 se muestra el resumen del diseño del refuerzo por fuerza cortante.

Tabla 72. Cálculo del estribos y espaciamiento

V_u (ton)	\emptyset	Diam. Estribo	d (cm)	$\emptyset V_c$ (ton)	$\emptyset V_c / 2$ (ton)	$2\emptyset V_c$ (ton)	$Scal$ (cm)	$Smax$ (cm)
4.807	0.85	3/8"	34.25	7.96	3.98	15.92	-	17.13

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los cálculos se requiere un refuerzo mínimo al corte, casi la mayor parte lo absorbe el concreto, sin embargo, debido al criterio del investigador se colocó estribos en la parte central para confinar el apeo de la viga en suspensión, revisar anexos de planos estructurales para constatar espaciamientos de estribos y demás detalles.

Viga Secundaria

Se efectuaron los mismos cálculos, de forma simplificada se presentan a continuación en la figura 38.

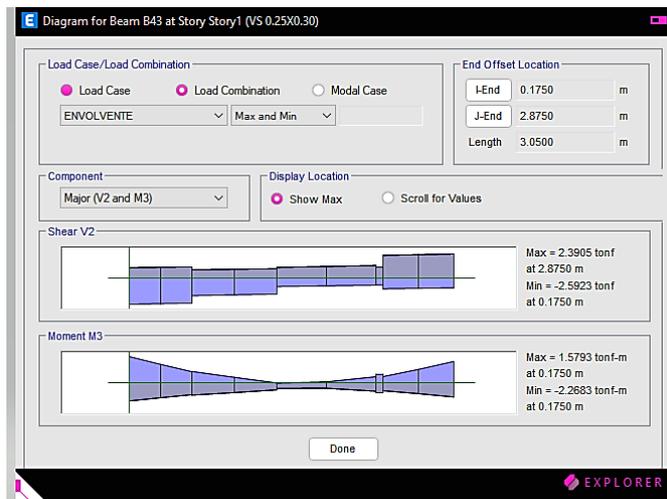


Figura 38. MF producto de la Envolvente - viga secundaria. Fuente: Elaboración propia.

En las tablas 73 y 74, se resume el cálculo del diseño a flexión y corte.

Tabla 73. Cálculo del acero y cuantías viga secundaria

$A_{s\text{diseño}}$ (cm^2)	$\rho_{\text{diseño}}$	ρ_b	ρ_{max}	$A_{s\text{min}}$ (cm^2)	ρ_{min}	$M_u R$ ($\text{ton}\cdot\text{m}$)	Verificación
2.55	0.00421	0.0295	0.0147	1.74	0.0028	14.4	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se usaron 2 aceros longitudinales de 1/2" para cumplir la cuantía mínima y el acero de diseño, en total 4 @1/2".

En la tabla 74 se muestra el resumen del diseño del refuerzo por fuerza cortante de la viga secundaria

Tabla 74. Cálculo de estribos y espaciamiento viga secundaria

V_u (ton)	ϕ	Diam. Estribo	d (cm)	ϕV_c (ton)	$\phi V_c/2$ (ton)	$2\phi V_c$ (ton)	$Scal$ (cm)	$Smax$ (cm)
2.592	0.85	3/8"	34.25	6.64	3.32	13.27	-	17.13

Fuente: Elaboración propia.

Los estribos fueron de 3/8" espaciados a un máximo de 20 cm. Por otro lado, las viguetas no se diseñaron por que no existen cargas o casos particulares que lo ameriten.

Diseño de Losa aligerada

Se analizó la franja de vigueta más crítica para realizar el modelo matemático con las cargas que actúan sobre ella y se encuentran definidas en el predimensionamiento de la columna para así saber los momentos flectores para distribuir los aceros. En la figura 39 se exhibe el análisis por separado que se le realizó a la vigueta entre los ejes E y D en el programa de apoyo.

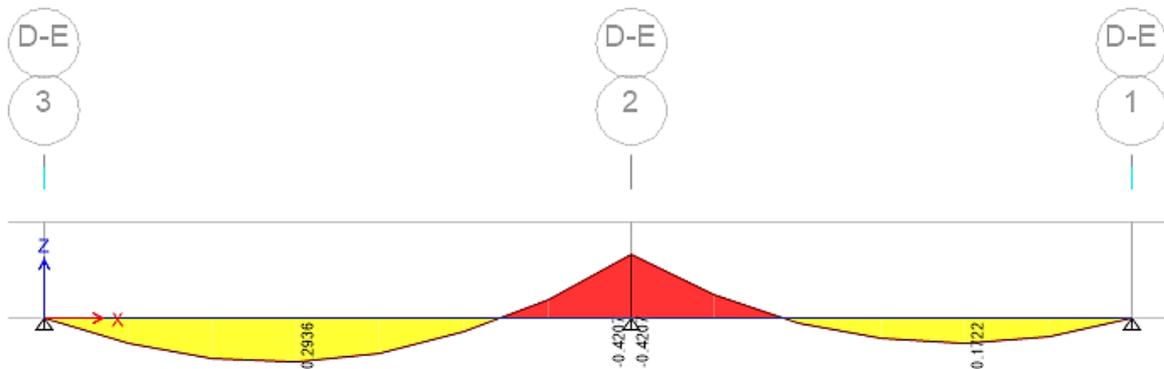


Figura 39. Diagrama de MF de la vigueta - losa aligerada. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 75 se detalla el computo del acero mínimo y de diseño para su distribución en las viguetas. Los MF negativos en los extremos se despreciaron resultando en un análisis más conservador ya que los momentos que se observan aumentaron, por ende, solo se analizó la vigueta en los tres tramos con los MF máximos.

Tabla 75. Cálculo del acero y cuantías en la vigueta de la losa aligerada

d (cm)	Tra- mo	$A_{S_{diseño}}$ (cm ²)	$\rho_{diseño}$	ρ_b	ρ_{max}	$A_{S_{min}}$ (cm ²)	ρ_{min}	$M_u R$ (ton*m)	Verific.
17	T1+	0.47	0.00275	0.0295	0.0147	0.49	0.0028	1.4	Cumple
17	T2-	0.68	0.00398	0.0295	0.0147	0.49	0.0028	1.4	Cumple
17	T3+	0.27	0.00160	0.0295	0.0147	0.49	0.0028	1.4	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se procedió a proponer los aceros de 3/8" en donde requirió refuerzo a las distancias de acuerdo a las zonas solicitantes.

Diseño de columna crítica

En la tabla 76 se observan los datos técnicos para el cálculo del refuerzo de la columna.

Tabla 76. Datos de la geometría y el material - computo de acero en columnas

Sección (cm ²)	Área G. (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	fy (kg/cm ²)	r (cm)	bc (cm)	Hn (cm)
35x35	1225	296	4200	4	25.73	400

Fuente: Elaboración propia.

Con la información se calculó el acero longitudinal y transversal en la tabla 77 y 78.

Tabla 77. Acero de refuerzo longitudinal en columna

$A_{S_{min}}$ (cm ²)	$A_{S_{max}}$ (cm ²)	$A_{S_{max}} ACI$ (cm ²)	$A_{S_{max}} Calculado$ (cm ²)	A. Longi. (cm ²)	(%) Selección
12.25	73.5	30.625	13.94	4@3/4"+2@1/2"	1.13

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se determinó el espaciamiento y cantidad de refuerzo transversal rectangular de acuerdo al capítulo 21 de la norma de concreto armado en la tabla 78 se muestra el cálculo, para el caso de un sistema tipo pórticos. Cabe mencionar que en la edificación se tiene una sola columna típica por lo que solo se realizó el diseño a la más crítica.

Tabla 78. Refuerzo transversal y confinamiento en columna

A_{ch} (cm ²)	De (cm)	A_{ch} (cm ²)	A_{sh} (cm ²)	L_o (cm)	S_o (cm)	C_{S_o} (cm)	$A_{Trans.}$ (cm ²)
729	0.47	3.7100	3.7013	66	10	25	2@1/2"+1@12mm

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se obtuvo un espaciamiento de 0.66 m en la zona de confinamiento de la columna, en la zona central no confinada un espaciamiento de 0.25 m en el resto del total de columna, asimismo para la zona de intersección entre columna y viga estribos a cada 0.10 m, en general para el caso de aceros en un sistema aporticado rige lo que menciona la norma por encima de los cálculos de acero mínimo con la finalidad de que se obtenga una estructura con los requisitos mínimos debido a la zona sísmica en que se encuentra el territorio peruano.

4.6. Análisis de costos directos y su influencia en el presupuesto

4.6.1. Análisis de precios unitarios (APU) de los diseños de mezcla.

APU concreto con diseño de mezcla patrón

Tabla 79. APU del concreto con diseño de mezcla patrón - columna

Análisis de precios unitarios								
Presupuesto	0101109	DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023						
Subpresupuesto	001	GRANDE ASTO CARLOS BERNARD					Fecha	20/06/2023
Partida	01.01	CONCRETO PATRÓN F'C DE DISEÑO =210 KG/CM2 → F'C DE ROTURA =279 KG/CM2 - COLUMNAS						
Rendimiento	m3/DIA	Mo.10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por: m3			510.96	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1600	31.46	5.03		
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	26.22	41.95		
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	20.60	32.96		
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.0000	18.55	149.20		
							229.14	
Materiales								
0222180001	PIEDRA CHANCADA 1"	m3		0.4010	50.85	20.40		
0222180020	ARENA GRUESA	m3		0.2850	46.61	13.30		
0222180002	AGUA	m3		0.1987	6.13	1.22		
0215010001	CEMENTO ANDINO ULTRA HS (TIPO 2)	bol		8.1000	26.27	212.80		
							247.72	
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	229.14	6.87		
0222160008	MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 (23HP)	hm	1.0000	0.8000	26.21	20.97		
0301290002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.50"	hm	1.0000	0.8000	7.78	6.22		
							34.10	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 79 se muestra los resultados del APU realizados al concreto patrón o convencional para la preparación y vaciado de una columna, para ello se tuvo en cuenta los materiales que se usaron en los diseños de mezcla efectuados en la presente investigación se usaron los precios de los materiales sin su IGV tal como señala la OSCE. Por otro lado, las cuadrillas y los rendimientos se obtuvieron del libro de costos y presupuestos de CAPECO, los precios unitarios se tomaron del suplemento técnico de la Revista Costos del mes de abril del año en curso. Se extrae del APU del concreto convencional, que para un metro cubico de concreto solo en materiales se tiene un costo de 247.72 soles, esto se debe principalmente al precio de la bolsa de cemento andino de alta resistencia al salitre con un costo de S/. 31.00 con IGV, sin el 18% de IGV es de S/. 26.27 la mano de obra tiene un costo total de S/. 229.14 y el costo de los equipos de S/. 34.10, dándonos un total de costo por la partida de S/. 510.96 soles.

Tabla 80. APU del concreto con diseño de mezcla patrón - viga

Análisis de precios unitarios								
Presupuesto	0101109	DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023						
Subpresupuesto	001	GRANDE ASTO CARLOS BERNARD					Fecha	20/06/2023
Partida	01.02	CONCRETO PATRÓN F'C DE DISEÑO =210 KG/CM2 → F'C DE ROTURA =279 KG/CM2 - VIGAS						
Rendimiento	m3/DIA	Mo.20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por: m3			379.33	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0800	31.46	2.52		
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	26.22	20.98		
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	20.60	16.48		
0101010005	PEON	hh	10.0000	4.0000	18.55	74.60		
Materiales								
0222180001	PIEDRA CHANCADA 1"	m3		0.4010	50.85	20.40		
0222180020	ARENA GRUESA	m3		0.2850	46.61	13.30		
0222180002	AGUA	m3		0.1987	6.13	1.22		
0215010001	CEMENTO ANDINO ULTRA HS (TIPO 2)	bol		8.1000	26.27	212.80		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	114.58	3.44		
0222160008	MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 (23HP)	hm	1.0000	0.8000	26.21	10.48		
0301290002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.50"	hm	1.0000	0.8000	7.78	3.11		
							17.03	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 80 se detalla el APU del concreto patrón para para la preparación y vaciado una viga teniendo un precio inferior al de la columna, siendo este de S/. 379.33 soles.

APU concreto con diseño de mezcla con 18% de sustitución del árido fino por VRM.

Se selecciono el concreto modificado con 18% de VRM por encima del mismo con 16% de VRM ya que tanto en el f'c y fr a los 28 días es superior, como en la cantidad de arena gruesa que se reemplaza, volviendo más económico el concreto.

En la tabla 81 se aprecia el cómputo de los materiales, mano de obra y equipos para un m³ de concreto con sustitución del 18% del volumen de arena gruesa por VRM aplicado en columnas.

Tabla 81. APU del concreto con diseño de mezcla de 18% por VRM - columna

Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	0101109	DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023					
Subpresupuesto	001	GRANDE ASTO CARLOS BERNARD				Fecha	20/06/2023
Partida	01.03	CONCRETO VIDRIO 18% F'C 296 KG/CM2 - COLUMNAS					
Rendimiento	m3/DIA	Mo.10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por: m3		508.39	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1600	31.46	5.03	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	26.22	41.95	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	20.60	32.96	
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.0000	18.55	149.20	
						229.14	
Materiales							
0222180001	PIEDRA CHANCADA 1"	m3		0.3894	50.85	19.80	
0222180020	ARENA GRUESA	m3		0.2431	46.61	11.33	
0222180002	AGUA	m3		0.1996	6.13	1.22	
0215010001	CEMENTO ANDINO ULTRA HS (TIPO 2)	bol		8.1000	26.27	212.80	
0240150010	VIDRIO RECICLADO MOLIDO (18%)	m3		0.0518	0.00	0.00	
						245.15	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	229.14	6.87	
0222160008	MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 (23HP)	hm	1.0000	0.8000	26.21	20.97	
0301290002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.50"	hm	1.0000	0.8000	7.78	6.22	
						34.10	

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del costo unitario por m³ de concreto con sustitución del 18% por VRM para columnas es de S/. 508.39, esto se debe a una reducción del agregado fino en 18 %, al igual que la piedra chancada también redujo su proporción en la dosificación, además el VRM es un material que fue obtenido del reciclaje de vidrios planos flotados, envases y botellas, y su proceso de activación para ser empleado en la mezcla del concreto tuvo métodos artesanales seguros, por lo mismo, se consideró un precio de S/. 0.00 soles en el análisis de costos, obteniendo un concreto más económico.

En la tabla 82 se aprecia el cálculo de los materiales, mano de obra y equipos para un m³ de concreto con sustitución del 18% del volumen de la arena gruesa por VRM aplicado en vigas.

Tabla 82. APU del concreto con diseño de mezcla de 18% por VRM - viga

Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	0101109	DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023					
Subpresupuesto	001	GRANDE ASTO CARLOS BERNARD				Fecha	20/06/2023
Partida	01.04	CONCRETO VIDRIO 18% F'c 296 KG/CM2 - VIGAS					
Rendimiento	m3/DIA	Mo.20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por: m3		376.76	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0800	31.46	2.52	
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	26.22	20.98	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	20.60	16.48	
0101010005	PEON	hh	10.0000	4.0000	18.55	74.60	
Materiales							
0222180001	PIEDRA CHANCADA 1"	m3		0.3894	50.85	19.80	
0222180020	ARENA GRUESA	m3		0.2431	46.61	11.33	
0222180002	AGUA	m3		0.1996	6.13	1.22	
0215010001	CEMENTO ANDINO ULTRA HS (TIPO 2)	bol		8.1000	26.27	212.80	
0240150010	VIDRIO RECICLADO MOLIDO (18%)	m3		0.0518	0.00	0.00	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	114.58	3.44	
0222160008	MEZCLADORA DE CONCRETO 11P3 (23HP)	hm	1.0000	0.8000	26.21	10.48	
0301290002	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 1.50"	hm	1.0000	0.8000	7.78	3.11	
						17.03	

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que el m³ de concreto modificado con 18% de VRM es ligeramente más económico con un costo unitario de S/. 376.76 soles. En la figura 40 se comparó los APU de los concretos obtenidos en laboratorio.

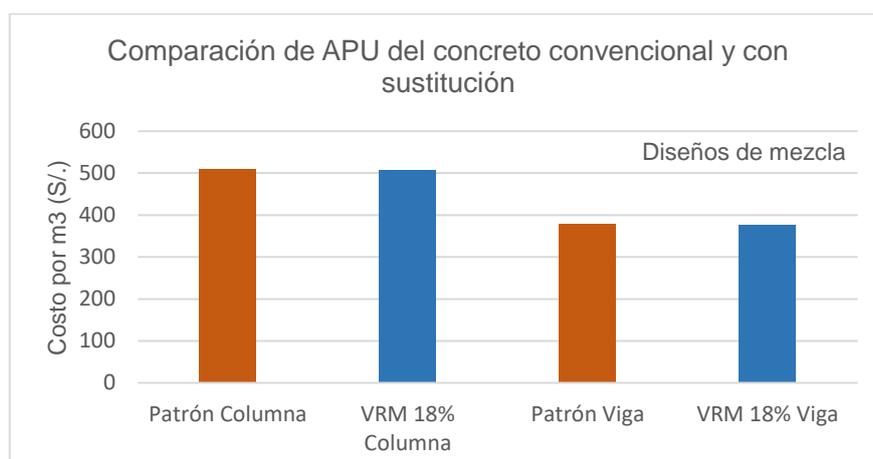


Figura 40. APU del concreto de diseño de mezcla patrón. Fuente: Elaboración propia.

Se pudo observar una disminución de los costos de elaboración del concreto para columnas de S/. 2.57 soles lo que equivale a un 0.5% más económico el concreto con 18% de sustitución por VRM con respecto al concreto normal o de control. Esto se debió a que el vidrio es un material que podemos obtener de reciclaje, en su proceso de limpieza solo es necesario agua y detergente, insumos que podemos obtener fácilmente en un hogar, la trituración y molienda haciendo uso de los EPP necesarios se puede llevar a cabo sin la necesidad de requerir un molino, sin contaminar el VRM, de igual manera, en la fabricación de concreto para vigas se logró reducir en un costo de S/. 2.57 por m³ de concreto o lo que equivale a un 0.68%, esto se debe a los precios de mano de obra que están relacionados al rendimiento de los trabajadores de 20m³ al día y el concreto para columnas el rendimiento es de la mitad de 10m³ al día, por lo que para un concreto modificado con 18% de VRM en vigas es de S/.114.58 y el mismo en columnas tiene un precio de S/.229.14.

V. DISCUSIÓN

En relación al primer objetivo de la investigación el cual es determinar en qué medida la dosificación de vidrio reciclado molido influirá en la resistencia a la compresión y flexión del concreto, se obtuvieron resultados positivos observando una ganancia de resistencia de las probetas cilíndricas y rectangulares de concreto modificado en un 16% y 18% del agregado fino por el VRM en comparación con el concreto de control de factor 210 kg/cm² a los 7 y 28 días de curado, teniendo resistencias a la compresión promedios a los 28 días de 279.3 kg/cm² para el concreto patrón, de 288.5 kg/cm² para el concreto modificado con 16% de VRM y de 296.1 kg/cm² para los modificados con 18%, de la misma manera para el ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días de sumergidas en agua se obtuvieron módulos de rotura promedio de 44.0 kg/cm² para el patrón, 46.45 kg/cm² para el concreto con sustitución del 16% de VRM y de 50.15 kg/cm² para el concreto con 18% de VRM, se concluye que el mejor porcentaje de remplazo por el agregado fino es de 18% de VRM y que su f'c presenta una ganancia de 6.02% respecto al patrón. Resultados que al ser comparados con los encontrados por Bahadur y Kumar (2023) en su artículo de revista científica An investigation of waste glass powder with the substitution of sand on concrete mix, concluyeron que para un diseño de mezcla de 30 MPa o 305 kg/cm² con porcentajes de sustitución de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de polvo de vidrio desechado, después de realizar ensayos a compresión a los 28 días de inmersión en el agua obtuvieron resultados de 375.4, 392.5, 417.5, 439.5 y 426.4 kg/cm² respectivamente, señalando que el porcentaje más óptimo es el de 15% de polvo de vidrio ya que presenta una ganancia de 17.05% respecto al concreto normal. Del mismo modo, Bendezú (2019) en su investigación titulada Análisis de la resistencia a la compresión del concreto f'c 210 kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido, concluyó que después de realizar el diseño de mezcla del concreto por el método ACI aplicando remplazos del 15%, 20% y 25% del árido fino por el vidrio molido y realizar rotura de probetas a los 28 días de curado obtuvo resistencias a la compresión promedios de 213.34, 252.42, 228.20 y 217.60 kg/cm² respectivamente, señaló que el porcentaje más beneficioso de remplazo es de 15% de vidrio molido pues respecto al patrón tiene una ganancia de 18.32%. De esta forma se concluye que el remplazo del árido fino por VRM en 18% es la dosificación más óptima con las que obtenemos mejores propiedades en el concreto tanto en su f'c, como módulo de rotura, en los antecedentes no se había

trabajado con este porcentaje de sustitución por lo que este puede servir de guía para que se propongan nuevos porcentajes de sustitución bajo la metodología de activación que se detalla en la investigación. Por otro lado, existen si bien es cierto existen diferencias con respecto a los valores de $f'c$ esto se debe a la metodología de cada autor y las materias primas utilizadas en cada uno de las investigaciones.

Con respecto al segundo objetivo, determinar en qué medida el empleo de vidrio reciclado molido en el concreto influirá en el comportamiento sísmico de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, se obtuvieron resultados beneficiosos como se muestra en la figura 30 para los periodos de vibración; y las figuras 33 y 34 para las derivas inelásticas máximas de entrepiso del edificio vivienda unifamiliar de 3 pisos evaluadas con cambios en las propiedades del concreto en el programa ETABS V.21, con los resultados de los ensayos de laboratorio, dieron como resultado 3 tipos de casos de comportamiento sísmico en la misma estructura, el primer caso con un concreto de diseño teórico de 210 kg/cm^2 presento unos periodos de vibración, en la dirección X de 0.376 segundos y en la dirección Y de 0.322 segundos, las derivas inelásticas máximas en la dirección X y Y fueron de 0.0058 y 0.0039 respectivamente, el segundo caso con un $f'c$ de 279 kg/cm^2 obtenido de los ensayos de carga axial a las probetas patrón, presentaron unos periodos de vibración reducidos en X y Y de 0.350 segundos y 0.300 segundos respectivamente, de la misma manera las distorsiones máximas de entrepiso se redujeron en X y Y obteniendo unos valores de 0.0050 y 0.0034 respectivamente, y el tercer caso con el $f'c$ de 296 kg/cm^2 más beneficioso obtenido del ensayo de compresión en las probetas con remplazo de 18% por VRM, presentaron unos periodos de vibración reducidos tanto en X como en Y con unos valores de 0.344 y 0.296 respectivamente, así como también, las distorsiones máximas de entrepiso también se redujeron en ambas direcciones X y Y con valores de 0.048 y 0.033, todos los casos cumplen con lo que menciona la norma E.030 de una distorsión límite de 0.007 para el sistema estructural que se está utilizando. Los desplazamientos máximos laterales en los últimos niveles (techos del 3er nivel) siguiendo el mismo orden con los que se trataron los casos para la dirección en X (o el sismo dinámico en la dirección X) se tienen valores de 0.0434 m, 0.0376 m y 0.0365 m respectivamente, para la dirección en Y (o el sismo dinámico en la dirección Y) se tienen los siguientes desplazamientos de 0.0276m, 0.0240m y

0.0232m. Al compararlos con los resultados obtenidos por Rivera y Sandivar (2021) en su investigación denominada Diseño estructural empleando vidrio molido al concreto como mejora a la resistencia de compresión, San Juan de Miraflores, concluyeron que luego de realizar todo el proceso de diseño de mezcla bajo la normativa ACI, elaborar y ensayar sus probetas con porcentajes de 0%, 20%, 30% y 40% de vidrio en remplazo del árido fino a compresión hallaron que a mayor remplazo de arena gruesa por vidrio mejor $f'c$ obteniendo los siguientes resultados 238, 248, 264 y 291 kg/cm^2 , así mismo también analizó los resultados del comportamiento sísmico a través de la derivas o distorsiones máximas de entrepiso obtenido valores para un concreto control de $f'c$ 210 kg/cm^2 en dirección X y Y de 0.00279 y 0.00260 respectivamente y uno modificado de 291 kg/cm^2 en dirección X y Y de 0.00277 y 0.00257 respectivamente en cada sentido de análisis, se puede observar que la edificación cumple con los límites que proporciona la norma peruana para el diseño sismorresistente, además de una ligera reducción de las distorsiones de entrepiso. De forma similar, Yapu (2021) en su tesis Diseño estructural empleando vidrio reciclado para mejorar la resistencia en el factor concreto 210 kg/cm^2 , elementos estructurales, Punta Negra, concluyo que al emplear vidrio molido en el concreto por el agregado grueso en un 10% y sin tener en cuenta el ASR mejora su $f'c$ significativamente, los periodos de vibración de la estructura propuesta y analizada con este material se reducen ligeramente, casi no se diferencian, con valores muy cercanos entre sí que se detallan a continuación, el periodo obtenido con el concreto normal en la dirección X es de 0.240 s y en la dirección Y de 0.147 s, para el concreto modificado obtuvo en el sentido de análisis X de 0.233 s y en la dirección Y de 0.147 s, a pesar que el autor considero el remplazo del vidrio por el agregado grueso, en términos generales, se puede extraer que cuando el $f'c$ mejora el módulo de elasticidad si este se sigue comportando en el rango que estipula el ACI y la norma peruana tendrá ganancias significativas que podrá extrapolarse a toda la estructura otorgándole un comportamiento rígido. Se concluye que el vidrio otorga más rigidez a la estructura por ende esto se ve influenciado en la forma de vibrar del edificio, así como en los desplazamientos máximos y en las secciones finales de los elementos estructurales.

Según el tercer objetivo determinar en qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el presupuesto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, se concluyó que existe una reducción mínima en los costos del concreto pues para la preparación y vaciado de concreto se tiene un costo unitario por m^3 de S/. 510.96 en un concreto convencional, este comparado al concreto modificado con mejores características (18% de VRM) nos dio un costo unitario de S/. 508.39 lo que nos da una diferencia de S/. 2.57 lo que equivale a un 0.5% de reducción de costos respecto al diseño patrón. Los resultados comparados a los encontrados por Arbelaez *et al.* (2022) en su investigación denominada Factores de emisión de concretos modificados con residuos de vidrio en reemplazo de los agregados finos concluyo que al remplazar el los residuos de vidrio en porcentajes de 0%,5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 50% a los 28 días después de realizar las probetas y curarlas que la resistencia más optima se obtenía con un porcentaje de 20% de sustitución, además que esta representa un 5.5% más de f'c, y sobre todo que logro reducir los costos de elaboración en un 0.7% o lo que equivale a un aproximado de 113.50 dólares por lo que esta investigación corrobora que los resultados obtenidos guardan relación con los del autor citado. Según Soto (2021) en su investigación denominada Propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ concluyo que al emplear el vidrio molido en las vigas de concreto armado se ve una mejora en la resistencia a compresión, lo mismo sucede con el precio por m^3 de elaboración de toda la viga incluyendo acero que haciende a un precio para el concreto más beneficioso, el cual es el concreto con remplazo del 5 % del agregado fino con refuerzo de $\frac{1}{2}$ pulgada alcanzo una resistencia a la flexión de 73 kg/cm^2 y que este mismo después de realizar el análisis de costo unitario por m^3 obtuvo un valor de S/.1984.98, comparado al precio que resulto del APU del concreto tradicional de S/.2077.94, tuvo una diferencia de S/.92.96, lo que en porcentaje significa ser 4.47% más económica una respecto a la otra. En síntesis, remplazar el VRM en la preparación de mezcla por la arena gruesa tanto los resultados obtenidos como los de otros investigadores confirman la hipótesis que efectivamente existe una influencia a tener en cuenta pues si bien es cierto solo en la partida de preparación y vaciado concreto se tiene un ahorro de menos del 1%, la ganancia de resistencia y poder reutilizar una materia desechada con muy

buenas características que tratadas de la forma correcta pueden ser la materia prima para la construcción utilizándola como concreto de mejor resistencia, al mismo tiempo que ayudamos a reducir la explotación de canteras de agregados y apoyamos en una cultura más sostenible.

VI. CONCLUSIONES

Lo expuesto a lo largo de la investigación permite presentar las siguientes conclusiones:

Con respecto al primer objetivo, se concluyó que habiendo realizado el diseño de mezcla patrón con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ por el método ACI, luego de elaborado las probetas cilíndricas y rectangulares (vigas) para ser ensayadas a los 7 y 28 días de curadas, al máximo tiempo de inmersión en el agua se obtuvieron resistencias a la compresión que al ser promediadas nos dieron un valor de 279.3 kg/cm^2 , de la misma manera cuando se sustituyó un 16% de vidrio reciclado molido (VRM) por la arena gruesa se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 288.5 kg/cm^2 y por último después de remplazar un 18% de VRM se alcanzó una resistencia de 296.1 kg/cm^2 , así mismo se obtuvo de los ensayos de resistencia a flexión los siguientes módulos de rotura para los mismos casos presentados, para el patrón de 44.5 kg/cm^2 , para el 16% de remplazo un fr promedio de 46.45 kg/cm^2 y para un 18% de sustitución un fr promedio de 50.15 kg/cm^2 , por lo tanto se deduce que el mejor porcentaje de remplazo es del 18% teniendo una mejor resistencia a la compresión y flexión, en un 6.02% y 12.7% respectivamente, influyendo positivamente en el diseño estructural de la vivienda unifamiliar.

De los resultados del análisis sísmico efectuados bajo la norma E.030, se concluyó que habiendo utilizado las resistencias obtenidas de los ensayos de laboratorio y asignarlas a la estructura a base de pórticos propuesta aplicando un análisis modal espectral en ambas direcciones de análisis "X-X" y "Y-Y" se obtuvieron los resultados de los periodos de vibración más influyentes y las derivas máximas de entrepiso, determinando para el concreto convencional unos periodos de vibración de 0.350 segundos en la dirección "X-X" y de 0.300 segundos en la dirección "Y-Y", así mismo unas derivas inelásticas relativas máximas de 0.0050 en la dirección del sismo dinámico en "X-X" y de 0.0034 en la dirección del sismo dinámico en "Y-Y", con respecto al concreto modificado con 18% de VRM bajo el mismo análisis que el anterior se obtuvieron periodos de vibración de 0.344 segundos en la dirección "X-X" y de 0.296 segundos en la dirección en "Y-Y", del mismo modo unas distorsiones de entrepiso máximas de 0.048 en la dirección "X-X" y de 0.033 en la dirección "Y-Y", por lo tanto se evidencia una reducción tanto en los periodos de vibración o en el tiempo que tarda en hacer una oscilación completa la estructura y

de las distorsiones laterales que puede llegar a tener un piso respecto al otro otorgándole un mayor rigidez al edificio y por ende un mejor comportamiento sísmico, siendo este fundamental en zonas como Jicamarca donde no se tiene un control a los procesos constructivos.

Finalmente, se concluye que después de obtener la dosificación del concreto convencional y el modificado con residuos de vidrio al 18% o denominado (VRM 18%) y efectuarse los análisis de precios unitarios para la preparación y vaciado de un m³ de concreto en columnas y vigas, se obtuvieron que el costo unitario para una columna sumando los materiales, mano de obra y equipos que se utilizan para esta actividad se tiene un precio unitario para el concreto tradicional de S/. 510.96, y para el concreto con 18% de VRM de S/. 508.39 teniendo una reducción de S/. 2.57, de la misma manera el costo unitario para elaborar y verter concreto convencional en una viga es de S/. 379.33 y para un concreto modificado con VRM 18% de S/. 376.76, obteniendo una diferencia de S/. 2.57. Por lo tanto se observa que adicionar residuos de vidrios producto del reciclaje tiene una influencia positiva en los costos para elaborar concreto haciéndolo este ligeramente más económico, en un 0.5% en el caso del concreto con VRM 18% para construir una columna y de 0.68% en el caso del concreto con VRM 18% para una viga, esto demuestra que a pesar de no obtener una gran diferencia en los precios unitarios al extrapolarlos en todo el concreto en columnas y vigas de una vivienda unifamiliar se puede obtener un ahorro que puede impactar significativamente en la vivienda si se emplea para contratar a profesionales o personal idóneo para construir una vivienda económica y sismorresistente.

VII. RECOMENDACIONES

Conforme a lo desarrollado en la investigación se sugieren los siguientes puntos a tener en cuenta si se desea replicar o usar la investigación, así como los nuevos enfoques que se desprenden de la misma:

1. Emplear equipos de protección personal al momento de triturar y moler el vidrio ya que estos son muy perjudiciales si entran en contacto con la parte externa e interna del cuerpo humano, además, de realizar la molienda por el método descrito en la investigación tomar en consideración el ruido que desprende el proceso para evitar problemas con las personas aledañas al área donde se realice.
2. Realizar investigaciones más profundas acerca de las propiedades del vidrio en el concreto, como por ejemplo evaluar su módulo de elasticidad.
3. Proponer nuevas dosificaciones en remplazo del cemento y el agregado fino exponiendo al detalle el proceso que se llevó a cabo por que existen muchas investigaciones con limitaciones de poder ser aplicadas en ese sentido.
4. Se podría evaluar la reutilización del concreto con vidrio reciclado molido como relleno en perfiles rectangulares de acero para observar la mejora en sus propiedades mecánicas.
5. Evaluar dependiendo de la zona de estudios si el concreto con residuos de vidrio molido presenta mejores ventajas o desarrolla características desfavorables que hagan más costoso o beneficioso este material.
6. Proponer nuevas alternativas de sustitución por los agregados convencionales en el diseño de mezcla, ya que es una problemática latente futura, a lo que nos vamos a enfrentar tarde o temprano, viendo su influencia en el diseño estructural de edificaciones innovadoras de carácter social.
7. Otra línea de investigación es, si en un futuro se desarrolla concretos con adiciones de agregados reciclados, estos desechos de concretos, como se efectuará su disposición final o reaprovechamiento.

REFERENCIAS

ACHAHUANCO, Fredy. Incorporación de botellas de vidrio reciclado en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para pavimento rígido en Ayacucho – 2022. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2022. 194 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/92013>

AUCCA, Bryan y CARBAJAL, Daniel. Evaluación comparativa de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto tradicional, con respecto a un concreto traslucido, reemplazando el agregado fino por vidrio molido en diferentes porcentajes. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2021. 271 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4432>

ARBELAEZ, Oscar, AGUDELO, Juan, ACEVEDO, Mateo y VALENCIA, Santiago. Factores de emisión de concretos modificados con residuos de vidrio en reemplazo de los agregados finos. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería [en línea]. vol 30, n. 2. junio 2022. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000200368>

ISSN: 0718-3305

BAHADUR, Ram y KUMAR, Arun. An investigation of waste glass powder with the substitution of sand on concrete mix. Materials Today: Proceedings. 28 febrero 2023. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2023].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.123>

ISSN 2214-7853

BARTOLO, Kevin y LEDESMA, Carlos. Diseño del Sistema Aporticado de una Vivienda Multifamiliar de Seis Pisos Empleando Fibra de Acero, Santa Clara, Ate – 2021. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. 192 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/79372>

BENDEZU, Alexis. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2019. 149 pp.

Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3339>

BUSTAMANTE, María y RAMOS, Nadia. Estudio de la influencia de la adición del vidrio reciclado en la resistencia a compresión del concreto y beneficio en el ambiente. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2022. 108 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/30895>

Banco Mundial. Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes [en línea]. 20 septiembre 2018. [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

CAMPOS, Joan y HERNANDEZ, Isabel. Influencia del vidrio reciclado en las propiedades mecánicas en bloques intertrabados de concreto de cemento Portland, Trujillo 2021. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2021. 140 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/27990>

CARVAJAL, Héctor, TEIJEIRO, Mercedes y GARCÍA, María. Análisis de la gestión de los residuos sólidos urbanos en Europa. Universidad Y Sociedad [en línea]. vol 14, 17 enero 2022. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2570>

ISSN: 2218-3620

CONCYTEC. Guía práctica para la formulación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo (I+D). Dirección de Políticas y Programas de CTI [en línea]. 4 noviembre 2020. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/concytec/informes-publicaciones/1323538-guia-practica-para-la-formulacion-y-ejecucion-de-proyecto-de-investigacion-y-desarrollo>

DÍAZ, Roxana, VELARDE, Gabriela y LINO, Gladys. Análisis de flujo de materiales de envases de vidrio para producción, consumo y comercio en el Perú durante 2018. South Sustainability [en línea]. vol 2, 21 julio 2021. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/946/841/>

ESMAEILI, Jamshid y OUDAH, Ammar. A review: Properties of eco-friendly ultra-high-performance concrete incorporated with waste glass as a partial replacement for cement. Materials Today: Proceedings [en línea]. vol 42, 1 enero 2021. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2022].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.12.242>

ISSN: 2214-7853

FRÓMETA, Zenaida, VIDAUD, Ingrid, FONT, Elaine y NEGRET, Daniela. Empleo del vidrio reciclado triturado en sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba: Ciencia en su PC [en línea]. vol 1, n. 4, octubre 2020. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/1813/181366194006/181366194006.pdf>

ISSN: 1027-2887

GUO, Pengwei [et al.]. New perspectives on recycling waste glass in manufacturing concrete for sustainable civil infrastructure. *Construction and Building Materials* [en línea]. vol 257, 10 octubre 2020. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.119579>

ISSN: 0950-0618

HARMSSEN, Teodoro. *Diseño de estructuras de concreto armado* [en línea]. 5.a ed. Lima: ALFAOMEGA U.C. DEL PERU, 2019. 966 pp.

Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Dise%C3%B1o_de_estructuras_de_concreto_armad.html?id=mfR5EAAAQBAJ&redir_esc=y

ISBN: 9789587785234

HALOUB, Mohammed A. Abu. *Effect of Using Glass Powder as Partial Cement Replacement on Physical and Mechanical Behavior of Concrete*. Tesis Doctoral. The Islamic University of Gaza, 2018. [fecha de consulta: 16 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://library.iugaza.edu.ps/thesis/125517.pdf>

HERNÁNDEZ, Ezequiel y ROJAS, Juan. *Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino*. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2021. 83 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/27150>

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGRAW-HILL, 2018. 714 pp.

Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/METODOLOG%3%8DA_DE_LA_INVESTIGACI%3%93N.html?id=5A2QDwAAQBAJ&redir_esc=y

ISBN: 9781456260965

HO, Lanh y HUYNH, Trong- Phuoc. *Recycled waste medical glass as a fine aggregate replacement in low environmental impact concrete: Effects on long-term*

strength and durability performance. Journal of Cleaner Production [en línea]. vol 368, 25 septiembre 2022. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.133144>

ISSN: 0959-6526

Instituto Nacional de Calidad (Perú). NTP 239.700: 2021. CONCRETO. Lineamientos para reducir el riesgo de reacción nocivo del álcali-agregado en el concreto. Lima: INACAL, 2021. 36 pp.

Instituto Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.047: 2021. CONCRETO. Definiciones y terminologías relativas al concreto y agregados. Lima: INACAL, 2021. 44 pp.

Instituto Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.037: 2021. AGREGADOS. Agregado para concreto. Especificaciones. Lima: INACAL, 2021. 29 pp.

MANZOOR, Aadil, YASHPAL KUMAR, Er y SHARMA, Lovneesh. Comparison of partially replaced concrete by waste glass with control concrete Materials Today: Proceedings [en línea]. 20 septiembre 2022. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.092>

ISSN: 2214-7853

MORALES, Roberto. Diseño en Concreto Armado [en línea]. 3.a ed. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2006. [228] pp.

Disponible en: <http://sbiblio.uandina.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=16822>

ÑAUPAS, Humberto, VALDIVIA, Marcelino, PALACIOS, Jesús y ROMERO, Hugo. Metodología de la investigación Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis. 5.a ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. 559 pp.

Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=KzSjDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepag

ISBN: 9789587628760

PAUL, Deepa, BINDHU, K.R., MATOS, Ana y DELGADO, João. Eco-friendly concrete with waste glass powder: A sustainable and circular solution. *Construction and Building Materials* [en línea]. vol 355, 14 noviembre 2022. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2022.129217>

ISSN: 0950-0618

RIDDELL Rafael y HIDALGO Pedro. *Diseño Estructural* [en línea]. 6.a ed. Chile: Ediciones UC, 2018. 544 pp.

Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=2629689&site=eds-live>

ISBN: 9789561422490

RIVERA, Felipe y SANDIVAR, Max. *Diseño estructural empleando vidrio molido al concreto como mejora a la resistencia de compresión*, San Juan de Miraflores, 2021. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. 109 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81337>

SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos y MEJÍA, Katia. *Manual de términos en investigación científica, tecnología y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2018. 144 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/1480>

ISBN: 9786124735141

SEGURA, Luis, SIGÜENZA, Robert, SOLAR, Miguel y ZAMORA, Jesús. Efecto del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. *Universidad Y Sociedad* [en línea]. vol 14, 15 enero 2022. [Fecha de consulta: 26 de octubre de 2022]

Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2547>

ISSN: 2218-3620

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (Perú). Norma E.020. Cargas. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: SENCICO, 2020. 29pp.

ISBN: 9786124622199

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (Perú). Norma E.030. Diseño sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: SENCICO, 2020. 81pp.

ISBN: 978-6124842702

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (Perú). Norma E.040. Vidrio. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: SENCICO, 2020. 35pp.

ISBN: 9786124842726

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (Perú). Norma E.050. Suelos y cimentaciones. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: SENCICO, 2020. 82pp.

ISBN: 9786124842733

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (Perú). Norma E.060. Concreto Armado. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: SENCICO, 2020. 205pp.

ISBN: 9786124842740

SOTO, Marcos. Propuesta de mejora técnico económica para vigas de concreto armado con añadido de vidrio molido reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210$ kg/cm². Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2021. 296 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/29870>

TAMANNA, Nafisa, TULADHAR, Rabin y SIVAKUGAN, Nagaratnam. Performance of recycled waste glass sand as partial replacement of sand in concrete.

Construction and Building Materials [en línea]. vol 239, 10 abril 2020. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2022]

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117804>

ISSN: 0950-0618

TIBEBU, Anteneh [et al.]. Compression and workability behavior of chopped glass fiber reinforced concrete. Materials Today: Proceedings [en línea]. vol 62, 1 enero 2022. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.02.427>

ISSN: 2214-7853

TORRES, Luz. Adición del vidrio molido reciclado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto estructural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - 2020. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. 110 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/56047>

United Nations Environment Programme (UNEP). Sand and sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources. GRID-Geneva [en línea], United Nations Environment Programme, Geneva, Switzerland, febrero 2019. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]

Disponible en: <http://www.unepgrid.ch/>

ISSN: 978-92-807

WANG, Tianchun, SAN-NICOLAS, Rachel, KASHANI, Alireza y NGO, Tuan. Sustainable utilisation of low-grade and contaminated waste glass fines as a partial sand replacement in structural concrete. Case Studies in Construction Materials [en línea]. vol 16, junio 2022. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2022]

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00794>

ISSN: 2214-5095

YAPU, Cáceres. Diseño estructural empleando vidrio reciclado para mejorar la resistencia en el factor concreto 210 kg/cm², elementos estructurales, punta negra, 2021. Tesis (título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. 100 pp.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85798>

ANEXOS

ANEXO 1: Operacionalización de las Variables.

Diseño Estructural Incorporando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Elementos Estructurales de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2022

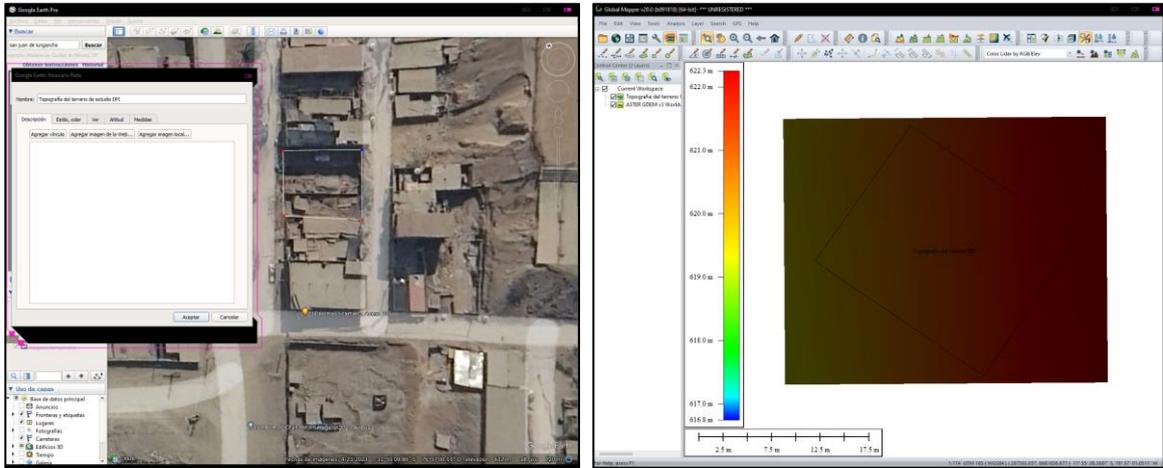
	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE
Variable Independiente Vidrio reciclado molido	Frometa, Vidaud, Font y Negret (2020) señalan que los hormigones o concretos con adición de vidrio reciclado [molido] no presentan diferencias significativas con relación a las principales propiedades [en estado fresco o endurecido] que manifiesta un concreto convencional, en ese sentido, estas propiedades son el peso, color, exudación, laborabilidad, consistencia, entre otras (p.68).	El vidrio reciclado molido es activado mecánicamente, presenta peso, tamaño y su dosificación será prevista con la finalidad de alcanzar los objetivos de estudio. Se miden en kilogramos, milímetros y porcentaje de sustitución en volumen del árido fino.	Dosificación	Porcentaje [%]	Numérica Continua
			Peso	Kilogramos [Kg]	Numérica Continua
			Tamaño	Milímetros [mm]	Numérica Continua
Variable Dependiente Diseño estructural	Riddell e Hidalgo (2018) mencionan que la finalidad de realizar un diseño estructural es proporcionar una estructura económica y segura para satisfacer las necesidades específicas requeridas, de forma general sus etapas son las siguientes: estructuración, análisis y dimensionamiento (p. 16).	El diseño estructural comprende en primer lugar la elección preliminar del material y sus propiedades, luego la estructuración de los elementos resistentes, el análisis de las cargas y esfuerzos de la estructura y por último el dimensionamiento final de las secciones o geometrías de los elementos estructurales de los cuales se parten para calcular los costos y presupuesto.	Propiedades del concreto endurecido	Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión	Numérica Continua
			Comportamiento sísmico	Periodos de vibración Derivas de entrepiso	Numérica Continua
			Presupuesto	Análisis de precios unitarios Metrados	Numérica Continua

ANEXO 2: Matriz de consistencia.

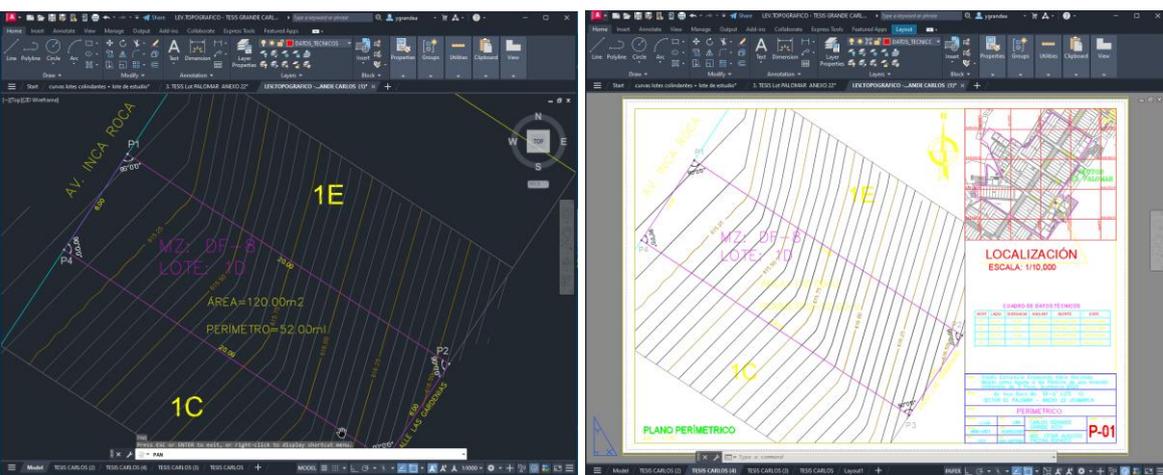
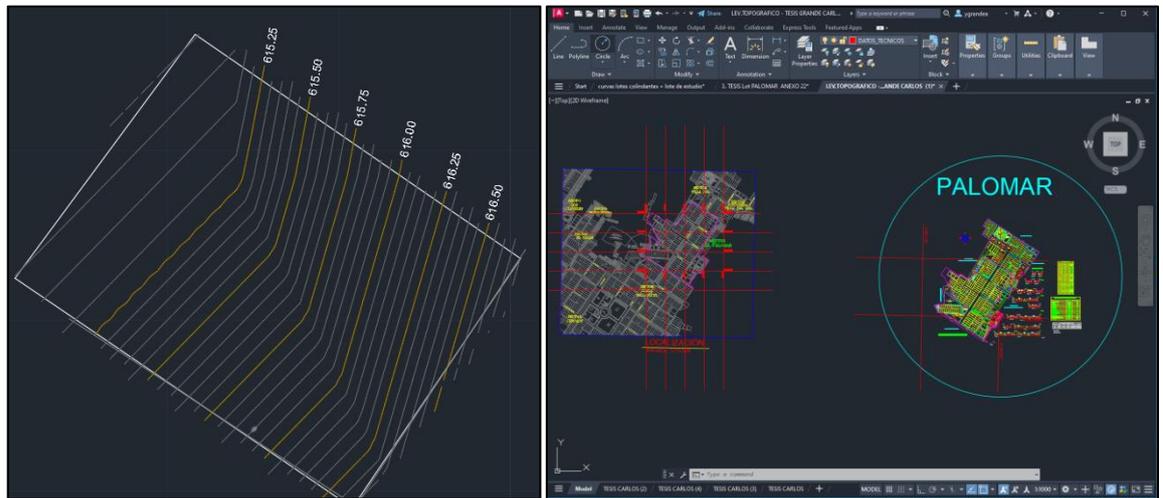
Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 202

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Métodos	Técnicas	Instrumento
<p>Problema General:</p> <p>¿De qué manera el empleo de vidrio reciclado molido aportará en el diseño estructural de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>PE.1 ¿En qué medida la dosificación de vidrio reciclado molido influirá en la resistencia a la compresión y flexión del concreto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023?</p> <p>PE.2 ¿En qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el comportamiento sísmico de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023?</p> <p>PE.3 ¿En qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el presupuesto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar de qué manera el empleo de vidrio reciclado molido aportará en el diseño estructural de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>OE.1 Determinar en qué medida la dosificación de vidrio reciclado molido influirá en la resistencia a la compresión y flexión del concreto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p> <p>OE.2 Determinar en qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el comportamiento sísmico de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p> <p>OE.3 Determinar en qué medida el empleo de vidrio reciclado molido influirá en el presupuesto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El empleo de vidrio reciclado molido aporta significativamente en el diseño estructural de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>HE.1 La dosificación de vidrio reciclado molido influye notablemente en la resistencia a la compresión y flexión del concreto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p> <p>HE.2 El empleo de vidrio reciclado molido influye considerablemente en el comportamiento sísmico de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p> <p>HE.3 El empleo de vidrio reciclado molido influye notablemente en el presupuesto de los pórticos de una vivienda unifamiliar de 3 pisos, Jicamarca 2023.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Vidrio reciclado molido</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Diseño estructural</p>	<p>Dosificación</p> <p>Peso</p> <p>Tamaño</p> <p>Propiedades del concreto endurecido</p> <p>Comportamiento sísmico</p> <p>Presupuesto</p>	<p>Porcentaje [%]</p> <p>Kilogramos [Kg]</p> <p>Milímetros [mm]</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Resistencia a la flexión</p> <p>Periodos de vibración</p> <p>Derivas de entrepiso</p> <p>Análisis de precios unitarios</p> <p>Metrados</p>	<p>Enfoque:</p> <p>Cuantitativa</p> <p>Tipo de Investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Diseño de la Investigación:</p> <p>Cuasi experimental</p> <p>Población de Estudio:</p> <p>12 probetas</p> <p>Muestra:</p> <p>12 probetas</p>	<p>Observación</p>	<p>Ficha de medición de laboratorio</p>

ANEXO 3: Panel fotográfico estudio topográfico en gabinete.



Extracción de datos del terreno del programa Google Earth al Global Mapper.



Dibujo tecnico en el programa Autocad Civil 3D, plano de topografía perimetrico.

ANEXO 4: Panel fotográfico EMS – exploraciones a cielo abierto.



Excavación con maquinaria pesada en la zona de estudio.



Profundidad de excavación de calicatas C-1.



Profundidad de excavación de calicatas C-2 y C-3.



Extracción de muestras del suelo, se concluyó en una solo muestra M-1 ensayada.

ANEXO 5: Panel fotográfico activación del VRM, ensayos a los agregados y diseño de mezcla.



EPP, Zonas de recolección de los vidrios desechados.



Zonas de recolección de los desperdicios de vidrio flotado, embaces y botellas.



Limpieza del vidrio desechado recolectado.



Enjuague y selección del vidrio.



Trituración del vidrio flotado, embaces y botellas .



Molienda del vidrio flotado, embaces y botellas.



Tamizado para obtener la granulometría ideal.



Vidrio reciclado molido inferiores a 4 mm y 1 mm de tamaño.



Características físicas de los agregados convencionales y VRM.



Dosificación para el diseño de mezcla patrón.



Asentamiento y elaboración de probetas cilíndricas y rectangulares.



Dosificación para el diseño de sustitución por el 16% del volumen del agregado fino.



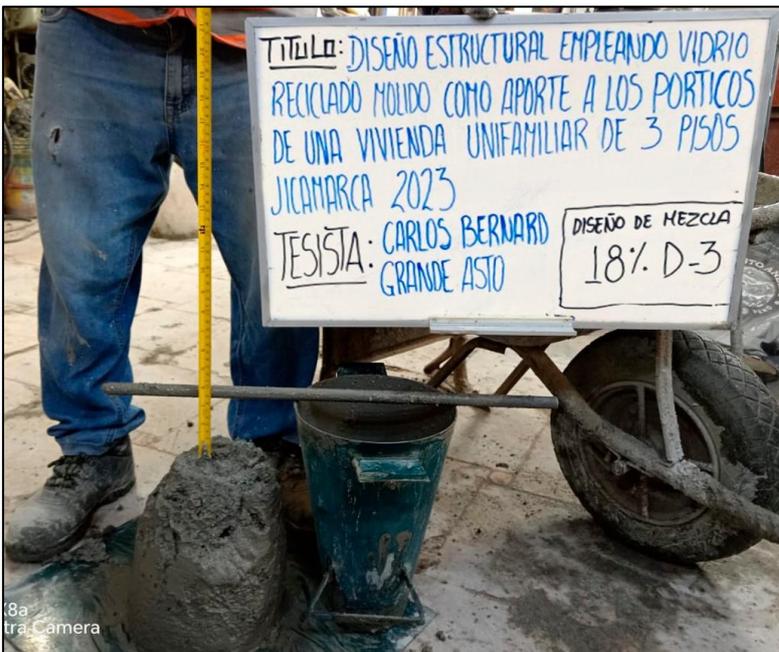
Asentamiento y contenido de humedad del concreto con 16% de VRM.



Dosificación para el diseño de sustitución por el 18% del volumen del agregado fino.



Asentamiento y contenido de humedad del concreto con 16% de VRM.



Asentamiento y elaboración de probetas cilíndricas y rectangulares.



Probetas elaboradas para observar sus propiedades a los 7 y 28 días de curadas.

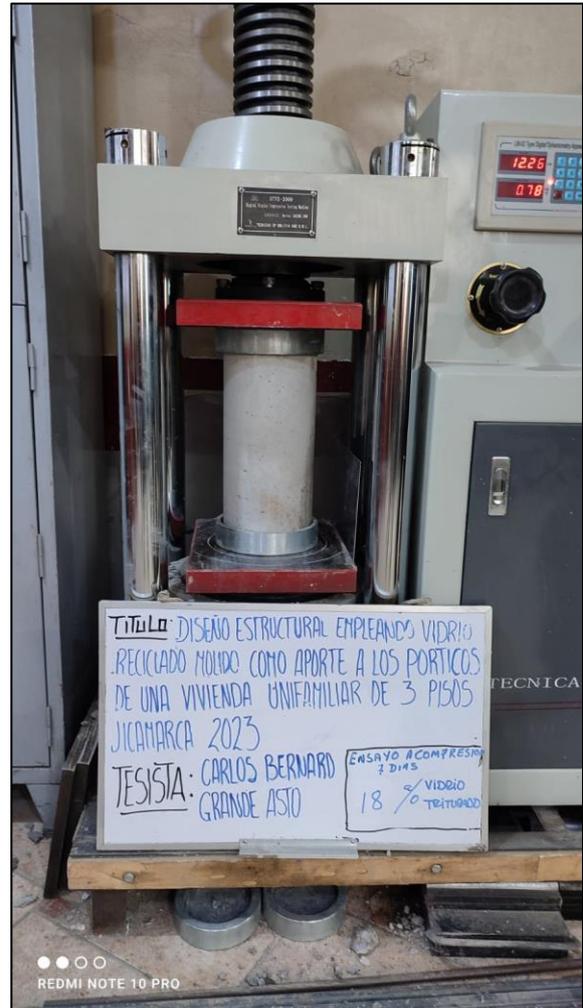
ANEXO 6: Panel fotográfico de ensayos a compresión y flexión.



Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días de curado.



Resistencia a la compresión de las probetas del diseño patrón a los 7 días.



Resistencia a la compresión de las probetas del diseño con sustitución del 16% y 18% de VRM a los 7 días.



Vista transversal de la estructura del concreto con sustitución de VRM, a 7 días.



Ensayo de resistencia a la compresión y flexión a los 28 días de curado.



Resistencia a la compresión de las probetas del diseño patrón a los 28 días.



Resistencia a la compresión de las probetas del diseño con sustitución del 16% y 18% de VRM a los 28 días.



Tipos de fallas en el concreto con sustitución del 16% y 18 % de VRM, a los 28 días.



Resistencia a la flexion de las probetas rectangulares, diseño patrón a los 28 días.



Resistencia a la flexion a los 28 días de los diseños de 16% y 18% de VRM.



Estructura de las interfases del concreto de las probetas rectangulares a 28 días.

ANEXO 7: Resultados del EMS - Análisis Granulométrico de suelos



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : Sr. Carlos Bernard Grande Asto EXPEDIENTE N° : 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 22 de Abril del 2023
PROYECTO : Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023 UBICACIÓN : Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA

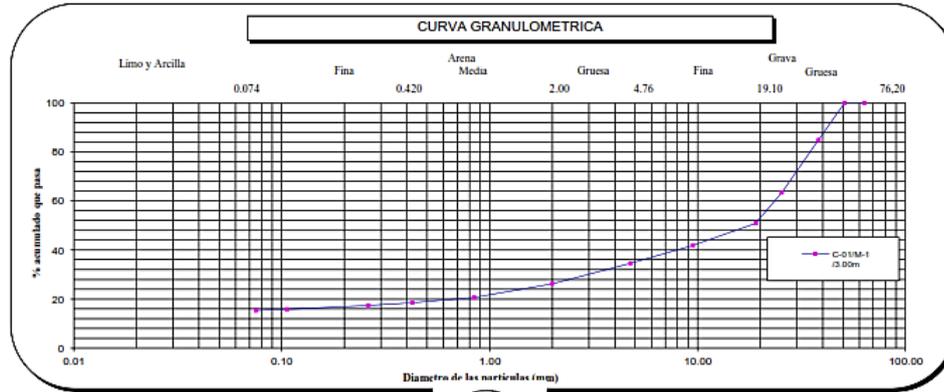
IDENTIFICACION : C-01M-1 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
PROFUNDIDAD : 3.00m CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.128 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla		Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	CARACTERÍSTICAS GENERALES
	N°	Abertura (mm)					
	3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos" Grava (Ret N° 4) : 65.4 % Arena : 19.2 % Fino (Pas. N° 200) : 15.4 % NTP 339.127, "Contenido de Humedad" Cont. De humedad : 2.71 % NTP 339.129 "Límites de Atterberg" Límite Líquido (LL) : NP Límite Plástico (LP) : NP Índice Plástico (IP) : NP NTP 339.134, "Clasificación con propósito de Ingeniería" (SUCS) GM Grava limosa con arena ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO) A-1-a Descripción (AASHTO) BUENO
	2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0	
	2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0	
	1 1/2"	38.100	233.4	15.2	15.2	84.8	
	1"	25.400	327.7	21.3	36.5	63.5	
	3/4"	19.000	194.2	12.6	49.1	50.9	
	3/8"	9.500	137.5	8.9	58.1	41.9	
	N° 4	4.760	112.9	7.3	65.4	34.6	
	N° 10	2.000	129.1	8.4	73.8	26.2	
	N° 20	0.840	85.0	5.5	79.4	20.6	
	N° 40	0.425	33.3	2.2	81.5	18.5	
	N° 60	0.260	17.1	1.1	82.6	17.4	
	N° 140	0.106	23.5	1.5	84.2	15.8	
	N° 200	0.075	7.6	0.5	84.6	15.4	
	- N° 200	ASTM D 1140	-	15.4	100.0	-	



OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por personal de laboratorio.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.
 - El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023

El solicitante asume toda responsabilidad contenida en este documento.

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C



Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz A Lt.6,
Celular: 949704705, 987524080

Christián Tomás Guerrero Cardenas
 CHRISTIÁN TOMÁS GUERRERO CARDENAS
 Ingeniero Civil
 CIP N° 238655

ANEXO 8: Resultados del EMS - Contenido de humedad en el suelo



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : Sr. Carlos Bernard Grande Asto EXPEDIENTE : 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 22 de Abril del 2023
PROYECTO : Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023 UBICACIÓN : Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-01/M-1 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
PROFUNDIDAD : 3.00m CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.127

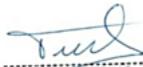
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	386.0	77.0
Peso tara + suelo húmedo (g)	397.6	477.6
Peso tara + suelo seco (g)	388.9	466.5
Peso del Agua (g)	8.7	11.1
Peso de la tara (g)	64.6	62.2
Peso del suelo seco (g)	324.3	404.3
Contenido de Humedad (RESULTADO) (%)	2.67	2.75
	2.71	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado global natural.




CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 239905

Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023

Tec: T.G.A.
Rev: C.G.C

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz A Lt 6,
Celular : 949704705, 987524080

ANEXO 9: Resultados del EMS - Materiales finos menores al Tamiz N°200



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : Sr. Carlos Bernard Grande Asto EXPEDIENTE : 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 22 de Abril del 2023
PROYECTO : Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023 UBICACIÓN : Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : C-01/M-1 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
PROFUNDIDAD : 3.00m CANTIDAD : 5 kg aprox.

ASTM D 1140
MTC E 202

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES FINOS QUE PASAN EL TAMIZ DE 75µm (N 200) - SUELO

DETERMINACION DEL PORCENTAJE PASANTE DEL TAMIZ N°200

DESCRIPCION	UNIDADES	DATOS
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C antes del Lavado	(gr)	1935.6
Peso de muestra utilizada seca al horno a 110±5 °C despues del lavado	(gr)	1678.0
Material Pasante del Tamiz N° 200 por Lavado	(%)	15.4

COMENTARIOS:

-Para el desarrollo del Ensayo se empleo el Tamiz N° 200 (abertura 0.074 mm).

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal tecnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.




CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238605

Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz.A Lt.6,
Celular : 949704705, 987524080

ANEXO 10: Resultados del EMS - Determinación del Índice de plasticidad del suelo



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : Sr. Carlos Bernard Grande Asto EXPEDIENTE : 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
 PROYECTO : Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 22 de Abril del 2023
 UBICACIÓN : Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA

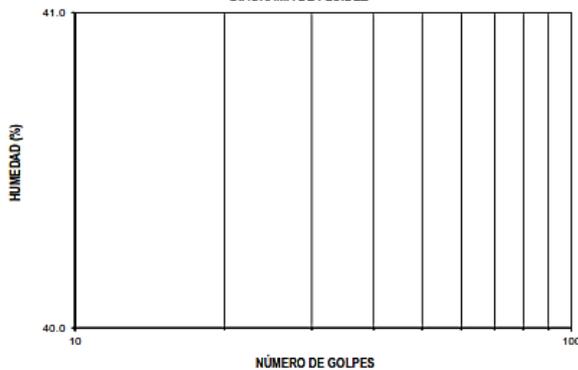
IDENTIFICACION : C-01/M-1 PRESENTACION : 01 Costal de polietileno
 PROFUNDIDAD : 3.00m CANTIDAD : 5 kg aprox.

NTP 339.129

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (TAMIZ N°40)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP
COMENTARIOS:	
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.	
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO".	
OBSERVACION:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	



Christian Tomas
 GUERRERO GARDENAS
 Ingeniero Civil
 CIP N° 238605

Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023

Tec: T.G.A.
 Rev: C.G.C

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz.A Lt.6,
 Celular : 949704705, 987524080

ANEXO 11: Resultados del EMS - Densidad mínima y máxima del suelo



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO

SOLICITANTE : Sr. Carlos Bernard Grande Asto EXPEDIENTE: 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
 PROYECTO : Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido ESTUDIO : Estudio de mecánica de suelos con fines de
 como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023 cimentación
 FECHA DE RECEPCIÓN : 22 de Abril del 2023 UBICACIÓN : Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : C-01/M-1 PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polipropileno
 DESCRIPCIÓN : 3.00m CANTIDAD : 05 kg aprox.

PESO UNITARIO MÍNIMO Y MÁXIMO DE SUELOS

IDENTIFICACIÓN	PESO UNITARIO MÍNIMO NTP 339.138 (1 999) (g/cm ³)	PESO UNITARIO MÁXIMO NTP 339.137 (1 999) (g/cm ³)
C-01/M-1	1.69	2.02

DENSIDAD RELATIVA (%)

$$D_R = \frac{\rho_{max}(\rho_d - \rho_{min})}{\rho_d(\rho_{max} - \rho_{min})} \times 100$$

Donde:

D_R : Densidad relativa (%)
 ρ_d : Densidad del suelo en el terreno (Kg/m³)
 ρ_{min} : Densidad seca mínima (Kg/m³)
 $\rho_{máx}$: Densidad seca máxima (Kg/m³)

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD RELATIVA (%)	DENSIDAD DEL SUELO EN EL TERRENO (g/cm ³)
C-01/M-1	50%	1.84
	60%	1.87
	70%	1.91
	80%	1.94

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por Personal Técnico de Laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural seco.
- Ensayo efectuado al suelo pasando la malla 1" (19.000mm)

Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023



Tec.: T.G.A.
 Rev.: C.G.C



El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz.A Lt.6,
 Celular : 949704705, 987524080

CHRISTIAN TOMAS
 GUERRERO CARDENAS
 Ingeniero Civil
 CIP N° 238805

ANEXO 12: Resultados del EMS - Ensayo de corte directo



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

IMFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Bernard Grande Asto	EXPEDIENTE N°	: 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA
PROYECTO	: Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023	FECHA DE RECEPCIÓN:	Lima, 22 de Abril del 2023
ESTUDIO	: Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación	UBICACIÓN	: Jicamarca - San Antonio
REFERENCIA DE LA MUESTRA			
Sondaje	: C-01	Estado	: Parcialmente saturado
Muestra	: M-1	Veloc. de Ensayo (mm/min)	: 0.50
Profundidad (m)	: 3.00m	Presentación	: 01 saco d polipropileno
Clasificación (S.U.C.S.)	: GM	Cantidad	: 6 Kg aprox.
NTP 339.171	CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS		
ASTM - D3080			

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03						
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final					
Altura (h) (cm)	2.00	1.98	2.00	1.97	2.00	1.95					
Diámetro (f) (cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00					
Densidad Seca (g _s) (g/cm ³)	1.91	1.92	1.91	1.90	1.91	1.95					
Humedad (w) (%)	1.56	12.30	1.66	15.40	1.77	11.70					
Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1.00		2.00		4.00						
ESPECIMEN 01				ESPECIMEN 02				ESPECIMEN 03			
Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)	Deform. Tangencial (%)	Deform. Vertical (mm)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (Kg/cm ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.01	0.11	0.05	0.05	0.01	0.21	0.05
0.10	0.02	0.08	0.08	0.10	0.03	0.17	0.08	0.10	0.03	0.33	0.08
0.20	0.03	0.13	0.13	0.20	0.04	0.26	0.13	0.20	0.05	0.51	0.13
0.35	0.04	0.17	0.17	0.35	0.05	0.33	0.17	0.35	0.07	0.66	0.16
0.50	0.04	0.20	0.20	0.50	0.07	0.39	0.20	0.50	0.09	0.78	0.19
0.75	0.05	0.23	0.23	0.75	0.08	0.46	0.23	0.75	0.12	0.92	0.23
1.00	0.06	0.26	0.26	1.00	0.09	0.51	0.26	1.00	0.15	1.01	0.25
1.25	0.07	0.28	0.28	1.25	0.11	0.53	0.26	1.25	0.17	1.13	0.28
1.50	0.08	0.30	0.30	1.50	0.12	0.60	0.30	1.50	0.18	1.36	0.34
1.75	0.09	0.33	0.33	1.75	0.13	0.66	0.33	1.75	0.20	1.45	0.36
2.00	0.10	0.35	0.35	2.00	0.14	0.71	0.36	2.00	0.21	1.56	0.39
2.50	0.10	0.37	0.37	2.50	0.16	0.78	0.39	2.50	0.23	1.65	0.41
3.00	0.11	0.40	0.40	3.00	0.17	0.84	0.42	3.00	0.24	1.72	0.43
3.50	0.12	0.42	0.42	3.50	0.18	0.92	0.46	3.50	0.26	1.84	0.46
4.00	0.13	0.45	0.45	4.00	0.20	1.02	0.51	4.00	0.28	1.96	0.49
4.50	0.14	0.49	0.49	4.50	0.21	1.08	0.54	4.50	0.30	2.15	0.54
5.00	0.15	0.52	0.52	5.00	0.22	1.11	0.56	5.00	0.33	2.26	0.57
6.00	0.16	0.56	0.56	6.00	0.23	1.20	0.60	6.00	0.36	2.36	0.59
7.00	0.16	0.60	0.60	7.00	0.25	1.26	0.63	7.00	0.39	2.46	0.62
8.00	0.17	0.62	0.62	8.00	0.26	1.34	0.67	8.00	0.42	2.60	0.65
9.00	0.18	0.65	0.65	9.00	0.27	1.37	0.69	9.00	0.44	2.70	0.68
10.00	0.19	0.66	0.66	10.00	0.28	1.38	0.69	10.00	0.45	2.72	0.68
11.00	0.20	0.68	0.68	11.00	0.30	1.38	0.69	11.00	0.46	2.73	0.68
12.00	0.22	0.69	0.69	12.00	0.31	1.38	0.69	12.00	0.47	2.73	0.68

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- * La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
- * Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 4.



Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.

Fecha de Emisión: Lima, 26 de Abril del 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

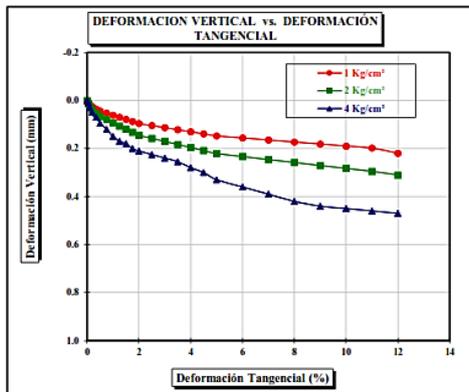
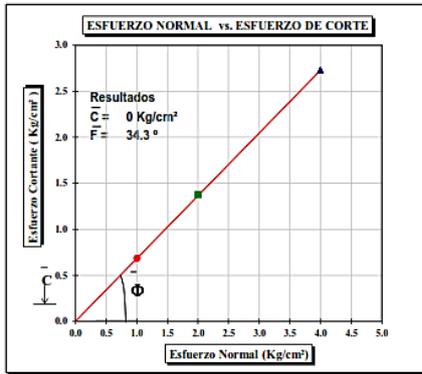
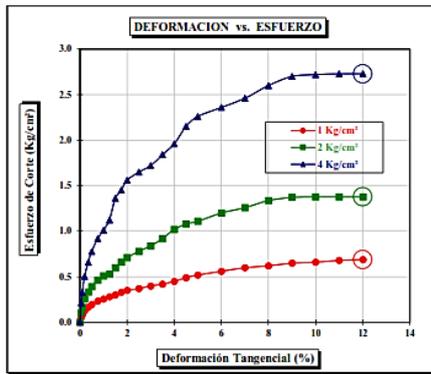


Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz.A Lt.6,
Celular: 949704705, 987524080

Christián Tomás Guerrero Cardenas
CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 239005

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Bernard Grande Asto	EXPEDIENTE N°	: 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
PROYECTO	: Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023	FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 22 de Abril del 2023
ESTUDIO	: Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación	UBICACIÓN	: Jicamarca - San Antonio
REFERENCIA DE LA MUESTRA			
Sondaje	: C-01	Estado	: Parcialmente saturado
Muestra	: M-1	Veloc. de Ensayo (mm/min)	: 0.50
Profundidad (m)	: 3.00m	Presentación	: 01 saco d polipropileno
Clasificación (SUCS)	: GM	Cantidad	: 6 Kg aprox.
NTP 339.171 ASTM - D3080		CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS	



Christian Tomas Guerrero Cardenas
CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238005

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- * La densidad fue obtenida por el método del Peso unitario Mínimo y Peso unitario (Densidad relativa al 70%)
- * Ensayo efectuado al material pasando la malla N° 4.

Fecha de Emisión: Lima, 26 de Abril del 2023

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

ANEXO 13: Resultados del EMS - Análisis químico



Consultoría en Geotecnia, Geología,
Geofísica, Topografía, Pavimentos
y Servicio de Laboratorio de Suelos,
Cantera, Concreto y Asfalto

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Bernard Grande Asto	EXPEDIENTE	: 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
		FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 22 de Abril del 2023
PROYECTO	: Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023	UBICACIÓN	: Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA		CONDICIONES AMBIENTALES	
IDENTIFICACIÓN	: C-01/M-1	TEMP. AMBIENTE (°C)	: 22 °C
DESCRIPCIÓN	: 3.00m	TEMP. MUESTRA (°C)	: 22 °C
PRESENTACIÓN	: 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA	: 67 %
CANTIDAD	: 05 kg aprox.		

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
--------------------	--

IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES (ppm)	SALES SOLUBLES (%)
C-01/M-1 3.00m	1120	0.1120

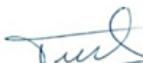
OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por el Solicitante.
- Correlacion entre (ppm) y (%); $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C




CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238905

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz.A Lt.6,
Celular : 949704705, 987524080

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Bernard Grande Asto	EXPEDIENTE	: 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
PROYECTO	: Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023	FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 22 de Abril del 2023
		UBICACIÓN	: Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA		CONDICIONES AMBIENTALES	
IDENTIFICACIÓN	: C-01/M-1	TEMP. AMBIENTE (°C)	: 25 °C
DESCRIPCIÓN	: 3.00m	TEMP. MUESTRA (°C)	: 24 °C
PRESENTACIÓN	: 01 Sacos de polietileno	HUM. RELATIVA	: 73 %
CANTIDAD	: 05 kg aprox.		

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
-------------	--

IDENTIFICACIÓN	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (ppm)	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl ⁻ (%)
C-01/M-1 3.00m	542	0.0542

- Correlacion entre (ppm) y (%): 10,000 * (%) = (ppm)

Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.




CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238995

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz.A Lt.6,
Celular : 949704705, 987524080

INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, AGREGADOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SOLICITANTE	: Sr. Carlos Bernard Grande Asto	EXPEDIENTE	: 120-2023/LAB GECAT INGENIERIA SAC
		FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 22 de Abril del 2023
PROYECTO	: Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023	UBICACIÓN	: Jicamarca - San Antonio

REFERENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES
IDENTIFICACIÓN : C-01/M-1	TEMP. AMBIENTE (°C) : 20 °C
DESCRIPCIÓN : 3.00m	TEMP. MUESTRA (°C) : 24 °C
PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno	HUM. RELATIVA : 73 %
CANTIDAD : 05 kg aprox.	

NTP 339.178	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA
-------------	--

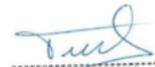
IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO4 (ppm)	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO4 (%)
C-01/M-1 3.00m	561	0.0561

- Correlacion entre (ppm) y (%): $10,000 * (\%) = (\text{ppm})$

Fecha de emisión : Lima, 26 de Abril del 2023

Tec.: T.G.A.
Rev.: C.G.C.




CHRISTIAN TOMAS
GUERRERO CARDENAS
Ingeniero Civil
CIP N° 238005

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Lima 07, Comas - Asociación Vivienda La Paz, Mz A Lt 6,
Celular : 949704705, 987524080

ANEXO 14: Resultados del EMS – Capacidad portante del suelo Meyerhof

DISEÑO DE CIMENTACIONES



CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

PROYECTO	Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023
SOLICITANTE	Sr. Carlos Bernard Grande Asto
UBICACIÓN	Jicamarca - San Antonio
FECHA	viernes, 28 de Abril de 2023

1) Datos Generales:

DATOS DEL TIPO DE SUELO		Relación de Poisson Módulo de elasticidad (Tn/m ²)
Ángulo de Fricción Interna (φ)	34.30 °	
Cohesión (C)	0.00 Tn/m ²	
m	0.31 kN	
Es	12000.00 Tn/m ²	
Peso Específico del Suelo por encima del NC (γ1)	1.91 Tn/m ³	

TIPO DE SUELO	
GM	Grava Limsa con arena

2) Datos para Diseño:

DATOS PARA EL DISEÑO		Corrección por falla local
Ángulo de Fricción Interna (φ)	34.0 °	
Cohesión (C)	0.00 Tn/m ²	
Peso Específico del Suelo (γ1)	1.91 Tn/m ³	
Peso Específico del Agua	1.00 Tn/m ³	
Factor de Seguridad (FS)	3	
Carga Total Soportada (P)	P Tn/m ²	
Inclinación de la Carga (β)	0 °	
Nivel Freático (NF)	NE m	
Peso Específico por debajo del NC (γ2)	1.95 Tn/m ³	

ECUACION GENERAL DE LA CAPACIDAD DE CARGA (MEYERHOF)

a) Cálculo de Capacidad Portante para diferentes valores:

$$q_{ult} = 0.5\gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma \cdot D_\gamma \cdot I_\gamma + C \cdot N_c \cdot S_c \cdot D_c \cdot I_c + q \cdot N_q \cdot S_q \cdot D_q \cdot I_q$$

Resumen

TIPO DE CIMENTACIÓN	Df (m)	B (m)	L (m)	Factores de Capacidad de Carga			Factores de Forma			Factores de Profundidad			Factores de Inclinación del terreno			S. E.	Ultimo (Tn/m ²)	Qadm (Tn/m ²)	Ultimo (Kg/cm ²)	Qadm (Kg/cm ²)
				Nc	Nq	Ny	Sc	Sq	Sy	Dc	Dq	Dy	lc	lq	ly					
ZAPATA CONTINUA	0.60	0.40	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.03	0.99	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	11.70	45.79	15.26	4.65	1.551
	0.60	0.40	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.03	0.99	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	11.70	45.79	15.26	4.65	1.551
	0.60	0.60	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.04	0.99	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	11.70	51.74	17.25	5.26	1.752
	0.60	0.80	10.00	42.16	29.44	31.15	1.02	1.05	0.98	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	11.70	57.64	19.21	5.86	1.952
	0.80	0.80	10.00	42.16	29.44	31.15	1.02	1.07	0.98	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	15.60	68.89	22.96	7.00	2.333
	0.80	1.00	10.00	42.16	29.44	31.15	1.02	1.07	0.98	1.22	1.21	1.00	1.00	1.00	1.00	15.60	74.74	24.91	7.59	2.531
	0.80	1.20	10.00	42.16	29.44	31.15	1.02	1.10	0.98	1.18	1.17	1.00	1.00	1.00	1.00	15.60	80.55	26.85	8.18	2.728
	0.80	1.50	10.00	42.16	29.44	31.15	1.02	1.10	0.97	1.14	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00	15.60	89.17	29.72	9.06	3.020
	0.90	0.40	10.00	42.16	29.44	31.15	1.03	1.08	0.99	1.31	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	17.55	62.66	20.89	6.37	2.122
	0.90	0.50	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.03	0.99	1.29	1.28	1.00	1.00	1.00	1.00	17.55	65.64	21.88	6.67	2.223
	0.90	0.60	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.03	0.99	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	17.55	68.61	22.87	6.97	2.324
	0.90	0.80	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.04	0.98	1.23	1.22	1.00	1.00	1.00	1.00	17.55	74.51	24.84	7.57	2.524
	1.00	0.40	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.03	0.99	1.32	1.31	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	68.28	22.76	6.94	2.313
	1.00	0.50	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.03	0.99	1.30	1.29	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	71.26	23.75	7.24	2.414
	1.00	0.60	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.04	0.99	1.28	1.27	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	74.23	24.74	7.54	2.514
	1.00	0.80	10.00	42.16	29.44	31.15	1.01	1.04	0.98	1.24	1.23	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	80.13	26.71	8.14	2.714
	1.00	1.50	1.50	42.16	29.44	31.15	1.02	1.05	0.80	1.18	1.17	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	92.67	30.89	9.42	3.119
	1.00	2.00	2.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.14	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	104.82	34.94	10.65	3.550
	1.00	2.50	2.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.11	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	116.96	38.99	11.88	3.961
	1.00	3.00	3.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.09	1.09	1.00	1.00	1.00	1.00	19.50	129.11	43.04	13.12	4.373
1.20	1.50	1.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.22	1.21	1.00	1.00	1.00	1.00	23.40	103.92	34.64	10.56	3.519	
1.20	2.00	2.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	23.40	116.06	38.69	11.79	3.931	
1.20	2.50	2.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.13	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	23.40	128.21	42.74	13.03	4.342	
1.20	3.00	3.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.11	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	23.40	140.36	46.79	14.26	4.754	
1.50	1.50	1.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	1.00	29.25	120.79	40.26	12.27	4.091	
1.50	2.00	2.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	29.25	132.93	44.31	13.51	4.502	
1.50	2.50	2.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	29.25	145.08	48.36	14.74	4.914	
1.50	3.00	3.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.14	1.13	1.00	1.00	1.00	1.00	29.25	157.23	52.41	15.97	5.325	
1.80	1.50	1.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.24	1.23	1.00	1.00	1.00	35.10	137.65	45.88	13.99	4.662		
1.80	2.00	2.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.24	1.24	1.00	1.00	1.00	35.10	149.80	49.93	15.22	5.073		
1.80	2.50	2.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.20	1.19	1.00	1.00	1.00	35.10	161.95	53.98	16.45	5.485		
1.80	3.00	3.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	35.10	174.09	58.03	17.69	5.896		
2.00	1.50	1.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.25	1.24	1.00	1.00	1.00	39.00	148.90	49.63	15.13	5.043		
2.00	2.00	2.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	39.00	161.05	53.68	16.36	5.454		
2.00	2.50	2.50	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.22	1.21	1.00	1.00	1.00	39.00	173.19	57.73	17.60	5.866		
2.00	3.00	3.00	42.16	29.44	31.15	1.20	1.67	0.80	1.18	1.17	1.00	1.00	1.00	39.00	185.34	61.78	18.83	6.277		
1.00	1.00	1.50	42.16	29.44	31.15	1.13	1.45	0.87	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	19.50	82.56	27.52	8.39	2.796		
1.00	1.50	2.00	42.16	29.44	31.15	1.15	1.51	0.85	1.18	1.17	1.00	1.00	1.00	19.50	94.95	31.65	9.65	3.216		
1.00	2.00	2.50	42.16	29.44	31.15	1.16	1.54	0.84	1.14	1.13	1.00	1.00	1.00	19.50	107.35	35.75	10.90	3.632		
1.20	1.00	1.50	42.16	29.44	31.15	1.17	1.56	0.83	1.11	1.10	1.00	1.00	1.00	19.50	119.49	39.83	12.14	4.047		
1.20	1.50	2.00	42.16	29.44	31.15	1.13	1.45	0.87	1.24	1.23	1.00	1.00	1.00	23.40	93.79	31.26	9.53	3.177		
1.20	2.00	2.50	42.16	29.44	31.15	1.15	1.51	0.84	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	23.40	106.19	35.40	10.79	3.597		
1.20	2.50	3.00	42.16	29.44	31.15	1.16	1.54	0.83	1.13	1.13	1.00	1.00	1.00	23.40	118.49	39.50	12.04	4.013		
1.50	1.00	1.50	42.16	29.44	31.15	1.17	1.56	0.87	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	29.25	110.66	36.89	11.24	3.748		
1.50	1.50	2.00	42.16	29.44	31.15	1.13	1.45	0.85	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	29.25	123.08	41.02	12.50	4.168		
1.50	2.00	2.50	42.16	29.44	31.15	1.15	1.51	0.84	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	29.25	135.36	45.12	13.75	4.584		
1.50	2.50	3.00	42.16	29.44	31.15	1.16	1.54	0.83	1.16	1.16	1.00	1.00	1.00	29.25	147.61	49.20	15.00	4.999		
1.80	1.00	1.50	42.16	29.44	31.15	1.17	1.56	0.87	1.29	1.28	1.00	1.00	1.00	35.10	127.53	42.51	12.96	4.319		
1.80	1.50	2.00	42.16	29.44	31.15	1.13	1.45	0.85	1.24	1.23	1.00	1.00	1.00	35.10	139.93	46.64	14.22	4.739		
1.80	2.00	2.50	42.16	29.44	31.15	1.15	1.51	0.84	1.24	1.24	1.00	1.00	1.00	35.10	152.23	50.74	15.47	5.156		
1.80	2.50	3.00	42.16	29.44	31.15	1.16	1.54	0.83	1.20	1.19	1.00	1.00	1.00	35.10	164.48	54.83	16.71	5.571		
2.00	1.00	1.50	42.16	29.44	31.15	1.13	1.45	0.87	1.30	1.29	1.00	1.00	1.00	39.00	138.78	46.26	14.10	4.700		
2.00	1.50	2.00	42.16	29.44	31.15	1.15	1.51	0.85	1.25	1.24	1.00	1.00	1.00	39.00	151.18	50.39	15.36	5.120		
2.00	2.00	2.50	42.16	29.44	31.15	1.16	1.54	0.84	1.27	1.26	1.00	1.00	1.00	39.00	163.48	54.49	16.61	5.537		
2.00	2.50	3.00	42.16	29.44	31.15	1.17	1.56	0.83	1.22	1.21	1.00	1.00	1.00	39.00	175.72	58.57	17.85	5.951		

ANEXO 15: Resultados del EMS – Asentamientos Elásticos

DISEÑO DE CIMENTACIONES



CALCULO DE ASENTAMIENTOS	
PROYECTO	Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023
SOLICITANTE	Sr. Carlos Bernard Grande Asto
UBICACIÓN	Jicamarca - San Antonio
FECHA	viernes, 28 de Abril de 2023

2) Datos para Diseño:

DATOS PARA EL DISEÑO	
Ángulo de Fricción Interna (Ø)	: 34.0 °
Cohesión (C)	: 0.00 Tn/m²
Peso Específico del Suelo (γ ₁)	: 1.91 Tn/m³
Peso Específico del Agua	: 1.00 Tn/m³
Factor de Seguridad (FS)	: 3.00
Carga Total Soportada (P)	: P Tn/m²
Inclinación de la Carga (β)	: 0.00 °
Nivel Freático (NF)	: NE m
Peso Específico por debajo del NC (γ ₂)	: 1.95 Tn/m³

b) Cálculo de Asentamientos:
Resumen Asentamientos Elásticos

TIPO DE CIMENTACIÓN	Df (m)	B (m)	L (m)	ASENTAMIENTOS (cm)				Es	op	σ _v (centros)	σ _v (esquina)	j ₁	j ₂	σ _v	Prof. del estrato	H (respon. Estrato)	s _v (centro)	s _v (esquina)	
				s ₁ (centro)	s ₂ (esquina)	CE	ESQUINA												ROZDA
ZAPATA CONTINUA	0.60	0.40	10.00	15.26	1.55	0.41	0.33	0.38	12000	15.26	4.00	1.00	0.31	0.10	25.00	6.00	5.40	27.00	13.50
	0.60	0.40	10.00	15.26	1.55	0.41	0.33	0.38	12000	15.26	4.00	1.00	0.31	0.10	25.00	6.00	5.40	27.00	13.50
	0.60	0.60	10.00	17.25	1.75	0.41	0.32	0.38	12000	17.25	4.00	1.00	0.31	0.10	16.67	6.00	5.40	18.00	9.00
	0.60	0.80	10.00	19.21	1.95	0.41	0.31	0.38	12000	19.21	4.00	1.00	0.31	0.10	12.50	6.00	5.40	13.50	6.75
	0.80	0.80	10.00	22.96	2.33	0.49	0.37	0.45	12000	22.96	4.00	1.00	0.31	0.10	12.50	6.00	5.20	13.00	6.50
	0.80	1.00	10.00	24.91	2.53	0.49	0.36	0.45	12000	24.91	4.00	1.00	0.31	0.10	10.00	6.00	5.20	10.40	5.20
	0.80	1.20	10.00	26.85	2.73	0.49	0.35	0.45	12000	26.85	4.00	1.00	0.31	0.10	8.33	6.00	5.20	8.67	4.33
	0.80	1.50	10.00	29.72	3.02	0.49	0.34	0.46	12000	29.72	4.00	1.00	0.31	0.10	6.67	6.00	5.20	6.93	3.47
	0.90	0.40	10.00	20.89	2.12	0.55	0.44	0.51	12000	20.89	4.00	1.00	0.31	0.10	25.00	6.00	5.10	25.50	12.75
	0.90	0.50	10.00	21.88	2.22	0.54	0.42	0.50	12000	21.88	4.00	1.00	0.31	0.10	20.00	6.00	5.10	20.40	10.20
	0.90	0.60	10.00	22.87	2.32	0.53	0.41	0.50	12000	22.87	4.00	1.00	0.31	0.10	16.67	6.00	5.10	17.00	8.50
	0.90	0.80	10.00	24.84	2.52	0.52	0.39	0.49	12000	24.84	4.00	1.00	0.31	0.10	12.50	6.00	5.10	12.75	6.38
	1.00	0.40	10.00	22.76	2.31	0.60	0.47	0.55	12000	22.76	4.00	1.00	0.31	0.10	25.00	6.00	5.00	25.00	12.50
	1.00	0.50	10.00	23.75	2.41	0.58	0.45	0.54	12000	23.75	4.00	1.00	0.31	0.10	20.00	6.00	5.00	20.00	10.00
	1.00	0.60	10.00	24.74	2.51	0.57	0.44	0.53	12000	24.74	4.00	1.00	0.31	0.10	16.67	6.00	5.00	16.67	8.33
	1.00	0.80	10.00	26.71	2.71	0.56	0.42	0.52	12000	26.71	4.00	1.00	0.31	0.10	12.50	6.00	5.00	12.50	6.25
ZAPATA CUADRADA	1.00	1.50	1.50	30.89	3.14	0.32	0.27	0.30	12000	30.89	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	5.00	6.67	3.33
	1.00	2.00	2.00	34.94	3.55	0.34	0.27	0.32	12000	34.94	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	5.00	5.00	2.50
	1.00	2.50	2.50	38.99	3.96	0.36	0.26	0.33	12000	38.99	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	5.00	4.00	2.00
	1.00	3.00	3.00	43.04	4.37	0.37	0.26	0.34	12000	43.04	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	5.00	3.33	1.67
	1.20	1.50	1.50	34.64	3.52	0.36	0.29	0.33	12000	34.64	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.80	6.40	3.20
	1.20	2.00	2.00	38.69	3.93	0.37	0.29	0.35	12000	38.69	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.80	4.80	2.40
	1.20	2.50	2.50	42.74	4.34	0.39	0.28	0.36	12000	42.74	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.80	3.84	1.92
	1.20	3.00	3.00	46.79	4.75	0.40	0.27	0.37	12000	46.79	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.80	3.20	1.60
	1.50	1.50	1.50	40.26	4.09	0.41	0.33	0.38	12000	40.26	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.50	6.00	3.00
	1.50	2.00	2.00	44.31	4.50	0.42	0.32	0.39	12000	44.31	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.50	4.50	2.25
	1.50	2.50	2.50	48.36	4.91	0.43	0.30	0.40	12000	48.36	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.50	3.60	1.80
	1.50	3.00	3.00	52.41	5.32	0.43	0.29	0.40	12000	52.41	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.50	3.00	1.50
	1.80	1.50	1.50	45.88	4.66	0.46	0.37	0.43	12000	45.88	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.20	5.60	2.80
	1.80	2.00	2.00	49.93	5.07	0.46	0.35	0.43	12000	49.93	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.20	4.20	2.10
	1.80	2.50	2.50	53.98	5.48	0.47	0.32	0.43	12000	53.98	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.20	3.36	1.68
	1.80	3.00	3.00	58.03	5.90	0.47	0.30	0.43	12000	58.03	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.20	2.80	1.40
ZAPATA RECTANGULAR	2.00	1.50	1.50	49.63	5.04	0.49	0.39	0.46	12000	49.63	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.00	5.33	2.67
	2.00	2.00	2.00	53.68	5.45	0.49	0.36	0.46	12000	53.68	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.00	4.00	2.00
	2.00	2.50	2.50	57.73	5.87	0.49	0.33	0.46	12000	57.73	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.00	3.20	1.60
	2.00	3.00	3.00	61.78	6.28	0.48	0.31	0.45	12000	61.78	4.00	1.00	0.31	0.10	1.00	6.00	4.00	2.67	1.33
	1.00	1.00	1.50	27.52	2.80	0.35	0.31	0.33	12000	27.52	4.00	1.00	0.31	0.10	1.50	6.00	5.00	10.00	5.00
	1.00	1.50	2.00	31.65	3.22	0.36	0.29	0.34	12000	31.65	4.00	1.00	0.31	0.10	1.33	6.00	5.00	6.67	3.33
	1.00	2.00	2.50	35.75	3.63	0.38	0.29	0.35	12000	35.75	4.00	1.00	0.31	0.10	1.25	6.00	5.00	5.00	2.50
	1.00	2.50	3.00	39.83	4.05	0.39	0.28	0.36	12000	39.83	4.00	1.00	0.31	0.10	1.20	6.00	5.00	4.00	2.00
	1.20	1.00	1.50	31.26	3.18	0.40	0.34	0.37	12000	31.26	4.00	1.00	0.31	0.10	1.50	6.00	4.80	9.60	4.80
	1.20	1.50	2.00	35.40	3.60	0.40	0.32	0.38	12000	35.40	4.00	1.00	0.31	0.10	1.33	6.00	4.80	6.40	3.20
	1.20	2.00	2.50	39.50	4.01	0.41	0.31	0.38	12000	39.50	4.00	1.00	0.31	0.10	1.25	6.00	4.80	4.80	2.40
	1.20	2.50	3.00	43.58	4.43	0.42	0.29	0.39	12000	43.58	4.00	1.00	0.31	0.10	1.20	6.00	4.80	3.84	1.92
	1.50	1.00	1.50	36.89	3.75	0.47	0.40	0.43	12000	36.89	4.00	1.00	0.31	0.10	1.50	6.00	4.50	9.00	4.50
	1.50	1.50	2.00	41.02	4.17	0.46	0.36	0.43	12000	41.02	4.00	1.00	0.31	0.10	1.33	6.00	4.50	6.00	3.00
	1.50	2.00	2.50	45.12	4.58	0.46	0.34	0.43	12000	45.12	4.00	1.00	0.31	0.10	1.25	6.00	4.50	4.50	2.25
	1.50	2.50	3.00	49.20	5.00	0.46	0.32	0.43	12000	49.20	4.00	1.00	0.31	0.10	1.20	6.00	4.50	3.60	1.80
1.80	1.00	1.50	42.51	4.32	0.53	0.45	0.50	12000	42.51	4.00	1.00	0.31	0.10	1.50	6.00	4.20	8.40	4.20	
1.80	1.50	2.00	46.64	4.74	0.52	0.40	0.48	12000	46.64	4.00	1.00	0.31	0.10	1.33	6.00	4.20	5.60	2.80	
1.80	2.00	2.50	50.74	5.16	0.51	0.36	0.47	12000	50.74	4.00	1.00	0.31	0.10	1.25	6.00	4.20	4.20	2.10	
1.80	2.50	3.00	54.83	5.57	0.50	0.33	0.46	12000	54.83	4.00	1.00	0.31	0.10	1.20	6.00	4.20	3.36	1.68	
2.00	1.00	1.50	46.26	4.70	0.57	0.48	0.53	12000	46.26	4.00	1.00	0.31	0.10	1.50	6.00	4.00	8.00	4.00	
2.00	1.50	2.00	50.39	5.12	0.55	0.42	0.51	12000	50.39	4.00	1.00	0.31	0.10	1.33	6.00	4.00	5.33	2.67	
2.00	2.00	2.50	54.49	5.54	0.54	0.38	0.50	12000	54.49	4.00	1.00	0.31	0.10	1.25	6.00	4.00	4.00	2.00	
2.00	2.50	3.00	58.57	5.95	0.52	0.34	0.49												

ANEXO 17: Análisis granulométrico del agregado fino

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN GEIA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-01	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

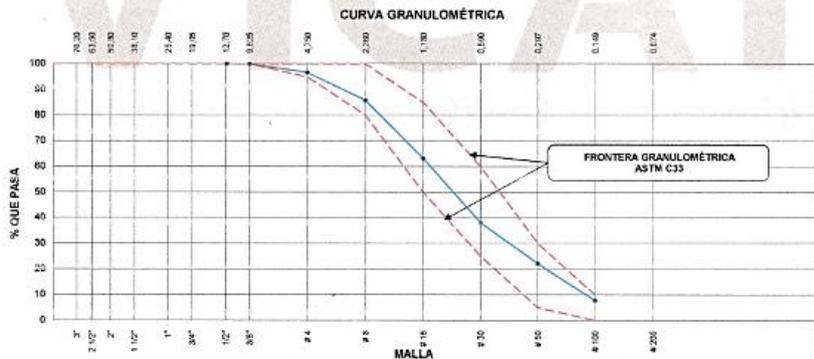
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Fino
PROCEDENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m3

Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm					100.00	100.00
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	20.2	3.32	3.32	96.68	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	65.5	10.79	14.11	85.89	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	137.5	22.65	36.76	63.24	50.00	85.00
# 30	600 µm	152.4	25.11	61.87	38.13	25.00	60.00
# 50	300 µm	67.2	16.01	77.88	22.12	5.00	30.00
# 100	150 µm	67.0	14.33	92.22	7.78	0.00	10.00
Fondo	-	47.3	7.78	100.00	0.00	-	-
						MF	2.86
						TMN	---






 YASHIN BOLA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

ANEXO 18: Análisis granulométrico del agregado grueso

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN CHINA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-02	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136

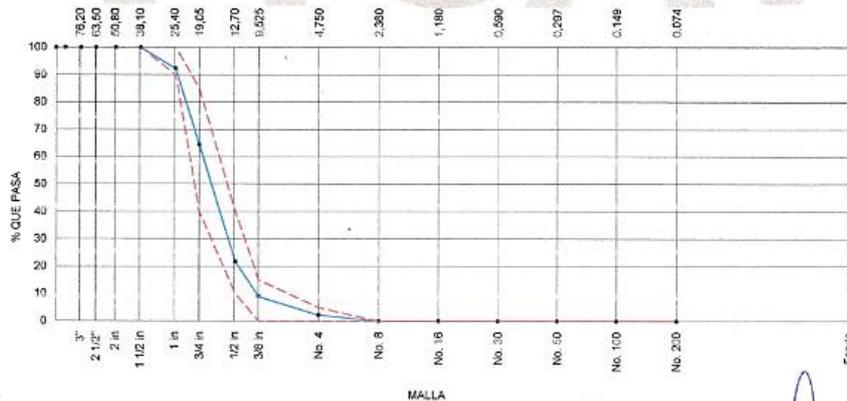
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Grueso
PROCEDENCIA : Cantera Trapiche
PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m³

AGREGADO GRUESO ASTM C33/C33M - 18 - HUSO # 58

ABERTURA DE TAMIÉOS Marco de 8" de diámetro		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
Nombre	mm					Mínimo	Máximo
4 in	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2 in	90.00 mm					100.00	100.00
3 in	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2 in	63.00 mm					100.00	100.00
2 in	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2 in	37.50 mm				100.00	100.00	100.00
1 in	25.00 mm	311.0	7.78	7.78	92.24	90.00	100.00
3/4 in	19.00 mm	1115.0	27.82	35.57	64.43	40.00	85.00
1/2 in	12.50 mm	1711.0	42.68	78.26	21.74	10.00	40.00
3/8 in	9.50 mm	510.5	12.74	90.99	9.01	0.00	15.00
No. 4	4.75 mm	270.0	6.74	97.73	2.27	0.00	5.00
No. 8	2.36 mm	91.0	2.27	100.00		0.00	0.00
No. 16	1.18 mm					0.00	0.00
No. 30	600 µm					0.00	0.00
No. 50	300 µm					0.00	0.00
No. 100	150 µm					0.00	0.00
No. 200	75 µm					0.00	0.00
< No. 200	< No. 200					-	-
						MF	6.89
						IMN	1"

CURVA GRANULOMÉTRICA




 YASHIN PHARES ET LO SALDAÑA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CP- 253773

ANEXO 19: Análisis granulométrico del Vidrio Reciclado Molido

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-03	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

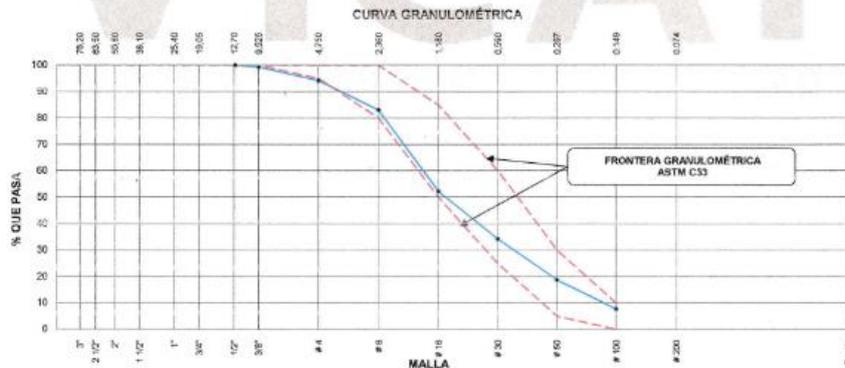
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C 136

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Vidrio Reciclado Molido
PROCEDENCIA : Provista por el Cliente

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 20 kg

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 1B - ARENA GRUESA						
Malla	Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm				100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm				100.00	100.00
3"	75.00 mm				100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm				100.00	100.00
2"	50.00 mm				100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm				100.00	100.00
1"	25.00 mm				100.00	100.00
3/4"	19.00 mm				100.00	100.00
1/2"	12.50 mm				100.00	100.00
3/8"	9.50 mm			99.40	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	60.0	5.14	5.74	94.26	100.00
# 8	2.36 mm	130.0	11.14	16.88	83.12	100.00
# 16	1.18 mm	360.0	30.85	47.73	52.27	85.00
# 30	600 µm	210.0	17.99	65.72	34.28	60.00
# 50	300 µm	180.0	15.42	81.15	18.85	30.00
# 100	150 µm	130.0	11.14	92.29	7.71	10.00
Fondo	-	90.0	7.71	100.00	0.00	-
					- MF	3.10
					- TMN	-




INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

ANEXO 20: Peso unitario del agregado fino

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-04	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023

FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-29

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Fino
PROCEDECENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m³

Peso de Molde	1626
Volumen de Molde	2806

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUS	Promedio
P1	6246	4620	1.645	1645
P2	6252	4624	1.646	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	6686	5058	1.831	1801
P2	6686	5061	1.832	

Kg/m³



ANEXO 21: Peso unitario del agregado grueso

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-05	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO ASTM C-29

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Grueso
PROCEDENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m³

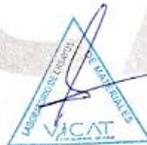
Peso de Molde	6378
Volumen de Molde	9273

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUS	Promedio
P1	19976.5	13600.5	1.467	1467
P2	19978.5	13602.5	1.467	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	21231	14655	1.602	1602
P2	21240	14664	1.603	

Kg/m³



YASHIN BOLA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

ANEXO 22: Peso unitario del vidrio reciclado molido

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-06	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO REICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Belo

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO AGREGADO FINO ASTM C-29

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Vidrio Reciclado Molido
PROCEDENCIA : Provista por el Cliente
PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 20 kg

Peso de Molde	1896
Volumen de Molde	2796

PU SUELTO				
	Peso de molde + muestra	Peso de Muestra	PUIS	Promedio
P1	5601.3	3905.3	1.397	1398
P2	5607.7	3911.7	1.399	

Kg/m³

PU COMPACTADO				
	Peso de molde + muestra	Peso de muestra	PUC	Promedio
P1	6327.3	4431.3	1.585	1586
P2	6332.2	4436.2	1.587	

Kg/m³




 YASHIN BELO SIEDANIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP- 253773

ANEXO 23: Peso específico y absorción del agregado fino

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-07	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOUIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Fino
PROCEDENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m³

IDENTIFICACIÓN		E - 01	E - 02	
A	Peso muestra saturada con superficie seca (g) S.S.S.	500.0	500.0	
B	Peso fiola o frasco con agua (g)	668.0	669.2	
C	Peso muestra S.S.S. dentro del agua + fiola o frasco (g)	978.4	979.7	
D	Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	491.9	462.1	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)		310.4	310.5	PROMEDIO
P. Bulk (Base seca) o Peso específico de masa - P.E.M. (g)		2.594	2.597	2.596
P. Bulk (Base S.S.S.) o Peso específico de masa S.S.S.		2.637	2.639	2.638
P. Bulk (Base seca) o Peso específico aparente - P.E.A. - (g)		2.710	2.710	2.710
Absorción (%)		1.85	1.81	1.83

VICAT




 YASHIN BOLO S. PALDAR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 153773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641 - 913794339

ANEXO 24: Peso específico y absorción del agregado grueso

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-08	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023

FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yoshin Bolo

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127-15

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Grueso
PROCEDENCIA : Cantera Trapiche

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 0.25 m³

IDENTIFICACIÓN	E-01	E-02	
Peso muestra saturada con superficie seca (g)	1989.58	1839.85	
Peso canastilla dentro del agua (g)	980.00	980.00	
Peso muestra saturada dentro del agua + canastilla (g)	2745.00	2745.00	
Peso muestra seca en horno @ 105°C (g)	1638.90	1609.71	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)	1053.0	1035.2	PROMEDIO
Peso específico de masa - P.E.M. (g)	2.688	2.682	2.665
Peso específico de masa S.S.S.	2.716	2.712	2.714
Peso específico aparente - P.E.A. - (g)	2.803	2.802	2.803
Absorción (%)	1.813	1.872	1.84

VICAT




ING. YOSHIN BOLA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253373

ANEXO 25: Peso específico y absorción del vidrio reciclado molido

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN CEREA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-09	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO REICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15

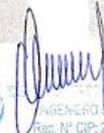
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Vidrio Reciclado Molido
PROCEDENCIA : Provista por el Cliente

PRESENTACIÓN : A granel
CANTIDAD : 20 Kg

IDENTIFICACIÓN		E - 01	E - 02	
A	Peso muestra saturada con superficie seca (g) S.S.S.	500.0	500.0	
B	Peso fiola o frasco con agua (g)	668.0	668.2	
C	Peso muestra S.S.S. dentro del agua + fiola o frasco (g)	978.0	979.7	
D	Peso muestra seca en horno @ 100°C (g)	470.0	468.2	
Peso muestra saturada dentro del agua (g)		310.0	310.5	PROMEDIO
P. Bulk (Base seca) o Peso específico de masa - P.E.M. (g)		2.474	2.476	2.475
P. Bulk (Base S.S.S.) o Peso específico de masa S.S.S.		2.632	2.639	2.635
P. Bulk (Base seca) o Peso específico aparente - P.E.A. - (g)		2.938	2.957	2.947




 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

ANEXO 26: Contenido de humedad de los agregados convencionales

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales			
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-10	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA ENSAYO : 16/05/2023
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
FECHA EMISIÓN : 17/05/2023
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE LOS AGREGADOS ASTM C566-97

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Agregado Fino/Grueso
PRESENTACIÓN : A granel
PROCEDECENCIA : Cantera Trapiche
CANTIDAD : 0.25 m3

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	489.6	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	1395.7	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	1391.6	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.45	

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	DATOS	CANTERA
1	Masa del Recipiente	g	409.0	Trapiche
2	Masa del Recipiente + muestra húmeda	g	999.5	
3	Masa del Recipiente + muestra seca	g	985.2	
4	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.90	



ANEXO 27: Diseño de mezcla patrón D-1

Laboratorio de Ensayo de Materiales								
CÓDIGO LAB: VC23-LEM-50-11	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1					
PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PORTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023 UBICACIÓN : LIMA-PERÚ SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO FECHA DE EMISIÓN : 18/05/2023								
		FECHA DE ENSAYO : 18/05/2023 REALIZADO : Tec. Jorge Bolo APROBADO : Ing. Yashin Bolo						
DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO (REFERENCIA ACI 211)								
REFERENCIAS DEL DISEÑO		ID DE DISEÑO	: PATRON D-1					
AGREGADO : Agregado Fino/Agregado Grueso/ Vidrio Reciclado Molido CEMENTO : Cemento ANDINO ULTRA HS		F'c DE DISEÑO	: 210 KG/CM2					
		ASENTAMIENTO	: 2" - 4"					
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO							
F'cr = 294	Cemento = 346 kg							
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	6. FACTOR CEMENTO							
R'w/c = 0.56	Bolsas x m3 = 0.1 Bolsas							
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	6.1 VIDRIO RECICLADO MOLIDO							
Agua = 193 L	0.0% = 0.0 kg/m3							
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO								
Aire = 1.5%								
7. DATOS DE AGREGADOS PARA DISEÑO								
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO						
Cemento ANDINO ULTRA HS	2980 kg/m3	0.1161 m3						
Agua	1000 kg/m3	0.1930 m3						
Aire	---	0.0150 m3						
Agregado grueso huso 56	2665 kg/m3	---	HUMEDAD	0.45%	ABSORCIÓN	1.84%	MÓD. FINEZA	5.89
Agregado fino	2596 kg/m3	---		2.50%		1.63%	P.U. SUELTO	1467
Vidrio Reciclado Molido	2475 kg/m3	---		0.00%		0.00%	P.U. COMPACTADO	1602
8. PROPORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD						
Agregado grueso huso 56	PUSC x FACTOR (TMN vs MF)	1063.73 kg	Agregado grueso huso 56	14.79 L				
			Agregado fino	-9.13 L Total Agua de Diseño				
				199 L				
9. VOLUMEN ABSOLUTO Y PESO DE LOS MATERIALES EN SECO		13. VOLUMEN PARA TANDA DE PRUEBA						
Cemento ANDINO ULTRA HS	= 0.1161 m3	345.0 kg	0.659 m3					
Agua	= 0.1930 m3	193.0 L	* Cemento ANDINO ULTRA HS : 17.294 Kg					
Aire	= 0.0150 m3	---	* Agua : 9.93 L					
Agregado grueso huso 56	= 0.3991 m3	1063.7 kg	* Agregado grueso huso 56 : 53.43 Kg					
Volumen parcial = 0.7232 m3			* Agregado fino : 36.97 Kg					
			* Vidrio Reciclado Molido : 0.00 Kg					
10. VOLUMEN Y PESO DEL AGREGADO FINO		14. PROPORCIÓN EN PESO X BOLSA DE CEMENTO						
Agregado fino	= 0.2768 m3	718.5 kg	Cemento Ag Fino Ag Grueso V. R. M. Agua					
Vidrio Reciclado Molido	= 0.0000 m3	0.0 kg	1	90.9 kg 131.3 kg 0.0 kg 24.41 L				
Total Agregado Fino		718.5 kg						
11. CORRECCIÓN X HUMEDAD DE LOS MATERIALES		15. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (PIES)						
Agregado grueso huso 56	= 1068.5 kg	Cemento Ag Fino Ag Grueso V. R. M. Agua						
Agregado fino	= 739.4 kg	1 pie3 1.68 pie3 3.12 pie3 0.00 pie3 24.41 L						
* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO		DOSIFICACIÓN X M3						
PUCT	PUFC	RENDIMIENTO						
2352 kg/m3	2374 kg/m3	0.99						
SLUMP	T° CONCRETO	T° AMBIENTE						
3 Pulg.	24.7 ° C	24.5 ° C						
H.R	TESTIGOS	AIRE						
76%	4 Cilindros y 2 Prismas	1%						

Importante :

- * Las condiciones de laboratorio permitieron la ejecución de este diseño. En obra se tendrá que corregir el diseño por humedad las veces que sean necesario.
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de VICAT EIRL.



ANEXO 28: Diseño de mezcla con 16% de VRM D-2

Laboratorio de Ensayo de Materiales								
CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-12	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1	PÁGINAS: 1 de 1					
PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, ICA MARCA 2023								
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ		FECHA DE ENSAYO : 18/05/2023						
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE AYO		REALIZADO : Tec. Jorge Bolo						
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE AYO		APROBADO : Ing. Yashin Bolo						
FECHA DE EMISIÓN : 18/05/2023								
DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO (REFERENCIA ACI 211)								
REFERENCIAS DEL DISEÑO		ID DE DISEÑO : VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 16% - D 2						
AGREGADO CEMENTO : Agregado Fino/Agregado Grueso/ Vidrio Reciclado Molido		F x DE DISEÑO : 210 kg/CM2						
: Cemento ANDINO ULTRA HS		ASENTAMIENTO : 2" - 4"						
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA	5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO							
$F_{cr} = 294$	Cemento = 346 kg							
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	6. FACTOR CEMENTO							
$R_{a/c} = 0.56$	Bolsas x m ³ = 0.1 Bolsas							
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA	6.1 VIDRIO RECICLADO MOLIDO							
Agua = 193 L	16.0% = 114.1 kg/m ³							
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO								
Aire = 1.5%								
7. DATOS DE AGREGADOS PARA DISEÑO								
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO						
Cemento ANDINO ULTRA HS	2960 kg/m ³	0.1161 m ³						
Agua	1000 kg/m ³	0.1930 m ³						
Aire		0.0150 m ³						
Agregado grueso huso 56	2666 kg/m ³	---	HUMEDAD	0.45%	ABSORCIÓN	1.84%	MÓD. FINEZA	6.89
Agregado fino	2566 kg/m ³	---		2.90%		1.63%	P.U. SUELTO	1467
Vidrio Reciclado Molido	2475 kg/m ³	---		0.00%		3.10	P.U. COMPACTADO	1802
8. PROPORCIÓN DE AGREGADO GRUESO		12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD						
Agregado grueso huso 56 : PUSC x FACTOR (TMN vs MF)	1033.29 kg	Agregado grueso huso 56	14.36 L					
		Agregado fino	-7.98 L					
		Total Agua de Diseño						
		199 L						
9. VOLUMEN ABSOLUTO Y PESO DE LOS MATERIALES EN SECO		13. VOLUMEN PARA TANDA DE PRUEBA 0.050 m ³						
Cemento ANDINO ULTRA HS : = 0.1161 m ³	345.9 kg	* Cemento ANDINO ULTRA HS	17.294 Kg					
Agua : = 0.1930 m ³	193.0 L	* Agua	9.97 L					
Aire : = 0.0150 m ³	---	* Agregado grueso huso 56	51.90 Kg					
Agregado grueso huso 56 : = 0.3877 m ³	1033.3 kg	* Agregado fino	32.34 Kg					
Volumen parcial : = 0.7118 m ³		* Vidrio Reciclado Molido	5.71 Kg					
10. VOLUMEN Y PESO DEL AGREGADO FINO		14. PROPORCIÓN EN PESO X BOLSA DE CEMENTO						
Agregado fino = 0.2421 m ³	628.5 kg	Cemento Ag Fino Ag Grueso V. R.M. Agua						
Vidrio Reciclado Molido = 0.0461 m ³	114.1 kg	1 79.5 kg 127.5 kg 14.0 kg 24.50 L						
Total Agregado Fino	742.6 kg							
11. CORRECCIÓN X HUMEDAD DE LOS MATERIALES		15. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (PIE3)						
Agregado grueso huso 56 = 1037.9 kg		Cemento Ag Fino Ag Grueso V. R.M. Agua						
Agregado fino = 646.7 kg		1 pie3 1.64 pie3 3.03 pie3 0.35 pie3 24.50 L						
* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO								
PLUCT	BUCF	RENOMENTO						
2344 kg/m ³	2383 kg/m ³	0.98						
SLUMP	1° CONCRETO	1° AMBIENTE						
3 1/4 Puig.	24.7° C.	24.4° C.						
H.R	TESTIGOS	AIRE						
75%	4 Cilindros y 2 Prismas	1.3%						
DOSIFICACIÓN X M ³								
Materiales	Diseño Seco	Diseño Humedo						
Cemento	345.9 kg	345.9 kg						
Agua	193.0 L	199.4 L						
Agregado Grueso	1033.3 kg	1037.9 kg						
Agregado fino	628.5 kg	646.7 kg						
Vidrio Reciclado Molido	114.1 kg	114.1 kg						

Importante :

- * Las condiciones de laboratorio permitieron la ejecución de este diseño. En obra se tendrá que corregir el diseño por humedad las veces que sean necesario.
- * Prohíbida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de VICAT EIRL.

Laboratorio de Ensayo de Materiales

YASHIN BOLO SALDARRI
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

ANEXO 29: Diseño de mezcla con 18% de VRM D-3

Laboratorio de Ensayo de Materiales																																																																		
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-50-13	ÁREA: LAC	VERSIÓN: 1																																																															
		PÁGINAS: 1 de 1																																																																
PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECIKLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PORTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS ,JICAMARCA 2023 UBICACIÓN : LIMA-PERÚ SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO FECHA DE ENSAYO REALIZADO : 18/05/2023 ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO REALIZADO : Tec. Jorge Bolo FECHA DE EMISIÓN : 18/05/2023 APROBADO : Ing. Yashin Bolo																																																																		
DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO (REFERENCIA ACI 211)																																																																		
REFERENCIAS DEL DISEÑO		ID DE DISEÑO : VIDRIO RECIKLADO MOLIDO AL 18% - D 3																																																																
AGREGADO : Agregado Fino/Agregado Grueso/Vidrio Reciclado Molido		Fc DE DISEÑO : 230 KG/CM2																																																																
CEMENTO : Cemento ANDINO ULTRA HS		ASENTAMIENTO : 7" - 2"																																																																
1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA F'cr = 294		5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento = 346 kg																																																																
2. RELACIÓN AGUA CEMENTO R' a/c = 0.56		6. FACTOR CEMENTO Bolsas x m3 = 0.1 Bolsas																																																																
3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua = 193 L		6.1 VIDRIO RECIKLADO MOLIDO 18.0% = 128.4 kg/m3																																																																
4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire = 1.5%																																																																		
7. DATOS DE AGREGADOS PARA DISEÑO																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>INSUMO</th> <th>PESO ESPECÍFICO</th> <th>VOLUMEN ABSOLUTO</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cemento ANDINO ULTRA HS</td> <td>2980 kg/m3</td> <td>0.1161 m3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>1000 kg/m3</td> <td>0.1930 m3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td></td> <td>0.0150 m3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso huso 56</td> <td>2665 kg/m3</td> <td>---</td> <td>HUMEDAD</td> <td>0.45%</td> <td>ABSORCIÓN</td> <td>1.84%</td> <td>MÓD. FINEZA</td> <td>6.89</td> </tr> <tr> <td>Agregado fino</td> <td>2596 kg/m3</td> <td>---</td> <td></td> <td>2.90%</td> <td></td> <td>1.63%</td> <td>P.U. SUELTO</td> <td>1467</td> </tr> <tr> <td>Vidrio Reciclado Molido</td> <td>2475 kg/m3</td> <td>---</td> <td></td> <td>0.00%</td> <td></td> <td>3.10</td> <td>P.U. COMPACTADO</td> <td>1602</td> </tr> </tbody> </table>				INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO							Cemento ANDINO ULTRA HS	2980 kg/m3	0.1161 m3							Agua	1000 kg/m3	0.1930 m3							Aire		0.0150 m3							Agregado grueso huso 56	2665 kg/m3	---	HUMEDAD	0.45%	ABSORCIÓN	1.84%	MÓD. FINEZA	6.89	Agregado fino	2596 kg/m3	---		2.90%		1.63%	P.U. SUELTO	1467	Vidrio Reciclado Molido	2475 kg/m3	---		0.00%		3.10	P.U. COMPACTADO	1602
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO																																																																
Cemento ANDINO ULTRA HS	2980 kg/m3	0.1161 m3																																																																
Agua	1000 kg/m3	0.1930 m3																																																																
Aire		0.0150 m3																																																																
Agregado grueso huso 56	2665 kg/m3	---	HUMEDAD	0.45%	ABSORCIÓN	1.84%	MÓD. FINEZA	6.89																																																										
Agregado fino	2596 kg/m3	---		2.90%		1.63%	P.U. SUELTO	1467																																																										
Vidrio Reciclado Molido	2475 kg/m3	---		0.00%		3.10	P.U. COMPACTADO	1602																																																										
8. PROPORCIÓN DE AGREGADO GRUESO Agregado grueso huso 56 : PUSC x FACTOR (TMN vs MF) = 1033.29 kg		12. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD Agregado grueso huso 56 : 14.36 L Agregado fino : -7.79 L Total Agua de Diseño = 200 L																																																																
9. VOLUMEN ABSOLUTO Y PESO DE LOS MATERIALES EN SECO Cemento ANDINO ULTRA HS : = 0.1161 m3 : 345.9 kg Agua : = 0.1930 m3 : 193.0 L Aire : = 0.0150 m3 : --- Agregado grueso huso 56 : = 0.3877 m3 : 1033.3 kg Volumen parcial : = 0.7118 m3		13. VOLUMEN PARA TANDA DE PRUEBA : 0.650 m3 * Cemento ANDINO ULTRA HS : 17.294 Kg * Agua : 9.98 L * Agregado grueso huso 56 : 51.90 Kg * Agregado fino : 31.57 Kg * Vidrio Reciclado Molido : 6.42 Kg																																																																
10. VOLUMEN Y PESO DEL AGREGADO FINO Agregado fino : = 0.2363 m3 : 613.5 kg Vidrio Reciclado Molido : = 0.0519 m3 : 128.4 kg Total Agregado Fino = 741.9 kg		14. PROPORCIÓN EN PESO X BOLSA DE CEMENTO Cemento Ag Fino Ag Grueso V.R.M. Agua 1 77.6 kg 177.5 kg 15.8 kg 24.52 L																																																																
11. CORRECCIÓN X HUMEDAD DE LOS MATERIALES Agregado grueso huso 56 : = 1037.9 kg Agregado fino : = 631.3 kg		15. PROPORCIÓN EN VOLUMEN (PIE3) Cemento Ag Fino Ag Grueso V.R.M. Agua 1 pie3 1.60 pie3 3.03 pie3 0.39 pie3 24.52 L																																																																
* CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA MEZCLA DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PUICF</th> <th>PUICF</th> <th>RENDIMIENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2343 kg/m3</td> <td>2384 kg/m3</td> <td>0.98</td> </tr> </tbody> </table>				PUICF	PUICF	RENDIMIENTO	2343 kg/m3	2384 kg/m3	0.98																																																									
PUICF	PUICF	RENDIMIENTO																																																																
2343 kg/m3	2384 kg/m3	0.98																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SLUMP</th> <th>T° CONCRETO</th> <th>T° AMBIENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3 1/2 Pulg.</td> <td>24.7 ° C</td> <td>24.3 ° C</td> </tr> </tbody> </table>				SLUMP	T° CONCRETO	T° AMBIENTE	3 1/2 Pulg.	24.7 ° C	24.3 ° C																																																									
SLUMP	T° CONCRETO	T° AMBIENTE																																																																
3 1/2 Pulg.	24.7 ° C	24.3 ° C																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>H.R</th> <th>TESTIGOS</th> <th>AIRE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75%</td> <td>4 Cilindros y 2 Pruebas</td> <td>1.1%</td> </tr> </tbody> </table>				H.R	TESTIGOS	AIRE	75%	4 Cilindros y 2 Pruebas	1.1%																																																									
H.R	TESTIGOS	AIRE																																																																
75%	4 Cilindros y 2 Pruebas	1.1%																																																																

Importante :

- * Las condiciones de laboratorio permitieron la ejecución de este diseño. En obra se tendrá que corregir el diseño por humedad las veces que sean necesario.
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de VICATEIRL



PHARES BOLO SALDAÑA
INGENIERO CIVIL
Reg. N° CIP: 253773

ANEXO 30: Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días

 Laboratorio de Ensayo de Materiales <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA</small>	CÓDIGO LAB:	ÁREA:	VERSIÓN:	PÁGINAS:
	VC23-LEM-050-14	CONCRETO	1	1 de 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 25/05/2023
FECHA ENSAYO REALIZADO : 25/05/2023
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN ASTM C39/ NTP 339.034

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido
PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat

PRESENTACIÓN : Probetas Cilíndricas de 6x12"
FC DE LA MUESTRA : 210 KG/CM2

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestreo	Edad (días)	Fecha de Rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
PATRON D-1	18/05/2023	7	25/05/2023	15.00	30.00	176.7	5	2.00	31866.25	180.3 kg/cm ²	85.9%
	18/05/2023	7	25/05/2023	15.00	30.00	176.7	5	2.00	33736.42	190.9 kg/cm ²	90.9%
VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 16% D-2	18/05/2023	7	25/05/2023	15.00	30.00	176.7	5	2.00	33232.67	188.1 kg/cm ²	80.6%
	18/05/2023	7	25/05/2023	15.00	30.00	176.7	5	2.00	34456.34	195.0 kg/cm ²	92.8%
VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 16% D-3	18/05/2023	7	25/05/2023	15.00	30.00	176.7	5	2.00	34620.51	195.9 kg/cm ²	93.3%
	18/05/2023	7	25/05/2023	15.00	30.00	176.7	5	2.00	34517.52	195.3 kg/cm ²	93.0%

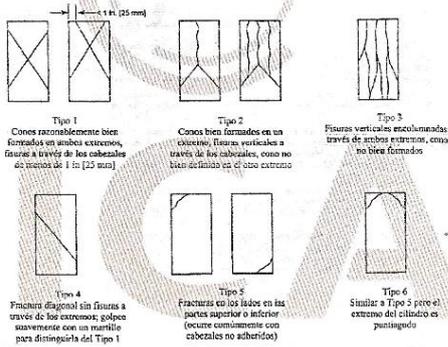


FIG. 2 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

OBSERVACIONES:

- Muestras ensayadas a solicitud del cliente.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT GEOTESTING.




YASHIN PHARES BOLO SALDAÑA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F. H. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayllo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641 - 913794339

ANEXO 31: Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

 VICAT LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-16	ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 15/06/2023
FECHA ENSAYO REALIZADO : 15/06/2023
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN ASTM C39/ NTP 339.034

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido
PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat
PRESENTACIÓN FC DE LA MUESTRA : Probetas Cilíndricas de 6x12"
 : 210 KG/CM2

IDENTIFICACIÓN	Fecha de Muestreo	Edad (días)	Fecha de Rotura	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Relación Altura / Diámetro	Fuerza máxima (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	%
PATRON D-1	18/05/2023	28	15/06/2023	15.00	30.00	178.7	5	2.00	49637.93	280.9 kg/cm ²	133.8%
	18/05/2023	28	15/06/2023	15.00	30.00	178.7	5	2.00	49074.03	277.7 kg/cm ²	132.2%
VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 16% D-2	18/05/2023	28	15/06/2023	15.00	30.00	178.7	2	2.00	51175.67	289.6 kg/cm ²	137.9%
	18/05/2023	28	15/06/2023	15.00	30.00	178.7	5	2.00	50801.43	287.5 kg/cm ²	136.9%
VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 16% D-3	18/05/2023	28	15/06/2023	15.00	30.00	178.7	5	2.00	52255.55	295.7 kg/cm ²	140.8%
	18/05/2023	28	15/06/2023	15.00	30.00	178.7	5	2.00	52376.90	296.4 kg/cm ²	141.1%

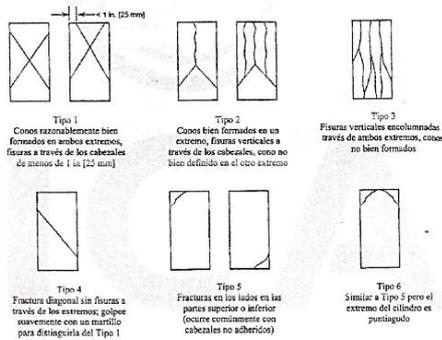


FIG. 2 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos
Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:
 * Muestras ensayadas a solicitud del cliente.
 * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de VICAT EIRL




 YASHIN BOLO ALDANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 213773

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mz. F Lt. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabayillo
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641 - 913794339

ANEXO 32: Ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días

 VICAT <small>LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRA</small>	Laboratorio de Ensayo de Materiales		
	CÓDIGO LAB: VC23-LEM-050-15	ÁREA: CONCRETO	VERSIÓN: 1

PROYECTO : DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO VIDRIO RECICLADO MOLIDO COMO APORTE A LOS PÓRTICOS DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 3 PISOS, JICAMARCA 2023
UBICACIÓN : LIMA- PERÚ
SOLICITANTE : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
ATENCIÓN : CARLOS BERNARD GRANDE ASTO
FECHA EMISIÓN : 15/06/2023
FECHA ENSAYO : 15/06/2023
REALIZADO : Tec. Jorge Bolo
APROBADO : Ing. Yashin Bolo

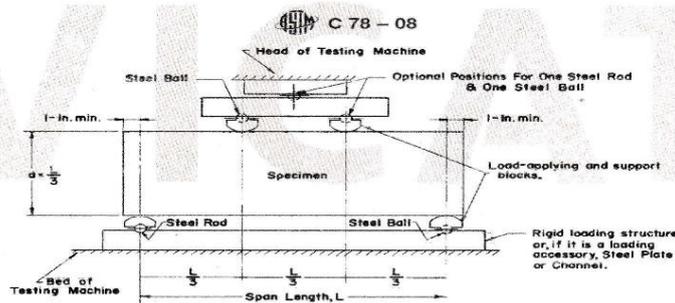
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78 / NTP 339.078

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA : Concreto endurecido
PROCEDENCIA : Laboratorio Vicat

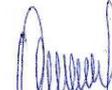
PRESENTACIÓN : Testigos prismáticos (vigas)
F'c DE LA MUESTRA : 210 kg/cm²

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN D-1	18/05/2023	15/06/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	44.5 kg/cm ²
	18/05/2023	15/06/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43.5 kg/cm ²
VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 16% D-2	18/05/2023	15/06/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	46.2 kg/cm ²
	18/05/2023	15/06/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	46.7 kg/cm ²
VIDRIO RECICLADO MOLIDO AL 18% D-3	18/05/2023	15/06/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	49.0 kg/cm ²
	18/05/2023	15/06/2023	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	51.3 kg/cm ²



Fuente: ASTM C78




YASHIN BOLO SALDARÑA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. N° CIP: 253773

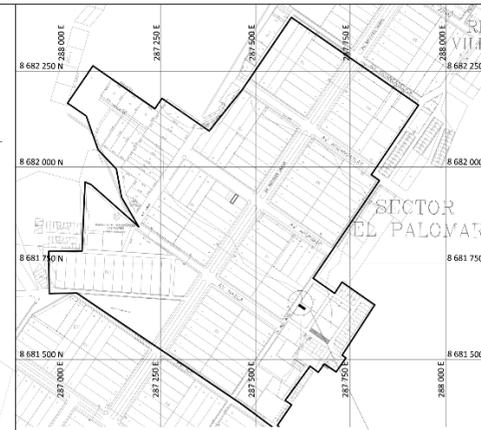
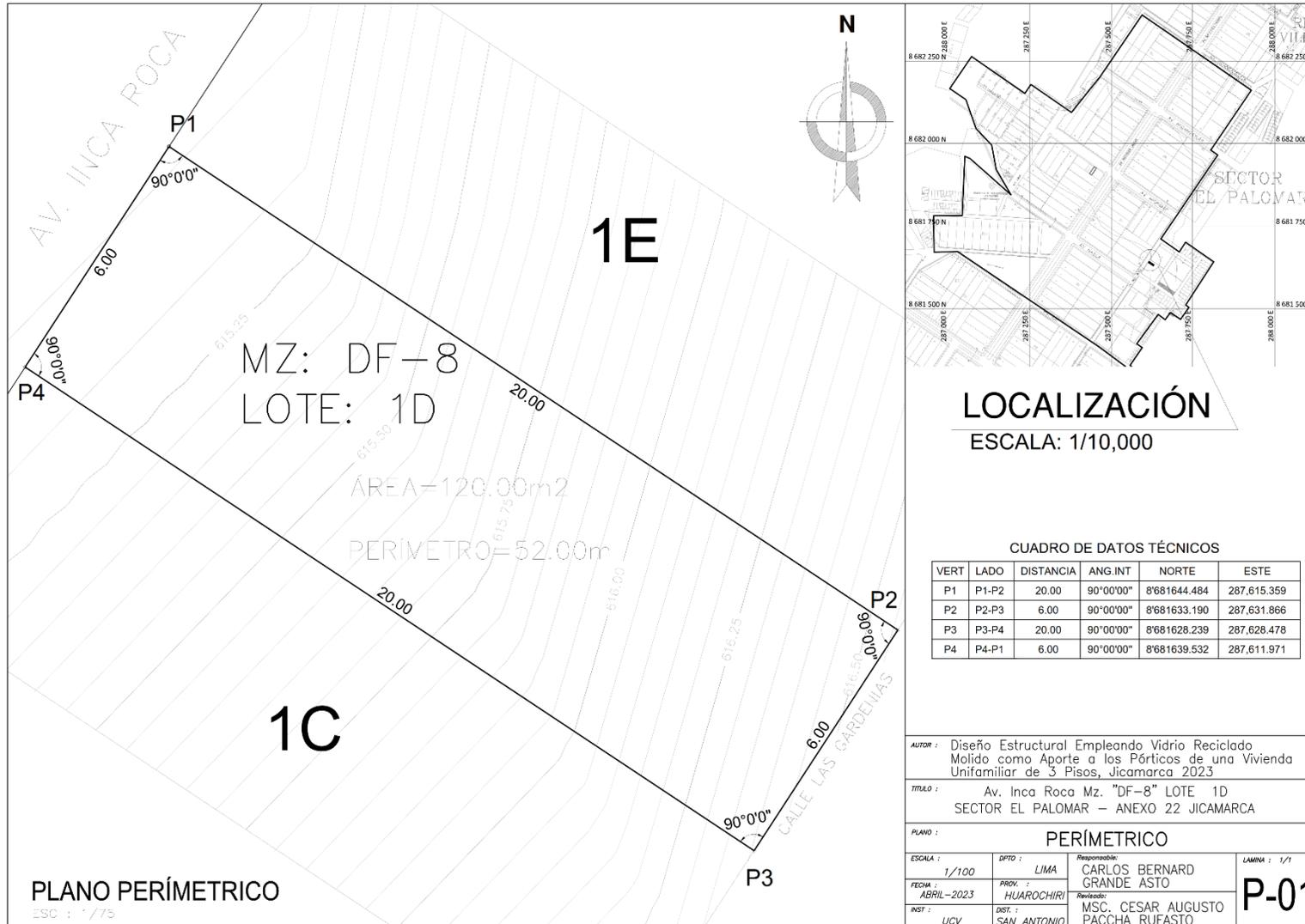
OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de VICAT GEOTESTING
- * 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 VICAT GEOTESTING

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD

WWW.VICATGEOTESTING.COM.PE / Informes@vicatgeotesting.com.pe
 Dirección: Villa Esperanza Mt. F.Li. 10 Km. 18.5 Tupac Amaru - Carabaylla
 CONTACTO: (01)787-1039 - 992025641 - 913794339

ANEXO 33: Plano Topográfico



LOCALIZACIÓN ESCALA: 1/10,000

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS

VERT	LADO	DISTANCIA	ANG.INT	NORTE	ESTE
P1	P1-P2	20.00	90°0'00"	8°68'1644.484	287,615.359
P2	P2-P3	6.00	90°0'00"	8°68'1633.190	287,631.866
P3	P3-P4	20.00	90°0'00"	8°68'1628.239	287,628.478
P4	P4-P1	6.00	90°0'00"	8°68'1639.532	287,611.971

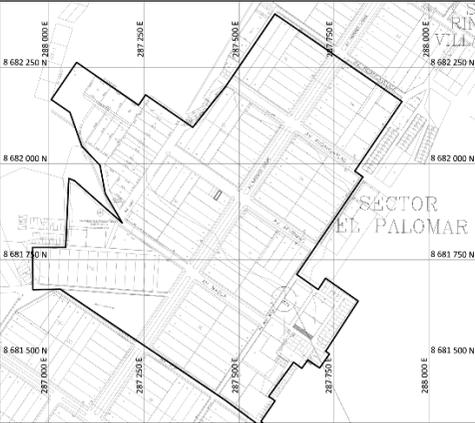
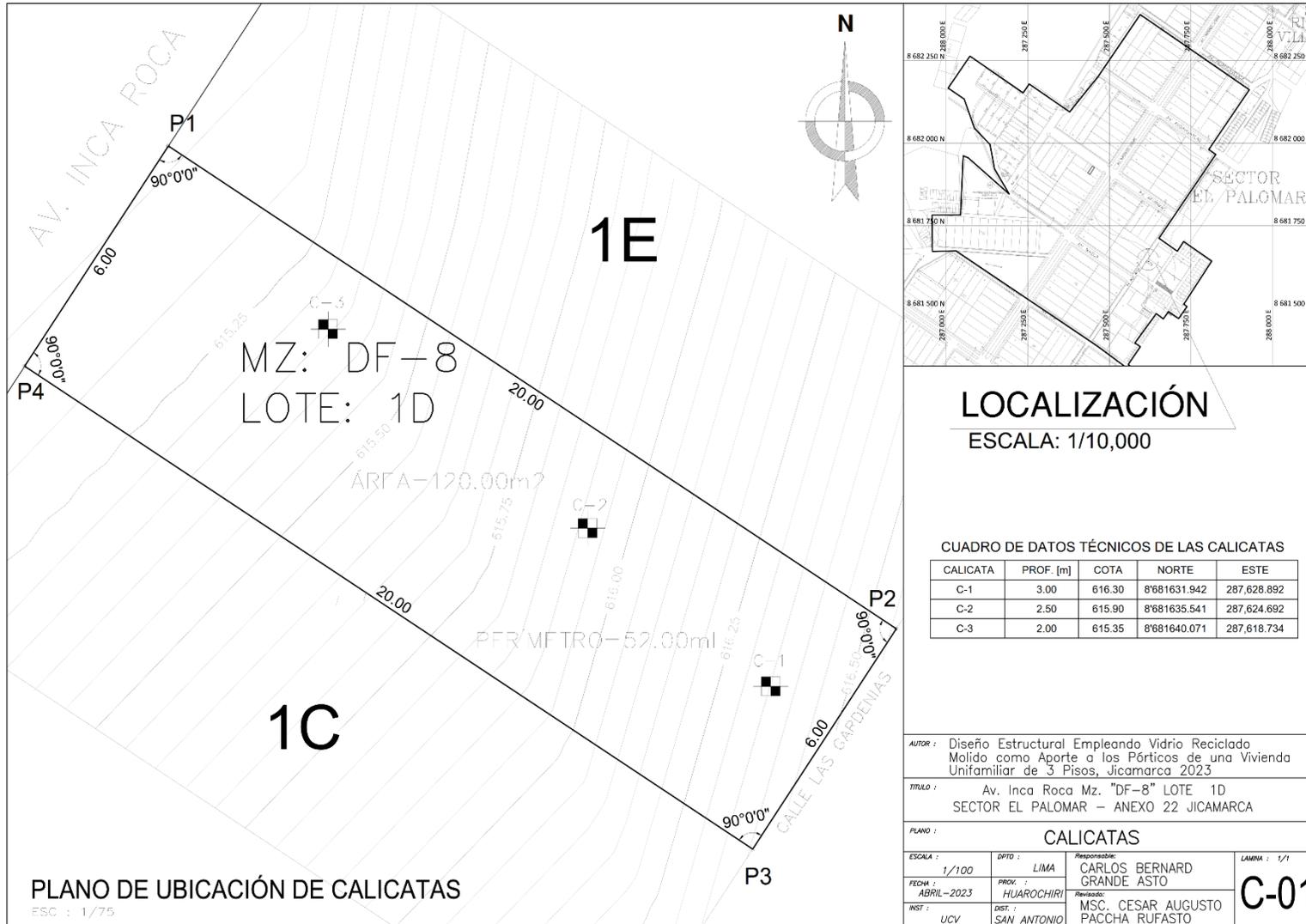
AUTOR : Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023

TITULO : Av. Inca Roca Mz. "DF-8" LOTE 1D
SECTOR EL PALOMAR - ANEXO 22 JICAMARCA

PLANO : PERÍMETRICO

ESCALA : 1/100	DPTO : LIMA	Responsable: CARLOS BERNARD GRANDE ASTO	LAMINA : 1/1
FECHA : ABRIL-2023	PROY : HUAROCHIRI	Revisado: MSC. CESAR AUGUSTO PACCHA RUFASTO	P-01
INST : UCV	DIST. : SAN ANTONIO		

ANEXO 34: Plano de ubicación de Calicatas



LOCALIZACIÓN

ESCALA: 1/10,000

CUADRO DE DATOS TÉCNICOS DE LAS CALICATAS

CALICATA	PROF. [m]	COTA	NORTE	ESTE
C-1	3.00	616.30	8'681'631.942	287,628.892
C-2	2.50	615.90	8'681'635.541	287,624.692
C-3	2.00	615.35	8'681'640.071	287,618.734

AUTOR : Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Molido como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos, Jicamarca 2023

TÍTULO : Av. Inca Roca Mz. "DF-8" LOTE 1D
 SECTOR EL PALOMAR - ANEXO 22 JICAMARCA

PLANO : CALICATAS

ESCALA : 1/100	DPTO : LIMA	Responsable: CARLOS BERNARD GRANDE ASTO	LAMINA : 1/1
FECHA : ABRIL-2023	PROY. : HUAROCHIRI	Revisado: MSC. CESAR AUGUSTO PACCHA RUFASTO	C-01
INST : UCV	DST : SAN ANTONIO		

ANEXO 36: Planos de Arquitectura - Renderizaciones y materiales

Nivel 1
1:10

Nivel 2
1:10

Nivel 3
1:10

Planimetría general
1:10

SALA

COMEDOR

ESCALERA

ESTAR N.2

GARAJE

DOR. 01

DOR. 02

COCINA N3

ESTAR N.3

TERRAZA

Diseño Estructural Empleando Vidrio Reciclado Moldeado como Aporte a los Pórticos de una Vivienda Unifamiliar de 3 Pisos. Icaamarca 2023

PLANIMETRÍA

Número de proyecto: 01

Fecha: 29/05/2023

Especialidad: ARQUITECTURA

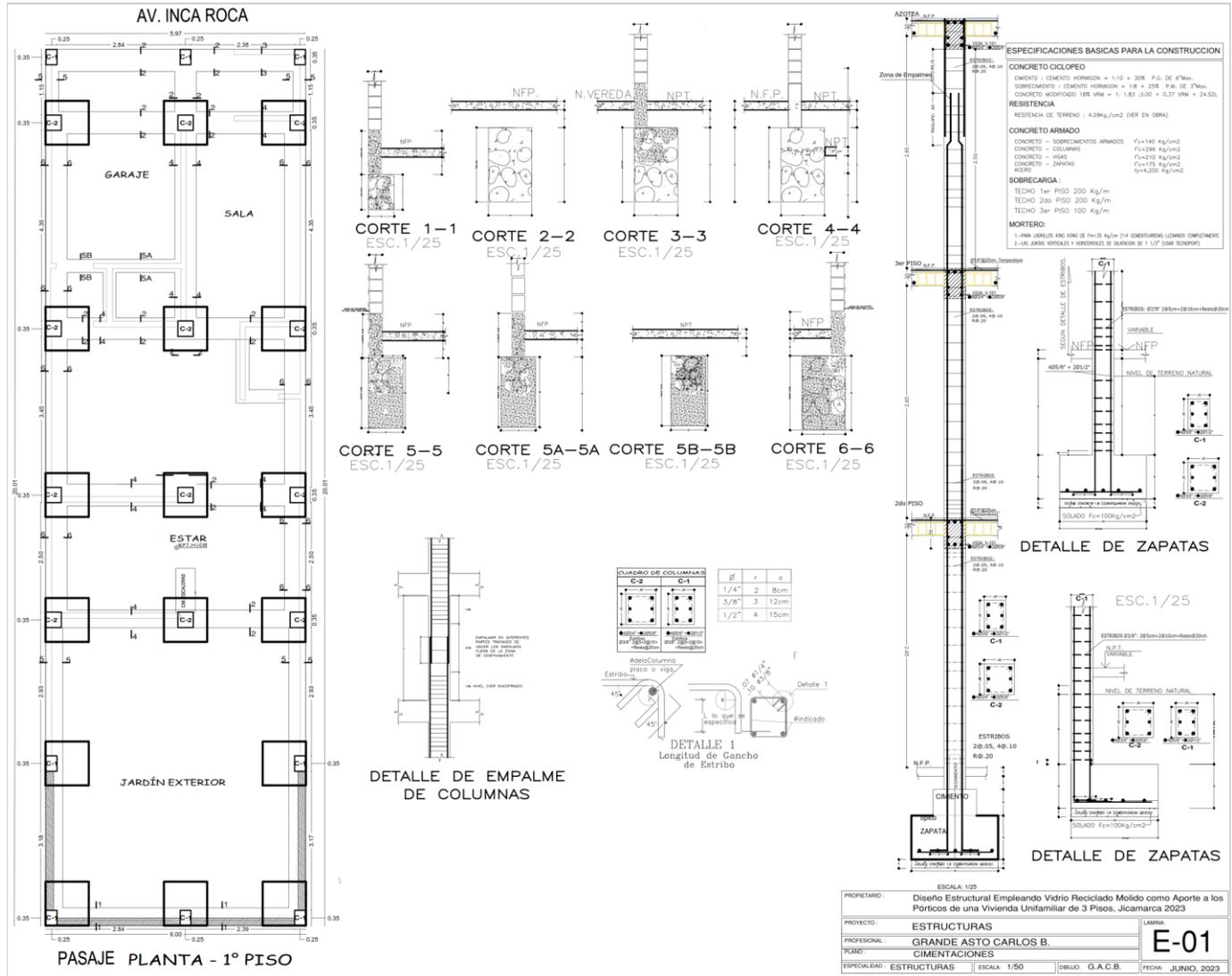
Compartido por: CARLOS GRANDE

A-1

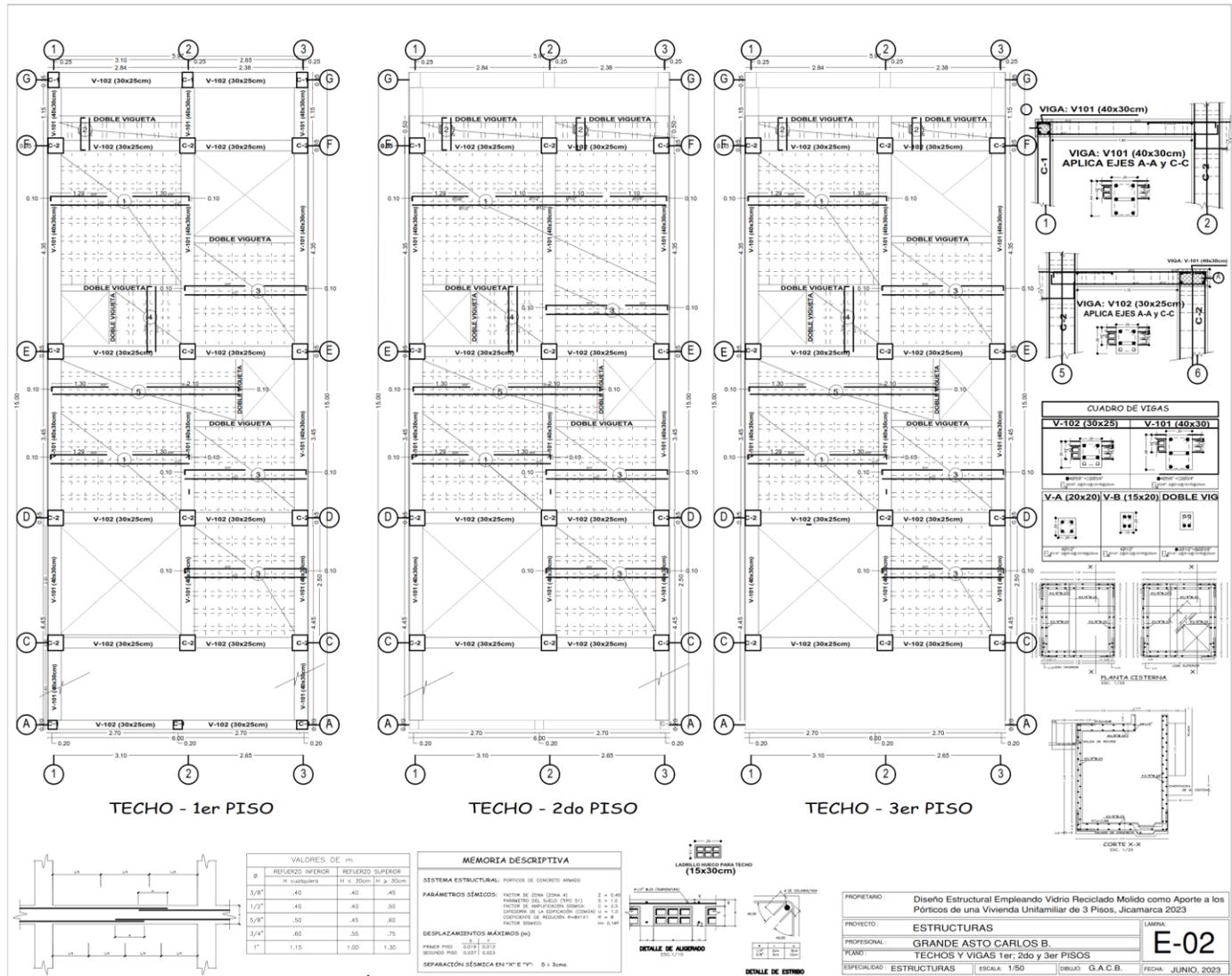
Escala: 1:50

20/05/2023 10:11

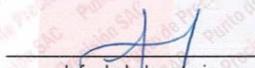
ANEXO 37: Planos de Estructuras - Cimentación



ANEXO 38: Plano de Estructuras - Losas y techos



ANEXO 39: Certificados de calibración de los equipos utilizados en el EMS

 Punto de Precisión SAC	LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-022-2023		
Página: 1 de 3		
Expediente : T 022-2023	Fecha de Emisión : 2023-04-01	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.</p> <p>PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.	Dirección : PRO EL ALAMO MZA P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL - COMAS - LIMA	
2. Instrumento de Medición : BALANZA	Marca : AND	
Modelo : FX-3000i	Número de Serie : 15604863	
Alcance de Indicación : 3 200 g	División de Escala de Verificación (e) : 0,1 g	
División de Escala Real (d) : 0,01 g	Procedencia : KOREA	
Identificación : NO INDICA	Tipo : ELECTRÓNICA	
Ubicación : LABORATORIO	Fecha de Calibración : 2023-04-01	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO de GECAT INGENIERIA S.A.C. AV. LOS HÉROES ALTO CENEPAMZ. A LOTE 6 TRAPICHE - COMAS - LIMA	
 LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02		
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106		
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com		
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-023-2023

Página: 1 de 3

Expediente : T 022-2023
Fecha de Emisión : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO.EL ALAMO MZA. P2 LOTE 19 COO. POL.
VIPOL-COMAS - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : R31P30

Número de Serie : 8334290025

Alcance de Indicación : 30 kg

División de Escala de Verificación (e) : 10 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2023-01-04

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de GECAT INGENIERIA S.A.C.
AV. LOS HÉROES ALTO CENEPAMZ. A LOTE 8 TRAPICHE - COMAS - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

RECIBIMOS LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 075 - 2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 022-2023
Fecha de emisión : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO. EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL. VIPOL -
COMAS - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE

Tipo de Indicación : ANALÓGICO

Alcance de Indicación : 0 pulg a 1 pulg

División de Escala : 0,001 pulg

Marca : INSIZE

Modelo : NO INDICA

Serie : 4125

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. LOS HÉROES ALTO CENEPA MZ. A LOTE 6 TRAPICHE - COMAS - LIMA
01- ABRIL - 2023

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA - 011 - 2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,8	26,8
Humedad %	58	58

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 - Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com - E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 076 - 2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 022-2023
Fecha de emisión : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL - COMAS - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : NO INDICA
Modelo de Copa : NO INDICA
Serie de Copa : NO INDICA

Contómetro : ANALÓGICO
Marca de Contómetro : COUNTER
Modelo de Contómetro : RSL-204-3
Serie de Contómetro : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. LOS HÉROES ALTO CENEPA MZ. A LOTE 6 TRAPICHE - COMAS - LIMA
01 - ABRIL - 2023

4. Método de Calibración

Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM. Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,6	26,9
Humedad %	58	58

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 077 - 2023

Página : 1 de 4

Expediente : T 022-2023
Fecha de emisión : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL -
COMAS - LIMA

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : METROTEST
Modelo del Equipo : NO INDICA
Serie del Equipo : NO INDICA
Capacidad del Equipo : 80 L

Marca de indicador : THOLZ
Modelo de indicador : HRS
Serie de indicador : NO INDICA
Temperatura calibrada : 110 °C

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. LOS HÉRODES ALTO CENEPA MZ. A LOTE 6 TRAPICHE - COMAS - LIMA
01 - ABRIL - 2022,3

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	APPLENT	0093-TPES-C-2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,9	27,0
Humedad %	55	55

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. GIF N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
OPORTUNA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 078 - 2023

Página : 1 de 3

Expediente : T 022-2023
Fecha de emisión : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Dirección : PRO EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COD. POL VIPOL - COMAS - LIMA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : CELDA DE CARGA Y PESAS PARA CORTE DIRECTO

Marca de Corte Directo : RICELI EQUIPOS
Modelo de Corte Directo : SRIC61
Serie de Corte Directo : 1406013

Marca de Celda : OAP
Tipo de Celda : DEF
Serie de Celda : 5BA566
Capacidad de Celda : 500 kg

Marca de Indicador : NO INDICA
Modelo de Indicador : NO INDICA
Serie de Indicador : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. LOS HÉROES ALTO CENEPÁ MZ A LOTE 6 TRAPICHE - COMAS - LIMA
01 - ABRIL - 2023

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,1	26,6
Humedad %	52	52

7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 - Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

RECIBIMOS LA RECONOCIMIENTO PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP -079 -2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 022-2023
Fecha de emisión : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.
Dirección : PRO EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL -
COMAS - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR
Marca de Prensa : RICELI EQUIPOS
Modelo de Prensa : CBR
Serie de Prensa : PS100930
Marca de Celda : OAP
Tipo de Celda : DEF-A
Serie de Celda : 5457278
Capacidad de Celda : 5 t
Marca de Indicador : OHAUS
Modelo de Indicador : T31P
Serie de Indicador : B207700137

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
AV LOS HEROES AL TO CENEPA MZ. A LOTE 6 TRAPICHE -COMAS -LIMA
01 -ABR IL -2023

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,4	26,4
Humedad %	52	52

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Coayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISI3N S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACI3N

CERTIFICADO DE CALIBRACI3N N° LFP 080 -2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 022- 2023
Fecha de emisi3n : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.

Direcci3n : PRO EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL -
COMAS - LIMA

El Equipo de medici3n con el modelo y n3mero de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Direcci3n de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripci3n del Equipo : CARGA PUNTUAL

Marca de carga Puntual : RICELI EQUIPOS
Modelo de carga Puntual : ATM001
Serie de carga Puntual : 30231301
Capacidad : 5 t

Marca de Transductor : ZEMIC
Modelo de Transductor : YB15
Serie de Transductor : 0534
Capacidad de Transductor : 5 t

Marca de indicador : HIWEIGH
Modelo de Indicador : 315-X8
Serie de Indicador : 231256

Los resultados son v3lidos en el momento y en las condiciones de la calibraci3n. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecuci3n de una recalibraci3n, la cual est3 en funci3n del uso, conservaci3n y mantenimiento del instrumento de medici3n o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretaci3n de los resultados de la calibraci3n aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibraci3n

AV. LOS HÉROES AL TO CENEPa MZ. A LOTE 6 TRAPICHE -COMAS -LIMA
01 - ABRIL -2023

4. M3todo de Calibraci3n

La Calibraci3n se realiz3 de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0894 - 001 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,6	26,5
Humedad %	52	52

7. Resultados de la Medici3n

Los errores de la carga puntual se encuentran en la pagina siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificaci3n se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el n3mero de certificado y fecha de calibraci3n de la empresa PUNTO DE PRECISI3N S.A.C.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152831

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

ESTE DOCUMENTO ES UNA COPIA REPRODUCIDA SIN AUTORIZACI3N DE PUNTO DE PRECISI3N S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO -081 -2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 022-2023
Fecha de emisión : 2023-01-04

1. Solicitante : GECAT INGENIERIA S.A.C.
Dirección : PRO.EL ALAMO MZA. P2 LOTE. 19 COO. POL VIPOL -
COMAS - LIMA

2. Instrumento de Medición : PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERO

Marca : NO INDICA
Modelo : NO INDICA
Serie : NO INDICA
Material : FIERRO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
AV. LOS HEROES AL TO CENEPA MZ. A LOTE 6 TRAPICHE -COMAS-LIMA
01-ABRIL-2023

4. Método de Calibración
Calibración se realizo tomando como referencia la Norma NTP 339 159

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	METTLER TOLEDO	LM - 001 - 2022	Punto de Precisión

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,8	26,7
Humedad %	56	55

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

REPRODUCCIÓN O DISTRIBUCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

ANEXO 40: Certificados de calibración de los equipos utilizados en el laboratorio de concreto.



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LT - 029 - 2023

Página 1 de 5

1. Expediente 01431-2023

2. Solicitante VICAT GEOTESTING S.A.C.

3. Dirección LT. 10 MZ. F.P.J. VILLA ESPERANZA - LIMA
LIMA CARABAYLLO

4. Equipo HORNO

Alcance Máximo 300 °C

Marca QUINCY LAB INC.

Modelo 40GC-1

Número de Serie G43-2661

Procedencia U.S.A.

Identificación NO INDICA

Ubicación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2023-04-24

Fecha de Emisión 2023-04-24

Jefe del Laboratorio de Metrología



JOSE ALEJANDRO FLORES MINAYA

Sello



📞 913 028 621 / 913 028 622

📞 913 028 623 / 913 028 624

🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima

✉️ ventas@perutest.com.pe

🏢 PERUTEST SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-039-2022

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0036
2. Solicitante	VICAT
3. Dirección	MZA. F LOTE. 10 P.J. VILLA ESPERANZA - LIMA - LIMA - CARABAYLLO
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)
Marca	NO INDICA
Modelo	STYE-2000
N° de serie	200922
Identificación	No indica
Procedencia	China
Intervalo de indicación	0 kN a 2000 kN
Resolución	0,01 kN
Clase de exactitud	No indica
Modo de fuerza	Compresión
5. Fecha de calibración	2022-11-02

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2022-11-04



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hash
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 04/11/2022 11:57:14-0500

Jefe de Laboratorio



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ ventascalibratec@gmail.com
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA - LM - 0287 - 2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	03147-2023
2. Solicitante	VICAT E.I.R.L.
3. Dirección	Mza. F Lote 10 P.J. Villa Esperanza Carabaylo - Lima
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R21P30
Número de Serie	8341606762
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2023-02-18

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2023-02-18

Jefe del Laboratorio de Metrología


MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 020 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC



PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LL - 018 - 2022

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	04302-2022	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	VICAT E.I.R.L.	
3. Dirección	Mz. F Lt. 10 P.J. Villa Esperanza - Carabayllo - Lima - Lima	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de Medición	VERNIER (PIE DE REY)	
Alcance de indicación	0 mm a 300 mm / 0 pulg. a 12 pulg.	
División de Escala / Resolución	0.05 mm / 1/128 pulg.	
Marca	MITUTOYO	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA (*)	
Procedencia	JAPON	
Identificación	LL-018	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo de indicación	ANALÓGICO	
5. Fecha de Calibración	2022-11-21	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2022-11-22


JOSÉ ALEJANDRO FLORES MINAYA



Área de Metrología
Laboratorio de Presión

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA- LP - 069 - 2022

Página 1 de 3

1. Expediente	01293-2022
2. Solicitante	VICAT E.I.R.L.
3. Dirección	Mz. F Lt. 10 P.J. Villa Esperanza - Carabaylo - Lima - Lima
4. Instrumento de Medición	OLLA WASHINGTON (PRESS-AIR METER)
Volumen	7.1 l
Marca	FORNEY
Modelo	LA-0316
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	U.S.A.
Identificación	LP-069
Tipo de Indicación	Análogo
Alcance de indicación	100% a 0% (Contenido de aire) 0 a 15 psi
5. Fecha de Calibración	2022-05-21

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2022-05-21



MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 622 - 913 028 623
☎ 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC