

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DEL LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO
ADICIONANDO CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET
RECICLADO, CHOTA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por: DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO

Asesor: CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ

Chota – Perú

2022



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: BENAVIDEZ RUBIO DIANA YULEYSI
Código del alumno: 2014050122
Correo electrónico: diana-ybr@hotmail.com
Teléfono: 959525657
DNI: 73414429

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación
 Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
 Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller
 Licenciado
 Título
 Magister
 Segunda especialidad
 Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota

5. FACULTAD DE: Ciencias de la Ingeniería

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: Ingeniería Civil

7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Benavidez Núñez Claudia Emilia
Correo electrónico: cbanavidezh@gmail.com
Teléfono: 959008297
D.N.I.: 70609688

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

FIRMA:
DNI: 73414429

Fecha, 17 de enero de
2023

**Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal
Hidratada y Plástico PET Reciclado, Chota**

POR:

Diana Yuleysi Benavidez Rubio

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**

de

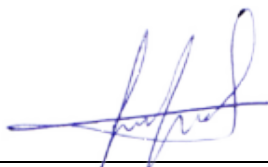
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez

PRESIDENTE



Mg. Ing. Jefferson Ruíz Cachi

SECRETARIO



Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

VOCAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS 2022/EPIC/UNACH

Siendo las 3:30 pm horas, del día viernes 02 de diciembre de 2022, en el auditorio de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, los miembros del Jurado de Tesis titulada:

“EVALUACIÓN DEL LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO ADICIONANDO CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RECICLADO, CHOTA”, integrado por:

- | | | |
|----|--------------------------------------|------------|
| 1. | Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez | Presidente |
| 2. | Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi | Secretario |
| 3. | Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo | Vocal |

Sustentado por Bach. **DIANA YULEYSI BENAVIDES RUBIO**, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado, por el público asistente, y las respuestas contestadas por el (la) Tesista, luego de la deliberación del Jurado Evaluador, se acordó Aprobar la tesis, calificándola con la nota de:

..... **DIESEISES** **16**

Asimismo se acordó elevar la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el TÍTULO de INGENIERO CIVIL.

Firmado en: Chota, 02 de diciembre del 2022

.....
Presidente

Mg. Ing. Edwar Cieza Sánchez

.....
Secretario

Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi

.....
Vocal

Mg. Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo

Mg. Ing. Claudia E. Benavides Nández.

El Fedatario de la Universidad Nacional Autónoma de Chota CERTIFICA Que la presente Fotocopia corresponde a su original que se puso a la vista Chota 17-01-2023



Abog. Armulfo Bustamante Mejía.
SECRETARIO GENERAL - UNACH

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme la vida y tener la oportunidad de realizar este propósito.

Agradezco a mis padres, gracias por motivarme cada día a alcanzar mis metas tanto personales como profesionales.

Agradezco a mis hermanos, familiares, amigos, amigas y a las personas que tan bondadosamente me dieron su apoyo, sus palabras de ánimo, su valioso tiempo que fue imprescindible en el transcurso de este período de materialización de mi proyecto que ha sido de gran aporte para mi desarrollo personal y profesional.

Agradezco a la “Universidad Nacional Autónoma de Chota” por la oportunidad de ejecutar mi tesis en sus laboratorios, agradezco a los profesionales que son parte del área académica de la “Escuela Profesional de Ingeniería Civil” y que fueron parte de mi formación profesional, agradezco a mis asesores que me han apoyado y han contribuido con ideas para desarrollar este proyecto, gracias por su apoyo profesional.

Muchas gracias

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Rosalina Rubio Tarrillo e Israel Benavidez Tarrillo, a mis hermanos Merly y Michel, a mis familiares, amigos y amigas que siempre han estado pendientes de mi desarrollo personal y profesional brindándome su incondicional apoyo y por el tiempo que me han dedicado para seguir adelante y culminar con mi proyecto y a todas a las personas que cada día van en búsqueda del conocimiento, les dedico este trabajo con el respeto que se merecen y con el cariño que les tengo a cada uno de ustedes.

Diana Yuleysi Benavidez Rubio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Justificación e importancia.....	19
1.4. Delimitación de la investigación.....	20
1.5. Limitaciones	21
1.6. Objetivos.....	21
1.6.1. Objetivo general.....	21
1.6.2. Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.2. Marco teórico	25
2.2.1. Teoría del reciclaje.....	25
2.3. Marco conceptual.....	26
2.3.1. Cal hidratada	26
2.3.2. Plástico polietileno tereftalato (PET)	29
2.3.3. Ladrillo de concreto	31
2.3.4. Ensayos a los ladrillos de concreto.....	32
2.3.5. Ladrillo con cal hidratada y plástico PET reciclado	35
2.4. Definición de términos	37
CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	38
3.1. Hipótesis.....	38
3.2. Variables.....	38
3.2.1. Variable independiente: Cal hidratada y Plástico PET reciclado.....	38
3.2.2. Variable dependiente: Ladrillo sólido de concreto.	38
3.3. Operacionalización de variables	39

CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO	40
4.1. Ubicación geográfica del estudio.....	40
4.2. Unidad de análisis, población y muestra	42
4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación.....	46
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información.....	49
4.5.1. Ensayos en agregados	49
4.5.2. Diseño de mezclas.....	55
4.5.3. Ensayos en concreto en estado fresco	56
4.5.4. Ensayo de resistencia del concreto NTP 339.034.....	57
4.5.5. Diseño de mezcla adecuado para ladrillo tipo 17 con cal hidratada y PET	57
4.5.6. Etapas de fabricación de ladrillos de concreto con adición de PET y cal hidratada	57
4.5.7. Ensayos al ladrillo de concreto solido con cal hidratada y PET	60
4.5.8. Procesamiento de la información	60
4.5.9. Análisis de la información	60
4.6. Matriz de consistencia metodológica	60
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
5.1. Presentación de resultados	61
5.1.1. Propiedades físico-mecánicas de los agregados	61
5.1.2. Diseño de mezclas de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado	68
5.1.3. Análisis técnico, económico y ambiental del concreto con adición de cal y PET	78
5.1.4. Propiedades de los ladrillos de concreto	88
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados	93
5.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados	93
5.2.2. Características del concreto modificado.....	96
5.2.3. Características de los ladrillos de concreto modificados	99
5.3. Contrastación de hipótesis.....	100
5.3.1. Propiedades de los agregados.....	100
5.3.2. Materiales para la elaboración de concreto modificado con cal o PET	102
5.3.3. Resistencia a compresión del concreto modificado	104
5.3.4. Propiedades mecánicas del ladrillo de concreto	109
CAPÍTULO VI. PROPUESTA	112
6.1. Formulación de la propuesta para la solución del problema	112

6.2. Costos de la implementación de la propuesta	117
6.3. Beneficios que aporta la propuesta	117
CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS.....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
ANEXOS.....	127
Anexo N° 1. Matriz de consistencia	127
Anexo N° 2. Panel fotográfico	128
Anexo N° 3. Documentación.....	137
Anexo N° 4. Ensayos en agregados.....	139
Anexo N° 5. Diseño de mezclas	152
Anexo N° 6. Ensayos en concreto	163
Anexo N° 7. Ensayos en ladrillos.....	186
Anexo N° 8. Costo unitario del ladrillo	190
Anexo N° 9. Diseño de muros de albañilería.....	192

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos técnicos del Polietileno Tereftalato (PET)	30
Tabla 2. Requerimientos para ladrillos de concreto	32
Tabla 3. Granulometría del Agregado Fino	36
Tabla 4. Granulometría del confitillo	36
Tabla 5. Cuadro de operacionalización de variables	39
Tabla 6. Ubicación de las Canteras de los Agregados y Materiales	41
Tabla 7. Ubicación del Laboratorio	41
Tabla 8. Especímenes de concreto convencional	44
Tabla 9. Especímenes de concreto modificado con cal como remplazo del cemento	44
Tabla 10. Especímenes con plástico PET reciclado como remplazo de la arena y grava	44
Tabla 11. Total, de especímenes de concreto según edad de ruptura	44
Tabla 12. Muestras de ladrillo con cal hidratada y plástico PET reciclado	45
Tabla 13. Gradación de la arena	62
Tabla 14. Granulometría del confitillo	63
Tabla 15. Granulometría del plástico PET reciclado	64
Tabla 16. Humedad de los agregados	66
Tabla 17. Peso unitario seco suelto y compactado de los agregados	66
Tabla 18. Peso específico de los agregados	67
Tabla 19. Absorción de los agregados	67
Tabla 20. Abrasión del confitillo	67
Tabla 21. Propiedades químicas de la cal hidratada	67
Tabla 22. Características de los materiales	68
Tabla 23. Materiales en kg para 1m ³ de concreto con residuos PET reciclados	69
Tabla 24. Materiales en m ³ para la elaboración de concreto con residuos PET reciclados	69
Tabla 25. Proporción de materiales para concreto con residuos PET reciclados	69
Tabla 26. Materiales en kg para 1m ³ de concreto con cal hidratada	70
Tabla 27. Materiales en m ³ para la elaboración de concreto con cal hidratada	70
Tabla 28. Proporción de materiales para concreto con cal hidratada	70
Tabla 29. Propiedades del concreto base en estado fresco	71
Tabla 30. Resistencia de concreto base	71
Tabla 31. Propiedades del concreto fresco con 3% de plástico PET reciclado	72
Tabla 32. Resistencia del concreto con 3% de plástico PET reciclado	72
Tabla 33. Propiedades del concreto fresco con 6% de plástico PET reciclado	73
Tabla 34. Resistencia del concreto con 6% de PET	73
Tabla 35. Propiedades del concreto fresco con 9% de plástico PET reciclado	74

Tabla 36. Resistencia con adición del 9% de PET	74
Tabla 37. Propiedades del concreto fresco con 3% de cal hidratada.....	75
Tabla 38. Resistencia con adición de 3% de cal hidratada.....	75
Tabla 39. Propiedades del concreto fresco con 6% de cal hidratada.....	76
Tabla 40. Resistencia con adición de 6% de cal hidratada.....	76
Tabla 41. Propiedades del concreto fresco con 9% de cal hidratada.....	77
Tabla 42. Resistencia con adición de 9% de cal hidratada.....	77
Tabla 43. Resistencia del concreto con diferentes % de PET	79
Tabla 44. Resistencia del concreto con diferentes % de cal hidratada	80
Tabla 45. Costo por m3 con plástico PET reciclado	81
Tabla 46. Costo por m3 con cal hidratada	82
Tabla 47. Índice de significancia del impacto.....	84
Tabla 48. Matriz CONESA para estudio de impacto ambiental	85
Tabla 49. Dosificación para el concreto base para 1m3.....	87
Tabla 50. Dosificación para el concreto con 9% de cal y 9% de PET, para 1m3.....	87
Tabla 51. Cantidad de materiales en peso para el ladrillo tipo 17	87
Tabla 52. Dosificación para un ladrillo tipo 17 con cal hidratada y plástico PET reciclado + 10% de desperdicio	87
Tabla 53. Variación dimensional del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada ..	88
Tabla 54. Alabeo del ladrillo con PET y cal hidratada	89
Tabla 55. Humedad del ladrillo con PET y cal hidratada	89
Tabla 56. Densidad del ladrillo con PET y cal hidratada.....	89
Tabla 57. Absorción del ladrillo con PET y cal hidratada	90
Tabla 58. Resistencia en unidad del ladrillo con PET reciclado y cal hidratada	90
Tabla 59. Resistencia del mortero para el asentado de ladrillo	91
Tabla 60. Resistencia en pilas de ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada	92
Tabla 61. Resistencia al corte diagonal de ladrillo con PET reciclado y cal	92
Tabla 62. Propiedades físicas del agregado fino.....	94
Tabla 63. Propiedades físico-mecánicas del confitillo.....	95
Tabla 64. Propiedades físicas del plástico PET reciclado	96
Tabla 65. Materiales en kg para producir 1m3 de concreto con cal o PET	97
Tabla 66. Resistencia del concreto con cal o PET	98
Tabla 67. Características técnicas del ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada	99
Tabla 68. Datos de propiedades de los agregados para análisis estadístico ANOVA	101
Tabla 69. Análisis de varianza para propiedades de los agregados en Minitab 19.....	101
Tabla 70. Resumen de modelo estadístico Minitab 19, propiedades de los agregados	101

Tabla 71. Datos de cantidad de materiales según diseño para ANOVA	103
Tabla 72. Análisis de varianza para el diseño de mezclas en Minitab 19	103
Tabla 73. Resumen de modelo, diseño de mezclas	103
Tabla 74. Datos de la resistencia del concreto para ANOVA	105
Tabla 75. Análisis de varianza para la resistencia del concreto con adición de cal hidratada .	105
Tabla 76. Resumen de modelo estadístico Minitab 19, resistencia del concreto con cal	105
Tabla 77. Datos de la resistencia a compresión del concreto con adición de PET reciclado...	107
Tabla 78. Análisis de varianza para resistencia del concreto con adición de PET reciclado ...	107
Tabla 79. Resumen de modelo estadístico Minitab 19, resistencia a compresión del concreto con PET reciclado	107
Tabla 80. Datos de las propiedades mecánicas del ladrillo para análisis estadístico ANOVA	109
Tabla 81. Análisis de varianza para las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto	109
Tabla 82. Resumen de modelo estadístico Minitab 19, propiedades mecánicas del ladrillo de concreto.....	110
Tabla 83. Propiedades mecánicas del ladrillo de concreto convencional y modificado con cal – PET	112
Tabla 84. Costo para la elaboración de un ladrillo de concreto	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de cemento, cal y yeso, primer semestre 2019 (Var. % interanual).....	16
Figura 2. Manufactura mundial de plásticos.....	17
Figura 3. Material predominante de paredes exteriores en el Perú, 2017	18
Figura 4. Proceso productivo de la cal	28
Figura 5. Codificación de los Plásticos	29
Figura 6. Funciones de los ladrillos de concreto	32
Figura 7. Construcción de prismas de albañilería.....	34
Figura 8. Ubicación de Chota y Conchán, en la provincia de Chota	40
Figura 9. Ubicación del Botadero de Basura de Colpahuacaris, Chota.....	42
Figura 10. Ubicación de la Calera de Rejopamapa, distrito de Chota.....	42
Figura 11. Esquema del diseño descriptivo causal simple	47
Figura 12. Ensayo de granulometría.....	49
Figura 13. Ensayo de peso compactado.....	50
Figura 14. Ensayo de peso específico y absorción en la arena	52
Figura 15. Ensayo de peso específico y absorción en el confitillo.....	52
Figura 16. Ensayo de material que pasa por el tamiz normalizado 75um	54
Figura 17. Ensayo de abrasión	54
Figura 18. Asentamiento del concreto	56
Figura 19. Aire del concreto.....	56
Figura 20. Elaboración de la mezcla para fabricación de ladrillos	58
Figura 21. Ladrillos sólidos de concreto elaborados con 9% de PET + 9 % de cal hidratada...58	
Figura 22. Moldeo de ladrillos sólidos de concreto.....	59
Figura 23. Curado del ladrillo de concreto	59
Figura 24. Curva granulométrica de la arena.....	62
Figura 25. Curva granulométrica del confitillo	63
Figura 26. Curva granulométrica del plástico PET reciclado	64
Figura 27. MF promedio de los agregados	65
Figura 28. Material que pasa el tamiz N° 200 de los agregados	65
Figura 29. Curva de resistencia vs tiempo.....	71
Figura 30. Curva de resistencia de concreto con adición de 3% de PET	72
Figura 31. Curva de resistencia del concreto con 6% PET	73
Figura 32. Curva de resistencia del concreto con 9% de PET	74
Figura 33. Curva de resistencia del concreto con 3% de cal hidratada	75
Figura 34. Curva de resistencia de concreto con 6% de cal hidratada	76

Figura 35. Curva de resistencia del concreto con 9% de cal hidratada	77
Figura 36. Asentamiento del concreto	79
Figura 37. Contenido de Aire del concreto.....	79
Figura 38. Curvas de resistencia del concreto con diferentes % de PET	80
Figura 39. Curvas de resistencia del concreto con diferentes % de cal hidratada	80
Figura 40. Costo vs porcentaje de aditivo	82
Figura 41. Densidad del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada.....	89
Figura 42. Absorción del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada	90
Figura 43. Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada	91
Figura 44. Resistencia a la compresión del mortero para el asentado de ladrillos	91
Figura 45. Resistencia a la compresión axial en prismas de ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada	92
Figura 46. Resistencia al corte diagonal en ladrillo con PET reciclado y cal hidratada.....	93
Figura 47. Resistencia del concreto con cal o PET	98
Figura 48. Gráfica de los residuos para las propiedades de los agregados.....	102
Figura 49. Gráfica de los residuos para los diseños de mezcla	104
Figura 50. Gráfica de efectos de la iteración de la resistencia del concreto con cal hidratada	106
Figura 51. Gráfica de los residuos para la resistencia a compresión del concreto con adición de cal hidratada.....	106
Figura 52. Gráfica de efectos de la iteración de la resistencia del concreto con adición de PET	108
Figura 53. Gráfica de los residuos para la resistenci del concreto con PET reciclado	108
Figura 54. Gráfica de efectos de la iteración del ladrillo con cal hidráulica y PET reciclado y el ladrillo convencional.....	110
Figura 55. Gráfica de los residuos para ladrillo de concreto con cal hidráulica - PET y el ladrillo convencional	111
Figura 56. Estructura con muros de albañilería, sistema dual.....	112
Figura 57. Densidad de muros.....	113
Figura 58. Cargas actuando sobre el muro portante EJE C-C.....	113
Figura 59. Esfuerzos admisibles de muro de ladrillos de concreto estándar	114
Figura 60. Esfuerzos admisibles de muro de ladrillos de concreto con cal y PET	114
Figura 61. Análisis y diseño por corte del muro de ladrillos de concreto estándar	115
Figura 62. Análisis y diseño por corte del muro de ladrillos con cal y PET	116

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. absorción	33
Ecuación 2. contenido de humedad	33
Ecuación 3. Para determinar la densidad seca al horno	34
Ecuación 4. Resistencia a compresión	34
Ecuación 5. Resistencia en primas	34
Ecuación 6. Esfuerzo cortante diagonal en muretes	35
Ecuación 7. Para obtener el área bruta del murete	35
Ecuación 8. Materiales para un concreto convencional	43
Ecuación 9. Materiales para concreto con cal hidratada	43
Ecuación 10. Materiales para concreto con plástico PET reciclado	43
Ecuación 11. Para determinar el módulo de finura	49
Ecuación 12. Peso unitario seco suelto y compactado	50
Ecuación 13. Determinar el peso específico de masa de la arena	51
Ecuación 14. Para determinar la absorción de la arena	51
Ecuación 15. Para determinar el peso específico de masa del confitillo	51
Ecuación 16. Para determinar Pe SSS	51
Ecuación 17. Para determinar la absorción del confitillo	51
Ecuación 18. Peso específico del plástico PET reciclado	52
Ecuación 19. Para determinar la humedad	53
Ecuación 20. Para determinar material fino que pasa por el tamiz 75um (N°200)	53
Ecuación 21. Para determinar % de pérdida de material	54
Ecuación 22. Cálculo del índice de significancia del EIA	84

RESUMEN

El objetivo fue “Evaluar el ladrillo sólido de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado con la finalidad de conocer su aporte técnico, económico y ambiental, en comparación con el ladrillo convencional, en base a la norma RNE-E.070”.

La muestra fue 63 ladrillos de concreto hechos con 9% de cal hidratada en sustitución del peso del cemento y 9% de PET en sustitución del volumen de agregados; pero primero se diseñaron y elaboraron especímenes con mezclas de concreto con cal al 3%, 6% y 9%, y mezclas de concreto con PET al 3%, 6% y 9%.

La mezcla base $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ para 1 m³ de concreto se realizó con 7.76 bls de cemento, 0.576 m³ de arena, 0.567 m³ de confitillo y 0.224 m³ de agua, que, al incorporar cal o PET, disminuye relativamente su resistencia a compresión, pero, sigue alcanzando la resistencia de diseño, por tanto, cualquiera de los diseños es factible para la elaboración de concreto. Pero desde el punto de vista técnico-económico-ambiental, es más recomendable la proporción de 9% cal y 9% PET.

Se ha concluido que los ladrillos con cal y PET, alcanzan resistencias a compresión en unidad más altas (188.75 kg/cm²), mayor firmeza en pilas (180.32 kg/cm²) y mayor firmeza en muretes (58.79 kg/cm²) que, el ladrillo convencional regulado en la E.070.

Palabras clave: Unidad de albañilería, concreto, resistencia a compresión, absorción, confitillo, muretes.

ABSTRACT

The objective of the research was "To evaluate the solid concrete brick with the addition of hydrated lime and recycled PET plastic in order to know its technical, economic and environmental contribution, compared to the conventional brick, based on the RNE-E.070 standard". The sample was 63 concrete bricks made with 9% of hydrated lime replacing the weight of cement and 9% of PET replacing the volume of aggregates; but first specimens were designed and elaborated with concrete mixtures with lime at 3%, 6% and 9%, and concrete mixtures with PET at 3%, 6% and 9%.

The base mix $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ for 1 m^3 of concrete was made with 7.76 bls of cement, 0.576 m^3 of sand, 0.567 m^3 of clay and 0.224 m^3 of water, which, by incorporating lime or PET, decreases relatively its compressive strength, but, it still reaches the design strength, therefore, any of the designs is feasible for the elaboration of concrete. However, from the technical-economic-environmental point of view, the proportion of 9% lime and 9% PET is more recommendable.

It has been concluded that concrete bricks with 9% hydrated lime and 9% PET achieve higher unit compressive strengths (188.75 kg/cm^2), higher compressive strength in piles (180.32 kg/cm^2) and higher shear strength in walls (58.79 kg/cm^2) than the conventional concrete brick regulated in standard E.070..

Key words: masonry unit, concrete, compressive strength, absorption, confitillo, walls.

CAPÍTULO I.

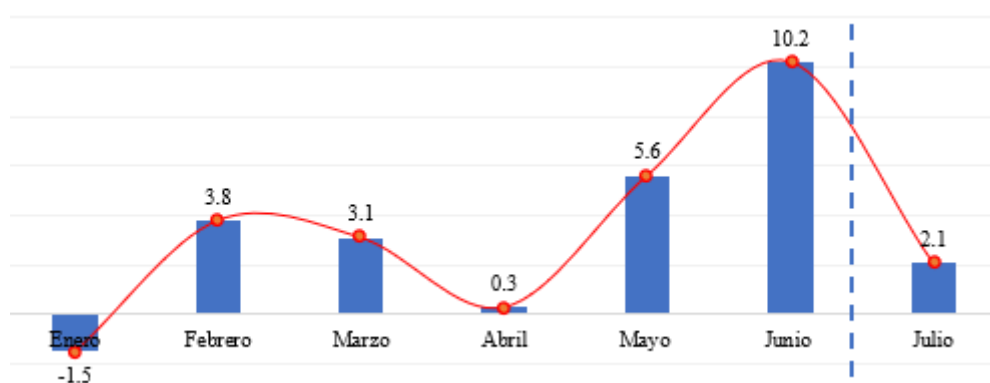
INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La cal, según la historia es indudablemente un antiguo elemento de edificación, civilizaciones como la egipcia lo utilizaron para el revestimiento de sus pirámides, la civilización China lo utilizó para la construcción de la muralla china, y el pueblo romano, quienes perfeccionaron el proceso de fabricación, adicionando cal, cal viva y cenizas, obteniendo un componente que fraguaba en agua (Villarino, 2018). La cal, era el conglomerante básico de los morteros, y estos han sido la base para múltiples edificaciones y muros, pero en la actualidad solo se relaciona su utilización con la bioconstrucción o rehabilitación, aun cuando, en la actualidad, su producción y comercialización tiene mayores ventajas (Usedo, 2015, Yahyane, 2019).

Figura 1.

Producción de cemento, cal y yeso, primer semestre 2019 (Var. % interanual)



Nota: (La República, 2019).

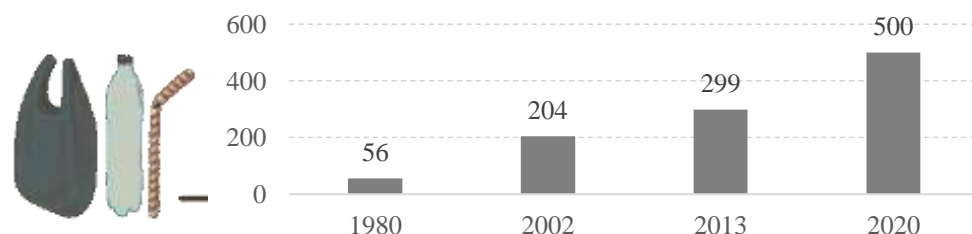
El plástico no es degradable, pero que puede ser reciclado, el Perú fue uno de los últimos países del continente en legalizar el reciclaje del PET, a pesar que del 100% de los residuos sólidos producidos en un día en las regiones del país, el

29% está conformado por materiales aprovechables como, papel, cartón y plásticos, pero estos terminan en el mar u alrededores contaminado el entorno ambiental (Gestión, 2017, p. 1). Diversas provincias de Cajamarca asumen dificultades de acopio de residuos PET con escasos vertederos locales, por lo que, en el distrito de Chota, la Municipalidad Provincial (MPCH) en convenio con la Universidad Autónoma de Chota (UNACH) ejecutó el plan “Chota Te Quiero Limpia”, con la finalidad de recaudar en las I.E., papel, cartón, residuos plásticos, vidrio o metales, que puedan ser reciclados a través del monitoreo adecuado (Panorama Cajamarquino, 2017, p. 1).

Figura 2.

Manufactura mundial de plásticos

(Millones de toneladas)



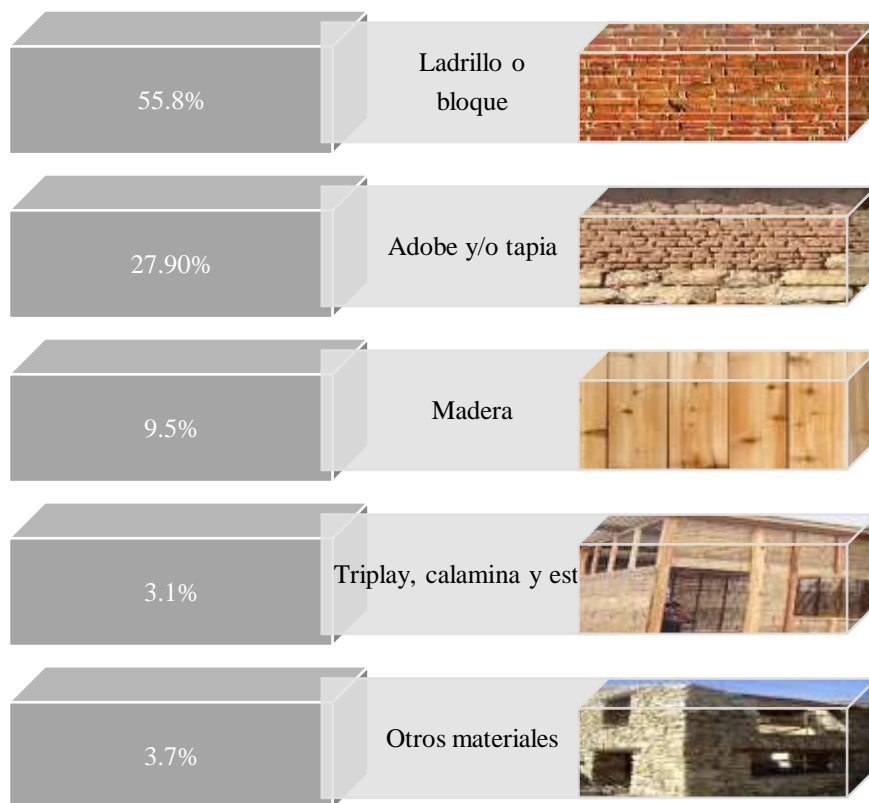
Nota: Ministerio del Ambiente (MINAN, 2020)

Las unidades de albañilería, conocidas como ladrillos, son los materiales más usados para el asentado de muros en las edificaciones de las provincias del país (Andina, 2018), pero deben cumplir con la norma E.070. Los ladrillos sólidos elaborados de concreto casi siempre tienen al cemento, agua, arena y confitillo, como materias primas, pero según investigación realizadas por autores, como, Beltran et al (2018), Holguín (2020), Caballero et al. (2017), y Di Marco et al. (2017), pueden incorporarse materiales residuales, para producir ladrillos ecológicos, siempre y cuando no se alteren sus parámetros mecánicos, si no, se optimicen eludiendo el detrimento precoz en localidades con escenarios

climáticos adversos, como pueden ser fuertes precipitaciones pluviales. “Debido a las variaciones de temperatura y humedad, muchas edificaciones forman en los ladrillos polvillo blancos secos conocidos como eflorescencia; pero, para evitar su aparición una de las alternativas es el uso de cal hidratada” (Consumer, 2018, p. 1), así mismo, “El uso de PET en bloques de concreto puede brindar una mayor resistencia a la absorción del agua mejorando sus características físicas y mecánicas” (Caballero et al., 2017).

Figura 3.

Material predominante de paredes exteriores en el Perú, 2017



Nota: (Andina, 2018)

En Chota, se usa el ladrillo industrial de arcilla, pero, tiene un costo adicional por el traslado del mismo, desde la ciudad de Chiclayo, el ladrillo de concreto puede ser una alternativa para la edificación Chotana, no obstante, para ello debía verificarse los supuestos dados en investigaciones internacionales

(Caballero et al., 2017, Di Marco et al., 2017), donde afirman que el ladrillo hecho con cal y PET adquiere mejores rasgos que el ladrillo común, pero ¿Cómo validar tal aseveración, si los agregados locales (arena y confitillo) presentan diferente gradación, peso, absorción y humedad que los agregados empleados en otras investigaciones? Para ello se tiene que realizar una investigación científica que analice las peculiaridades del ladrillo hecho con agregados chotanos, cal y PET, por tanto, se ha iniciado el estudio con el fin de analizar o caracterizar este tipo de unidad de albañilería, partiendo de la interrogante *¿Qué unidad presenta mejores propiedades mecánicas: el ladrillo ecológico o el ladrillo sólido de concreto convencional?*

1.2. Formulación del problema

¿Qué mejores características mecánicas tendrá el ladrillo de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado que el ladrillo sólido de concreto convencional?

1.3. Justificación e importancia

La tendencia actual de la industria de la construcción es la búsqueda de nuevas alternativas que brinden las mismas características técnicas de los materiales, pero garanticen la sustentabilidad de su utilización. En base a ello, se ha planteado la caracterización de la unidad con cal hidratada y plástico PET reciclado, dos compuestos que son generalmente desechados en el medio local al cumplir su fase de uso, y que pueden ser utilizados en un nuevo fin.

A nivel nacional, existen pocos estudios sobre la reutilización del PET reciclado en la producción de ladrillos de concreto, pero en el ámbito local no hay ilustraciones sobre la utilización de cal junto con PET para la producción de ladrillo de concreto, es por ello que se ha considerado necesario hacer un estudio

característico sobre este tema e inducir a más académicos a la indagación de nuevas alternativas de materiales de construcción que mejoren la calidad mecánica de los mismos, pero que mantengan la sustentabilidad, cuidando así el entorno ambiental

Se ha planteado mitigar los efectos negativos de los residuos de plástico PET por medio de su reciclaje y reutilización como material de construcción evitando así el impacto ambiental que genera debido a que su degradación se produce en largos periodos de tiempo, así mismo se ha utilizado cal hidratada, debido a que su fabricación tiene menor impacto ambiental que el cemento portland, también, se ha utilizado solo la energía solar para la solidificación de los ladrillos disminuyendo así la contaminación del aire por CO₂ generado por los hornos artesanales e industriales al fabricar ladrillos de arcilla cocida.

El proyecto se ha realizado en base a las normas existentes en lo que respecta al diseño de concreto, análisis de materias a utilizar y análisis de los ladrillos con cal y PET para finalmente obtener la proporción de materiales más adecuada que se pueda utilizar para elaborar ladrillos sólidos que puedan emplearse en la edificación de las viviendas Chotanas y de otras provincias y regiones del país.

1.4. Delimitación de la investigación

Se ha ejecutado en el lapso de 11 meses, desde agosto del año 2019, con interrupción de marzo a agosto 2020, debido a la pandemia covid-19, por ende, retomando su desarrollo en el mes de septiembre 2020, hasta culminar con su ejecución. La población fueron los ladrillos sólidos elaborados con cal y PET, con el fin de caracterizar sus propiedades para su aplicación en muros en la ciudad de Chota.

1.5. Limitaciones

Los laboratorios de la EPIC de la UNACH, no cuenta con los equipos necesarios para ensayos en pilas y muretes, por ende, los ensayos faltantes se hicieron en la “Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo”.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Analizar las características el ladrillo sólido de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado, en comparación con el ladrillo convencional, en base a la norma RNE-E.070 del MVCS.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de las materias primas (AF, AG, plástico PET) que se utilizan para la producción de ladrillos.
- Diseñar la mezcla base $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ para ser modificada con cal hidratada (3%, 6% y 9% del peso del cemento) o plástico PET reciclado (3%, 6% y 9% del volumen de los agregados), a fin de conocer la variación en sus características en estado fresco y endurecido.
- Definir técnica, económica y ambientalmente la dosificación de concreto con cal y PET para la producción de ladrillos tipo 17, según la NTP 399.601.
- Analizar la compresión uniaxial de pilas y la resistencia al corte en muretes de los ladrillos con cal hidratada y plástico PET reciclado de acuerdo a la NTP 399.604 y NTP 399.621.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Bijivemula y Noolu (2021) analizaron las propiedades de bloques activados con álcali utilizando escamas de PET y cenizas volantes. Observaron que la firmeza a compresión de los bloques se acrecienta con el aumento de la Molaridad de la solución alcalina y el acrecentamiento de la T° de curado. La compresión, aunque se encontró aceptable, con el aumento en el porcentaje de sustitución de la grava, se encontró que estaba disminuyendo. absorción está dentro del límite para la mayoría de las mezclas según IS 2185-2005.

Beltran et al (2018) ejecutaron su investigación tuvieron el objetivo de usar politereftalato de etileno reciclado para la producción de bloques H15 para mampostería estructural. Analizaron la absorción, compresión y flexión, entre bloques mejorados y convencionales. Concluyeron que, la mezcla cumple con la firmeza de 3000 psi según con el estándar ACI 301S-10 para bloques convencionales, y los valores de las propiedades cumplen con la norma NTC 4026 de bloques de concreto.

Holguín (2020) evaluó prototipos de bloques ecológicos producidos con plásticos reciclados. Para ello caracterizó los materiales, hizo pruebas en probetas prior a la producción de bloques, comprobando que para bloques con 20% de PET logra compresión de 5.9 MPa. Concluyó que es posible el uso de PET en la producción de bloques porque cumple con la INEN 3066.

Caballero et al. (2017). llevo a cabo su investigación “Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno-tereftalato (PET), como

alternativa sostenible para la construcción” para analizar los rasgos de los bloques con PET triturado al 0, 12.5 y 25%, para verificar su factibilidad. Comprobó que el PET mejora la resistencia a la absorción, pero estos bloques no cumplen con la firmeza mínima citada en normas Colombianas (5Mpa), por tanto, el autor concluyó que estos bloques no deben ser usados en muros estructurales.

Di Marco et al. (2017) ejecuto su proyecto para evaluar estos ladrillos con porcentajes del 20% hasta un 40% de adición de PET. Con los resultados obtenidos el autor mejora las características del ladrillo a absorción y compresión.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Arrascue et al (2017) fabricaron ladrillos livianos con plásticos reciclados (PET). Con 1:7:3 cemento: arena: confitillo produjeron un ladrillo patrón vibrocompactado con firmeza a compresión de 68 kg/cm², pero luego le sumaron 35, 45, 55 y 100% de PET. Con 1:7:3 + 55% de PET, el ladrillo adquiere la firmeza de 57 kg/cm². Concluyeron que el uso de PET mantiene las características mecánicas en relación a la norma E.070 y mejora las características físicas.

Arroyo (2018) determinó la incorporación de fibras de plástico reciclado con porcentajes del 5, 10 y 15% en los ladrillos machihembrados de concreto. Determinó que con 10% de PET la compresión, flexión y absorción es 127.83 kg/cm², 4.91 kg/cm², y 16.73%. Concluyó que, a más porcentaje de PET, disminuyen la firmeza del ladrillo machihembrado.

Montero et al (2019) evaluó el PET reciclado en los rasgos del ladrillo de concreto. Trabajó con 64 ladrillos con 0, 5, 10 y 15% PET. Realizó ensayos a compresión y absorción. Con lo que concluyó que, con PET se acrecienta la compresión, cumpliendo la normatividad.

Pérez (2019) realizó su tesis para usar el polietileno tereftalato en el ladrillo K.K. tipo 14. Usó 12 kg polietileno tereftalato para producir 36 ladrillos de 0.24 x 0.13 x 0.09 m. Concluyó que, es factible el uso de polietileno tereftalato para albañilería confinada en la localidad de Tarapoto.

Paz (2014) en su investigación describió el ladrillo con 70% PET y 30% PEAD. De los ensayos físico-mecánicos determinó que tiene baja absorción de agua (0.29%), soporta una presión de 831.88 Pa a flexión, y 239 kg/cm² a compresión. Concluyendo que, el uso de plástico combinado en las unidades, mejora sus características mecánicas.

2.1.3. Antecedentes regionales

Echeverría (2017) indicó que, verificó los rasgos del ladrillo de concreto con PET reciclado. Determinó que la compresión axial en pilas, alcanza f'm de 128.55, 100.83, 79.79 y 76.75 kg/cm², mientras al corte, la característica en muretes V'm asciende a 16.47, 12.83, 13.17 y 9.96 kg/cm² para 0, 3, 6 y 9% de PET. Con ello concluyó que, si bien la adición de PET disminuye la firmeza de los ladrillos éstos siguen consumando los estándares de la E.070.

Bardales (2019) comparó los ladrillos de concreto y de arcilla. Realizó ensayos normados en la RNE E.070, concluyendo el ladrillo artesanal de concreto tienen características superiores que, el ladrillo artesanal de arcilla, con firmeza de 386% de la los de arcilla.

García (2018) determinó los rasgos del ladrillo de concreto en el Distrito de Bagua Grande. Tras los ensayos realizados concluyó que, las 7 ladrilleras de Bagua Grande presentan la categoría de ladrillos TIPO V.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Teoría del reciclaje

Existen diversas teorías que explican el proceso, uso y optimización del reciclado, entre ellas la teoría de la conducta planificada, que explica el pronóstico de la gestión de reciclaje, y la teoría de Kelka-Munk, teoría que habla de la predicción del color y como esto ayuda a optimizar el flujo del proceso de reciclaje (Aguilar-Luzón, 2006; Mestre et al., 2002; López, 2012).

2.2.1.1. Teoría de la conducta planificada (TCP)

La TCP argumenta que, las actitudes hacia la conducta y la norma son los predictores del fin conductual, pero, esta nueva formulación, incluye un tercer predictor de las intenciones: el control conductual percibido. El fin que se espera lograr es el poder presagiar y exponer los mandos que escapan al control voluntario de la persona (Aguilar-Luzón, 2006). Esta teoría explica la conducta planificada para reciclar a través de las afirmaciones de control de la conducta, por tanto, explica como las personas, reciclan, según sus creencias ecológicas personales, y el nivel de aceptabilidad que tendrían frente a productos nuevos de tendencia sustentable, con el uso de materiales reciclados.

2.2.1.2. Teoría de Kelka-Munk

Se basa en el supuesto de que, el comportamiento óptico de un material se relaciona con el coeficiente de absorción K , y el coeficiente de dispersión S . En caso, el material tenga múltiples componentes, su absorción y dispersión serán los coeficientes de cada componente, multiplicados por las dosificaciones de los mismos en la mezcla. Esta teoría busca optimizar el proceso de reciclaje a través de la predicción del color de la mezcla reciclada (Mestre et al., 2002).

2.2.1.3. Evaluación del impacto ambiental (EIA)

El aspecto ambiental prevale como eje, en el nivel de planificación y ejecución de inversiones (Coria, 2008). Las metodologías utilizadas para la EIA son distintas y con procesos sustanciales; por tanto, es forzoso conocer acerca de las diferentes teorías existentes para el estudio de impacto ambiental (Salvador, 2005). Una de las metodologías más utilizada para la EIA es la matriz CONESA, mediante el índice de significancia del impacto (I), para determinar el efecto positivo o negativo de generar un material sustentable para su uso en la construcción.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Cal hidratada

Para Valera (2018) es el polvo seco, derivado al tratar cal viva con bastante agua para lograr su hidratación; es la mezcla de $(Ca(OH)_2)$ con (MgO) e $(Mg(OH)_2)$. La cal hidratada también se puede definir teniendo en cuenta su proceso de producción, siendo aquel material que se obtiene al desintegrar rocas calizas “carbonatos cálcico”, por medio del calor, a los que se le coloca suficiente agua para convertirla en cal hidratada (Ramírez, 2016).

El uso de cal hidratada, en vez de otras cales, es porque es sustentable, es decir se le considera como material ecológico, para bioconstrucciones (Ramírez, 2016)

Producción de la cal hidratada. Tiene seis fases secuenciales (Villarino, 2009)

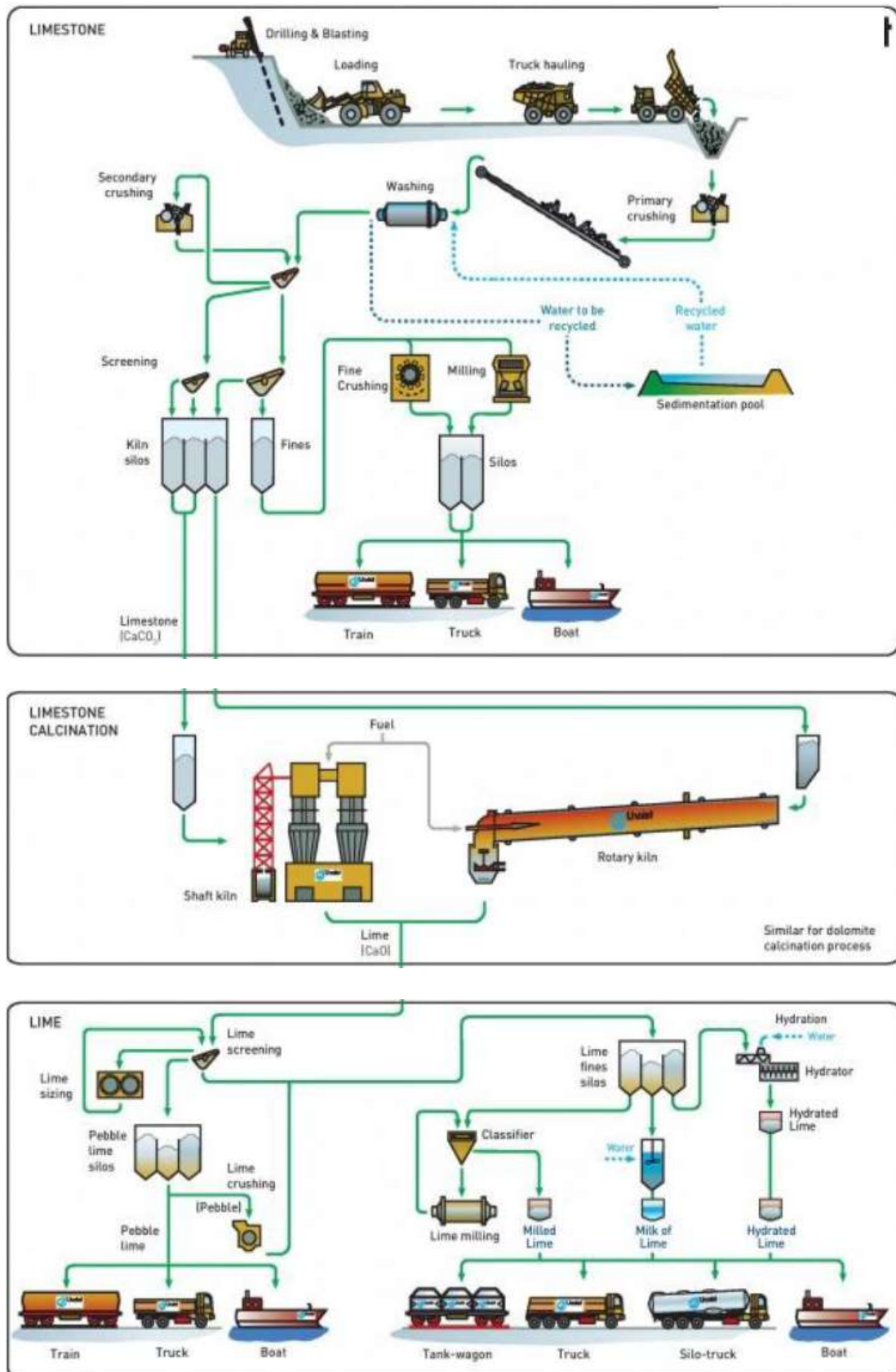
- (1) ***Elección de materias primas.*** Se elige la materia prima dentro de los diversos tipos de piedra caliza o también se podría decir que se elige la cantera.
- (2) ***Exploración de canteras.*** Mediante sondeos, cielo abierto, etc.
- (3) ***Trituración previa.*** Los fragmentos varían de 1 mm a 40 cm, por lo que, previo al horneado pasan por molienda.

- (4) **Calcinación.** La T° común de cocción de la cal aérea y cal hidráulica es 900-1000 °C, y 1200°C, respectivamente.
- (5) **Apagado de cal.** Se realiza: al aire, por aspersión, por fusión, en autoclaves o hidratadores mecánicos. La rapidez se da según las cuantías físicas de cal viva y de la temperatura de cocción de la caliza.
- (6) **Cribado, almacenaje y expedición.** Puede suministrarse en polvo o en pasta; se recomienda almacenar en lugares muy secos y sin contacto con el aire. Es común su envasado en costales de papel y sacos plastificados.

Aplicaciones de la cal hidratada. En el ámbito de la construcción la cal hidratada tiene múltiples aplicaciones, una de ellas es la formación de unidades de albañilería más resistentes, debido a la correspondencia cal – cemento. Los beneficios de la mezcla de cal con cemento se dividen en dos categorías:(Saavedra, 2013; Cortes y Terrones, 2017)

- **En estado fresco.** La mezcla presenta mejor trabajabilidad, muy buena retención de agua, y menor tiempo de fraguado.
- **En estado endurecido.** Aumenta la adhesión y disminuye la permeabilidad. Comúnmente acrecienta la resistencia al ataque por sulfatos. El aditamento de cal además beneficia el autosellado de grietas, evitando la pérdida de resistencia e incremento de permeabilidad en el ladrillo de concreto.

Figura 4. Proceso productivo de la cal



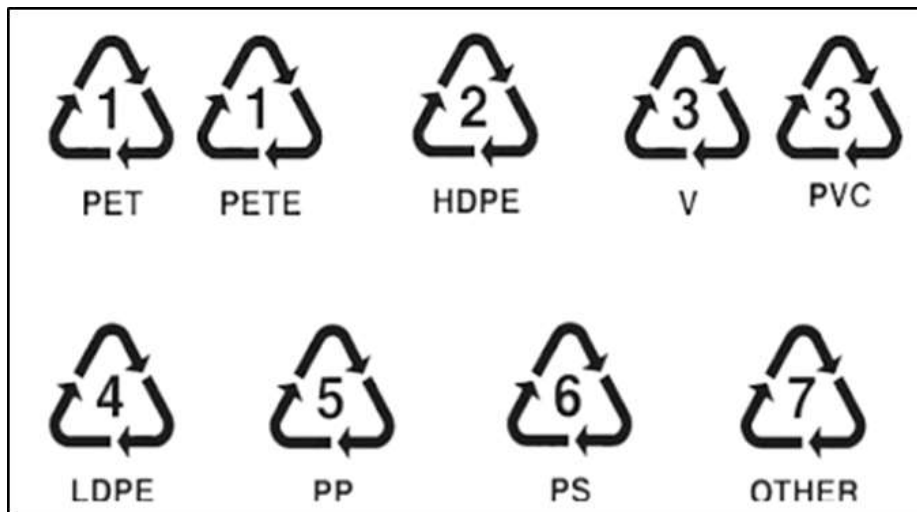
Nota: (Peluc y Gonzáles, 2017)

2.3.2. *Plástico polietileno tereftalato (PET)*

Los plásticos son sustancias químicas sintéticas, llamadas polímeros, cuyo principal componente es el carbono, se moldean por calor o presión debido a su estructura macro molecular (Ortiz et al, 2015). El plástico PET se emplea en botellas para bebidas, y artículos eléctricos; se elabora a partir del ácido tereftálico y del etilén glicol, siendo así, es altamente higroscópico, por lo que, necesita procesos de deshumidificación antes de su transformación (Madrigal et al, 2011).

Figura 5.

Codificación de los Plásticos



Cada número dentro de las flechas nos indica el tipo de plástico.

Nota: (Madrigal et al, 2011)

El PET tiene alta pureza, resistencia y tenacidad; pero hay diversos grados de PET, diferenciados por su peso molecular y cristalinidad; es decir, según su uso tienen rasgos de transparencia y resistencia química. Los de menor, medio y mayor peso molecular se apelan grado fibra, grado película y grado ingeniería, respectivamente. (Echeverría, 2017)

Tabla 1.*Datos del Polietileno Tereftalato (PET)*

Propiedad		Mínimo	Máximo	
Resistencia	Densidad	g/cm ³	1.34	1.39
	Absorción	%	0.02	
	Dureza		Rockwel M94	M101
	Tensión	MPa	59	72
	Compresión	MPa	76	128
	Impacto, Izod	J/mm	0.01	0.04
	Calor	°C	80	120
	Dieléctrica	V/mm	13780	15750
	Constante dieléctrica (60 Hz)		3.65	
	Dilatación térmica	10 ⁴ /°C	15.2	24
	Efecto luz solar		Decoloración ligera	
	Calidad óptica		Transparente a opaco	
	Velocidad de combustión	mm/min	Agotamiento tardo	
T°de fusión	°C	244	254	

Esta tabla nos muestra los datos técnicos del plástico PET, las unidades en que son medibles y los valores

que son aceptables para el plástico PET. Nota: (Mariano, 2014).

Reciclaje del plástico PET.

El uso del plástico va aumentando en grandes escalas, pero su indebida disposición perjudica al medio ambiente, no obstante, el plástico PET es un material reciclable. Las posibles vías de reutilización abarcan: reciclado directo, quema con o sin recobro energético, transformación en materiales más nobles mediante el reciclaje químico (Echeverría, 2017). Las ventajas del reciclaje son: (Hachi et al., 2010)

- Disminuye la cantidad de residuos.
- Evita que se sature velozmente los rellenos sanitarios.
- Se ahorran recursos naturales, financieros, energía y materia prima.
- El reciclaje en la fuente aminora la polución y el efecto invernadero.
- Demanda menos combustible quemado por ende menor contaminación.

Procedimiento de reciclaje PET.

El reciclado es la transformación de los desechos plásticos, posterior al uso industrial o consumo, en granos que puedan ser utilizados en la manufactura de otros productos (Hachi et al, 2010). Sus etapas son:

(1) Recolección o acopio y clasificación del plástico

Se hace la recolección selectiva de los plásticos, para ello se debe separar y depositar en un contenedor los residuos plásticos; luego se procede a clasificarlo por su composición. (Ortiz et al, 2015)

(2) Compactado

Es donde el plástico se compacta, reduciendo su volumen, y facilitando el traslado y acopio. (Echeverría, 2017)

(3) Molino

Se hace el molido (o picado) para disminuir la gradación del PET, de este proceso se puede llegar a tener hojuelas de ½”, ¼”, o polvo (Echeverría, 2017).

(4) Limpieza

El PET comúnmente están contaminadas, por lo tanto, deben pasar por un baño que elimine contaminantes, siendo así, es conveniente que el agua de limpieza tenga un tratamiento para su emisión o disposición final (Echeverría, 2017)

(5) Secado

Procedimiento que, elimina la humedad restante del material. Se pueden utilizar secadores centrifugados o de aire, caliente o fríos, para circular entre el PET molido, eliminando la humedad. (Echeverría, 2017)

2.3.3. Ladrillo de concreto

Unidad con medidas comunes, hecho con cemento, agua y agregados, que se manipula con dos manos (NTP 399.601, 2015).

Figura 6.

Funciones de los ladrillos de concreto

No portante	Portante	Arquitectónica
• Su función principal es conformar muros que sirvan para dividir espacios, sin tener una función expresa de soporte.	• La mampostería portante impone la necesidad de una resistencia superior a los elementos, suficiente para soportar las cargas que debe soportar.	• Esta se basa tan solo a la forma física que se le haya dado a las unidades.

Nota: (Castillo et al., 2016).

Clasificación de los ladrillos de concreto

Según la NTP 399.601, son cuatro los tipos:

- **Tipo 24.** Se emplean como bloques arquitectónicos para muros exteriores por lo que solicitan alta firmeza a compresión.
- **Tipo 17.** Para áreas donde se solicite moderada firmeza a compresión, frío y humedad.
- **Tipo 14.** Se solicita moderada firmeza a compresión.
- **Tipo 10.** Se solicita modera firmeza a compresión.

Tabla 2.

Requerimientos para ladrillos de concreto

Tipo	Mínima firmeza a compresión, MPa		Máxima absorción (%)
	Promedio de 3 bloques	Bloque unitario	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

Nota: NTP 399.601, 2015

2.3.4. Ensayos en ladrillos

Se deben de someter a diversos ensayos tal como lo especifica la NTP 399.604 (INACAL, 2015)

Muestreo

- **Elección de muestras.** Significativo del lote total de bloques.
- **Número de muestras.** 6 bloques por lote de 10,000 unidades o menos y 12 bloques por lote de más de 10,000 y menos de 100,000 unidades.
- **Identificación.** Marcar cada muestra para su identificación, pero cuya marca no cubra más del 5% del área superficial.

Medición de dimensiones

- **Muestras.** 3 bloques para el ancho, altura, longitud, pudiendo ser usados en otros ensayos.
- **Dimensiones.** Por cada bloque, se mide y anota, el ancho medio (A), altura media (H), y longitud media (L) por cara.

Absorción.

- Para este ensayo se utiliza 3 bloques, estos también se pueden utilizar para los ensayos de contenido de humedad, densidad, área neta media, área bruta. La absorción se calculará de la siguiente manera:

Ecuación 1. Para determinar la absorción

$$\text{Absorción, kg/m}^3 = [(W_s - W_d) / (W_s - W_i)] \times 1000 \quad (1.1)$$

$$\text{Absorción, \%} = [(W_s - W_d) / W_d] \times 100 \quad (1.2)$$

Donde: W_s , W_i , y W_d peso saturado, sumergido y al horno del bloque, respectivamente.

Contenido de humedad

Ecuación 2. Para determinar la humedad

$$\text{Humedad} = [(W_r - W_d) / (W_s - W_d)] \times 100 \quad (2)$$

Donde: W_r , W_d y W_s , peso recibido, seco al horno y saturado del bloque, respectivamente.

Densidad

Ecuación 3. Para determinar la densidad

$$\text{Densidad (D), kg/m}^3 = [W_d / (W_s - W_i)] \times 1000 \quad (3)$$

Donde: W_d , W_s y W_i , peso seco al horno, saturado y sumergido del bloque, respectivamente.

Resistencia a compresión

Se tiene que tener en consideración la condición de humedad de cada espécimen, es decir, deben estar libres de humedad visible. Los datos registrados de esta prueba es la analogía entre la carga de rotura a compresión y su sección bruta.

Ecuación 4. Resistencia a compresión

$$\text{MPa} = P_{\text{máx}} / A_n \quad (4)$$

Donde: $P_{\text{máx}}$ = carga máxima a compresión, N; A_n = área neta medio del bloque.

Resistencia en prismas

Se hacen prismas con alto mínimo de 2 bloques, con alto(h_p)/espesor(t_p) de 1.3 a 5.0. La muestra serán 3 prismas de igual edad y material. (NTP 399.605, 2013)

Figura 7.

Prismas



Nota. (NTP 399.605, 2013).

La norma E.070 (2021), precisa que, los prismas se acopiarán a más de 10 C° por 28 días, además, los prismas podrán probarse entre los 14 y 28 días.

Ecuación 5. Resistencia en prismas

$$\text{Resistencia} = C/A \quad (5)$$

Donde: C = Carga de compresión máxima, A= Área neta transversal del prisma.

Resistencia en muretes

La NTP 399.621 (INACAL, 2004) detalla algunas características que los muretes de albañilería deben de cumplir:

- **Tamaño y forma.** Muretes mínimamente de 60 x 60 cm, de al menos dos bloques por hilada.
- **Número de especímenes.** Como mínimo 3 muretes iguales, hechos con el mismo bloque, mortero y mano de obra.
- **Curado.** No deben de ser movidos por 7 días, se almacenarán por 28 días.
- **Mortero.** 3 cubos de 50 mm para medir firmeza.

Ecuación 6. Esfuerzo cortante diagonal en muretes

$$V_m = 0.707 * P / A_b \quad (6)$$

Donde: V_m = Esfuerzo cortante, P = Carga Aplicada, A_b = Área bruta.

Ecuación 7. Para obtener el área bruta del murete

$$A_b = [(1 + h) / 2] * t \dots\dots\dots(i) \quad (7.1)$$

$$A_b = \sqrt{L^2 + h^2} * t \dots\dots\dots(ii) \quad (7.2)$$

l , h y t largo, altura y espesor del murete, en mm.

2.3.5. Ladrillo con cal hidratada y plástico PET reciclado

Para este tipo de ladrillo corresponde la definición que está establecida en la NTP 399.601 que menciona, que el ladrillo sólido tiene más el 75% de sección neta de su sección bruta.

Los agregados y aglomerantes para el ladrillo de concreto son los siguientes:

Agregado fino. Arena, derivada de la disgregación de rocas, que pasa y retiene en el tamiz 3/8" y N° 200, respectivamente. (NTP 400.037, 2018)

Tabla 3.*Granulometría del Agregado Fino*

Abertura (mm)	Tamiz (“)	% que pasa	
9.5	3/8	100	100
4.75	N° 4	95	100
2.36	N° 8	80	100
1.18	N° 16	50	85
0.600	N° 30	25	60
0.300	N° 50	05	30
0.150	N° 100	00	10

Nota: (NTP 400.037, 2018)

Agregado grueso. Para la manufactura de ladrillos de concreto se usa el confitillo, que cumple con la granulometría de la Tabla 4. (Norma E.070, 2021, p.299)

Tabla 4.*Granulometría del confitillo*

Malla ASTM (“)	Abertura (mm)	% que pasa	
½	12.75	100	100
3/8	9.50	85	100
N° 4	4.75	10	30
N° 8	2.36	0	10
N° 16	1.18	0	5

Nota: (Norma E.070, 2006, p.299).

Cemento portland, tipo I. Este cemento portland tipo I es de uso general según la Norma Técnica Peruana 334.009, además este cemento debe de cumplir con los requisitos que se especifican en la norma ya mencionada. ([NTP 334.009], 2013),

Agua. Debe estar acorde a la norma E.070, en esta menciona que el agua será potable y sin sustancias. Estos requisitos son establecidos con la finalidad de lograr la resistencia y calidad del concreto.

Aditivos. Son sustancias añadidas al concreto como la cal hidratada y el plástico PET reciclado.

Concreto vibrado para ladrillos de concreto

La vibración consiste en sacudir al concreto para darle consistencia. Los concretos con consistencia seca son más resistentes, pero poco trabajables, la vibración es la solución, logrando el uso de mezclas con 0 a 1” (Arrascue, et al, 2017).

2.4. Definición de términos

Albañilería o mampostería. Material estructural construido por bloques asentados por mortero o apiladas e integradas con concreto líquido (Rivas, 2018).

Cal hidratada. Polvo seco, derivado al tratar cal viva con bastante agua que provoca su hidratación (Tantaquilla et al., 2020).

Concreto. Mezcla de cemento, agregados (piedra y arena), agua y aire, que se endurece al secarse (Pinedo, 2019).

Ladrillo. Material utilizado en la edificación de muros, tabiquería, entre otros; con la suficiente firmeza a compresión dada en la normatividad (Nuñez, 2019).

Ladrillo sólido. Tiene más del 75% de sección neta de su sección bruta (Bardales, 2019)

Plástico PET. Material plástico utilizado para manufacturar envases. Las botellas son desechables, por lo que al final terminan en rellenos sanitarios. (Pinedo, 2019)

Unidad de albañilería. Ladrillo y bloques sólidos, huecos, alveolares o tubulares de arcilla cocida, concreto o sílice cal (Rivas ,2018).

CAPÍTULO III.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

H1: Las características mecánicas del ladrillo de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado, son mejores en comparación con el ladrillo sólido de concreto convencional.

3.2. Variables

3.2.1. *Variable independiente: Cal hidratada y Plástico PET reciclado.*

La cal hidratada es el producto que se utilizó como adición al concreto en diferentes diseños de mezcla ya que es un producto que tiene múltiples beneficios cuando se mezcla con el concreto.

El plástico PET reciclado se utilizó junto con la cal hidratada como adición al concreto para obtener el diseño más óptimo de mezcla en la producción de ladrillos de concreto, este producto se utilizará con el fin de disminuir su impacto ambiental.

3.2.2. *Variable dependiente: Ladrillo sólido de concreto.*

El ladrillo sólido de concreto tiene un conjunto de propiedades físicas y mecánicas, como, compresión.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 5.

Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento	Índice	
Variable independiente Cal Hidratada y plástico PET reciclado	Cal hidratada	Características técnicas	Ficha técnica	...	
		Granulometría	Curva granulométrica	%	
	Propiedades físicas el plástico PET reciclado	PET reciclado	Peso específico	Formato de ensayo	Kg/m3
			Absorción	Formato de ensayo	%
			Contenido de humedad	Formato de ensayo	%
		Peso unitario	Formato de ensayo	Kg/m3	
Variable dependiente Ladrillo sólido de concreto	Diseño de mezcla	Cemento	Hoja de diseño de mezclas	%	
		Arena		%	
		Confitillo		%	
		Cal		%	
		PET		%	
	Propiedades del concreto		Asentamiento	Cuaderno de laboratorio	Plg.
			Resistencia a la compresión	Formato de ensayo	Kg/cm2
	Propiedades del ladrillo sólido de concreto		Resistencia a la compresión en unidad	Formato de ensayo	Kg/cm2
			Resistencia en pila	Formato de ensayo	Kg/cm2
			Resistencia en murete	Formato de ensayo	Kg/cm2
	Costo de ladrillo sólido		Materiales	Hoja de costos	S/.
			Equipos y/o herramientas		S/.
			Mano de obra		S/.
	Impacto ambiental		Impacto positivo	Matriz de Conesa	+
Impacto negativo			-		

CAPÍTULO IV.

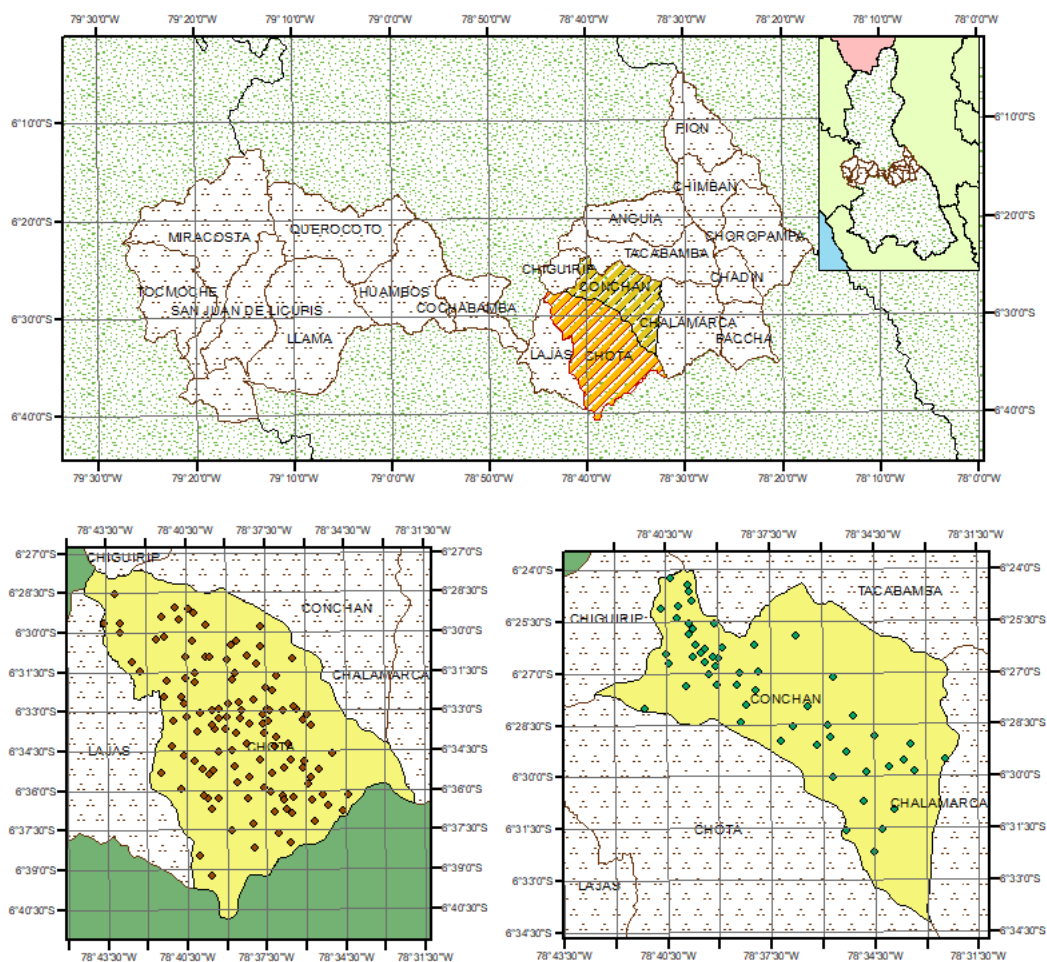
MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica del estudio

El ámbito de estudio donde se implementó la investigación de manera general fue en la provincia de Chota, región de Cajamarca. En la provincia de Chota, se encuentran el distrito de Conchán, lugar donde se ubica la cantera de agregado fino, y el distrito de Chota, lugar donde se ubica la cantera de agregado grueso. Los ensayos específicos en su mayoría se llevaron a cabo en los laboratorios de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, ubicada en la ciudad de Chota.

Figura 8.

Ubicación de Chota y Conchán, en la provincia de Chota



Dentro del ámbito de estudio se localizan específicamente las canteras de las cuales se extrajeron la arena, grava y cal hidratada. Se define en la siguiente tabla la ubicación de cada una de las fuentes de las materias primas:

Tabla 6.

Ubicación de las Canteras de los Agregados y Materiales

Agregado y/o materiales	Cantera	UTM		Distrito	Provincia	Vías de acceso
		Este	Norte			
Agregado Fino (Arena)	Conchán	760490	9288131	Conchán	Chota	Carretera: Conchán - Tacabamba
Agregado Grueso (Confitillo)	Los Peroles	763928	9269923	Chota	Chota	Carretera: Chota - Cajamarca
Cal Hidratada	Negropamapa	762097	9269065	Chota	Chota	Carretera: Chota - Cajamarca

También se localiza el estudio geográficamente en la UNACH precisamente el Laboratorio de Materiales de la EPIC, donde se realizaron la mayor parte de los ensayos correspondientes a esta investigación, a excepción de los ensayos de pilas y muretes que se efectuaron en el laboratorio de mecánica de materiales de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo en Lambayeque.

Tabla 7.

Ubicación del Laboratorio

Laboratorio	UTM		Comunidad	Distrito	Provincia	Departamento	Vías de acceso
	Este	Norte					
Laboratorio de materiales (UNACH)	761757	9276336	Colpa Matara	Chota	Chota	Cajamarca	Carretera: Chota - Conchán

4.2. Unidad de análisis, población y muestra

4.2.1. Población

En esta investigación está delimitada por los ladrillos sólidos de concreto hechos con cemento portland Tipo I, agua potable, agregado fino de la cantera Conchán, confitillo de la cantera Los Peroles, adición de cal hidratada de la calera Rejopampa y plástico PET reciclado del botadero de basura Colpahuacariz, fabricados en la ciudad de Chota.

Figura 9.

Ubicación del Botadero de Basura de Colpahuacariz, Chota



Nota: Google earth.

Figura 10.

Ubicación de la Calera de Rejopampa, distrito de Chota.



Nota: Google earth.

4.2.2. *Muestra*

Determinada no probabilísticamente por conveniencia, por 63 ladrillos sólidos de concreto hechos con cemento portland Tipo I, agua potable, agregado fino Conchán, confitillo de Los Peroles, cal hidratada de la calera Rejopampa y plástico PET reciclado del botadero Colpahuacariz.

Según la NTP 399.601, la resistencia a la compresión para un ladrillo Tipo 17 es de $f^b = 17 \text{ MPa}$ o 173.35 kg/cm^2 , por tanto, esa ha sido la resistencia de diseño. Con dicha resistencia se elaboró una mezcla de concreto patrón que luego fue modificada con cal hidratada como remplazo al 3%, 6% y 9% del peso del cemento, para ensayarlo a compresión a los 7, 14 y 28 días, así mismo, la mezcla de concreto patrón también fue modificada con plástico PET reciclado como remplazo del 3%, 6% y 9% del volumen del agregado fino y agregado grueso por separado, para ensayarlos a compresión a los 7, 14 y 28 días.

Ecuación 8. Materiales para un concreto convencional

$$C + AF + AG + \text{Agua} = \text{concreto patrón} \quad (8)$$

Ecuación 9. Materiales para concreto con cal hidratada

$$n \times C + AF + AG + \text{Agua} + m \times \text{Cal} = \text{concreto con cal hidratada} \quad (9)$$

Ecuación 10. Materiales para concreto con plástico PET reciclado

$$C + n \times AF + n \times AG + \text{Agua} + 2m \times \text{PET} = \text{concreto PET reciclado} \quad (10)$$

Donde:

- C= cemento en peso (kg)
- AF= agregado fino en volumen (m³)
- AG= confitillo en volumen (m³)
- n= Porcentaje de material en peso o volumen según material aditivo
- m= Porcentaje de sustitución de cemento por cal en peso

$$- n + m = 100\%$$

Tabla 8.

Especímenes de concreto convencional

Tipo de concreto	Edad de ruptura (días)			Total
	7	14	28	
Concreto patrón	3.00	3.00	3.00	9.00

Tabla 9.

Especímenes de concreto modificado con cal hidratada como remplazo en peso del cemento

Porcentaje de sustitución	Edad de ruptura (días)			Total
	7	14	28	
3%	3.00	3.00	3.00	9.00
6%	3.00	3.00	3.00	9.00
9%	3.00	3.00	3.00	9.00
Total	9.00	9.00	9.00	27.00

Tabla 10.

Especímenes de concreto con plástico PET reciclado como remplazo en volumen de la arena y grava

Porcentaje de sustitución	Edad de ruptura (días)			Total
	7	14	28	
3%	3.00	3.00	3.00	9.00
6%	3.00	3.00	3.00	9.00
9%	3.00	3.00	3.00	9.00
Total	9.00	9.00	9.00	27.00

Tabla 11.

Total, de especímenes de concreto según edad de ruptura

Tipo de concreto	Edad de ruptura (días)			Total
	7	14	28	
Concreto patrón	9.00	9.00	9.00	27.00
Concreto con cal hidratada	9.00	9.00	9.00	27.00
Concreto con plástico PET	9.00	9.00	9.00	27.00
Total	27.00	27.00	27.00	81.00

Determinada las características del concreto con cal hidratada y PET por separado, se procedió a plantear el diseño de mezclas en conjunto con 9% de cal hidratada como remplazo en peso del cemento y 9% de plástico PET como remplazo en volumen de la arena y grava, para fabricar las unidades de albañilería.

Tabla 12.

Muestras de ladrillo con cal hidratada y plástico PET reciclado

Tipo de ensayo	N° de repeticiones de cada ensayo	N° de especímenes por ensayo	Total
Contenido de humedad	3.00	1.00	3.00
Peso específico	3.00	1.00	3.00
Resistencia a la compresión	3.00	1.00	3.00
Resistencia en pilas	3.00	3.00	9.00
Resistencia en muretes	3.00	15.00	45.00
Total	3.00	21.00	63.00

El ladrillo es de 24x14x9 cm, de largo, ancho y alto, para asientos de cabeza, canto y de sogá. De los 63 ladrillos sólidos de concreto con 9% de cal hidratada como remplazo en peso del cemento y 9% de plástico PET como remplazo en volumen de la arena y grava, tres fueron usados en ensayos de compresión, seis en ensayos físicos (humedad y peso específico), nueve en ensayos de resistencia axial en pilas, y 45 en ensayos de resistencia diagonal en muretes.

4.2.3. Unidad de análisis

- La arena, confitillo y residuos de plástico PET triturados usados en la producción de bloques de concreto.
- Los especímenes de concreto base y modificado con adición de plástico PET reciclado y cal hidratada.

- Los ladrillos sólidos de concreto con adición de plástico PET reciclado y cal hidratada.

4.3. Tipo y descripción del diseño de investigación

4.3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque que tiene es cuantitativo, ya que este enfoque nos brinda procesos detallados, metódicos y empíricos para generar conocimiento cuantificable, según Hernández et al. (2014).

4.3.2. Alcance de la Investigación

El alcance de esta investigación es explicativo, y su definición según (Hernández Sampieri et al., 2014) es la siguiente:

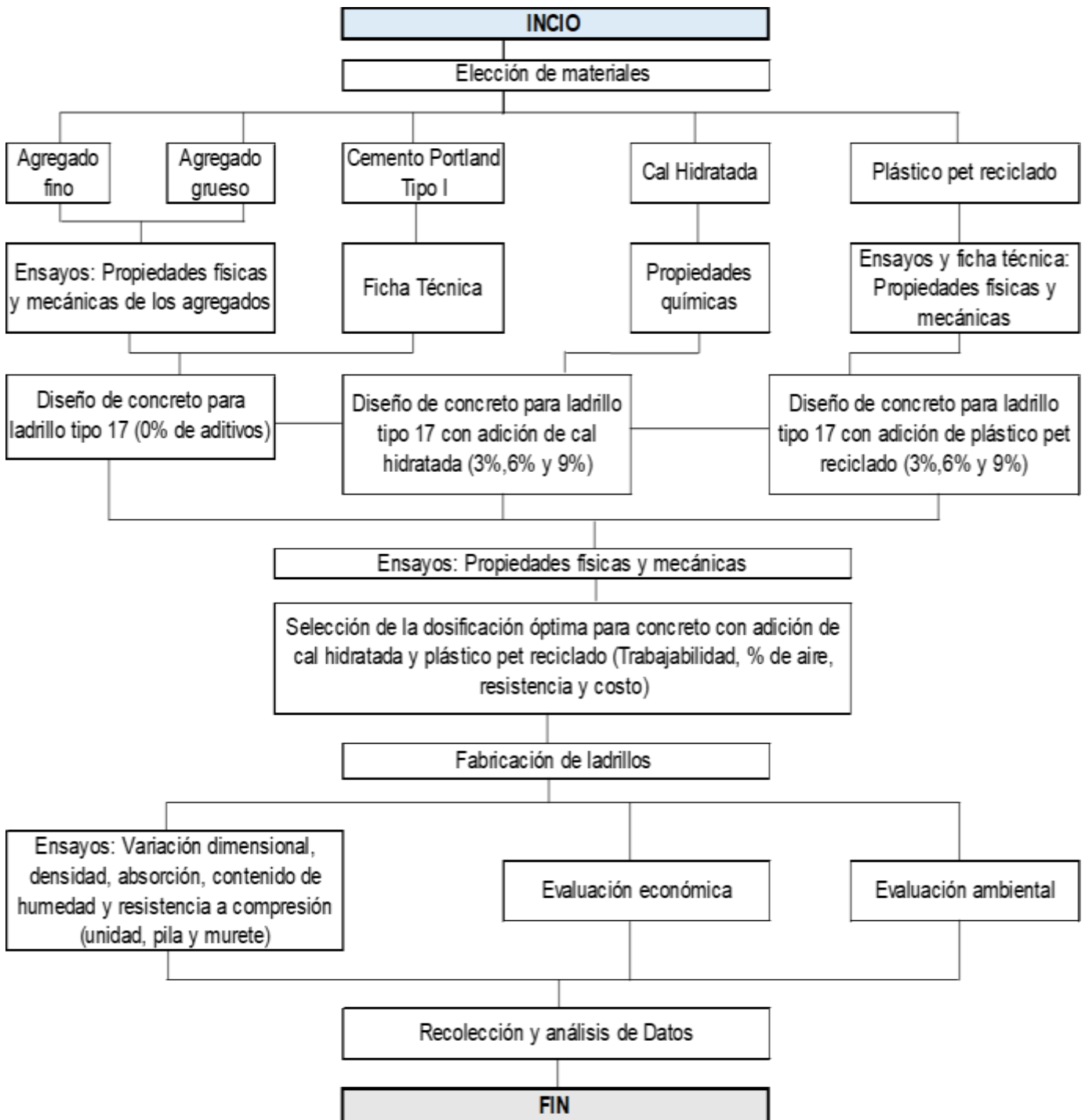
Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

4.3.3. Tipo de investigación

El diseño fue descriptivo causal simple, que ha hecho uso de la experimentación para determinar el efecto de una causa (adición de material) a la mezcla de concreto. El término experimento en sentido científico, representa la manipulación de las variables independientes para analizar los efectos de la manipulación en las variables dependientes (Hernández et al., 2014).

Figura 11.

Esquema del diseño descriptivo causal simple



Nota. En esta figura se detalla las etapas de manera secuencial del desarrollo de esta investigación, siendo una investigación experimental con enfoque cuantitativo y con un alcance explicativo.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1. Técnicas

Observación. Se observa a las variables dependientes en su contexto natural.

Experimentación. Se manipulo las variables independientes ya que de estas depende la elaboración y por consiguiente las propiedades físico mecánicas del ladrillo de concreto.

Análisis. Se verificó el aporte técnico, económico y ambiental de los ladrillos de concreto adicionando cal hidratada y plástico PET reciclado.

4.4.2. Instrumentos

Fotografías. Medio por el cual el lector puede observar los procesos realizados para los ensayos a agregados, concreto y unidades de albañilería.

Experimentación. Son los formatos de ensayos a agregados, a los especímenes de concreto y a los ladrillos en unidad, pila y murete, para determinar la variación de sus propiedades al adicionar cal hidratada y plástico PET reciclado.

- Granulometría NTP 400.012:2013
- Humedad de los agregados NTP 339.185
- Peso específico y absorción NTP 400.022:2013.
- Peso unitario NTP 400.017:2011
- Asentamiento del concreto NTP 339.035
- Resistencia a compresión del concreto NTP 339.034
- Ensayos en albañilería NTP 399.604 y NTP 399.605

Matriz de análisis. Permite la comparación de los resultados en el aspecto técnico, económico y ambiental para validar su uso en la construcción de edificaciones.

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de información

4.5.1. Ensayos en agregados

4.5.1.1. Ensayo de Granulometría NTP 400.012

El agregado fino, se ensayó mediante el proceso de tamizado, se eligió una muestra de 1 kg mediante el método de cuarteo. El tamizado se efectuó tres veces consecutivas. (NTP 400.012, 2018)

Ecuación 11. Para determinar MF

$$\text{Módulo de finura (MF)} = (\% \text{ Ret. acumulado}) / 100 \quad (11)$$

El agregado grueso, se ensayó mediante tamizado, 1 kg para el tamaño máximo de 1/2". Se eligieron los tamices de 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N°30, N°50, N° 100 y la cazoleta para el material más fino. (NTP 400.012,2018)

Se eligieron tres muestras de 500 kg de plástico PET reciclado cada una por el método de cuarteo, para ser tamizadas según la NTP 400.012.

Figura 12.

Ensayo de granulometría



4.5.1.2. Ensayo de peso unitario NTP 400.017

La muestra de arena y grava se obtuvo mediante cuarteo, esta se fue colocando en el recipiente y se pesó; para el peso unitario compactado se colocó el agregado al recipiente en tres capas, cada capa de material fue apisonada con 25 golpes por una varilla de acero y luego se pesó. El ensayo se ejecutó por tres veces consecutivas.

Al igual que el ensayo de granulometría, este ensayo para el plástico PET reciclado no está normado; por lo tanto, para ejecutar este ensayo se aplicó lo que establece la NTP 400.017, por tanto, el procedimiento fue el mismo que se realizó a la arena y al confitillo.

Ecuación 12. Peso unitario

$$M = (G - T)/V \quad (12)$$

Donde: M = Densidad; G = Peso del agregado; T = Masa del depósito y V = Volumen del depósito.

Figura 13.

Ensayo de peso compactado



4.5.1.3. *Ensayo de peso específico y absorción NTP 400.022 y NTP 400.021*

Para la ejecución de esta prueba se saturó la arena por 24 horas, luego se seleccionó por cuarteo 1.00 kg que cumplió con la prueba del cono de absorción de arena, posteriormente se colocó a un picnómetro y se le añadió agua agitándolo para que la muestra pierda los vacíos y finalmente se pesó (NTP 400.022, 2002). El tamaño máximo del confitillo es 1/2", por lo que el peso de la muestra seleccionada es 2 kg, que se sumergió por 24 horas en agua, luego fue removida del agua y el agregado fue secado, posteriormente se pesó, después se determinó el volumen por desplazamiento de agua y finalmente esta muestra se colocó al horno por 1 día, para luego ser pesada (NTP 400.021, 2018). Para el plástico PET reciclado, se seleccionó 100 gr de plástico PET reciclado, en una probeta graduada se colocó el agua hasta 200 ml, seguidamente se colocó la muestra de plástico en la probeta. El volumen se calculó por el método de desplazamiento del agua.

Ecuación 13. Determinar el peso específico de masa de la arena

$$P_{em} = A / (V - W) \quad (13)$$

Ecuación 14. Para determinar la absorción de la arena

$$\text{Absorción (\%)} = [(M_s - A) / (A)] \times 100 \quad (14)$$

Ecuación 15. Para determinar el peso específico de masa del confitillo

$$P_e = A / (B - C) \quad (15)$$

Ecuación 16. Para determinar Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca

$$P_{es} = B / (B - C) \quad (16)$$

Ecuación 17. Para determinar la absorción del confitillo

$$A_b (\%) = [(B - A) / A] * 100 \quad (17)$$

- V = Volumen del picnómetro y
- W = Peso del agua añadida al picnómetro.
- Ms = Peso de la muestra saturada con superficie seca,

- A = Peso de la muestra seca al horno,
- B = masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, g, y
- C = masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g

Ecuación 18. Peso específico del plástico PET reciclado

$$\text{Pep} = [A / V] \quad (18)$$

Donde:

- A = masa en gramos
- V= Volumen desplazado en cm³.

Figura 14.

Ensayo de peso específico y absorción en la arena



Figura 15.

Ensayo de peso específico y absorción en el confitillo



4.5.1.4. Ensayo de contenido de humedad NTP 339.185

Este ensayo se ha realizado a 1.00 kg de arena en estado natural y una muestra de 1.5 kg. de agregado grueso en estado natural, luego se colocó las muestras al horno a $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, se sacaron las muestras del horno y se dejaron por un tiempo a temperatura ambiente para que las muestras enfríen; finalmente se pesaron. (NTP 339.185, 2018).

Ecuación 19. Para determinar la humedad

$$P = 100 (W-D) / D \quad (19)$$

Donde:

- P = Humedad en %,
- W = Masa de la muestra húmeda original en gramos
- D = Masa de la muestra seca en gramos

4.5.1.5. Ensayo de material que pasa por el tamiz N°200 NTP 400.018

Se tomó 1.00 kg de muestra de cada agregado, se secó en la estufa a una T° de $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, se lavó con agua pura, el agua de lavado decantó el material suspendido y disuelto que pasa por un tamiz $75 \text{ }\mu\text{m}$ (N° 200). En este proceso existió una pérdida de muestra resultante del lavado, luego se colocó nuevamente a secar la muestra a la estufa y finalmente se procedió a pesar, la diferencia de pesos reporta el % de material más fino que pasó por el tamiz N° 200.

Ecuación 20. Para determinar material fino que pasa por el tamiz 75um (N°200)

$$A = 100 (P1-P2) / P1 \quad (20)$$

Donde:

- A = % del material más fino que pasa por el tamiz N° 200.
- P1= Masa seca de la muestra original, gramos.
- P2 = Masa seca de la muestra luego del lavado, gramos

Figura 16.

Ensayo de material que pasa por el tamiz normalizado 75um



4.5.1.6. Ensayo de abrasión para agregado grueso NTP 400.019

Para el confitillo se seleccionó una carga de 8 esferas por la gradación tipo C, el peso del material para este ensayo fue de 5 kg, este se colocó a la máquina de los ángeles, luego de terminar las revueltas se retiró el agregado y se tamizó por la malla N°12, lo retenido se lavó y se colocó al horno por 24 horas a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, para luego ser pesado.

Ecuación 21. Para determinar % de pérdida de material

$$\text{Porcentaje de pérdida (\%)} = [(C-Y) / C] * 100 \quad (21)$$

Donde: C = es la masa original, Y = es la masa final.

Figura 17.

Ensayo de abrasión



4.5.1.7. Propiedades químicas de la cal hidratada

Se utilizó en aditamento en el diseño de mezcla para concreto. A este material se ejecutó ensayos para conocer sus propiedades químicas, tales como:

- Hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Óxido de calcio CaO
- Óxido férrico Fe_2O_3
- Óxido de magnesio MgO
- Óxido de silicio SiO_2
- Óxido de aluminio Al_2O_3

4.5.2. Diseño de mezclas

Concreto convencional para ladrillo tipo 17. Este concreto se diseñó mediante el método del ACI, se trabajó con 70 kg/cm² de factor de seguridad y sabiendo que la resistencia requerida para este tipo de ladrillo es menor a 210 kg/cm², la resistencia mínima obteniendo es 245 kg/cm², luego se elaboró la mezcla obteniendo la dosificación 1: 2.53: 2.38.

Concreto con 3% de plástico PET reciclado. Este diseño consistió en reemplazar el 3% de arena y el 3% de confitillo en unidad de volumen.

Concreto con 6% de plástico PET reciclado. Consistió en reemplazar el 6 % de arena y el 6 % de confitillo en unidad de volumen.

Concreto con 9% de plástico PET reciclado. Consistió en reemplazar el 9% de arena y el 9% de confitillo en unidad de volumen.

Concreto con adición de 3% de cal hidratada. Consistió en reemplazar el 3% del peso del cemento por el 3% de cal hidratada.

Concreto con adición de 6% de cal hidratada. Consistió en reemplazar el 6% del peso del cemento por el 6% de cal hidratada.

Concreto con adición de 9% de cal hidratada. Consistió en reemplazar el 9% del peso del cemento por el 9% de cal hidratada.

4.5.3. Ensayos en concreto en estado fresco

El asentamiento, según la NTP 339.035, es una de las propiedades que mide el estado de fluidez del concreto, en este caso el asentamiento puede variar entre 1” y 2”;

Figura 18.

Asentamiento del concreto



Figura 19.

Aire del concreto



4.5.4. Ensayo de resistencia del concreto (NTP 339.034)

Para medir la resistencia se elaboraron muestras de 15 x 30 cm, los cuales fueron sometidos a carga axial en la máquina de compresión. Este fue un factor muy importante en la selección del diseño óptimo del concreto, la resistencia va variando conforme se le adicionó cal hidratada y plástico PET reciclado al concreto. Lo que se buscó es que con los porcentajes de adición el concreto llegue a la resistencia especificada en la norma para un tipo de ladrillo tipo 17.

4.5.5. Diseño de mezcla adecuado para ladrillo tipo 17 con cal hidratada y PET

Luego de haber analizado los resultados, seleccionamos el diseño adecuado de concreto para un ladrillo tipo 17 con cal hidratada y PET que de acuerdo a la trabajabilidad, contenido de aire y resistencia elegimos un diseño de concreto que se adicionó un 9% de cal hidratada y un 9% de plástico PET reciclado, estos porcentajes se seleccionaron de acuerdo al análisis de datos y además considerando que el concreto para el ladrillo se sometió a vibración con la finalidad de tener un mejor moldeado, disminuir el contenido de aire y obtener una buena resistencia

4.5.6. Etapas de fabricación de ladrillos con adición de PET y cal

1.- PRODUCCIÓN DE LA MEZCLA. En esta etapa se realizó la mezcla de los agregados con la cal hidratada, con el plástico PET reciclado en forma de hojuelas y agua.

2.- MOLDEADO DE LADRILLO. Para el moldeado del ladrillo se colocó la mezcla en el molde fabricado y este se colocó a la mesa vibradora para un mejor moldeado de dicho ladrillo.

3.- CURADO DE LADRILLO. Después de la elaboración de los ladrillos estos se colocaron al agua con la finalidad de que lleguen a la resistencia de diseño.

Figura 20.

Elaboración de la mezcla para fabricación de ladrillos



Figura 21.

Ladrillos sólidos de concreto elaborados con 9% de PET + 9 % de cal hidratada



Figura 22.

Moldeo de ladrillos sólidos de concreto



Figura 23.

Curado del ladrillo de concreto



4.5.7. Ensayos al ladrillo sólido con cal y PET

Luego que se diseñó este concreto se elaboraron 63 unidades de ladrillo que se sometieron a las siguientes pruebas: absorción, variación dimensional, alabeo, densidad, contenido de humedad, resistencia en: unidad, en pila y en murete.

4.5.8. Procesamiento de la información

Se ha utilizado el software Microsoft Excel, mismo que ha servido para presentar tablas y gráficos, además de plantear la estadística descriptiva (media, desviación estándar, coeficiente de variación) que garantiza la fiabilidad de la información.

4.5.9. Análisis de la información

Se ha realizado mediante Minitab 19, para presentar el análisis de hipótesis ANOVA.

4.6. Matriz de consistencia metodológica

Anexo N° 1.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. *Propiedades físico-mecánicas de los agregados*

La gradación de la arena de la cantera Conchán, está ligeramente fuera del uso granulométrico, con un porcentaje que pasa superior al límite máximo (60%) para el tamiz N° 30, según la NTP 400.037, no obstante, es fácil de corregir con el tamizado (Fig. 24), en cambio, la gradación del AG, confitillo de la cantera Los Peroles (Fig. 25), cumple con la gradación de la norma E.070; mientras que el plástico PET reciclado triturado, no tiene norma de comparación para la gradación, pero su estimado corresponde a la gradación del confitillo, por ende se puede aseverar que presenta tamaños granulométricos idóneos para ser el sustituto de los agregados (Fig. 26).

El MF de la arena, es ligeramente inferior al establecido en la NTP 400.037, sin embargo, esto se compensa con el agregado grueso y el plástico reciclado PET, que presentan un módulo de fineza de 5.91 y 4.39, respectivamente, valores superiores al rango dado para un agregado fino, pero que en conjunto logran mantener un módulo de fineza global estándar. (Fig. 27)

El % que pasa el tamiz N° 200 (Fig. 28), para la arena, confitillo y plástico PET reciclado, es respectivamente 5.32, 0.63 y 0.00%, por tanto, el agregado fino presenta mayor cantidad de suelo granular menor a 75 μm , de lo que establece la NTP 400.037 para la producción de concreto, no obstante, la norma también, refiere que si al ensayar el concreto esté presenta buenas características puede usarse este agregado previo tamizado; por otro lado el confitillo cumple con la NTP 400.037 (menor a 1%).

Tabla 13.

Gradación de la arena

Tamiz		Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante
N°	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	49.53	4.95	4.95	95.05
8	2.36	55.93	5.59	10.55	89.45
16	1.18	53.33	5.33	15.88	84.12
30	0.6	88.33	8.83	24.71	75.29
50	0.3	423.23	42.32	67.04	32.96
100	0.15	265.50	26.55	93.59	6.41
Cazoleta		64.13	6.41	100.00	0.00

Nota. Media de la repetición de tres veces consecutivas de tamizado realizado al agregado fino.

Figura 24.

Gradación de la arena

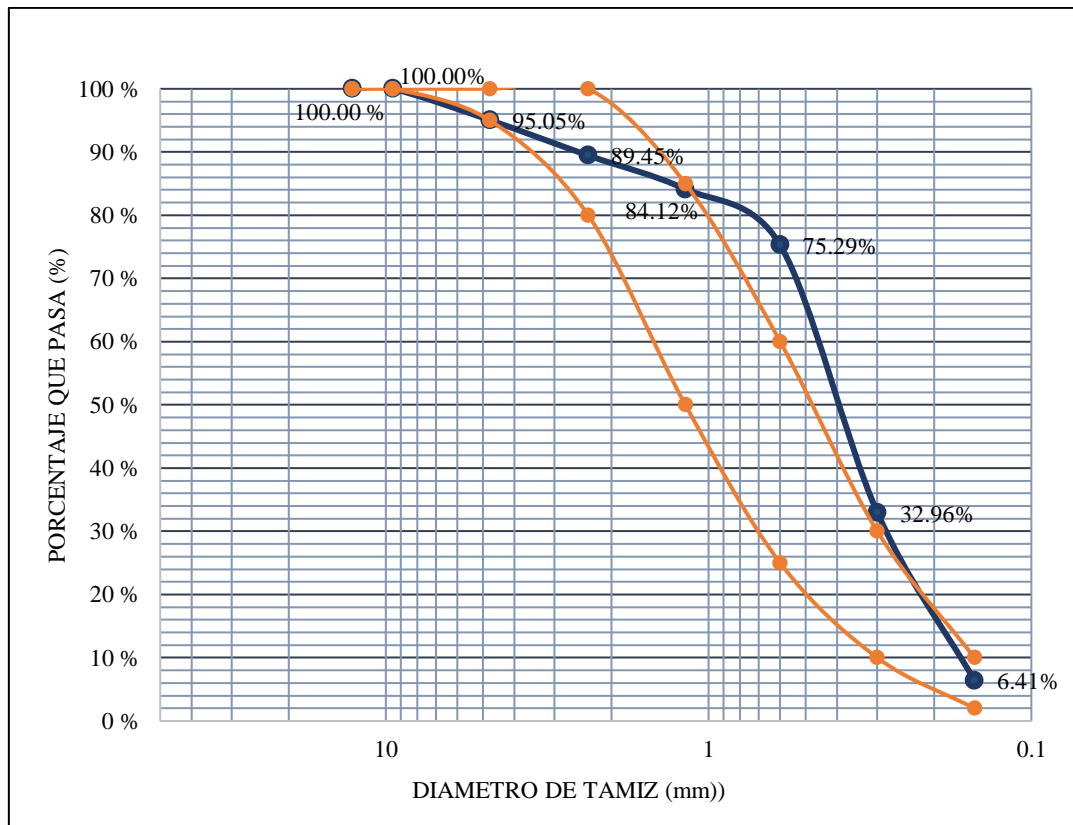


Tabla 14.

Granulometría del confitillo

Malla N°	Malla (mm)	Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.51	166.73	16.67	16.67	83.33
4	4.76	623.37	62.34	79.01	20.99
8	2.36	184.30	18.43	97.44	2.56
16	1.18	17.97	1.80	99.24	0.76
30	0.6	3.43	0.34	99.58	0.42
50	0.3	1.20	0.12	99.70	0.30
100	0.15	0.63	0.06	99.76	0.24
Cazoleta		2.37	0.24	100.00	0.00

Nota. media de la repetición del proceso de tamizado del confitillo.

Figura 25.

Curva granulométrica del confitillo

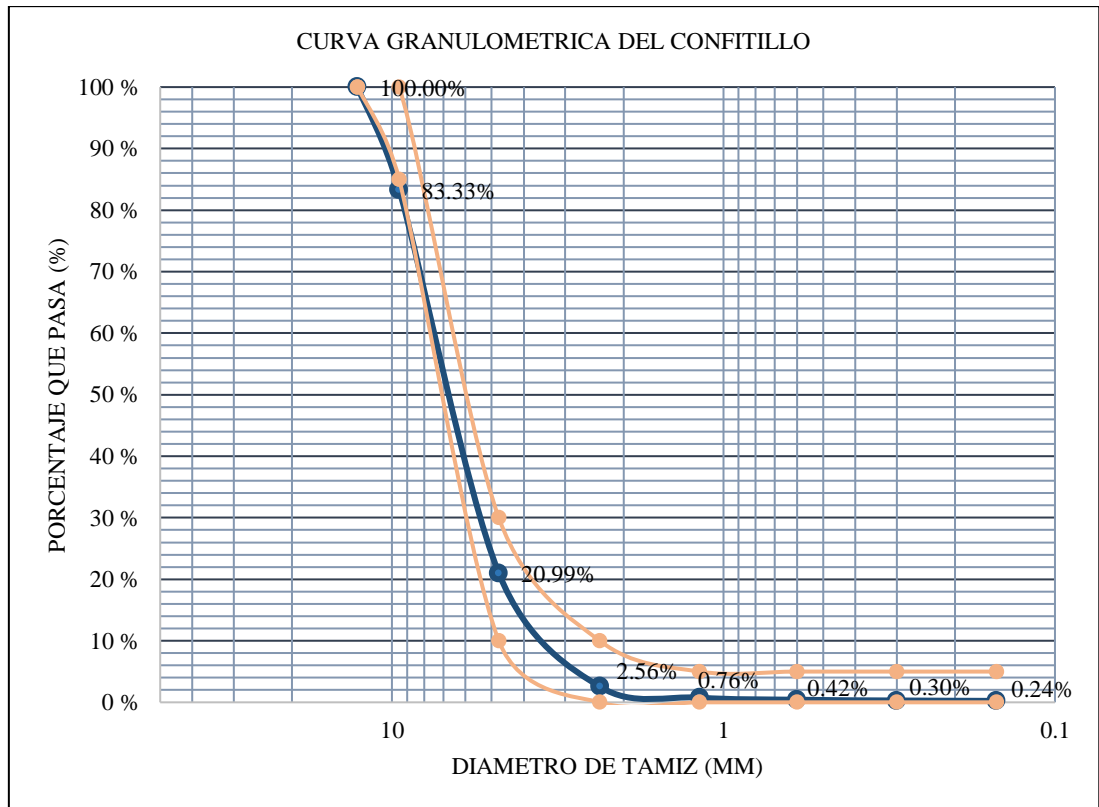


Tabla 15.

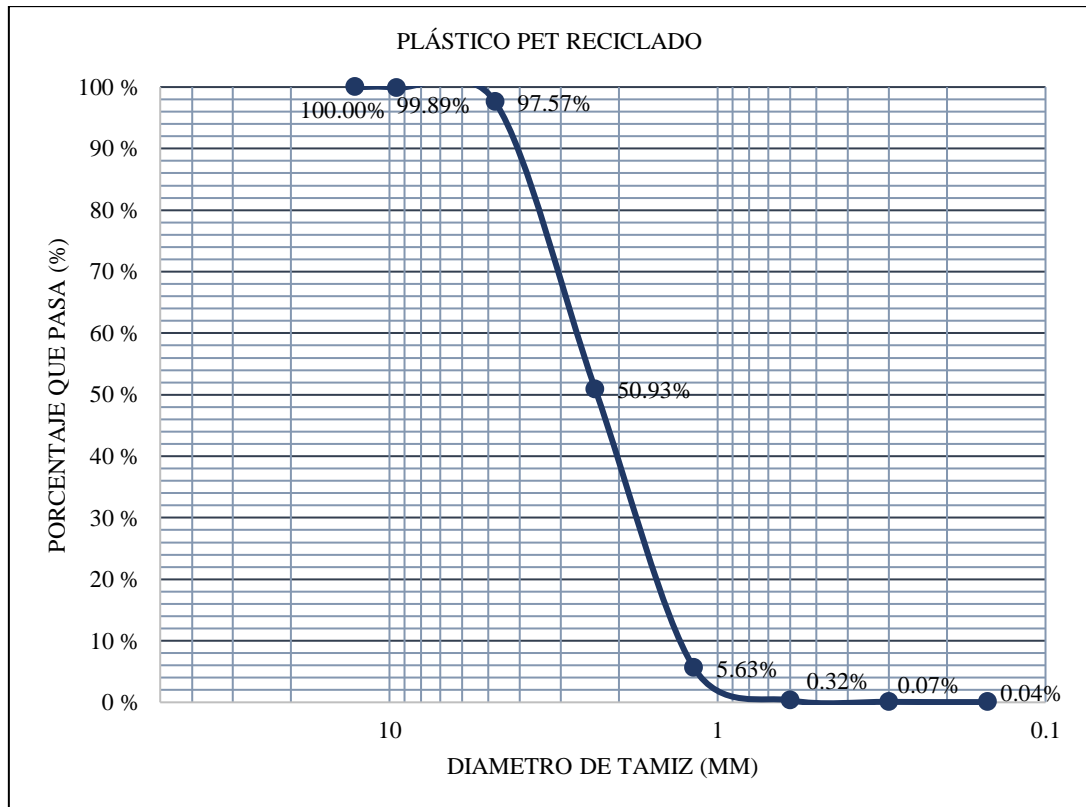
Granulometría del plástico PET reciclado

Malla	Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante (%)	
Nº	(mm)	(gr)	(%)	(%)	
1/2"	12.7	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.51	0.57	0.11	99.89	
4	4.76	11.57	2.43	97.57	
8	2.36	233.23	46.65	50.93	
16	1.18	226.50	45.30	5.63	
30	0.6	26.53	5.31	0.32	
50	0.3	1.23	0.25	0.07	
100	0.15	0.17	0.03	0.04	
Cazoleta		0.20	0.04	100.00	0.00

Nota. Media de la repetición del proceso de tamizado del plástico PET reciclado.

Figura 26.

Curva granulométrica del plástico PET reciclado



Nota. En este gráfico se muestra la curva granulométrica del plástico PET reciclado.

Figura 27.

MF promedio de los agregados

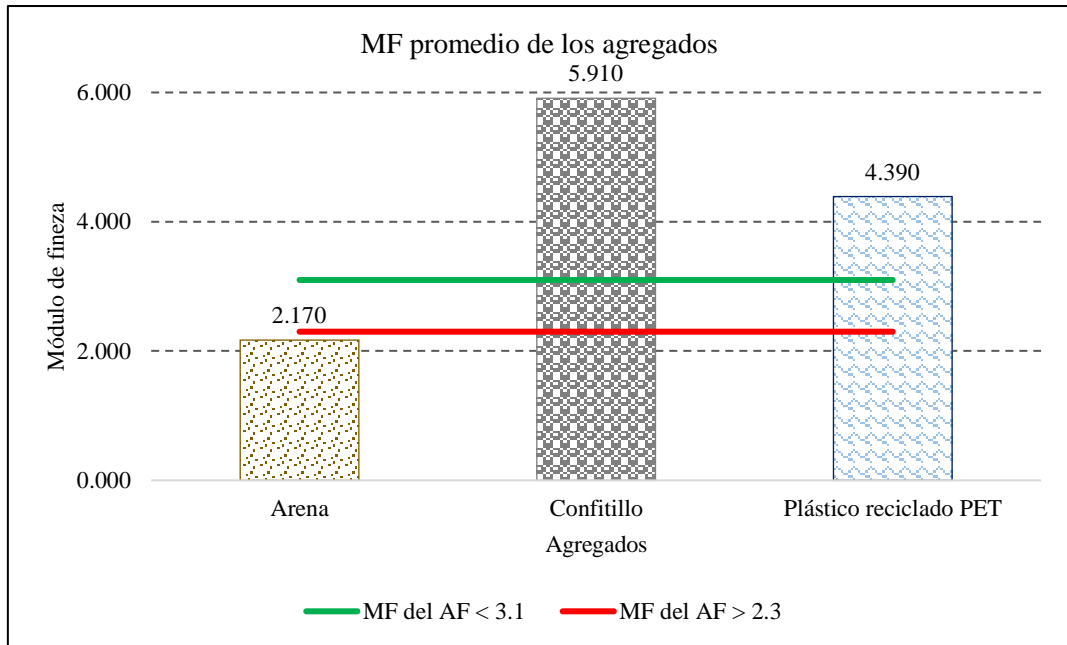
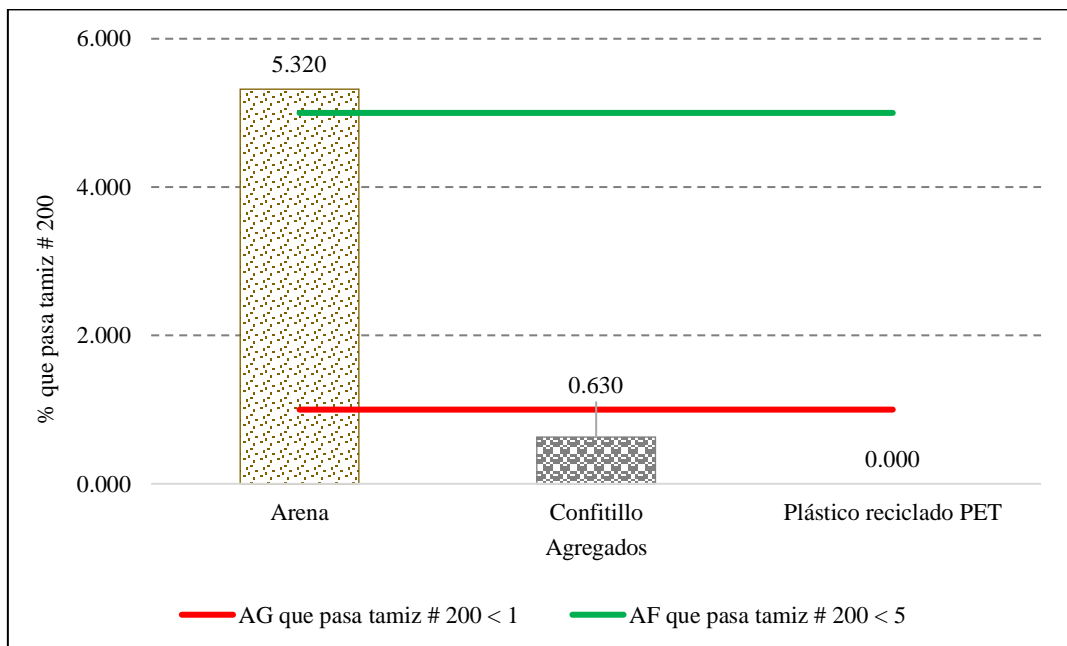


Figura 28.

Material que pasa el tamiz N° 200



Nota. Estos valores que se presentan son el promedio de la repetición de este ensayo por tres veces.

La humedad de la arena y confitillo es respectivamente 0.87% y 0.29%, el plástico PET reciclado no presenta grado de humedad (Tabla 17). El peso unitario seco suelto es menor que el compactado para todos los agregados, pero es la arena el que presenta un mayor peso unitario suelto con 1418.61 kg/m³, mientras que el plástico es el material más liviano en estado suelto y compacto con valores de 461.41 kg/m³ y 518.09 kg/m³ (Tabla 18). El peso específico de la arena, confitillo y plástico PET reciclado alcanza valores de 2.354, 2.60 y 1.36 gr/cm³, por tanto, el material más pesado es el agregado grueso o confitillo, luego el agregado fino y por último el plástico reciclado PET (Tabla 19), estos valores son relevantes para determinar la cantidad de materiales por m³ en la mezcla de concreto. La arena y confitillo tienen un porcentaje de absorción promedio de 1.09% y 1.20%, en cambio el plástico reciclado PET, no presenta absorción, es decir no absorbe agua de la mezcla (Tabla 20). Por último, el agregado grueso o confitillo se analizó a abrasión, determinado el desgaste del material, mismo que equivale a 34.35%, por tanto, cumple con la NTP 400.037.

Tabla 16.

Humedad de los agregados

Agregados	H (%)
Agregado fino	0.87
Confitillo	0.29

Tabla 17.

Peso unitario de los agregados

Agregados	PUS (kg/m³)	PUC (kg/m³)
Agregado fino	1448.61	1559.81
Confitillo	1385.61	1500.20
Plástico PET reciclado	461.41	518.09

Tabla 18.*Peso específico de los agregados*

Agregados	Pe de masa (gr/cm3)	Pe SSS (gr/cm3)	Pe aparente (gr/cm3)
Agregado fino	2.3543	2.38	2.29
Confitillo	2.60	2.64	2.69
Plástico PET reciclado	1.36		

Tabla 19.*Absorción de los agregados*

Agregados	Absorción (%)
Agregado fino	1.090
Confitillo	1.206

Tabla 20.*Abrasión del confitillo*

Peso de la muestra (gr.)	5000.00
Peso de la Muestra final (gr)	3782.37
Porcentaje de Perdida (%)	24.35

La cal hidratada tiene apariencia de polvo blanco, en la Tabla 22 se puede apreciar las propiedades químicas de la cal hidratada de la calera Rejopampa, ubicada en el centro poblado del mismo nombre. Este material se utilizó como sustituto del cemento en el presente análisis.

Tabla 21.*Propiedades químicas de la cal hidratada*

Determinación química		Resultados (%)
Hidróxido de calcio	Ca (OH) ₂	83.12
Óxido de calcio	CaO	72.8
Óxido férrico	Fe ₂ O ₃	0.071
Óxido de magnesio	MgO	0.608
Óxido de silicio	SiO ₂	2.05
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	0.54

5.1.2. Diseño de mezclas

5.1.2.1. Mezcla base

Para plantear el diseño de mezcla se elaboró por el método ACI 211, una mezcla de concreto patrón f^c 175 kg/cm², con arena de la cantera Conchán, confitillo de la cantera Los Peroles, cemento Pacasmayo Tipo I, agua potable recolectada en la UNACH a una temperatura de 17 °C, sin aditivos. Con el diseño base, se procedió a remplazar la cantidad de arena y confitillo por el 3%, 6% y 9% de PET reciclado triturado en volumen (densidad 1360 kg/m³), obteniendo así la cantidad de materiales en kg/m³; también se alteró el diseño base con el remplazo de la cantidad de cemento por el 3%, 6% y 9% de cal hidratada en peso.

Tabla 22.

Materiales usados en la mezcla

Características	Arena	Confitillo	Cemento	
			Pacasmayo Tipo I	Agua potable
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1448.61	1385.611		
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1559.810	1500.202		
Peso Específico (kg/m ³)	2354.30	2604.35	3080	998.86
Tamaño Máximo	3/8"	1/2"		
TMN	N°4	3/8"		
MF	2.17	5.91		
Porcentaje de Absorción (% abs)	1.09	1.206		
Porcentaje de Humedad (%w)	0.057	0.12		
F ^c (kg/cm ²)			441	
Contenido de aire (%)			7.00	
Superficie específica (m ² /kg)			3740.00	
Temperatura (°C)				17.00

El concreto patrón o base para 1 m³ en proporción equivale a 1 bolsa de cemento 5 latas de arena 4.6 latas de confitillo y 28.90 lt/bolsa de agua, la dosificación en peso es de 329.62 kg de cemento, 835.02 kg de arena, 785.55 kg de confitillo y 224.15 lts/m³ de agua, la dosificación en volumen es de 7.76 bolsas de cemento,

0.576 m³ de arena, 0.567 m³ de confitillo y 0.224 m³ de agua, la dosificación en proporción 1:2.53:2.38. A esta dosificación patrón o base, respecto al volumen de arena y confitillo se le descontó a cada uno el 3%, 6% y 9% de su volumen, obteniendo con ello 0.03 m³, 0.07m³ y 0.10 m³ de PET reciclado, respectivamente.

Tabla 23.

Materiales en kg para 1m³ de concreto con residuos PET reciclados

Concreto con PET reciclado	Cemento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Confitillo (kg/m ³)	Agua (lt/m ³)	PET reciclado (kg/m ³)
Con 0% PET	329.62	835.02	785.55	224.15	0.00
Con 3% PET	329.62	810.18	761.78	224.15	46.65
Con 6% PET	329.62	785.33	738.02	224.15	93.30
Con 9% PET	329.62	760.49	714.26	224.15	139.95

Tabla 24.

Materiales en m³ para la elaboración de concreto con residuos PET reciclados

Concreto con PET reciclado	Cemento (bolsas)	Arena	Confitillo	Agua (m ³)	PET reciclado (m ³)
Con 0% PET	7.76	0.576	0.567	0.224	0.00
Con 3% PET	7.76	0.559	0.550	0.224	0.03
Con 6% PET	7.76	0.542	0.533	0.224	0.07
Con 9% PET	7.76	0.525	0.515	0.224	0.10

Tabla 25.

Proporción de materiales para concreto con residuos PET reciclados

Concreto con PET reciclado	Cemento (bolsa)	Arena	Confitillo	Agua (lt/bolsa)	PET reciclado
Con 0% PET	1.00	2.53	2.38	28.90	0.00
Con 3% PET	1.00	2.49	2.31	28.90	0.08
Con 6% PET	1.00	2.45	2.31	28.90	0.16
Con 9% PET	1.00	2.40	2.27	28.90	0.24

El concreto patrón o base presenta una dosificación en peso de 329.62 kg de cemento, 835.02 kg de arena, 785.55 kg de confitillo y 224.15 lts/m³ de agua, en proporción 1:2.53:2.38. Para elaborar concreto con adición de cal hidratada, la cantidad de cemento 329.62 kg ha sido remplazada por cal hidrata al 3%, 6% y 9% en peso, lo que representa 9.89, 19.78 y 29.67 kg/m³, respectivamente.

Tabla 26.

Materiales en kg para 1m³ de concreto con cal hidratada

Concreto con cal hidratada	Cemento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Confitillo (kg/m ³)	Agua (lt/m ³)	Cal hidratada (kg/m ³)
Con 0% cal	329.62	835.02	785.55	224.15	0.00
Con 3% cal	319.81	835.02	785.55	224.12	9.89
Con 6% cal	309.86	835.02	785.55	224.12	19.78
Con 9% cal	299.92	835.02	785.55	224.12	29.67

Tabla 27.

Materiales en m³ para la elaboración de concreto con cal hidratada

Concreto con cal hidratada	Cemento (bolsas)	Arena (m ³)	Confitillo (m ³)	Agua (m ³)	Cal hidratada (kg/m ³)
Con 0% cal	7.76	0.576	0.567	0.224	0.00
Con 3% cal	7.52	0.576	0.567	0.224	9.89
Con 6% cal	7.29	0.576	0.567	0.224	19.78
Con 9% cal	7.06	0.576	0.567	0.224	29.67

Tabla 28.

Proporción de materiales para concreto con cal hidratada

Concreto con cal hidratada	Cemento (bolsa)	Arena	Confitillo	Agua (lt/bolsa)	Cal hidratada
Con 0% cal	1.00	2.53	2.38	28.90	0.00
Con 3% PET	0.97	2.53	2.38	28.90	0.03
Con 6% PET	0.94	2.53	2.38	28.90	0.06
Con 9% PET	0.91	2.53	2.38	28.90	0.09

5.1.2.2. Concreto base con 0% de PET – 0% de cal hidratada

Se analizaron las características del concreto base elaborado con la dosificación 1: 2.53: 2.38 de cemento, arena y confitillo respectivamente, con lo que se verificó que este concreto presenta un asentamiento bajo, es decir es poco trabajable, pero tiene viabilidad estructural por tener resistencia a los 28 días de 225.23 kg/cm², resistencia que cumple con la requerida para un ladrillo de concreto tipo 17.

Tabla 29.

Propiedades del concreto base en estado fresco

Diseño	Descripción	Unidad	Valor
1:2.53:2.38 (muestra patrón)	Asentamiento	pulg.	1”
	Temperatura	°C	21.4
	Peso Unitario	kg/m ³	2360.53
	Contenido de aire	%	3.1

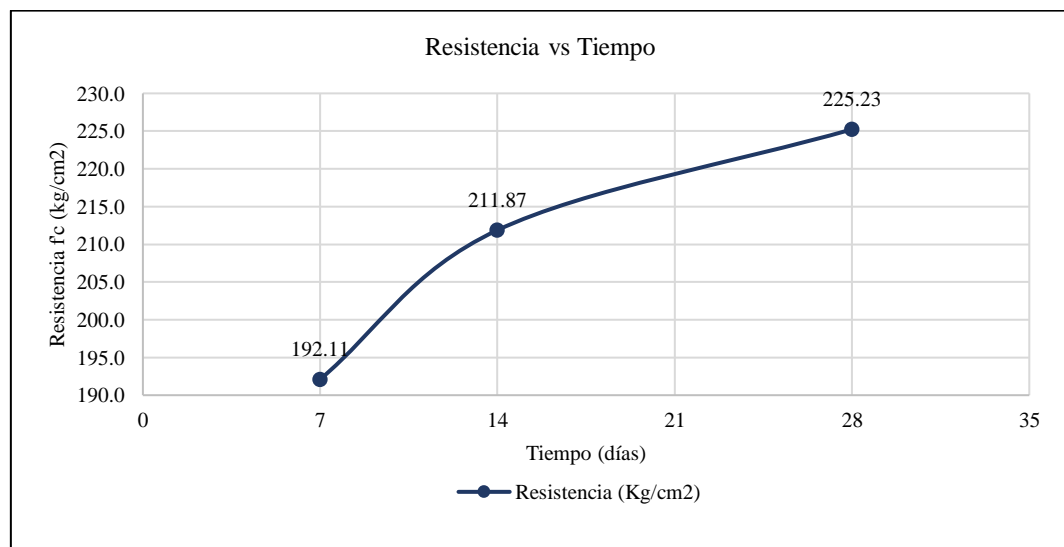
Tabla 30.

Resistencia de concreto base

Edad de probeta	Resistencia (Kg/cm ²) a los días		
	7	14	28
Promedio (kg/cm ²)	192.11	211.87	225.23

Figura 29.

Curva de resistencia vs tiempo



5.1.2.3. Concreto con 3% de PET

Se analizaron las características del concreto con 3% de plástico PET reciclado, elaborado con la dosificación 1: 2.49: 2.31:0.08 de cemento, arena, confitillo y residuos PET reciclados, respectivamente. Los resultados son aceptables, cumplen con la resistencia que requiere el ladrillo de concreto tipo 17, pero en comparación con el concreto convencional su resistencia disminuye en 4.91 %.

Tabla 31.

Propiedades del concreto fresco con 3% de plástico PET reciclado

Diseño	Descripción	Unidad	Valor
3% PET	Asentamiento	pulg.	1"
	T°	°C	20.8
	PU	kg/m3	2352.07
	Contenido de aire	%	3.5

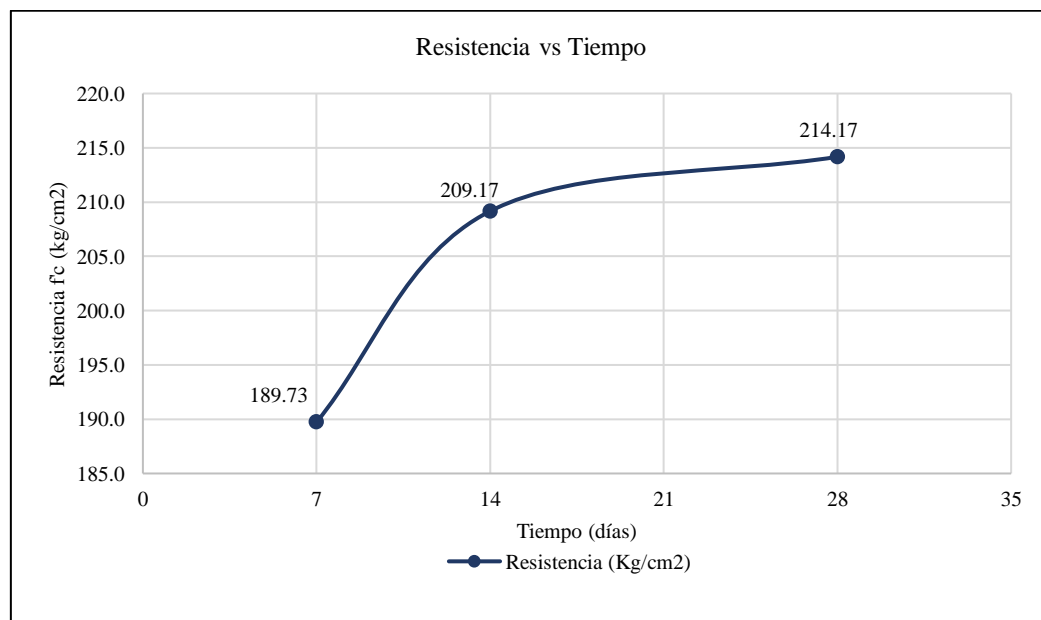
Tabla 32.

Concreto con 3% de plástico PET reciclado

Edad de probeta	Resistencia (Kg/cm2) a los días		
	7	14	28
Promedio (kg/cm2)	189.73	209.17	214.17

Figura 30.

Curva de resistencia de concreto con adición de 3% de PET



5.1.2.4. Concreto con 6% de PET

Se analizaron las características del concreto con 6% de PET reciclado, elaborado con la dosificación 1: 2.45: 2.31:0.16 de cemento, arena, confitillo y residuos PET reciclados, respectivamente. Los resultados son aceptables, cumplen con la resistencia que requiere el ladrillo de concreto tipo 17, pero en comparación con el concreto convencional su resistencia disminuye en 10.18% a los 28 días.

Tabla 33.

Propiedades del concreto fresco con 6% de plástico PET reciclado

Diseño	Descripción	Unidad	Valor
6% PET	Asentamiento	pulg.	1"
	Temperatura	°C	22.1
	PU	kg/m ³	2301.34
	Contenido de aire	%	3.8

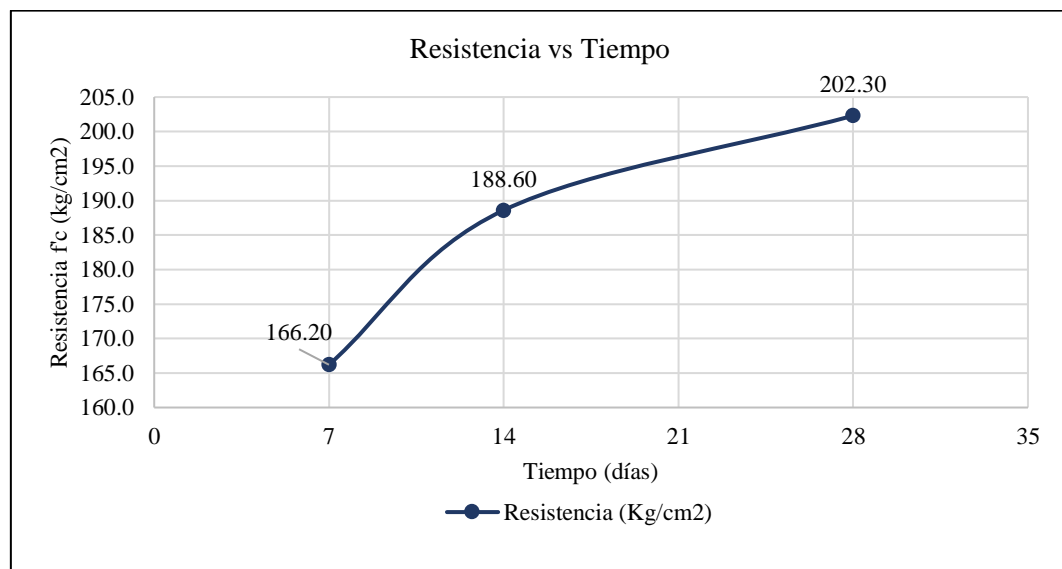
Tabla 34.

Concreto con 6% de PET

Edad de probeta	Resistencia (Kg/cm ²) a los días		
	7	14	28
Promedio (kg/cm ²)	166.20	188.60	202.30

Figura 31.

Curva de resistencia del concreto con 6% PET



5.1.2.5. Concreto con 9% de PET

Se analizaron las características del concreto con 9% de plástico PET reciclado, elaborado con la dosificación 1: 2.40: 2.27:0.24 de cemento, arena, confitillo y residuos PET reciclados, respectivamente. Los resultados son aceptables, cumplen con la resistencia que requiere el ladrillo de concreto tipo 17, pero en comparación con el concreto convencional su resistencia disminuye en 19.05% a los 28 días.

Tabla 35.

Propiedades del concreto fresco con 9% de plástico PET reciclado

Diseño	Descripción	Unidad	Valor
9% PET	Asentamiento	pulg.	1.2"
	Temperatura	°C	20.6
	PU	kg/m ³	2294.30
	Contenido de aire	%	4

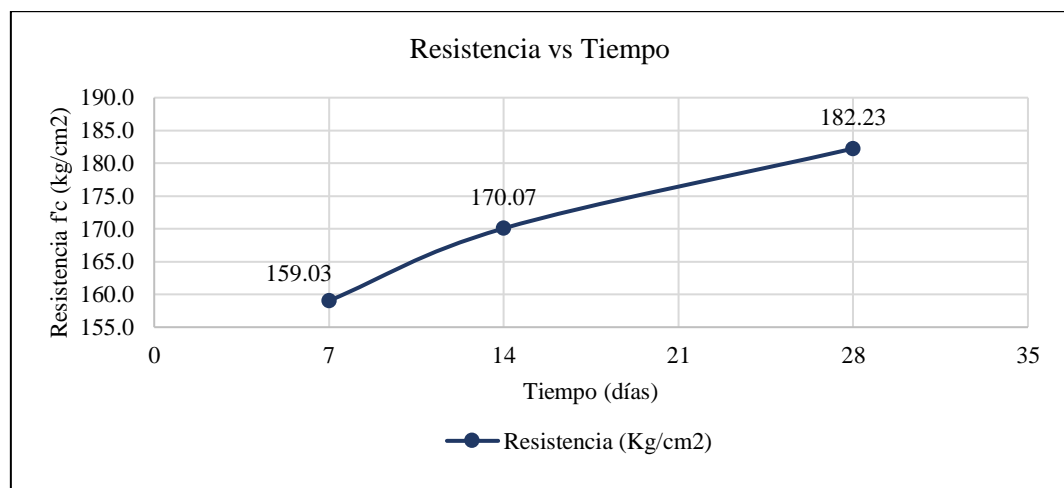
Tabla 36.

Concreto con adición del 9% de PET

Edad de probeta	Resistencia (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
Promedio (kg/cm ²)	159.03	170.07	182.23

Figura 32.

Curva de resistencia del concreto con 9% de PET



5.1.2.6. Concreto con 3% de cal hidratada

Se analizaron las características del concreto con 3% de cal hidratada, elaborado con la dosificación 0.97: 2.49: 2.31:0.03 de cemento, arena, confitillo y cal hidratada, respectivamente. La resistencia del concreto es alta y aceptable para ladrillo de concreto tipo 17, en comparación con el concreto convencional la resistencia se incrementa en 1.45% a los 28 días.

Tabla 37.

Propiedades del concreto fresco con 3% de cal hidratada

Diseño	Descripción	Unidad	Valor
3% cal hidratada	Asentamiento	pulg.	1'' ⁰⁰
	Temperatura	°C	20.7°
	Peso Unitario	kg/m ³	2360.53°
	Contenido de aire	%	°2.8

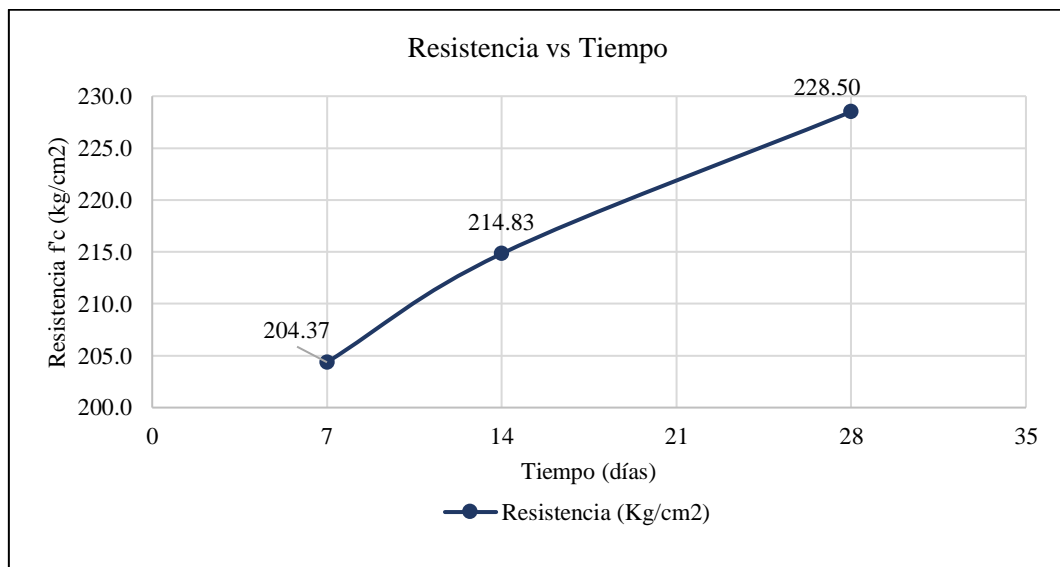
Tabla 38.

Concreto con adición de 3% de cal hidratada

Edad de probeta	Resistencia (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
Promedio (kg/cm ²)	204.37	214.83	228.50

Figura 33.

Curva de resistencia del concreto con 3% de cal hidratada



5.1.2.7. Concreto con 6% de cal hidratada

Se analizaron las características del concreto con 6% de cal hidratada, elaborado con la dosificación 0.94: 2.49: 2.31:0.06 de cemento, arena, confitillo y cal hidratada, respectivamente. La resistencia del concreto es aceptable para ladrillo de concreto tipo 17, en comparación con el concreto convencional la resistencia disminuye en 3.65% a los 28 días.

Tabla 39.

Propiedades del concreto fresco con 6% de cal hidratada

Diseño	Descripción	Unidad	Valor
6% cal hidratada	Asentamiento	pulg.	1.2"
	Temperatura	°C	23.1
	Peso Unitario	kg/m ³	2354.89
	Contenido de aire	%	2.6

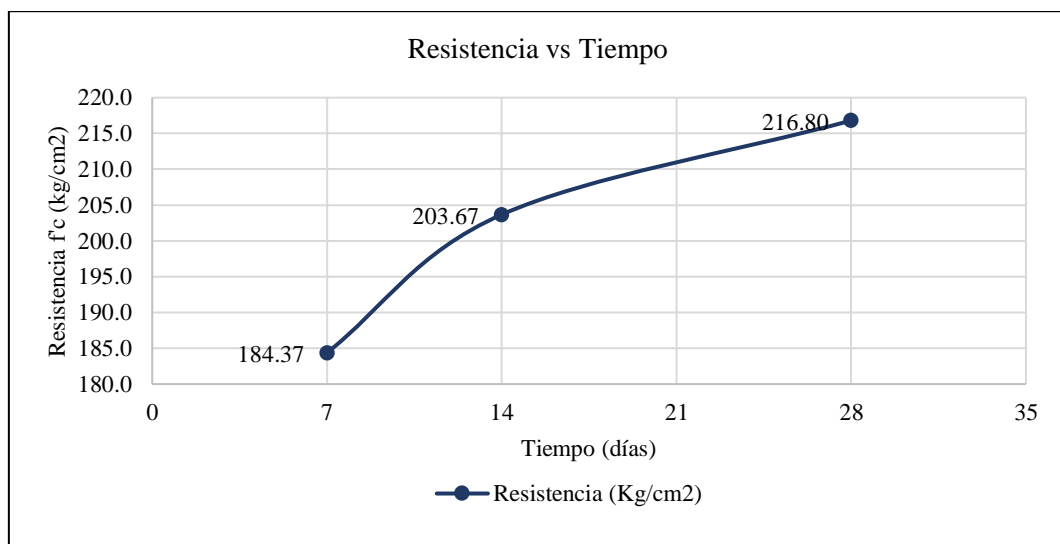
Tabla 40.

Resistencia del concreto con adición de 6% de cal hidratada

Edad de probeta Promedio (kg/cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
	184.37	203.67	217.00

Figura 34.

Curva de resistencia de concreto con 6% de cal hidratada



5.1.2.8. Concreto con 9% de cal hidratada

Se analizaron las características del concreto con 6% de cal hidratada, elaborado con la dosificación 0.91: 2.49: 2.31:0.09 de cemento, arena, confitillo y cal hidratada, respectivamente. La resistencia del concreto es aceptable para ladrillo de concreto tipo 17, en comparación con el concreto convencional la resistencia disminuye en 6.81% a los 28 días.

Tabla 41.

Propiedades del concreto fresco con 9% de cal hidratada

Diseño	Descripción	Unidad	Valor
9% cal hidratada	Asentamiento	pulg.	1.2"
	Temperatura	°C	23.2
	Peso Unitario	kg/m ³	2349.25
	Contenido de aire	%	2.4

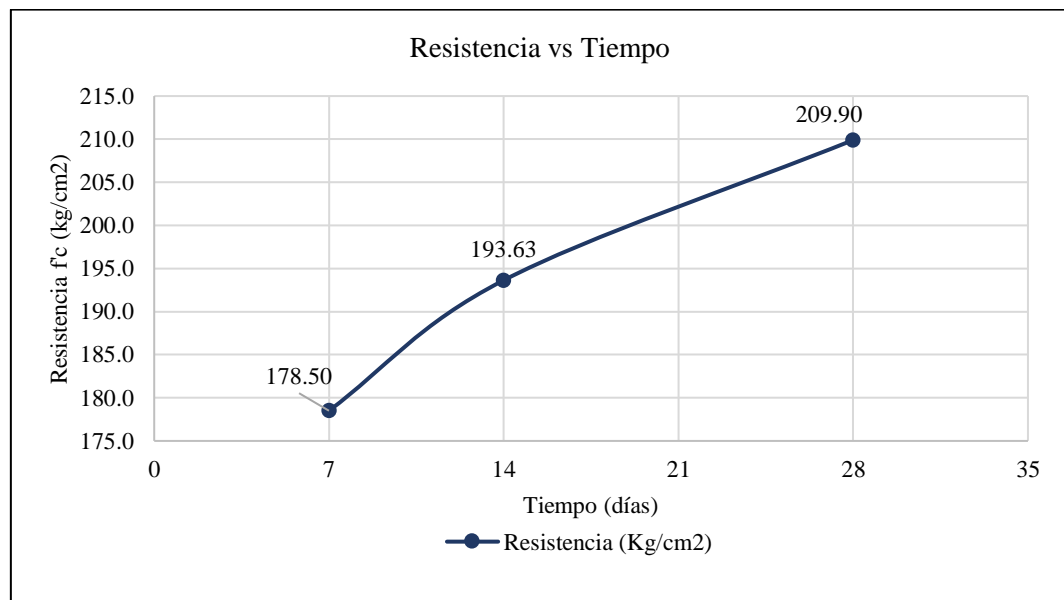
Tabla 42.

Resistencia de concreto con adición de 9% de cal hidratada

Edad de probeta	Resistencia (Kg/cm ²)		
	7 días	14 días	28 días
Promedio (kg/cm ²)	178.50	191.97	209.90

Figura 35.

Curva de resistencia del concreto con 9% de cal hidratada



5.1.3. Análisis técnico, económico y ambiental del concreto

5.1.3.1. Análisis técnico

Respecto al concreto fresco, este logra más trabajabilidad sin llegar a ser excesivamente fluido, tanto al adicionar cal hidratada como al adicionar plástico PET, así mismo el contenido de aire aumenta propiciamente en el concreto al incrementar la cantidad de plástico PET, en cambio disminuye el contenido de aire cuando se aumenta la cal hidratada, complementándose los resultados, por ende es probable que al adicionar plástico PET y cal hidrata a la vez en el concreto, se mantengan las características físicas estándar. Así, mismo al mezclar el concreto con PET al 3%, 6% y 9% se obtuvieron especímenes con menor resistencia que la base, pero que siguen manteniendo la resistencia estándar (142.76 kg/cm²) establecida en la NTP 399.604; algo similar sucede con los especímenes de concreto con adición de cal hidratada estos disminuyen para porcentajes de adición de 6% y 9%, pero al adicionar 3% de concreto se logra un incremento en la resistencia de 4.94 kg/cm² respecto a la muestra base (concreto patrón), a los 28 días, no obstante, todos los especímenes cumplen con alcanzar y superar la resistencia mínima establecida por la NTP 399.604 para la elaboración de ladrillos tipo 17. Los especímenes más extremos es decir el concreto con 9% de PET reciclado y el concreto con 9% de cal hidratada superan al $f'_c = 173.35$ kg/cm² (resistencia a compresión establecida por la NTP 399.604 para ladrillos Tipo 17) en 21.66% y 44.74%, respectivamente. Por tanto, técnicamente cualquier combinación es viable porque cumple con la NTP 399.604.

Figura 36.

Asentamiento del concreto

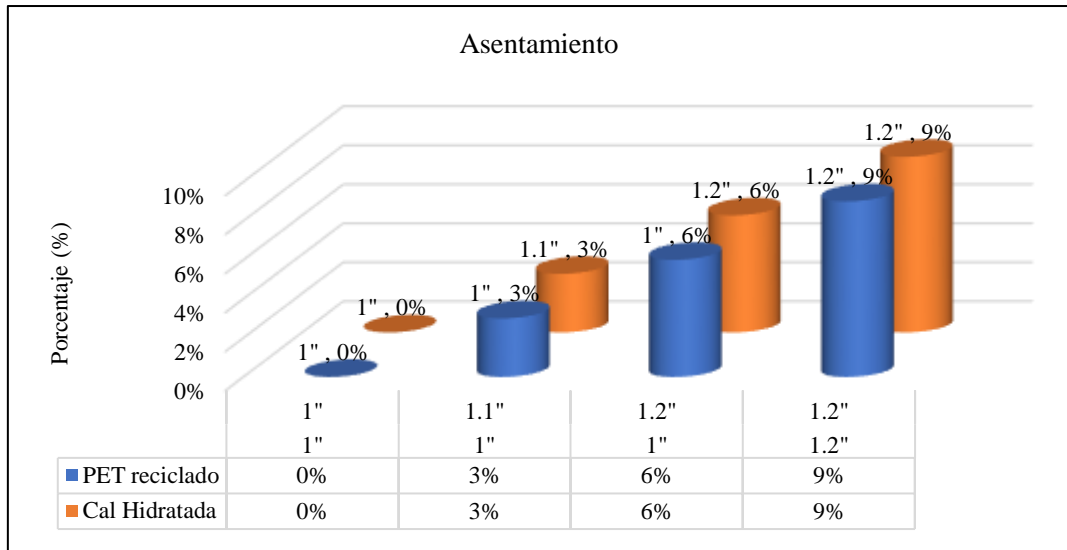


Figura 37.

Contenido de Aire del concreto

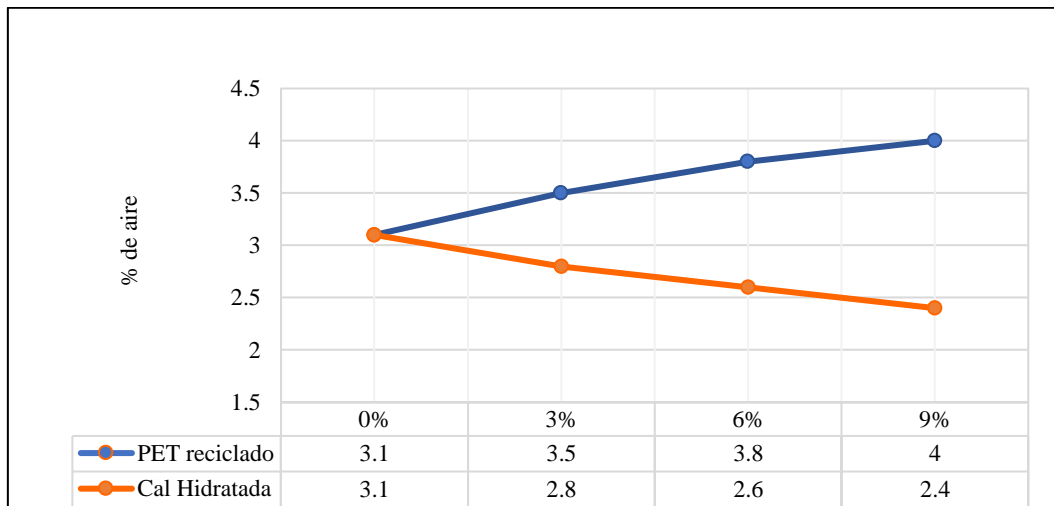


Tabla 43.

Resistencia del concreto con diferentes % de PET

Diseño	Resistencia del concreto con diferentes % PET (Kg/cm2) Proporción + %PET	Edad de ruptura (días)		
		7	14	28
Diseño base	1:2.53:2.38+ 0% PET	192.11	211.87	225.23
D -3% PET	1:2.49:2.31 + 3% PET	189.73	209.17	214.17
D - 6% PET	1:2.45:2.3 + 6% PET	166.20	188.60	202.30
D - 9% PET	1:2.40:2.27 + 9% PET	159.03	170.07	182.23

Figura 38.

Curvas de resistencia del concreto con diferentes % de PET

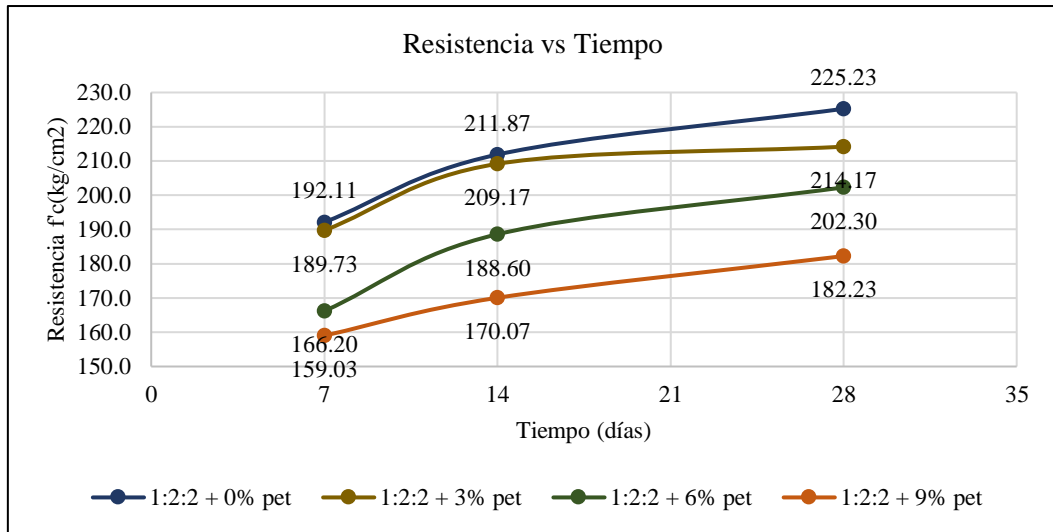


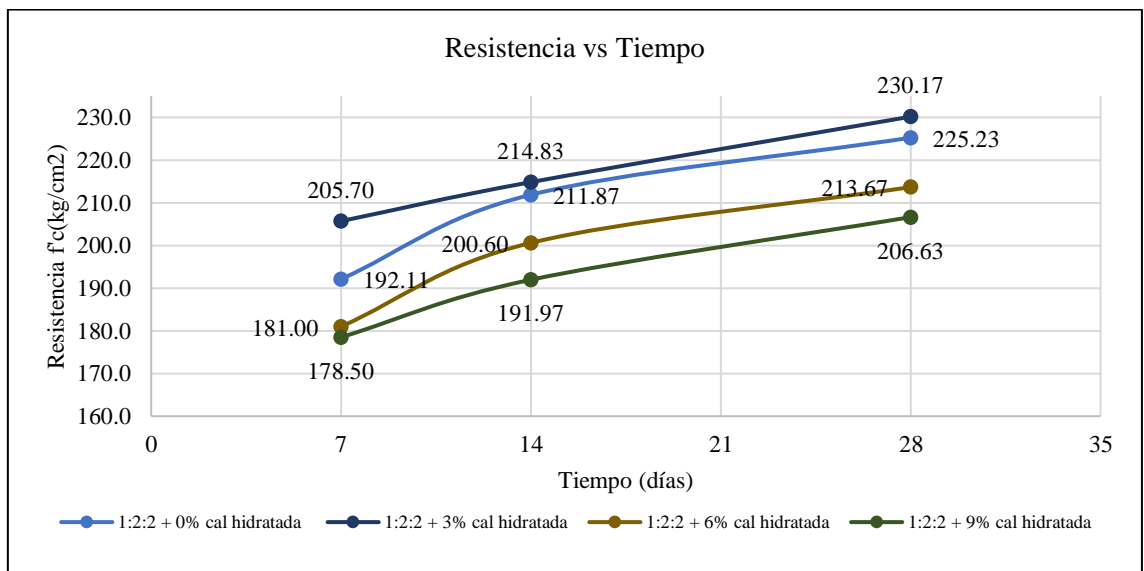
Tabla 44.

Resistencia del concreto con diferentes % de cal hidratada

Resistencia del concreto con diferentes % cal (Kg/cm2)		Edad de ruptura (días)		
Diseño	Proporción + % cal hidratada	7	14	28
D-0%Cal	1:2.53:2.38 + 0% cal hidratada	192.11	211.87	225.23
D-3%Cal	0.97:2.53:2.38 + 3% cal hidratada	205.70	214.83	230.17
D-6%Cal	0.94:0.53:2.38 + 6% cal hidratada	181.00	200.60	213.67
D-9%Cal	0.91:2.53:2.38+ 9% cal hidratada	178.50	191.97	206.63

Figura 39.

Curvas de resistencia del concreto con diferentes % de cal hidratada



5.1.3.2. Análisis económico

El costo del concreto convencional equivale a 235.83 soles. El costo del concreto por m3 con adición de plástico PET reciclado se incrementa al adicionar mayor porcentaje de PET, la diferencia máxima en el costo es 22.85 soles, en contra de los constructores. El costo del concreto por m3 con adición de cal hidratada disminuye al adicionar mayor porcentaje de cal hidratada, alcanzando, la diferencia máxima en el costo es 10.40 soles, a favor de los constructores. Según los resultados se puede compensar los costos al adicionar PET reciclado y cal hidratada juntos a la vez, obteniendo un incremento en el costo de tan solo 12.45 soles, sobre el precio del concreto base.

Tabla 45.

Costo del concreto por m3 con adición de plástico PET reciclado

Descripción	Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo Parcial	Costo Total
Concreto convencional	Confitillo	m3	0.567	S/ 40.00	S/ 22.68	S/ 235.83
	Arena	m3	0.576	S/ 60.00	S/ 34.56	
	Cemento	Bolsa	7.76	S/ 23.00	S/ 178.48	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
Concreto con adición de 3% de Plástico PET reciclado	Confitillo	m3	0.55	S/ 40.00	S/ 22.00	S/ 243.46
	Arena	m3	0.559	S/ 60.00	S/ 33.54	
	Cemento	Bolsa	7.76	S/ 23.00	S/ 178.48	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
	Plástico PET	kg.	46.65	S/ 0.20	S/ 9.33	
Concreto con adición de 6% de Plástico PET reciclado	Confitillo	m3	0.533	S/ 40.00	S/ 21.32	S/ 251.09
	Arena	m3	0.542	S/ 60.00	S/ 32.52	
	Cemento	Bolsa	7.76	S/ 23.00	S/ 178.48	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
	Plástico PET	kg.	93.3	S/ 0.20	S/ 18.66	
Concreto con adición de 9% de Plástico PET reciclado	Confitillo	m3	0.515	S/ 40.00	S/ 20.60	S/ 258.68
	Arena	m3	0.525	S/ 60.00	S/ 31.50	
	Cemento	Bolsa	7.76	S/ 23.00	S/ 178.48	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
	Plástico PET	kg.	139.95	S/ 0.20	S/ 27.99	

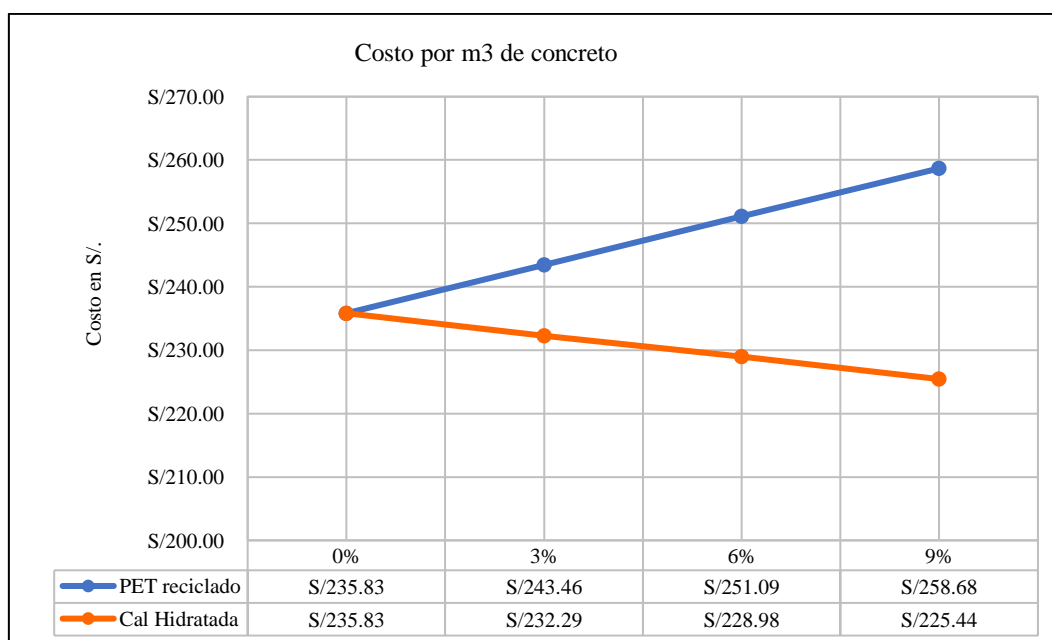
Tabla 46.

Costo del concreto por m3 con cal hidratada

Descripción	Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Costo Parcial	Costo Total
Concreto convencional	Confitillo	m3	0.567	S/ 40.00	S/ 22.68	S/ 235.83
	Arena	m3	0.576	S/ 60.00	S/ 34.56	
	Cemento	Bols.	7.76	S/ 23.00	S/178.48	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
Concreto con adición de 3% de cal hidratada	Confitillo	m3	0.567	S/ 40.00	S/ 22.68	S/232.29
	Arena	m3	0.576	S/ 60.00	S/ 34.56	
	Cemento	bols.	7.52	S/23.00	S/172.96	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
	Cal hidratada	kg.	9.89	S/ 0.20	S/ 1.98	
Concreto con adición de 6% de cal hidratada	Confitillo	m3	0.567	S/ 40.00	S/ 22.68	S/ 228.98
	Arena	m3	0.576	S/ 60.00	S/ 34.56	
	Cemento	bols.	7.29	S/ 23.00	S/ 167.67	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
	Cal hidratada	kg.	19.78	S/ 0.20	S/ 3.96	
Concreto con adición de 9% de cal hidratada	Confitillo	m3	0.567	S/ 40.00	S/ 22.68	S/ 225.44
	Arena	m3	0.576	S/ 60.00	S/ 34.56	
	Cemento	bolsa.	7.05	S/ 23.00	S/ 162.15	
	Agua	m3	0.224	S/ 0.50	S/ 0.11	
	Cal hidratada	kg.	29.67	S/ 0.20	S/ 5.93	

Figura 40.

Costo vs porcentaje de aditivo



5.1.3.3. Análisis ambiental

La generación de residuos sólidos cada día se incrementa debido a que la mayoría de productos vienen empaquetados y al consumismo es medido de la población además de la inadecuada disposición final de estos sin ningún tipo de tratamiento y de manera directa al agua (ríos, mares, lagos) y suelo producen contaminación al medio ambiente, por lo cual surge la necesidad de buscar medidas amigables con el ambiente que contribuyan a disminuir el daño ocasionado, el uso de plástico PET para la fabricación de ladrillo brinda diversos impactos positivos tales como menor cantidad de residuos sólidos que serán dispuestos de manera inadecuada en un botadero ocasionando contaminación a través de los lixiviados de los residuos sólidos los cuales se caracterizan por la presencia de metales que se infiltran en el suelo, agua subterránea y agua superficial deteriorando su calidad, también la muerte de los animales marinos debido a que estos quedan atrapados por los residuos sólidos que son arrojados al agua, dentro de los principales impactos positivos que brinda la fabricación de ladrillo incorporando plástico PET son los impactos socioeconómicos ofreciendo oportunidad de trabajo y la valorización de residuos sólidos.

Se utilizó la matriz de Conesa, según la Guía metodología para el análisis de Impactos ambientales (Conesa, 2010). La matriz de Conesa es de tipo cuantitativo, en la cual se utilizan atributos para determinar la importancia de los impactos:

- Naturaleza (+/-): la naturaleza puede ser positivo o negativo según como este se manifieste sobre el factor ambiental
- Intensidad (IN): grado de intensidad sobre el dispositivo ambiental
- Extensión (EX): área del impacto puede ser puntual, parcial o extenso

- Momento (M0): Es el plazo en el que se manifiesta el impacto desde la ejecución de las actividades y el comienzo de su impacto.
- Persistencia (PE): Se refiere a la permanencia del impacto desde su aparición hasta el momento en el que el componente ambiental retorna a sus condiciones iniciales.
- Reversibilidad (RV): Cuando el componente ambiental retornaría a sus condiciones iniciales por medio de condiciones naturales.
- Sinergia (SI): Dos o más efectos simples que actúan en simultaneo
- Acumulación (AC): Cuando el efecto sobre el factor ambiental es continuo, incrementa progresivamente la manifestación del efecto.
- Efecto (EF): Como una actividad ocasiona un efecto sobre un factor ambiental.
- Periodicidad (PR): Está referido a la regularidad con la que se da el efecto.
- Recuperabilidad (RE): Posibilidad de regresar al estado inicial por medio de la intervención humana

El índice de significancia I puede tomar valores entre 13 y 100, para ello se aplica la siguiente formula:

Ecuación 22. Cálculo del índice de significancia del EIA

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RE)$$

Tabla 47.

Índice de significancia del impacto

Índice de importancia (I)	
Bajo	IM < 25
Moderado (medio)	25 ≤ IM < 50
Alto	50 ≤ IM < 75
Muy alto	IM ≥ 75

I: índice de significancia o IM: importancia de impacto

Tabla 48.

Matriz CONESA para estudio de impacto ambiental

Matriz de índice de importancia del impacto (I)				Etapa de Fabricación												Calificación
				Fabricación de ladrillos solidos de concertó utilizando plástico PET reciclado												
Medio	Componente	Factor ambiental	Impactos Ambientales	+/-	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	RE	I	
Físico	Suelo	Calidad del suelo	Reducción de la contaminación del suelo producido por el arrojado de residuos sólidos (plástico PET).	+1	4	4	2	4	1	1	4	4	1	1	+3 8	Impacto moderado (medio)
	Agua	Calidad del agua	Disminución de contaminación de agua producto de los lixiviados producidos por la descomposición de Residuos sólidos (plástico PET)	+1	8	4	2	4	1	1	4	4	1	1	+5 0	Impacto moderado (medio)
	Aire	Calidad del aire	Disminución de gases producto de la descomposición de residuos sólidos (plástico)	+1	2	2	2	4	1	1	1	4	1	1	+2 5	Impacto moderado (medio)
Biológico	Fauna	Animales marinos	Disminución de muerte de los animales pesqueros producto de atrapamiento por residuos sólidos en el mar	+1	8	4	4	4	1	1	4	4	1	1	+5 2	Impacto alto
Socio-económico	Económico	Ingresos económicos	Valorización de residuos sólidos (plástico PET)	+1	4	2	4	4	1	1	1	4	4	1	+3 6	Impacto moderado (medio)
	Población	Empleo local	Generación de puestos de trabajo en la fabricación de ladrillos	+1	4	2	4	4	1	1	4	4	4	1	+3 9	Impacto moderado (medio)

Se obtuvo impactos moderados e impactos alto de naturaleza positivos.

5.1.3.4. Dosificación adecuada para ladrillos de concreto

En base al análisis técnico cualquiera de las proporciones es adecuada para la elaboración de ladrillos tipo 17, así mismo, según el análisis económico, los precios al agregar PET reciclado aumentan y al adicionar cal hidratada disminuyen por tanto se compensan permitiendo correlacionar dosificaciones iguales, pero en base al análisis ambiental, utilizar el mayor porcentaje de cal hidrata y PET reciclado, produce ladrillos con mayor sustentabilidad ecológica, por tanto, se optó por la dosificación de 9% de cal hidratada en remplazo del peso del cemento + 9% de plástico PET reciclado en sustitución del volumen de agregado fino y grueso.

La dosificación de concreto base ha sido modificada al adicionar cal hidratada y plástico PET reciclado en combinación para elaborar unidades de albañilería, siendo así primero se determinó la dosificación de concreto para 1m³, luego se estimó la cuantía de material preciso para producir 1 ladrillo, entendiendo que este presentará como dimensiones a 0.24 m, 0.14 m y 0.09 m de largo, ancho y alto respectivamente, dando un volumen total de 0.003024 m³. Siendo así la cuantía de materiales necesaria para elaborar 1 ladrillo sin desperdicio de materiales es 0.91 kg/m³ de cemento, 2.30 kg/m³ de arena, 2.16 kg/m³ de confitillo, 0.68 lt/m³ de agua, 0.09 kg/m³ de cal hidratada y 0.42 kg/m³ de PET reciclado triturado, no obstante, muchas veces se suele tener desperdicios al momento de elaborar concreto más aún cuando este es utilizado para producir bloques de concreto, porque presentan menor tamaño lo que dificulta su vaciado, es por ello que, se optó por añadir a la cantidad de materiales un desperdicio equivalente al 10%, con el cual se obtuvo como cantidad de materiales 1 kg/m³ de cemento, 2.53 kg/m³ de arena, 2.38 kg/m³ de confitillo, 0.75 lt/m³ de agua, 0.10 kg/m³ de cal hidratada

y 0.47 kg/m³ de PET reciclado. Esta dosificación ha sido utilizada para elaborar los 63 ladrillos ensayados.

Tabla 49.

Dosificación para el concreto base para 1m³

Concreto Patrón	Cemento	Arena	Confitillo	Agua
En peso (kg/m ³)	329.62	835.02	785.55	224.15 lt/m ³
En volumen	7.76 bls	0.576 m ³	0.567 m ³	0.22 m ³
En proporción	1.00 bls	2.53	2.38	28.90 lt/bls

Tabla 50.

Dosificación óptima para el concreto con cal y PET, para 1m³

Concreto mejorado	Cemento	Arena	Confitillo	Agua	Cal hidratada	PET reciclado
En peso	299.95 kg/m ³	760.49 kg/m ³	714.26 kg/m ³	224.15 lt/m ³	29.67 kg/m ³	139.95 kg/m ³
En volumen	7.06 bls	0.525 m ³	0.515 m ³	0.224 m ³	0.70 bls	0.10 m ³
En proporción	0.91 bls	2.40	2.27	28.90 lt/bls	0.09	0.24

Tabla 51.

Cantidad de materiales en peso para el ladrillo tipo 17

Materiales para ladrillos de concreto	Cemento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Confitillo (kg/m ³)	Agua (lt/m ³)	Cal hidratada (kg/m ³)	PET reciclado (kg/m ³)
Para 1 ladrillo sin desp.	0.91	2.30	2.16	0.68	0.09	0.42
Para 1 ladrillo + 10% desp.	1.00	2.53	2.38	0.75	0.10	0.47

Tabla 52.

Dosificación para un ladrillo tipo 17 + 10% de desperdicio

Ladrillo de concreto	Cemento	Arena	Confitillo	Agua	Cal hidratada	PET reciclado
En peso (kg/m ³)	1.00	2.53	2.38	0.75	0.10	0.47
En volumen	0.0235 bls	0.0017 bls	0.0017 m ³	0.00075 m ³	0.00232 m ³	0.0003 m ³
En proporción	0.91 bls	2.40	2.27	28.90 lt/bls	0.09 bls	0.24

5.1.4. Características de los ladrillos de concreto

Los ladrillos de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado, fueron ensayos en unidad, determinando que cumplen con la NTP 399.601 y la norma E.070, pero también se realizaron pruebas en pila y murete, para verificar su resistencia estructural en un sistema constructivo, para ello primero se realizó el análisis del mortero a utilizar en el asentado de ladrillos; el mortero tuvo como dosificación base a 1:4 cemento: arena, por está una dosificación normada en la norma E.070, y ser una de las dosificaciones más utilizadas en la ciudad de Chota, está mezcla de mortero fue probada a compresión mediante la elaboración de cubos de 5x5x5 cm, verificando así que el mortero supera la resistencia característica especificada en la norma E.070 para muros estructurales ($f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$). Una vez determinada la viabilidad del mortero se elaboraron las pilas y muretes para medir la resistencia axial y diagonal de los muros de albañilería contruidos con bloques de concreto con cal hidratada y PET, obteniendo resultados favorables para el f'_m y V'_m .

Por tanto, se ha demostrado la viabilidad de los bloques con cal hidratada y PET para la construcción de muros portantes o no portantes en las edificaciones de la ciudad de Chota, en base al cumplimiento de la norma E.070 (MVCS, 2021).

Tabla 53.

Variación dimensional del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada

Muestra de ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal	Variación dimensional					
	Longitud	L%	Ancho	A%	Altura	H%
M-01	241.50	0.63	140.10	0.07	90.10	0.11
M-02	240.30	0.13	140.20	0.14	90.00	0.00
M-03	240.20	0.08	140.10	0.07	90.20	0.22
M-04	240.00	0.00	140.00	0.00	90.50	0.56
M-05	241.00	0.42	140.11	0.08	90.12	0.13
M-06	241.20	0.50	140.20	0.14	90.20	0.22
Promedio	240.70	0.29	140.12	0.08	90.19	0.21
Desv. estándar	0.6132	0.2570	0.0749	0.0524	0.1705	0.1914
Cof. variación	0.25%		0.05%		0.19%	

Tabla 54.*Alabeo del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada*

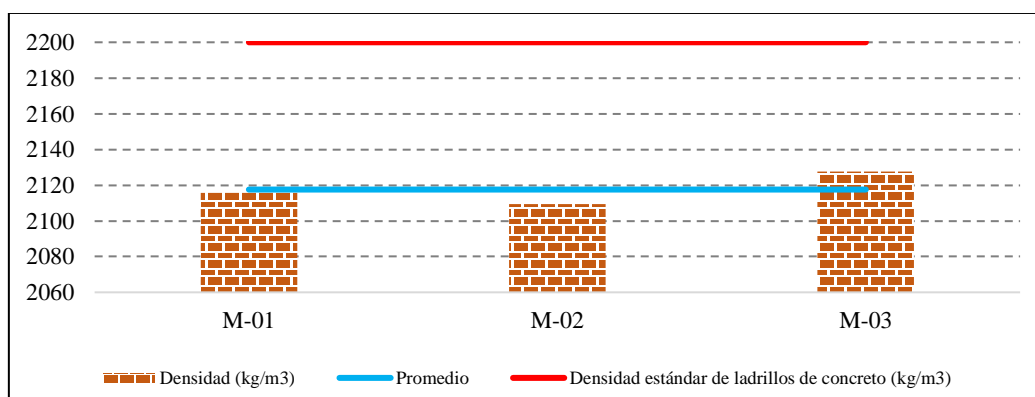
Ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
Promedio	0.93	0.00	0.70	0.00
Desv. estándar	0.8042	0.0000	0.4000	0.0000
Cof. variación	86.16%	0.00%	57.14%	0.00%

Tabla 55.*Humedad del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada*

Descripción	Ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada			Medidas estadísticas		
	M-01	M-02	M-03	Promedio	Desv. Est.	Cof. Variación
P. de ladrillo recibido (kg)	6.62	6.58	6.61	6.60	0.021	0.32%
P. sumergido (kg)	6.89	6.86	6.84	6.86	0.025	0.37%
P. seco (kg)	6.51	6.48	6.47	6.49	0.021	0.32%
Contenido de humedad (%)	1.662	1.52	2.118	1.77	0.312	17.69%

Tabla 56.*Densidad del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada*

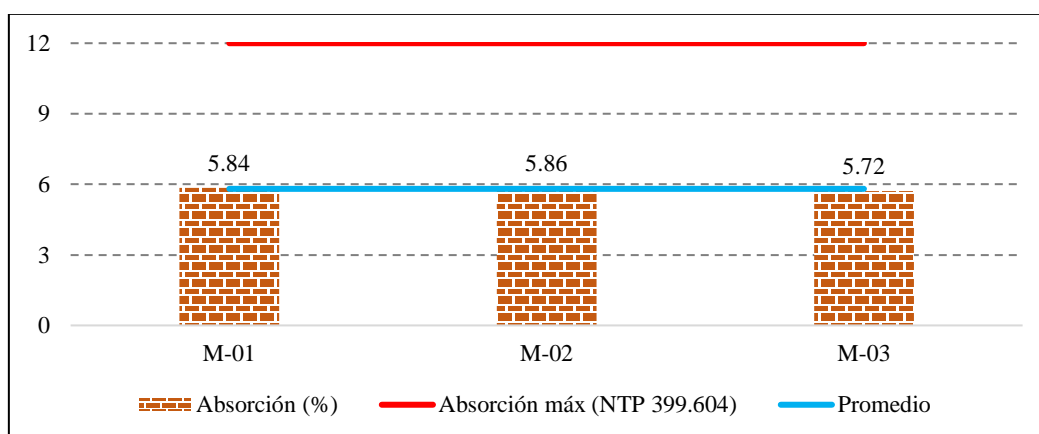
Descripción	Ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada			Medidas estadísticas		
	M-01	M-02	M-03	Promedio	Desv. Est.	Cof. Variación
P. saturado (kg)	6.89	6.86	6.84	6.86	0.025	0.37%
P. sumergido (kg)	3.81	3.79	3.8	3.80	0.010	0.26%
P. seco (kg)	6.51	6.48	6.47	6.49	0.021	0.32%
Densidad (kg/m ³)	2115.697	2109.375	2127.59	2117.55	9.248	0.44%

Figura 41.*Densidad del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada*

Nota: Los ladrillos con PET reciclado y cal hidratada presentar menor peso que los ladrillos convencionales.

Tabla 57.*Absorción del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada*

Descripción	Ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada			Medidas estadísticas		
	M-01	M-02	M-03	Promedio	Desv. Est.	Cof. Variación
P. saturado (kg)	6.89	6.86	6.84	6.86	0.025	0.37%
P. sumergido (kg)	3.81	3.79	3.8	3.80	0.010	0.26%
P. seco (kg)	6.51	6.48	6.47	6.49	0.021	0.32%
Absorción (kg/m ³)	0.123	0.124	0.122	0.12	0.001	0.81%
Absorción (%)	5.84	5.86	5.72	5.81	0.076	1.30%

Figura 42.*Absorción del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada*

Nota: Los ladrillos con PET reciclado y cal hidratada presentar absorción menor a 12%, por tanto, cumplen con la norma E.070 (MVCS, 2021).

Tabla 58.*Resistencia a compresión en unidad del ladrillo con PET reciclado y cal hidratada*

Ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada	Edad (días)	Carga de rotura (kg.f)	Compresión (kg/cm ²)	Resistencia mín. (NTP 399.604)
M-01	28	61550	182.42	173.35
M-02	28	65340	193.66	173.35
M-03	28	64160	190.16	173.35
Promedio	28.00	63683.33	188.75	173.35
Desv. estándar	0.0000	1939.4415	5.7517	
Cof. variación	0.00%	3.05%	3.05%	

Figura 43.

Resistencia del ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada

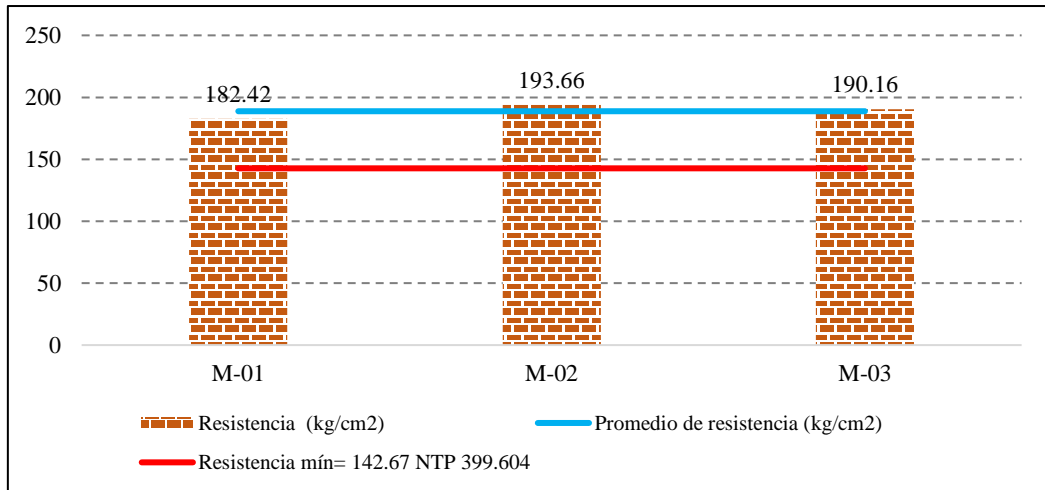


Tabla 59.

Resistencia del mortero para el asentado de ladrillo

Muestra	Largo (cm)	Ancho (cm)	Resistencia (f'c) Kg/cm ²
M - 01	5.00	5.00	186.40
M - 02	5.00	5.00	195.20
M - 03	5.00	5.00	182.10
Promedio	5.00	5.00	187.90
Desv. estándar			6.6776
Cof. variación			3.55%

Figura 44.

Resistencia del mortero para el asentado de ladrillos

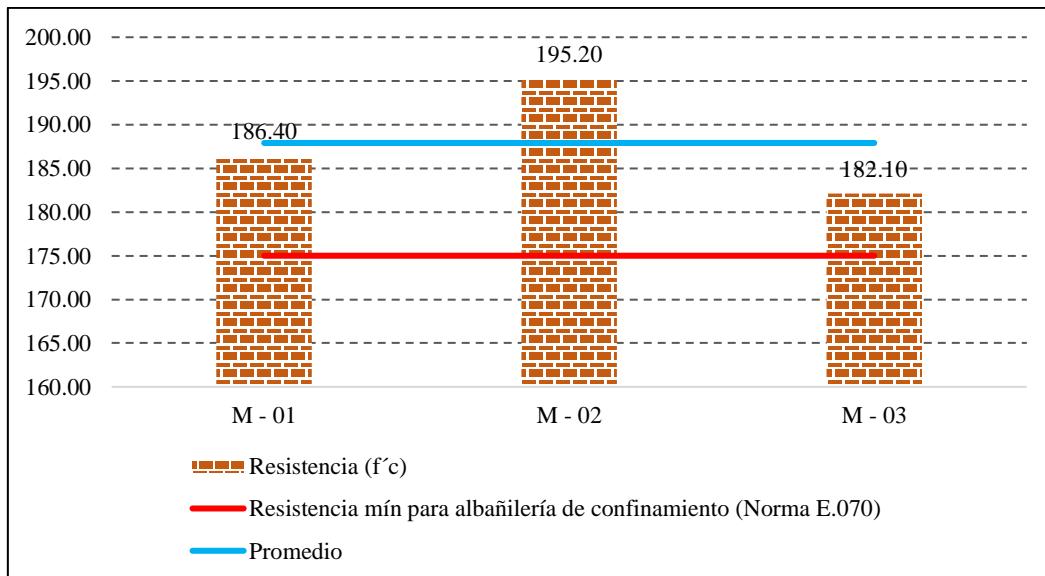
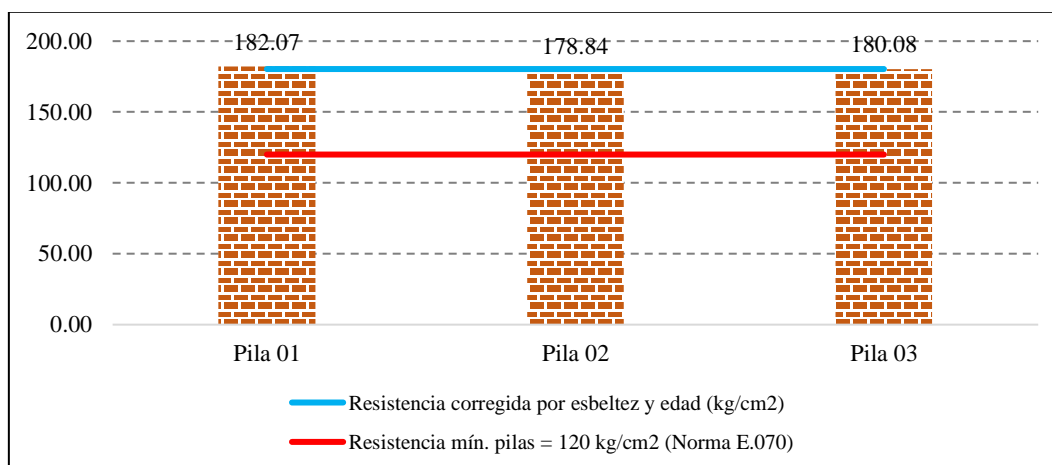


Tabla 60.*Resistencia en pilas de ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada*

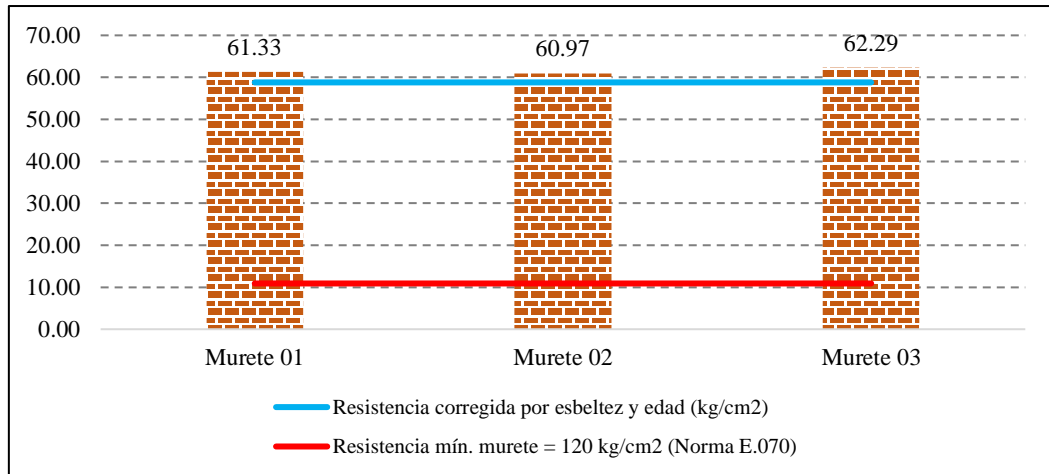
Características de prisma/pila	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Edad (días)	Carga de rotura (Kgf)	Resistencia (kg/cm ²)
Pila 01	24.1	14	29	337.4	28	61430	182.07
Pila 02	24	14.1	28.7	338.4	28	60340	178.84
Pila 03	24	14	29.1	336	28	60760	180.08
Promedio	24.03	14.03	28.93	337.27	28.00	60843.33	180.33
Desv. Estándar	0.058	0.058	0.208	1.206	0.000	549.758	1.628
Coef. Variación	0.24%	0.41%	0.72%	0.36%	0.00%	0.90%	0.90%
Resistencia corregida por esbeltez y edad (v'm)							180.32

Figura 45.*Resistencia en prismas de ladrillo con PET reciclado y cal hidratada***Tabla 61.***Resistencia en muretes de ladrillo de concreto con PET reciclado y cal hidratada a los 28 días*

Descripción	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Esbeltez (h/e)	Carga de Rotura (kg.f)	Resistencia (kg/cm ²)
Murete 01	60.1	14.2	60	1205.86	4.23	73950	61.33
Murete 02	60	14	60.2	1189.86	4.30	72550	60.97
Murete 03	60	14	60	1187.90	4.29	74000	62.29
Promedio	60.03	14.07	60.07	1194.54	4.27	73500.00	61.53
Desv. Est.	0.058	0.115	0.115	9.852	0.040	823.104	0.682
Coef. Var.	0.10%	0.82%	0.19%	0.82%	0.93%	1.12%	1.11%
Resistencia en muerte corregido por esbeltez y edad (v'm)							58.79

Figura 46.

Resistencia al corte diagonal en muretes de ladrillo con PET reciclado y cal hidratada



5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

El tamaño máximo de la arena seleccionada de la cantera de Conchán es 3/8" y su TMN es N°4; la arena no tiene más del 45% entre dos mallas consecutivas, por lo tanto, cumple con la NTP 400.037. Así mismo según la curva granulométrica, el porcentaje del material que pasa por la malla N°30 y la malla N° 50 no cumple con los porcentajes establecidos en la norma; es decir, en estas mallas se retiene más arena. El módulo de finura es 2.17, este no cumple con lo que establece la norma, ya que este valor está por debajo del límite inferior 2.3, en cambio la arena analizada por Caballero et al. (2017) y Arrascue et al. (2017) presenta un módulo de finura dentro del rango normativo, estos autores establecen que módulos de fineza menores se deben al amplió proceso de erosión generado por los fuertes vientos en el área donde se ubica la cantera, así mismo, el porcentaje que pasa por la malla # 200 es superior al límite (5.00%) en 0.32%, por lo que se verifica que el agregado fino en su mayoría no cumple con los estándares de la normatividad, pero que a pesar de ello puede ser usado en la producción del concreto previa

verificación de sus características con ensayos de asentamiento y resistencia; además se puede utilizar dichas características de este agregado en el diseño de mezcla de concreto.

Tabla 62.

Propiedades físicas del agregado fino

Propiedades físicas	Promedio	Rango normado (NTP 400.037)
MF	2.17	2.3 a 3.1
Pem (gr/cm ³)	2.35	
Absorción (%)	1.09	
PUS (gr/cm ³)	1.45	
PUC (gr/cm ³)	1.56	
Humedad (%)	0.87	
% que pasa malla #200	5.32	5.00

El confitillo tiene tamaño máximo de 12.7 mm (1/2") y tamaño nominal máximo de 9.51 mm (3/8"). De la curva granulométrica se desprende que el 83%, pasa por el tamiz de 3/8" no cumple con el rango de 85% al 100%, de la norma E.070, pero este valor está muy cerca del valor indicado en la norma y esta dificultad se puede superar simplemente tamizando, considerando que, las demás gradaciones cumplen. El índice de abradabilidad o abrasión es un indicador de la calidad del material, en el confitillo es 24.35%, lo que indica que es un material resistente a la abrasión; se obtuvieron valores de 2.60, 1.39 y 1.50 g/cm³ para Pem, PUS y PUC respectivamente, lo que es similar a los resultados de Arrascue et al (2017), debido a que, ambos productos de Confitillo fueron recogidos en canteras de cerro lo que condiciona características similares más no iguales. Finalmente, se puede decir que el confitillo cumple los requisitos de la NTP 400.037.

Tabla 63.*Propiedades físico-mecánicas del confitillo*

Propiedades físicas	Promedio	Rango normado (NTP 400.037)
MF	5.91	
Pem (gr/cm ³)	2.60	
Absorción (%)	1.20	
PUS (gr/cm ³)	1.39	
PUC (gr/cm ³)	1.50	
Abrasión (%)	24.35	50.00
Contenido de humedad (%)	0.30	
% que pasa malla #200	0.63	1.00

El plástico PET reciclado tiene tamaño máximo y máximo nominal de ½” y 3/8”.

El MF correspondió con la NTP 400.037, fue un 102.30% mayor que el de la arena, pero un 82.69% menor que del confitillo. Caballero et al. (2017) en su estudio encontraron que, el plástico PET utilizado cumplía con el índice de finura, pero alcanzaban un valor máximo de 3.10, lo que se debe al material que se desea sustituir, si los residuos PET remplazan a áridos, requieren un grado más fino, mientras que la sustitución de los residuos de PET por áridos de grano grueso da lugar a hojuelas más gruesas. El agregado PET de este estudio se utilizó como sustituto de la arena o confitillo, por tanto, se ha intentado que cumpla los lineamientos del agregado global, que no requiere una medida de finura específica según la NTP 400.037, por lo que cumple la normatividad tal como, Di Marco et al. (2017), Alascu et al. (2017), Montero et al. (2019), Pérez (2019) y Piniros y Herrera (2018) et al. La gravedad específica y el peso unitario del PET triturado fueron inferiores que, el agregado fino y confitillo.

Tabla 64.*Propiedades físicas del plástico PET reciclado*

Propiedades físicas	Valor promedio	Variación respecto al AF (%)	Variación respecto al AG (%)
Módulo de finura	4.39	102.30	-82.69
Pem (gr/cm3)	1.36	-42.13	-116.20
PUS (gr/cm3)	0.46	-68.28	-149.12
PUC (gr/cm3)	0.52	-66.67	-114.44

5.2.2. Características del concreto modificado

La mezcla base f'c 175 kg/cm² fue modificada con cal hidratada (3, 6 y 9% del peso del cemento) o plástico PET reciclado (3%, 6% y 9% del volumen de arena y confitillo), para la elaboración de ejemplares de ensayo. La dosificación volumétrica para 1 m³ con adición de 3%, 6% y 9% de PET garantiza el remplazo de hasta 46.65, 93.30 y 139.95 kg de agregados, Caballero et al. (2017) señala que por el bajo peso del PET respecto a otros agregados, la mejor manera de adicionarlo es volumen porque en peso el porcentaje teórico se tendría que alterar siendo mayor el porcentaje real utilizado, así la dosificación máxima utilizada por Caballero et al. (2017) fue 37.5% mientras que en la investigación solo se propuso una adición máxima de 9% de PET, así mismo, Di Marco et al. (2017) señala como una solución ecológica para la edificación rural el uso de ladrillos con adición de PET, en volúmenes de hasta 40%. La dosificación volumétrica para 1 m³ con adición de 3%, 6% y 9% de cal hidratada garantiza el remplazo de hasta 9.81, 19.75 y 29.70 kg/m³ de cemento, respectivamente, valores similares a los alcanzados por Bijivermula y Noolu (2020) en su investigación. Si bien la cuantía de PET reciclado, dados en los estudios de otros autores como Di Marco et al. (2017) o Caballero et al. (2017) es mayor a la estudiada en el presente análisis, se debe a que estos buscaban elaborar ladrillos de concreto para muros no portantes,

por lo que dieron mayor relevancia al aporte ambiental que puede dar el ladrillo ecológico, sin embargo, a mayor porcentaje PET, el concreto tiene menor firmeza a compresión, lo propio ocurre al sumar cal hidratada logrando un ligero aumento solo para el porcentaje de 3% de adición, pero, aun cuando la firmeza menora sigue cumpliendo el $f'c$ diseño 175 kg/cm² para la sollicitación de un ladrillo tipo 17 dada en la NTP 399.601, así lo aseveran Bijivermula y Noolu (2020), en cambio en otras investigaciones como Caballero et al. (2017) las muestras presentan mayor firmeza a compresión al adicionar PET en valores menores a 12.5%, esto se puede deber a una mejor adherencia del plástico triturado con los agregados locales utilizados por Caballero et al. (2017). Como se ha mencionado a pesar que la resistencia menora con la cal hidratada o plástico PET reciclado se logra mantener el $f'c$ de diseño, por tanto, para la producción de ladrillos se ha podido utilizar los porcentajes máximos de adición tales como 9% de cal hidratada y 9% de plástico PET reciclado.

Tabla 65.

Materiales en kg para producir 1m³ de concreto ecológico

Concreto mejorado	Cemento (kg/m ³)	Arena (kg/m ³)	Confitillo (kg/m ³)	Agua (lt/m ³)	Cal hidratada (kg/m ³)	PET reciclado (kg/m ³)
Concreto patrón	329.62	835.02	785.55	224.15	0.00	0.00
Con 3% PET	329.62	820.53	761.98	224.15	0.00	46.65
Con 6% PET	329.62	806.13	760.86	224.15	0.00	93.30
Con 9% PET	329.62	791.55	748.68	224.15	0.00	139.95
Con 3% cal	319.81	835.11	785.55	224.12	9.89	0.00
Con 6% cal	309.86	835.11	785.55	224.12	19.78	0.00
Con 9% cal	299.92	835.11	785.55	224.12	29.67	0.00

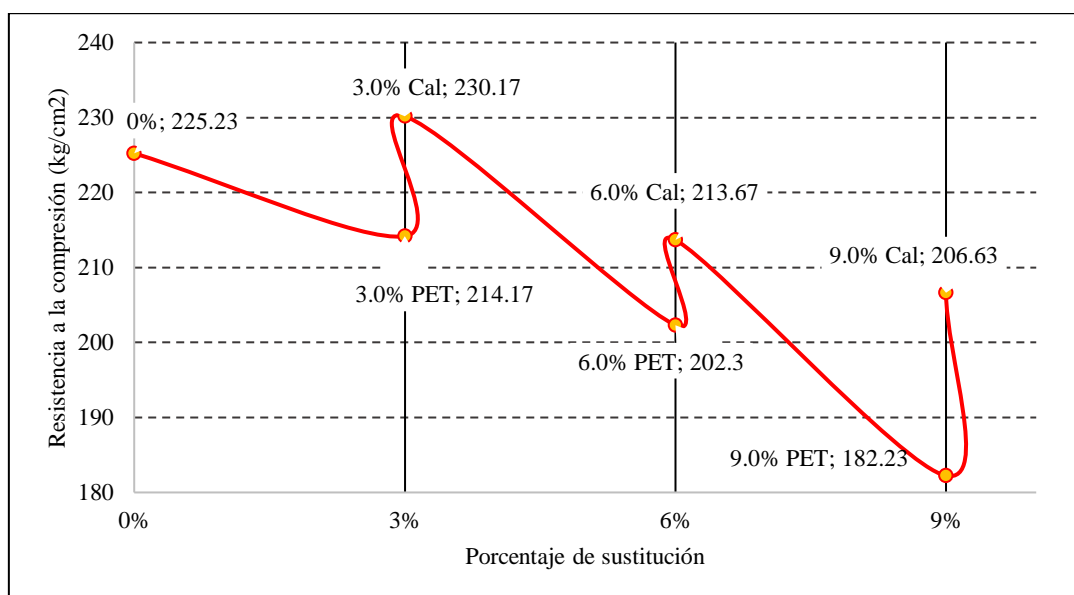
Tabla 66.

Resistencia a compresión del concreto ecológico

Resistencia del concreto con diferentes % PET (Kg/cm2)		Edad de ruptura (días)		
Diseño	Proporción	7	14	28
Diseño base	1:2.53:2.38+ 0% PET	192.11	211.87	225.23
Con 3% PET	1:2.49:2.31 + 3% PET	189.73	209.17	214.17
Con 6% PET	1:2.45:2.3 + 6% PET	166.2	188.6	202.3
Con 9% PET	1:2.40:2.27 + 9% PET	159.03	170.07	182.23
Con 3% Cal	0.97:2.53:2.38 + 3% cal	205.7	214.83	230.17
Con 6% Cal	0.94:0.53:2.38 + 6% cal	181	200.6	213.67
Con 9% Cal	0.91:2.53:2.38+ 9% cal	178.5	191.97	206.63

Figura 47.

Resistencia a compresión del concreto a los 28 días



En base a los resultados mostrados en el acápite 5.1.3., se ha definido técnica, económica y ambientalmente la dosis con 9% cal hidratada y 9% PET reciclado para utilizarlo en la elaboración de ladrillos tipo 17, según la NTP 399.601.

5.2.3. Características de los ladrillos de concreto modificados

Los ladrillos con 9% PET y 9% cal hidratada tienen propiedades especiales que las diferencian de los bloques convencionales, pero se encuentran dentro de los límites de la norma E.070 (MVCS, 2021) y de la NTP 399.604. Tanto la densidad como la absorción no superan el 12%, y como explican Bijivemula y Nolu (2020), es importante que los bloques tengan baja absorción de agua, más aún en regiones frías con precipitaciones constantes, para tener una buena resistencia a la humedad y no colapsar por la intemperie, así como Montero et (2019) y Di Marco et al. (2017) también señalan que el plástico es un material que confiere a las unidades resistencia a la absorción y las hace menos propensas a atrapar el agua, y esta capacidad también hace que los bloques sean excelentes materiales de aislamiento térmico y acústico, como afirma Paz (2014). La adición de PET y cal también reduce la densidad y facilita la manipulación en los muros de mampostería (Bijivemula y Noolu, 2020). Aunque la resistencia unitaria a la compresión es superior a la especificada en la NTP 399.604, es inevitable que cuanto mayor sea la cantidad de PET y cal hidráulica, menor será la resistencia de la mezcla (Bijivemula y Noolu, 2020), y esta situación ha sido confirmada por otros estudios, como el de Montero et al. (2019), Pérez (2019), Paz (2014), Echeverría (2017) y Bardales (2019).

La resistencia a la compresión de las pilas de ladrillos fabricados con un 9% PET y 9% de cal y colocados con mortero de cemento y arena según la norma superó la resistencia mínima de la norma E.070 con 39.68 kg/cm². Esta resistencia también fue encontrada en el estudio de Bardales (2019) analizando bloques de concreto hechos a mano en Cajamarca, donde la resistencia de los pilotes solo alcanzó 61.50 kg/cm², pero superó a las pilas de arcilla, que alcanzaron 20.80

kg/cm². Sin embargo, la resistencia de las pilas obtenida por bloques con adición plástica, desarrollada por Echeverría (2017) en Cajamarca, es de 8.55 kg/cm² superior a la resistencia especificada en la Norma E 070, pero las cifras de la cal hidratada en los ladrillos son aún mejores.

La resistencia a la compresión de los muros construidos con bloques de 9% de plástico PET y 9% de cal supera lo especificados en la norma E.070 (MVCS, 2021) con 47.89 kg/cm², siendo superior a los resultados de otros estudios (Echeverría, 2017; Bardales, 2019; García 2018).

Tabla 67.

Características técnicas del ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada

Características físico-mecánicas	Ladrillo de concreto + 9% PET + 9% cal hidratada	Ladrillo de concreto (NTP 399.604)
Densidad (kg/m ³)	2117.55	2200
Absorción (%)	5.81	12.00
Resistencia a la compresión en unidad (Kg/cm ²)	188.75	173.35
Resistencia en pilas (Kg/cm ²)	180.32	120.00
Resistencia en muretes (kg/cm ²)	58.79	10.90

5.3. Contrastación de hipótesis

El análisis ANOVA se hizo en Minitab 19, para admitir la hipótesis nula (H₀) o alternativa (H₁). Si el valor-p (probabilidad) es menor al nivel de significancia (0.05) se refuta H₀, pero si el valor-p es mayor que 0.05 se admite H₀.

5.3.1. Propiedades de los agregados

Se utilizó el modelo lineal general, y las hipótesis fueron:

H₀: No hay diferencia significativa entre las propiedades del: agregado fino, grueso, PET reciclado, utilizados para la producción de ladrillos de concreto.

H₀: Si hay diferencia significativa entre las propiedades del agregado fino, grueso, PET reciclado, utilizados para la producción de ladrillos de concreto.

Tabla 68.*Datos de propiedades de los agregados para análisis estadístico ANOVA*

Tipo de material	Tipo de prueba				
	1	2	3	4	5
	PUS	PUC	Pem	Humedad	Pasante malla # 200
1) Arena	1447.05	1564.27	2.22	0.95	5.03
	1458.58	1558.90	2.22	0.83	5.62
	1440.21	1556.26	2.63	0.84	5.30
2) Confitillo	1499.86	1499.86	1.99	0.29	0.77
	1492.14	1492.14	1.99	0.29	0.60
	1508.61	1508.61	1.98	0.29	0.53
3) PET	460.00	520.00	1.36	0.00	0.00
	460.00	520.00	1.36	0.00	0.00
	460.00	520.00	1.36	0.00	0.00

Tabla 69.*Análisis de varianza para propiedades de los agregados en Minitab 19*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de material	2	1646432	823216	12.71	0.000
Tipo de prueba	4	14631985	3657996	56.47	0.000
Error	38	2461688	64781		
Falta de ajuste	8	2461210	307651	19318.60	0.000
Error puro	30	478	16		
Total	44	18740105			

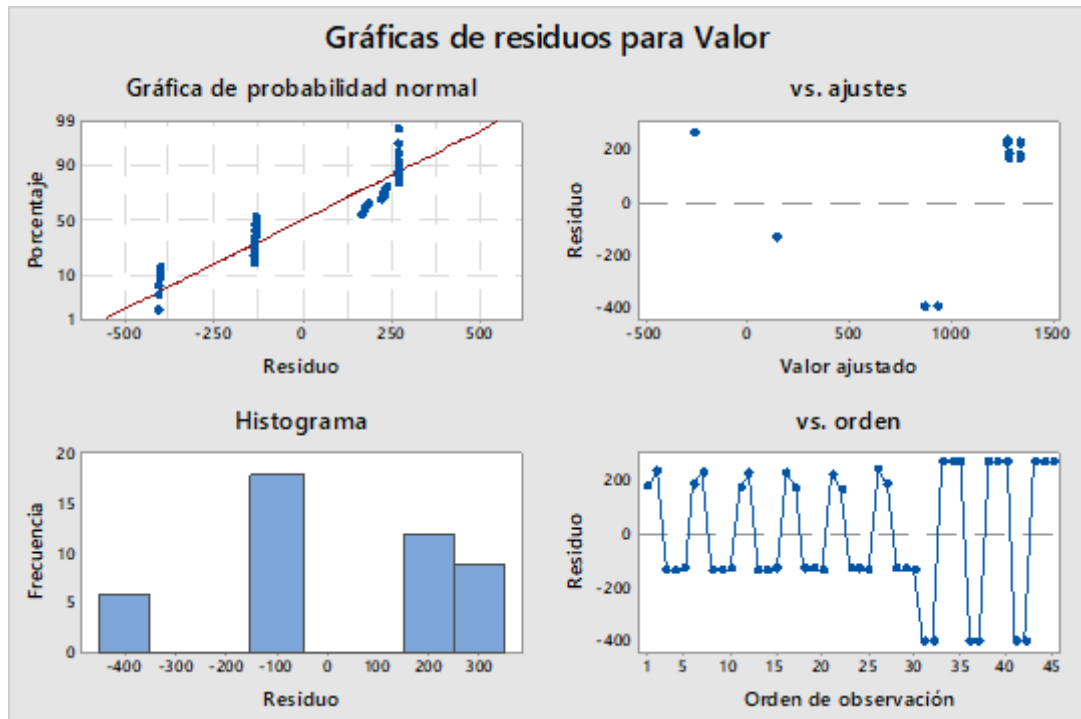
El valor-p 0.00, es menor que 0.05, por tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 ; hay diferencia significativa en las propiedades físico-mecánicas de los agregados utilizados en la elaboración del concreto modificado.

Tabla 70.*Resumen de modelo estadístico Minitab 19, propiedades de los agregados*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
254.522	86.86%	84.79%	81.58%

Figura 48.

Gráfica de los residuos para las propiedades de los agregados



5.3.2. *Materiales para la elaboración de concreto*

Las hipótesis de análisis fueron:

H₀: No hay diferencia significativa entre la cantidad de materiales utilizados para la producción de concreto con adición de cal hidratada (3, 6 y 9% del peso del cemento) o plástico PET reciclado (3%, 6% y 9% del volumen de agregados).

H₁: Si hay diferencia significativa entre la cantidad de materiales utilizados para la producción de concreto con adición de cal hidratada (3, 6 y 9% del peso del cemento) o plástico PET reciclado (3%, 6% y 9% del volumen de agregados).

Tabla 71.*Datos de cantidad de materiales según diseño para análisis estadístico ANOVA*

Porcentaje de adición	Tipo de material					
	1	2	3	4	5	6
	Cemento (kg/m3)	Arena (kg/m3)	Confitillo (kg/m3)	Agua (lt/m3)	PET reciclado (kg/m3)	Cal hidratada (kg/m3)
0 PET	329.62	835.02	785.55	224.15	0.00	0.00
3 PET	329.62	820.53	761.98	224.15	46.65	0.00
6 PET	329.62	806.13	760.86	224.15	93.30	0.00
9 PET	329.62	791.55	748.68	224.15	139.95	0.00
0 cal	329.62	835.02	785.55	224.15	0.00	0.00
3 cal	319.81	835.11	785.55	224.12	0.00	9.89
6 cal	309.86	835.11	785.55	224.12	0.00	19.78
9 cal	299.92	835.11	785.55	224.12	0.00	29.67

Tabla 72.*Análisis de varianza para el diseño de mezclas en Minitab 19*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Porcentaje de adición	3	8	3	0.01	0.999
Material	5	5178851	1035770	3293.44	0.000
Error	39	12265	314		
Falta de ajuste	15	3149	210	0.55	0.882
Error puro	24	9116	380		
Total	47	5191124			

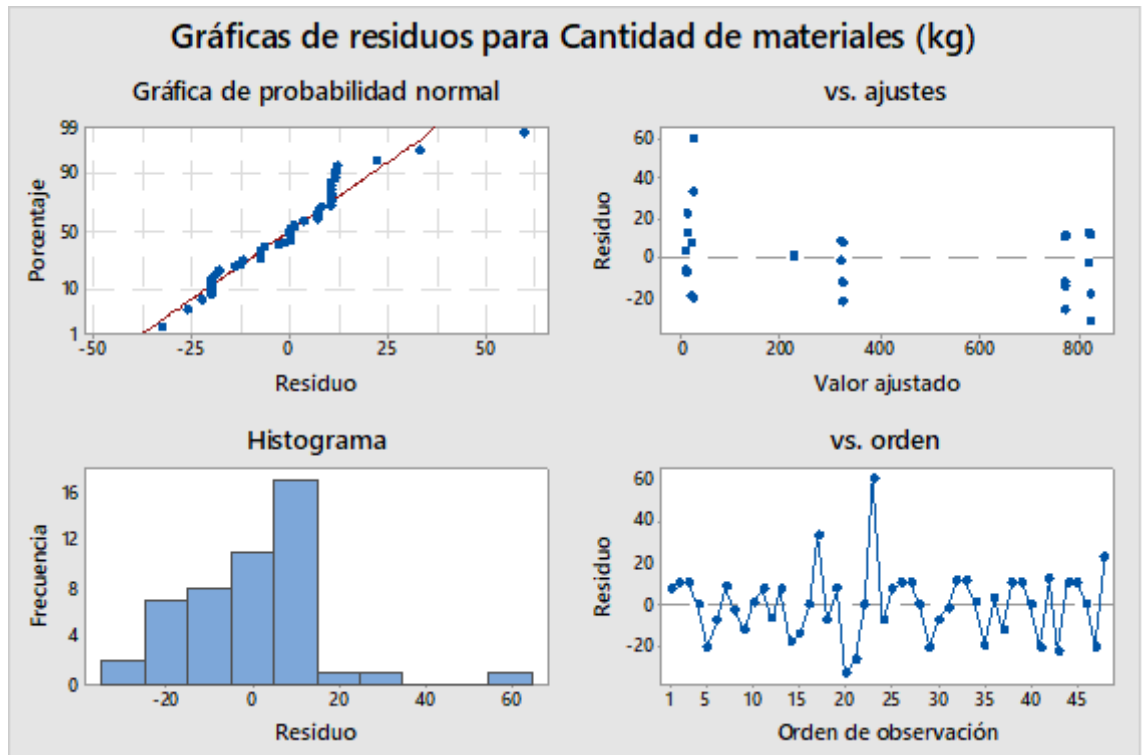
El valor-p es 0.00 y es menor que el valor de significancia de 0.05, para el tipo de material, pero es mayor (0.999) para el porcentaje de adición, por tanto, rechazamos y aceptamos la hipótesis nula (H_0) parcialmente; si hay diferencia significativa entre la cantidad de cada material utilizado para la elaboración de la mezcla, pero no existe diferencia significativa entre las proporciones utilizadas.

Tabla 73.*Resumen de modelo, diseño de mezclas*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
254.522	86.86%	84.79%	81.58%

Figura 49.

Gráfica de los residuos para los diseños de mezcla



5.3.3. Resistencia a compresión del concreto modificado

Las hipótesis de análisis fueron:

H_0 : No hay diferencia significativa entre la resistencia a compresión del concreto al ser modificado con la adición de cal hidratada o plástico PET reciclado.

H_a : Si hay diferencia significativa entre la resistencia a compresión del concreto al ser modificado con la adición de cal hidratada o plástico PET reciclado.

Tabla 74.*Datos de la resistencia del concreto para ANOVA*

Dosificación (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	Edad de ruptura (días)		
	7	14	28
0	192.90	216.50	224.30
0	190.04	213.02	226.00
0	193.40	206.10	225.40
3	203.30	212.00	226.70
3	201.00	213.80	233.00
3	209.80	218.70	225.80
6	181.70	208.00	220.70
6	187.50	206.80	211.70
6	183.90	197.30	218.60
9	178.70	193.30	205.70
9	179.40	196.70	215.40
9	177.40	190.90	208.60

Tabla 75.*Análisis de varianza para el concreto con adición de cal hidratada*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosificación (%)	3	2466.9	822.29	50.80	0.000
Edad (días)	2	5495.0	2747.52	169.73	0.000
Error	30	485.6	16.19		
Falta de ajuste	6	126.2	21.03	1.40	0.254
Error puro	24	359.4	14.98		
Total	35	8447.5			

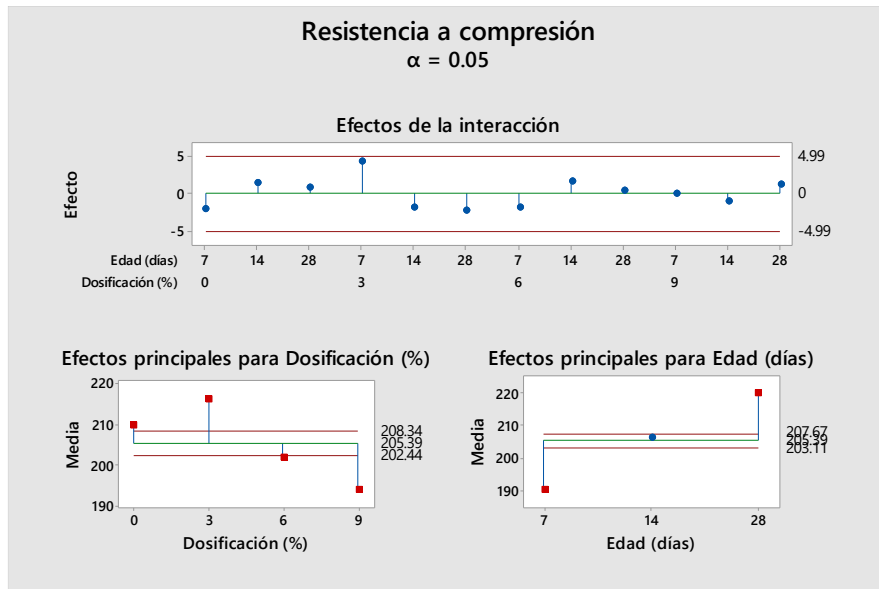
El valor-p 0.00, es menor que 0.05, por tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 ; entonces si hay diferencia significativa en la resistencia del concreto con adición de cal hidratada, se concluye que no todas las medias son iguales ya que se ven afectadas por el tiempo de ruptura (edad en días) y el porcentaje de dosificación (0%, 3%, 6% y 9%).

Tabla 76.*Resumen de modelo estadístico Minitab 19, resistencia del concreto con cal hidratada*

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
254.522	86.86%	84.79%	81.58%

Figura 50.

Gráfica de efectos de la iteración de la resistencia del concreto con cal hidratada



Según la Fig., se puede observar que existe una variación ascendente entre el porcentaje de 0% a 3% de adición de cal hidratada, pero con la incorporación de un mayor porcentaje la resistencia a compresión empieza a disminuir, así mismo según el paso de los días, 7, 14 y 28 días la resistencia a compresión aumenta.

Figura 51.

Gráfica de los residuos para la resistencia del concreto con cal hidratada

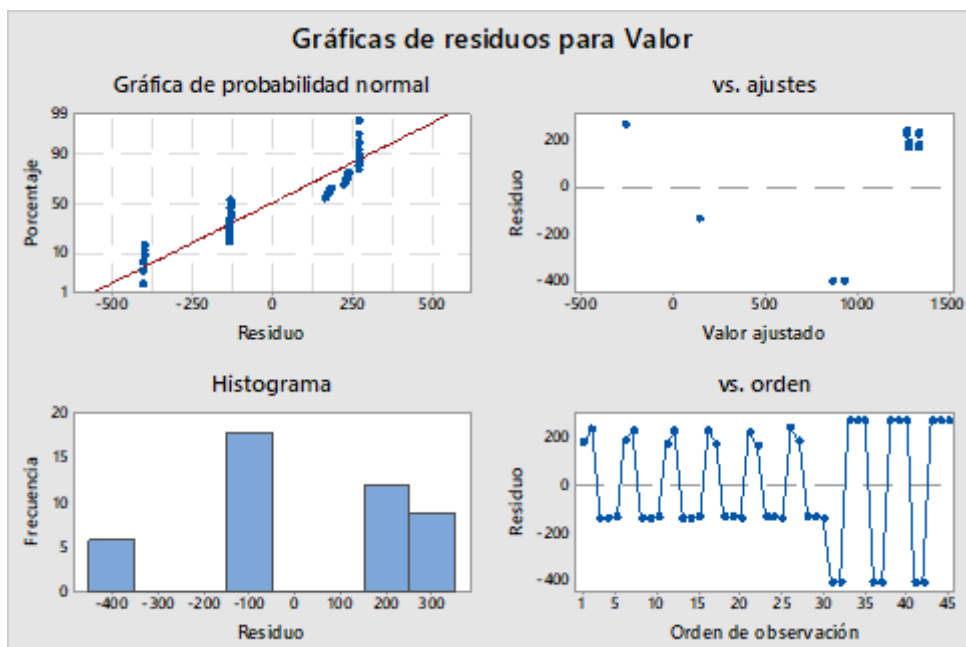


Tabla 77.*Datos de la resistencia a compresión del concreto con adición de PET reciclado*

Dosificación (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)		
	Edad de ruptura (días)		
	7	14	28
0	192.90	216.50	224.30
0	190.04	213.02	226.00
0	193.40	206.10	225.40
3	190.10	205.40	213.30
3	181.50	210.90	212.60
3	197.60	211.20	216.60
6	162.40	194.10	203.60
6	171.60	182.80	206.40
6	164.60	190.90	196.90
9	157.90	167.60	185.30
9	166.90	168.90	182.60
9	155.70	173.70	187.80

Tabla 78.*Análisis de varianza para resistencia del concreto con adición de PET reciclado*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosificación (%)	3	8169.9	2723.29	108.88	0.000
Edad (días)	2	5367.3	2683.67	107.30	0.000
Error	30	750.4	25.01		
Falta de ajuste	6	259.7	43.29	2.12	0.089
Error puro	24	490.6	20.44		
Total	35	14287.6			

El valor-p 0, es menor que 0.05, por tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 ; entonces si hay diferencia significativa en la resistencia del concreto con PET, se concluye que no todas las medias son iguales ya que se ven afectadas por el tiempo de ruptura (edad en días) y el porcentaje de dosificación (0%, 3%, 6% y 9%).

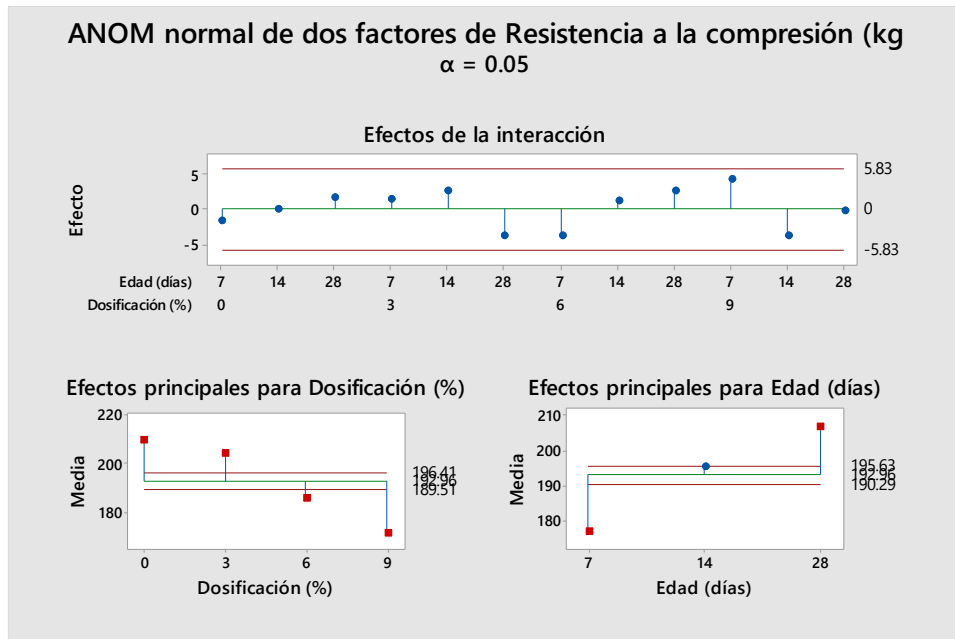
Tabla 79.

Resumen de modelo estadístico Minitab 19, resistencia a compresión del concreto con PET reciclado

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5.00117	94.75%	93.87%	92.44%

Figura 52.

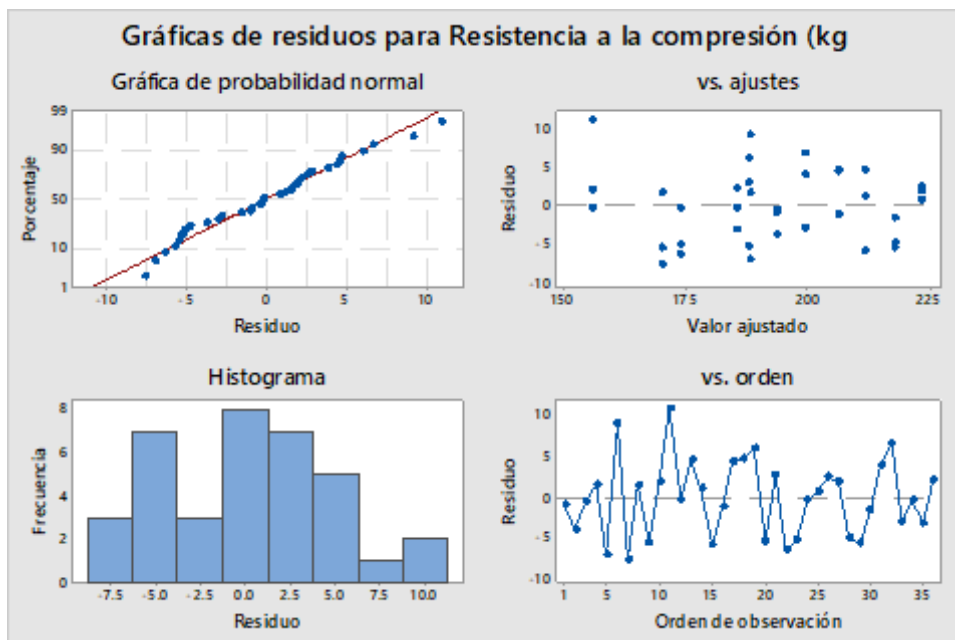
Gráfica de efectos de la iteración de la resistencia del concreto con PET



Según la Fig., se puede observar que existe una variación descendente a medida que acrecienta la incorporación de PET la resistencia empieza a disminuir, así mismo según el paso de los días, 7, 14 y 28 días la resistencia aumenta.

Figura 53.

Gráfica de los residuos para la resistencia del concreto con PET



5.3.4. *Propiedades mecánicas del ladrillo de concreto*

Las hipótesis de análisis fueron:

H0: No existe diferencia significativa entre las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado respecto al ladrillo sólido de concreto convencional, como para afirmar que este presenta mejores características técnicas.

H1: Existe diferencia significativa entre las propiedades mecánicas del ladrillo de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado respecto al ladrillo sólido de concreto convencional, como para afirmar que este presenta mejores características técnicas.

Tabla 80.

Datos de las propiedades mecánicas del ladrillo para análisis estadístico ANOVA

Tipo de ensayo	Tipo de ladrillo			
	Ladrillo de concreto + 9% de PET + 9% cal hidratada	Ladrillo de concreto (NTP 399.604)	Ladrillo de concreto + 9% de PET + 9% cal hidratada	Ladrillo de concreto (NTP 399.604)
1 Resistencia a la compresión en unidad (Kg/cm ²)	182.42	193.66	190.16	173.35
2 Resistencia en pilas (Kg/cm ²)	182.068	178.84	180.08	120.00
3 Resistencia en muretes (kg/cm ²)	61.33	60.97	62.29	10.9
4 Absorción (%)	5.84	5.86	5.72	12.00
5 Densidad (kg/m ³)	2115.697	2109.375	2127.59	2200

Tabla 81.

Análisis de varianza para el ladrillo de concreto

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de ladrillo	1	12330.2	12330.2	746.07	0.000
Tipo de ensayo	2	59989.3	29994.7	1814.92	0.000
Error	14	231.4	16.5		
Falta de ajuste	2	159.0	79.5	13.17	0.001
Error puro	12	72.4	6.0		
Total	17	72550.8			

El valor-p 0.00 es menor que 0.05, por tanto, se rechaza Ho y se acepta H1; entonces si hay diferencia significativa en las propiedades mecánicas del ladrillo

de concreto hecho con cal hidráulica y PET respecto al ladrillo convencional normado en la RNE E.070 (MVCS, 2021).

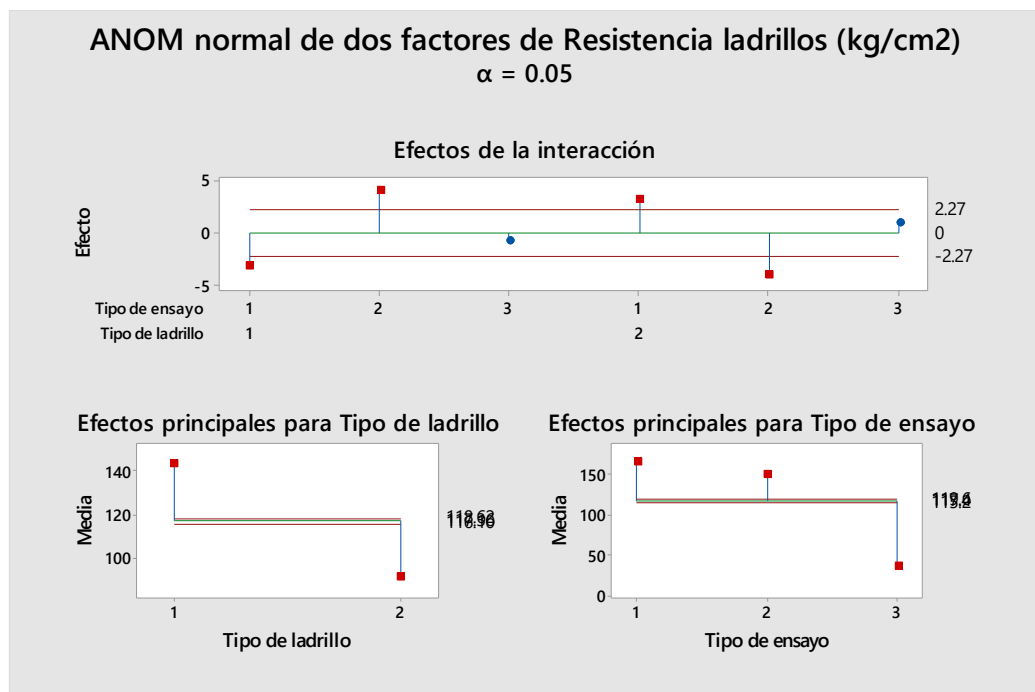
Tabla 82.

Resumen de modelo estadístico Minitab 19, propiedades mecánicas del ladrillo de concreto

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.06530	99.68%	99.61%	99.47%

Figura 54.

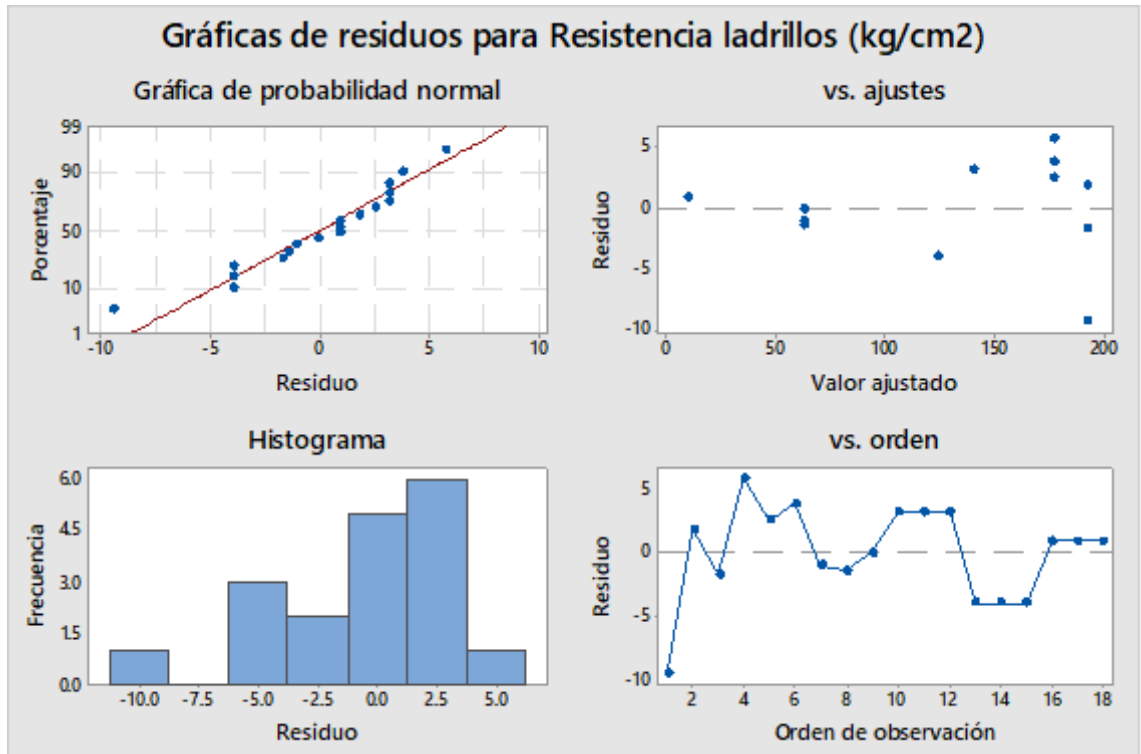
Gráfica de efectos de la iteración del ladrillo con cal hidráulica y PET y el ladrillo convencional



Según la Fig., se puede observar que existe una variación descendente en la resistencia del ladrillo con 9% de cal hidratada + 9% de PET reciclado y el ladrillo convencional de concreto normado en la RNE E.070, por lo que se puede aseverar que el ladrillo modificado presenta mejores características técnicas.

Figura 55.

Gráfica de los residuos para ladrillo de concreto con cal hidráulica - PET y el ladrillo convencional



CAPÍTULO VI.

PROPUESTA

6.1. Formulación de la propuesta para la solución del problema

La propuesta para la solución del problema es el diseño de muros de albañilería utilizando los bloques de concreto con 9% de cal hidratada + 9% de plástico PET reciclado, en comparación con un muro de albañilería de propiedades normadas según la RNE E.070 (MVCS, 2021), tal como se muestra:

Tabla 83.

Características del ladrillo convencional y modificado con cal – PET

Resistencia	Tipo de ladrillo	
	Ladrillo de concreto + 9% de PET + 9% cal hidratada	Ladrillo de concreto (NTP 399.604)
1 Compresión en unidad (Kg/cm2)	188.75	173.35
2 En pilas (Kg/cm2)	180.32	120.00
3 En muretes (kg/cm2)	58.79	10.90

Figura 56.

Estructura con muros de albañilería, sistema dual



Nota: Se ha tomado un plano existente, que corresponde a la I.E. N° 82029 Santiago Apóstol del centro poblado Agocucho, Cajamarca, para verificar un muro de albañilería con las propiedades del ladrillo de concreto diseñado con cal y PET. Por tanto, solo es un ejemplo aplicativo.

Figura 57. Densidad de muros

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56} = 0.016 \text{ Parámetro de control de densidad de muros}$$

$Z= 0.25$
 $U= 1.50$
 $S= 1.20$
 $Ap = 107.42 \text{ m}^2$
 $N = 2 \text{ Pisos}$
 $f_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ $E_c= 217370.651 \text{ kg/cm}^2$
 $f_m= 180 \text{ kg/cm}^2$ $E_m= 90160 \text{ kg/cm}^2$
 $\text{Relación Modular}=E_c/E_m = 2.41$

Dirección Y-Y					
Muro	L(m)	t(m)	Nm	Ac (m2)	AcxNm
Muro eje A	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452
Muro eje C	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452
Muro eje E	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452

$$\frac{\sum Lt}{Ap} = 0.041 > 0.016 \text{ Cumple con la Densidad de Muros}$$

Se observa que en la dirección Y, la densidad de muros cumple la condición para resistir el cortante sísmico.

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Nota: La densidad de muros es igual en ambos casos, para la albañilería convencional y para el ladrillo mejorado con PET y cal hidráulica, ya que este valor depende de las dimensiones del muro.

Para el análisis y diseño por cargas verticales del muro de albañilería convencional y mejorado se elige el muro más crítico y éste se encuentra en el EJE C-C.

Figura 58.

Cargas actuando sobre el muro portante EJE C-C

PISO	Descripción	Nº	Larg.	Ancho	Alto	Peso Unit.		Peso	
		Veces	l (m)	a (m)	h (m)	kg/m2	kg/m3	kg/m	Tn/m
	CARGA MUERTA (D)							3332	3.33
PRIMER PISO	- PP losa aligerada(e=20cm)	1	1	3.875		300		1163	1.16
	- PP muro (e=24cm)	1	1	0.24	3.00		1850	1332	1.33
	- PP Viga Principal VP2	1	1	0.25	0.40		2400	240	0.24
	- PP Viga Amarre VA1	1	1	0.25	0.35		2400	210	0.21
	- PP Acabados	1	1	3.875		100		388	0.39
	CARGA VIVA (L)							969	0.97
	- Sc en aulas	1	1	3.875		250		969	0.97
SEGUNDO I	CARGA MUERTA (D)							1572	1.57
	- PP muro (e=24cm)	1	1	0.24	3.00		1850	1332	1.33
	- PP Viga Principal VP2	1	1	0.25	0.40		2400	240	0.24
	CARGA DE SERVICIO							5873	5.9

- Esfuerzos resultantes de la carga axial vertical

$$f_a = (D+L)/A$$

$$f_a = 2.45 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

A: Área del Muro = 100xt

Figura 59.

Esfuerzos admisibles de muro de ladrillos de concreto estándar

- Esfuerzos Admisibles

$$F_a = 0.20 f_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

Se ha elegido el Muro más crítico central

Muro	h (cm)	t (cm)	f _m (Kgf/cm ²)	F _a (Kgf/cm ²)
Muros en Dirección Y	3.5	0.24	120	19.83

- Comparamos el Esfuerzo Actuante y el Esfuerzo Admisible

$$f_a = 2.45 \text{ kg/cm}^2 < F_a = 19.83 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto la sección del muro es adecuada para el efecto

Figura 60.

Esfuerzos admisibles de muro de ladrillos de concreto con cal y PET

- Esfuerzos Admisibles

$$F_a = 0.20 f_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

Se ha elegido el Muro más crítico central

Muro	h (cm)	t (cm)	f _m (Kgf/cm ²)	F _a (Kgf/cm ²)
Muros en Dirección Y	3.5	0.24	180	29.80

- Comparamos el Esfuerzo Actuante y el Esfuerzo Admisible

$$f_a = 2.45 \text{ kg/cm}^2 < F_a = 29.80 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto la sección del muro es adecuada para el efecto

Si bien el muro de ladrillo ecológico presenta un mayor esfuerzo admisible 29.80 kg/cm², que el muro de ladrillo de concreto estándar 19.83 kg/cm², ambos cumplen con ser mayores al esfuerzo actuante, validando así la sección del muro. Pero al realizar el análisis y diseño del muro por corte, se verificó que para el muro de albañilería estándar no resistiría la cortante, por lo que se tendría que aumentar el número de confinamientos y sus secciones, en cambio para un muro con

ladrillos de concreto con cal y PET no sería necesario diseñar ningún reforzamiento. Tal como se muestra:

Figura 61.

Análisis y diseño por corte del muro de ladrillos de concreto estándar

Análisis y Diseño del Muro por Corte

- Peso total de la edificación obtenido de ETABS
- La masas y pesos obtenidos según el numeral 4.30 (E.030),son:

Piso	UX	UY	UZ
	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m
NIVEL 2	4.36248	4.36248	4.36248
NIVEL 1	6.07651	6.07651	6.07651
BASE	15.8734	15.8734	15.8734
TOTAL PESO (Tn)	258.12	258.12	258.12

Determinamos la Cortante Estática

El cortante estático esta dado por la siguiente expresión:

$$V_{x,y} = Z * U * C_{x,y} * S * P / R_{x,y}$$

Parám.	VALOR		OBSERVACIÓN	Cx/Rx > 0.125	Cy/Ry > 0.125
	X	Y			
Z	0.35	0.35	C=2.5 debido a que: Tx=0.21seg < Tp=0.6, Ty=0.12seg < Tp=0.6	0.313	0.833
U	1.50	1.50			
C	2.50	2.50			
S	1.15	1.15			
R	8.00	3.00			
Ve (tn)	48.7	129.9	OK	OK	

El cortante del muro, obtenido de ETABS es de $V = 15090.8 \text{ kg}$

Esfuerzo cortante actuante en toda la longitud del muro es:

$$V_a = V / (l * t)$$

$V = 15090.8 \text{ kg}$
 $l = 3.03 \text{ m}$
 $t = 0.24 \text{ m}$
 $V_a = 2.08 \text{ kg/cm}^2$

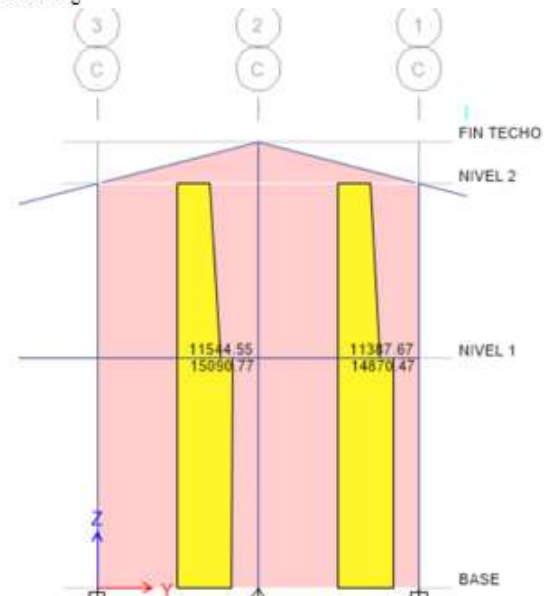
El esfuerzo cortante admisible en toda la longitud de análisis es:

$$f_d = \frac{PD}{A}$$

$A = l * t$
 $PD = 14835 \text{ kg}$
 $f_d = 2.0 \text{ kg/cm}^2$
 $V_m = 1.2 + 0.18 f_d$
 $V_m = 1.57 \text{ kg/cm}^3$

Comparamos esfuerzos

$$V_a = 2.08 > V_m = 1.57$$



Entonces el muro no resiste la cortante, por lo que se tendra que aumentar. el número de confinamientos y sus secciones

El muro de ladrillos de concreto estándar no cumple con la cortante, debido a que V_a es mayor que V_m .

Figura 62.

Análisis y diseño por corte del muro de ladrillos con cal hidratada y PET

Análisis y Diseño del Muro por Corte

- Peso total de la edificación obtenido de ETABS
- La masas y pesos obtenidos según el numeral 4.30 (E.030),son:

Piso	UX	UY	UZ
	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m
NIVEL 2	4.36248	4.36248	4.36248
NIVEL 1	6.07651	6.07651	6.07651
BASE	15.8734	15.8734	15.8734
TOTAL PESO (Tn)	258.12	258.12	258.12

Determinamos la Cortante Estática

El cortante estático esta dado por la siguiente expresión:

$$V_{x,y} = Z * U * C_{x,y} * S * P / R_{x,y}$$

Parám.	VALOR		OBSERVACIÓN	Cx/Rx>0.125	Cy/Ry>0.125
	X	Y			
Z	0.35	0.35	C=2.5 debido a que: Tx=0.21seg<Tp=0.6, Ty=0.12seg<Tp=0.6	0.313	0.833
U	1.50	1.50			
C	2.50	2.50			
S	1.15	1.15			
R	8.00	3.00			
Ve (tn)	48.7	129.9	OK	OK	

El cortante del muro, obtenido de ETABS es de $V =$

11340.7 kg

Esfuerzo cortante actuante en toda la longitud del muro es:

$$V_a = V / (l * t)$$

$V = 11340.7 \text{ kg}$
 $l = 3.03 \text{ m}$
 $t = 0.24 \text{ m}$
 $V_a = 1.56 \text{ kg/cm}^2$

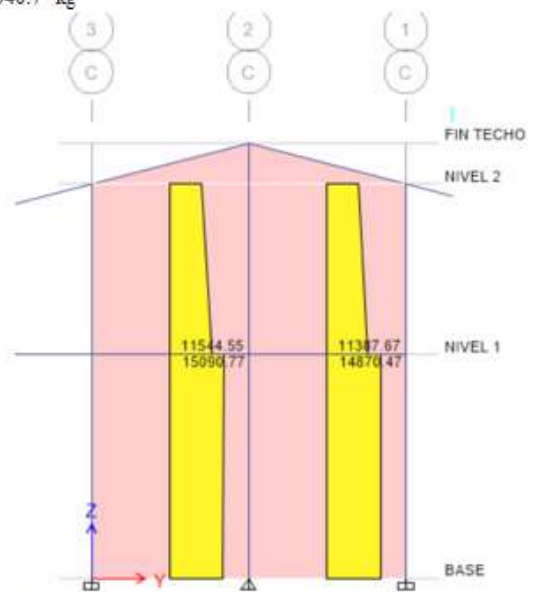
El esfuerzo cortante admisible en toda la longitud de análisis es:

$$f_d = \frac{PD}{A}$$

$A = l * t$
 $PD = 14835 \text{ kg}$
 $f_d = 2.0 \text{ kg/cm}^2$
 $V_m = 1.2 + 0.18 f_d$
 $V_m = 1.57 \text{ kg/cm}^2$

Comparamos esfuerzos

$$V_a = 1.56 < V_m = 1.57$$



Entonces el muro si resiste la cortante, por lo que no se tendra que aumentar el número de confinamientos y sus secciones

6.2. Costos de la implementación de la propuesta

El costo para la producción de una unidad de albañilería con 9% de cal hidratada y 9% de plástico PET reciclado se muestra:

Tabla 84.

Costo para la elaboración de un ladrillo de concreto con cal hidratada y plástico

Ladrillo de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado						
und/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por: und	S/. 0.73	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
Peón	hh	1.0000	0.0229	6.500	0.149	0.149
Materiales						
Confitillo	m3		0.0001	40.000	0.004	
Arena	m3		0.0001	60.000	0.006	
Plástico PET reciclado	kg		0.2400	0.200	0.048	
Cemento portland tipo I (42.5 kg)	bol		0.0213	23.000	0.490	
Cal hidratada	kg		0.0900	0.200	0.018	0.566
Equipos						
Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.149	0.004	
Mesa vibradora	hm	1.0000	0.0229	0.500	0.011	0.015

6.3. Beneficios que aporta la propuesta

Los beneficios de utilizar ladrillos elaborados con cal hidratada y plástico PET reciclado son:

- Aporta al cuidado del medio ambiente, al ser un ladrillo ecológico, que busca utilizar menor cantidad de recursos no renovables (agregados), utilizar el plástico como material reciclado, y remplazar el cemento por un material “cal hidratada”, más aceptable ecológicamente.
- Al ser elaborados con cemento, no requieren de un proceso de quema, sino simplemente fraguan al aire libre, disminuyendo la emisión de CO2 que se genera al fabricar unidades de albañilería de arcilla cocida.

- Tiene mejores características técnicas en unidad, pila y murete que un ladrillo de concreto convencional, permitiendo mayor resistencia estructural a los muros de la edificación.
- Tiene un costo asequible para todos los chotanos, con mayores beneficios técnicos y ambientales.
- Si su uso se generalizará formaría una nueva industria y por ende nuevas fuentes de trabajo para los Chotanos.

CONCLUSIONES

Al realizar la investigación “Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico PET Reciclado, Chota”, se llegaron a las siguientes conclusiones:

(1) Hay variación en las características de la arena, confitillo y residuos de plástico PET.

El agregado fino tiene diferentes valores de gradación, módulo de finura y % que pasa la malla N°200 respecto a la norma, en cambio el confitillo cumple todos los lineamientos de la NTP 400.037, con un desgaste menor al 50%. Los residuos de plástico PET tienen menor peso unitario y específico que, otros agregados, y su gradación cumple con la norma E.070.

(2) La mezcla base $f'c$ 175 kg/cm² para 1 m³ de concreto, tiene como componentes a 7.76 bls de cemento, 0.576 m³ de arena, 0.567 m³ de confitillo y 224.15 lts de agua; en proporción 1: 2.53: 2.38, que al ser modificada con cal hidratada (3%, 6% y 9% del peso del cemento) o plástico PET reciclado (3%, 6% y 9% del volumen de agregados), presenta un aumento en su asentamiento de 1” a 1.2”, pero una disminución en la resistencia a compresión de 225.23 kg/cm² a 203.63 y 182.23 kg/cm², respectivamente para cal y PET. Sin embargo, siguen manteniendo resistencias características superiores al $f'c$ de diseño.

(3) La dosificación de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado que, presenta mejores características técnicas (con un $f'c > 173.35$ kg/cm²), económicas (un costo similar al del concreto base 235.83 soles) y ambientales es la mezcla con 9% de cal hidratada y 9% de plástico PET, para usarlo en la producción de ladrillos tipo 17.

(4) Los ladrillos de concreto con 9% de cal hidratada y 9% de plástico PET reciclado, presentan mayor resistencia a compresión en unidad (188.75 kg/cm²), mayor resistencia a compresión en pilas (180.32) y mayor resistencia al corte en muretes

(58.79) que el ladrillo de concreto estándar especificado en la NTP 399.604 y la RNE E.070.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- (1) Se recomienda que los datos mostrados sirvan de apoyo a ingenieros, maestros de obra, técnicos y demás personas dedicadas al rubro de la construcción, para que puedan replicar los ladrillos de concreto con cal hidratada y plástico PET.
- (2) Se recomienda utilizar el ladrillo de concreto con 9% de cal hidratada y 9% de plástico PET en la construcción de muros portantes y no portantes de la ciudad de Chota, debido a que presenta mejores características técnicas, económicas y ambientales.
- (3) Se sugiere que durante el diseño de mezclas se tenga claro la forma de remplazo, es decir, tomar en cuenta si el remplazo será en peso o volumen del material adictivo, porque es necesario contar con el peso específico del material adicionante para evitar confusiones en las proporciones.
- (4) Se recomienda realizar un análisis científico de ladrillos de concreto, donde se remplace el cemento por cal hidratada, debido a que, con este componente, se mostró un ligero incremento en la resistencia a los 28 días, con el 3% de adición, entonces es probable que con un debido tratamiento químico se logre incorporar mayores porcentajes y mantener un incremento mayor, remplazando totalmente al cemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Luzón, M. D. C. (2006). *Predicción de la conducta de reciclaje a partir de la teoría de la conducta planificada y desde el modelo del valor, normas y creencias hacia el medio ambiente*. [Tesis doctoral, Universidad de granada]
- Andina. (2018, 12 de agosto). El 55.8% de las viviendas en el país son de ladrillo o bloques de cemento. Andina. <https://afly.co/69g5>
- Arrascue, E. J., & Cano Herrera, M. E. (2017). *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la fabricación de ladrillos vibrocompactados de cemento* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa] <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2728>
- Arroyo, H. J. (2018). *Influencia de fibras de plástico reciclado en las propiedades mecánicas y físicas del ladrillo machihembrado Trujillo, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Privada de Trujillo]. <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/186>
- Bardales, B (2019) *Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales de concreto y arcilla* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- Beltran, J. A., & Ferreira, M. C. (2018). *Implementación de Material Plástico Reciclado, (PET) para la Elaboración de un Bloque de Hormigón*. [Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander]
- Bijivemula, S. K. R., & Noolu, V. (2020). Analysis of mechanical and durability properties of alkali activated blocks using PET flakes and Fly-ash. *Materials Today: Proceedings*, 43(2), 1093-1097.
- Caballero, B., Florez, O., & Alvarez, J. L. A. (2017). *Elaboración de bloques en cemento reutilizando el plástico polietileno-Tereftalato (PET) como alternativa sostenible para la construcción*. [Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena].
- Castillo, M., & Viera, D. M. (2016). *Influencia de la relación volumétrica de arena y confitillo sobre las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de concreto para la construcción de muros con carga viva* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2554>
- Coria, I. D. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135.

- Cortes, J.D. y Terrones, J.C. (2017). *Estandarización de tiempos y diseño de distribución de planta para mejorar la productividad en el área de producción de cal en la empresa minera P'Huyu Yuraq II E.I.R.L. en Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Privada del Norte].
- Di Marco et al. (2017). *Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Bogotá]. <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>
- Echeverría, E. R. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado*. [Tesis de grado para obtener el título de profesional de Ingeniero Civil, Universidad nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1501>
- García, A. (2018). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de concreto en el distrito de Bagua Grande – Amazonas*. [Tesis de grado para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2009>
- Hachi, J. G., & Rodríguez, J. D. (2010). *Estudio De Factibilidad Para Reciclar Envases Plásticos De Polietileno Tereftalato (PET), En La Ciudad De Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ª ed. Mc Graw Hill.
- Holguín, L. E. (2020). *Evaluación de prototipo de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores*. [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. [https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/holguin_avila_luis_eduardo_compressed\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/holguin_avila_luis_eduardo_compressed(1).pdf)
- La República. (2019, 21 de agosto). *Produce: Industria de cemento, cal y yeso alcanzó su tasa más alta en 13 meses*. La República. <https://afly.co/68f5>
- Llique, R.H. (2017). *Ladrillos de Concreto con Plástico PET Reciclado*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
- López, A., Pilar, E., & Carrete, L. (2012). Estudio exploratorio sobre prácticas de reciclaje desde la perspectiva de la Teoría de Conducta Planeada. In *Memorias del XVI Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas*. Atizapán, Méx. ACACIA (pp. 22-25).
- Mariano. (2014, 6 de febrero). *PET. Tecnología de los plásticos*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/>

- Madrigal, J. F. (2011). *Manual de plásticos para diseñadores* (1ª Ed). <http://evirtual.uaslp.mx/Habitat/innobitat01/CAHS/Artículos/MANUALES/Manual de Plásticos para diseñadores Shastri Corr 4.pdf>
- Mestre, S., Sánchez, E., García, J., Sánchez, J., Soler, C., Portoles, J., & Sales, J. (2002). Utilización de la teoría de Kubelka-Munk para optimizar el reciclado de residuos crudos de gres porcelánico. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr*, 41(1), 429-435.
- Ministerio del Ambiente. (2020). *Cifras del mundo y el Perú*. MINAM. <https://n9.cl/6g3q>
- Montero, J. A., & Salinas, A. E. (2019). *Efecto de la fibra de plástico reciclado (PET) sobre la resistencia a compresión y absorción del ladrillo de concreto, Trujillo-2019*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo].
- Norma Técnica Peruana 399.605. (2013). *Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 400.017. (2011). *Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 400.018. (2013). *Método de ensayo normalizado para materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N°200= por lavado en agregados*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 339.185. (2018). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 400.022. (2013). *Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 400.021. (2018). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. In *Inacal: Vol. 3a Edición*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 400.019. (2014). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 400.012. (2018). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* 3ra Ed. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 399.601. (2015). *Unidades de albañilería. Ladrillos de concreto. Requisitos*. INACAL.

- Norma Técnica Peruana 399.621. (2004). *Unidades de albañilería. Métodos de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 400.037. (2018). *Agregados para concreto. Requisitos*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 334.009. (2013). *Cemento Portland. In Cementos Portland. Requisitos*. INACAL.
- Norma Técnica Peruana 399.604. (2015). *Unidades de albañilería métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. INACAL.
- Norma E.070. (2021). In *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pp. 295–309). MVCS. <https://drive.google.com/file/d/1iWRPaYHN0Z4DMdL6Rvxul6dJEp4KGgz4/view>
- Núñez, K.A. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/14775>
- Ortiz, C. L., & Riesco, J. M. (2015). Proceso De Conversión De Residuos Plásticos En Combustible. *Jóvenes En La Ciencia*, 1(2), 1869–1873. <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/437/pdf1>
- Paz, E.E. (2014). *Análisis de la Determinación de las Propiedades Físico y Mecánicas de Ladrillos Elaborados con Plástico Reciclado*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Peluc, M.H. y Gonzáles, M.J. (2017). *Análisis estratégico de costos de la industria calera en la provincia de San Juan – Argentina; Estudio de caso*. Universidad Nacional de San Juan de Argentina.
- Pérez, J. S. (2019). *Diseño de ladrillo King Kong tipo 14 con polietileno tereftalato para albañilería confinada, Tarapoto – 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39517>
- Pinedo, J. R. (2019). *Estudio de resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, con la adición de plástico reciclado (PET), en la ciudad de Tarapoto, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín].
- Piñeros, M.E. y Herrera, R.D. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicado en la construcción de vivienda*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia].

- Ramirez, E. I. (2016). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos de suelo cemento con adición de cal hidratada al 5%, para muros portantes, Huaraz – 2016* [Tesis de grado, Universidad San Pedro].
- Rivas, M. F. (2018). *Análisis técnico-económico-comparativo entre sistemas estructurales de albañilería confinada y albañilería armada en una vivienda de 03 niveles en la ciudad de Piura*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Pura].
- Saavedra, J.V. (2013). *La cal*. Universidad Nacional del Santa.
http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/curzoz/semana_5_la_cal_2013.pdf
- Salvador, A. G., Alcaide, A. S., Sánchez, C. C., & Salvador, L. G. (2005). *Evaluación de impacto ambiental* (pp. 55-65). Pearson Educación.
- Tantaquilla, E. W., & Valdivia, F. A. (2020). *Comparación entre las influencias de cal hidratada y aditivo quim kd-40 para estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos flexibles, Huamachuco-Cajabamba 2019*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
- Usedo, R.M. (2015). *Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico*. [Proyecto final de master, Universitar Politecnica de Valencia].
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60200/Memoria.pdf>
- Valera, F. L. (2018). *Evaluación del efecto de la cal hidratada y el polvo de ladrillo utilizado como relleno mineral en las propiedades de una mezcla asfáltica* [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
<http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/1288>
- Villarino, A. (2009). *Ciencia y Tecnología de los Materiales*. Universidad de Salamanca.
<http://hdl.handle.net/10366/83438>
- Yahyane, F. (2019). *Guía de bioconstrucción: Materiales y técnicas constructivas sostenibles y saludables*. [Trabajo de fin de grado en ingeniería de edificación, Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación].
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/8177/tfg-yah-gui.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de consistencia

Tesis: Evaluación del ladrillo sólido de concreto adicionando cal hidratada y plástico PET reciclado, Chota

Tesista: Diana Yuleysi BenavidezRubio

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnicas e instrumentos
<p>¿El ladrillo sólido de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado, tendrá mejores características mecánicas que el ladrillo sólido de concreto convencional?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Evaluar el ladrillo sólido de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado con la finalidad de conocer su aporte técnico, económico y ambiental, en comparación con el ladrillo convencional, en base a la norma RNE-E.070 del MVCS.</p>	<p>H1: Las propiedades mecánicas del ladrillo sólido de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado, son mejores en comparación con el ladrillo sólido de concreto convencional</p>	<p>Técnicas</p> <p>Observación</p> <p>Ensayos de laboratorio</p> <p>Instrumentos</p> <p>Guion de observación</p> <p>Formatos de ensayos de laboratorio</p>
	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> – Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados (agregado fino, agregado grueso, residuos de plástico PET) que se utilizan para la elaboración de ladrillos de concreto. – Diseñar una mezcla base $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ para ser modificada con la adición de cal hidratada (3%, 6% y 9% del peso del cemento) o plástico PET reciclado (3%, 6% y 9% del volumen del agregado fino y grueso), a fin de conocer la variación en sus propiedades en estado fresco y endurecido. – Definir técnica, económica y ambientalmente la dosificación de concreto con cal hidratada y plástico PET reciclado para utilizarlo en la elaboración de ladrillos tipo 17, según la NTP 399.601. – Analizar la resistencia a compresión uniaxial de los ladrillos de concreto con adición de cal hidratada y plástico PET reciclado, la resistencia a compresión de pilas y la resistencia al corte en muretes de acuerdo a la NTP 399.604 y NTP 399.621. 		

Anexo N° 2. Panel fotográfico

Fotografía 1

Probetas de concreto con adición de cal hidratada



Fotografía 2

Ensayo a compresión de probetas



Fotografía 3.

Elaboración de mezcla para ladrillo tipo 17



Fotografía 4.

Elaboración de ladrillo en mesa vibradora



Fotografía 5.

Ladrillos de concreto con adición de cal hidratada y plástico pet reciclado



Fotografía 6.

Curado de Ladrillos



Fotografía 7.

Muestras de Mortero



Fotografía 8.

Muestras de mortero y de ladrillo



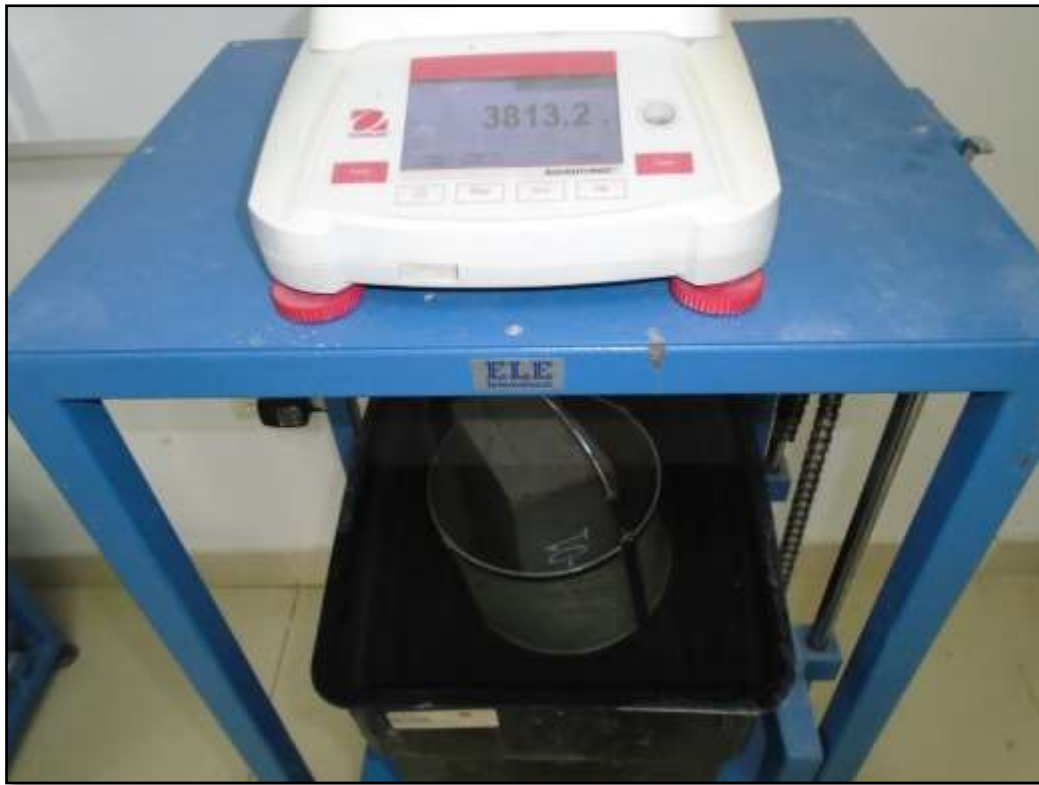
Fotografía 9.

Ensayos de variación dimensional al ladrillo



Fotografía 10.

Ensayos de Peso Específico del ladrillo



Fotografía 11.

Ensayo de Rotura de mortero



Fotografía 12.

Pilas de ladrillo



Fotografía 13.

Ensayo de compresión al ladrillo en unidad



Fotografía 14.

Ensayo de compresión del ladrillo en pilas



Fotografía 15.

Ensayo de compresión diagonal de ladrillo en murete 3



Fotografía 16.

Ensayo de compresión diagonal en murete 2



Anexo N° 3. Documentación



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Libertad Nro. 150 E16, El Virrey de Montevideo Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte E16, 005 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono: 327 - 6881



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

Cemento Portland Tipo I

11 de Diciembre de 2019

Periodo de despacho 01 de Noviembre de 2019 - 30 de Noviembre de 2019

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	1.9
SO ₂ (%)	3.0 máx.	2.8
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.6

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	7
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3952
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.05
Densidad (g/mL)	^A	3.09
Resistencia a la compresión min. (MPa)		
1 día	^A	15.2
3 días	12.0	29.4
7 días	19.0	36.0
28 días ⁽¹⁾	28.0	44.0
Tiempo de fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	146
Final, no mayor que:	375	244

^A No específicas.

⁽¹⁾ Requisito opcional.

La resistencia a 28 días corresponde al mes de Octubre del 2019.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado
Superintendente de Control de Calidad

ERDMANDINA S.A.C.
Rosi Maria Bello
GERENTE GENERAL

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Esta certificación prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

Anexo N° 4. Ensayos en agregados



INGECONSULT & LAB S.A.S.

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Microsólidos y Agua,
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos,
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil,
PROYECTOS – ASesorÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *98625 CELULAR: 97602650 TELÉFONO: 364195

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE UNA MUESTRA DE CAL

HIDRATADA

SOLICITA : DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO
TESIS : "EVALUACIÓN DEL LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO
ADICIONANDO CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET
RECICLADO, CHOTA"
PROCEDENCIA : CHOTA - CAJAMARCA
CALERA : INVERSIONES MARIVIC - MEJÍA - REJOPAMPA
FECHA : 10/12/2019

I. ANÁLISIS QUÍMICO:

DETERMINACIÓN QUÍMICA		RESULTADOS %
hidróxido de calcio	Ca(OH) ₂	83.12
óxido de calcio	CaO	72.80
óxido férrico	Fe ₂ O ₃	0.071
óxido de magnesio	MgO	0.608
óxido de silicio	SiO ₂	2.05
Óxido de aluminio	Al ₂ O ₃	0.54

II. ANÁLISIS FÍSICO:

DETERMINACIÓN FÍSICA	RESULTADOS
Contenido de aire (%)	5
Densidad (g/cm ³)	2.23
Peso molecular (Kg/mol)	63.2
Granulometría	Pasa el 100% la malla # 200
Contenido de humedad (%)	0.50

NOTA: La muestra fue alcanzada a este laboratorio, la cual se procedió a hacer el análisis respectivo.


Ing. MS. Hugo Alejandro Torres
JEFE DEL LABORATORIO
CIP 27464



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

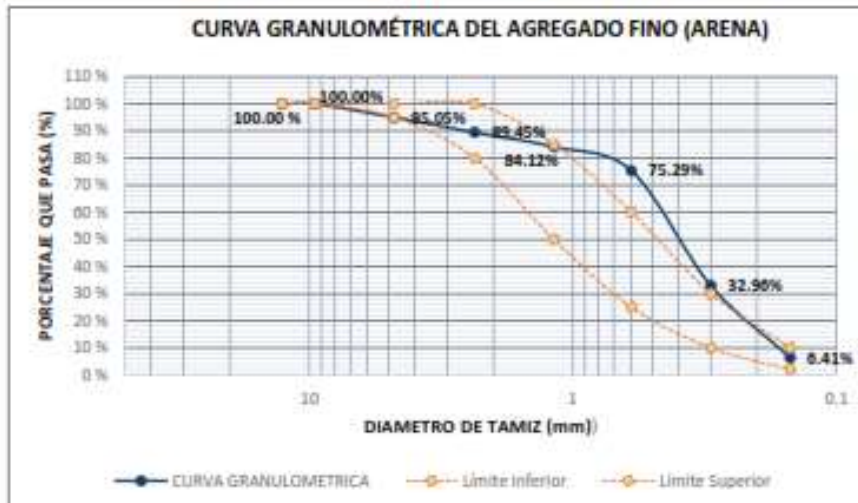
Material: Arena **Ubicación:** Conchán **Provincia:** Chota
Procedencia: Cantera de cerro **Geográfica:** Distrito : Conchán **Región :** Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo: Análisis Granulométrico del Agregado Fino
Normas: NTP 400.012 - 2013 (Revisada 2018) **FECHA:** Nov-19

Muestra (gr.) : 1000.00

MALLA		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa Acumulado
N°	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	49.53	4.95	4.95	95.05
8	2.36	55.93	5.59	10.55	89.45
16	1.18	53.33	5.33	15.88	84.12
30	0.6	88.33	8.83	24.71	75.29
50	0.3	423.23	42.32	67.04	32.96
100	0.15	265.50	26.55	93.59	6.41
Cazoleta		64.13	6.41	100.00	0.00
TM:	3/8"	TMN:	N°4	MF:	2.17



Observaciones:

Revisado por:

V°B°

ALVARO CLAVE SIFU
 RESPONSABLE LABORATORIO
 DE ENSAYOS DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

DORIS Y BENOZ MACE
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP. N° 17624

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Arena	Ubicación	Localidad:	Conchán	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Conchán	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Contenido de Humedad	FECHA:	Nov-19
Normas:	NTP 339.185		

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
	E-01	E-02	E-03
Peso del Recipiente (gr.)	95.00	94.70	83.00
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la muestra húmeda (gr)	1095.00	1094.70	1083.00
Peso de la Muestra húmeda (gr)	1000.00	1000.00	1000.00
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno(gr)	1085.60	1086.50	1074.70
Material Seco (gr)	990.60	991.80	991.70
Peso del Agua (gr)	9.40	8.20	8.30
Contenido de Humedad (%)	0.95	0.83	0.84

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso del Recipiente (gr.)	90.90
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la muestra húmeda (gr)	1090.90
Peso de la Muestra húmeda (gr)	1000.00
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno(gr)	1082.27
Material Seco (gr)	991.37
Peso del Agua (gr)	8.63
Contenido de Humedad (%)	0.87

Observaciones:

Revisado por:

V°B°

ALICIA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO
 RESPONSABLE DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

INGENIERA CIVIL
 REG. CUP N° 17824

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Arena	Ubicación	Localidad:	Conchán	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Conchán	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Peso específico y absorción del agregado fino	FECHA:	Nov-19
Normas:	NTP 400.022		

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-01	E-02	E-03	
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) (Ms)	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Peso de la fiola (gr.)	260.80	273.70	260.80	265.10
Peso de la fiola + muestra + agua (gr.)	1815.70	1826.10	1884.80	1842.20
Peso de la muestra + agua (gr.)	1554.90	1552.40	1624.00	1577.10
Peso del agua (gr.) (W)	554.90	552.40	624.00	577.10
Volumen de la fiola (cm3) (V)	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
Peso del Recipiente (gr)	142.30	154.60	151.20	149.37
Peso de la muestra secada al horno + recipiente (gr)	1130.70	1146.10	1139.00	1138.60
Peso de la muestra secada al horno (gr) (A)	988.40	991.50	987.80	989.23
Peso Especifico de Masa: $\frac{A}{V - W} =$	2.22	2.22	2.63	2.35
Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca: $\frac{M_s}{V - W} =$	2.25	2.23	2.66	2.38
Peso Especifico Aparente: $\frac{A}{(V - W) + (1000 - A)} =$	2.16	2.17	2.54	2.29
Absorción (%): $\frac{M_s - A}{A} \times 100 =$	1.17	0.86	1.24	1.09

Observaciones:

Revisado por:

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Arena	Ubicación	Localidad:	Conchán	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Conchán	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Masa por Unidad de Volumen o Densidad ("Peso Unitario")	FECHA:	Nov-19
----------------	---	---------------	--------

Normas: NTP 400.017

PESO UNITARIO SUELTO SECO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-01	E-02	E-03	
Peso del Recipiente (gr.)	1656.90	1656.90	1656.90	1656.90
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la Muestra Suelta (gr)	5723.10	5755.50	5703.90	5727.50
Peso de la Muestra (gr)	4066.20	4098.60	4047.00	4070.60
Peso de la Muestra (kgr)	4.07	4.10	4.05	4.07
Volumen del Recipiente (cm3)	2810.00	2810.00	2810.00	2810.00
Volumen del Recipiente (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Unitario Suelto Seco (gr/cm3)	1.45	1.46	1.44	1.45
Peso Unitario Suelto Seco (kgr/m3)	1447.05	1458.58	1440.21	1448.61

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-01	E-02	E-03	
Peso del Recipiente (gr.)	1656.90	1656.90	1656.90	1656.90
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la Muestra Suelta (gr)	6052.50	6037.40	6030.00	6039.97
Peso de la Muestra (gr)	4395.60	4380.50	4373.10	4383.07
Peso de la Muestra (kg)	4.40	4.38	4.37	4.38
Volumen del Recipiente (cm3)	2810.00	2810.00	2810.00	2810.00
Volumen del Recipiente (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm3)	1.56	1.56	1.56	1.56
Peso Unitario Compactado Seco (kg/m3)	1564.27	1558.90	1556.26	1559.81

Observaciones:

Revisado por:

V°B°

Diana Yuleysi Benavidez Rubio
 Responsable del Laboratorio de Materiales

Respons. Laboratorio

Asesor (a)
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP. N° 175824

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"
Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Arena	Ubicación	Localidad:	Conchán	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Conchán	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Material que pasa por el tamiz normalizado 75um (N°200)	FECHA:	Jun-19
Normas:	NTP 400.018		

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
	E-01	E-02	E-03
Peso del Recipiente (gr.)	152.1	159.8	154.6
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la muestra (gr)	1152.1	1159.8	1154.6
Peso de la Muestra (gr)	1000	1000	1000
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno(gr)	1101.80	1103.60	1101.60
Material Seco (gr)	949.70	943.80	947.00
Material que pasa por la malla #200	50.30	56.20	53.00
Porcentaje que pasa por la malla #200	5.03	5.62	5.30

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso del Recipiente (gr.)	155.50
Peso del Recipiente + Peso de la muestra (gr)	1155.50
Peso de la Muestra (gr)	1000.00
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno (gr)	1102.33
Material Seco (gr)	946.83
Material que pasa por la malla #200	53.17
Porcentaje que pasa por la malla #200	5.32

Observaciones:

Revisado por:

V°B°

Respons. Laboratorio

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Confitillo	Ubicación	Localidad:	Capillapampa	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	FECHA:	Nov-19
Normas:	NTP 400.012 - 2013 (Revisada 2018)		

Muestra (gr) : 1000.00

MALLA		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa Acumulado
N°	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.51	166.73	16.67	16.67	83.33
4	4.76	623.37	62.34	79.01	20.99
8	2.36	184.30	18.43	97.44	2.56
16	1.18	17.97	1.80	99.24	0.76
30	0.6	3.43	0.34	99.58	0.42
50	0.3	1.20	0.12	99.70	0.30
100	0.15	0.63	0.06	99.76	0.24
Cazoleta		2.37	0.24	100.00	0.00
TM:	1/2"	TMN:	3/8"	MF:	5.91



Observaciones:

Revisado por:

V°B°

Respons. Laboratorio

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Confitillo	Ubicación	Localidad:	Capillapampa	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Contenido de Humedad	FECHA:	Nov-19
Normas:	NTP 339.185		

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
	E-01	E-02	E-03
Peso del Recipiente (gr.)	151.20	142.50	154.60
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la muestra húmeda (gr)	1651.20	1642.50	1654.60
Peso de la Muestra húmeda (gr)	1500.00	1500.00	1500.00
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno(gr)	1646.80	1638.20	1650.30
Material Seco (gr)	1495.60	1495.70	1495.70
Peso del Agua (gr)	4.40	4.30	4.30
Contenido de Humedad (%)	0.29	0.29	0.29

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso del Recipiente (gr.)	142.50
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la muestra húmeda (gr)	1642.50
Peso de la Muestra húmeda (gr)	1500.00
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno(gr)	1638.20
Material Seco (gr)	1495.70
Peso del Agua (gr)	4.30
Contenido de Humedad (%)	0.29

Observaciones:

Revisado por:

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Confitillo	Ubicación	Localidad:	Capillapampa	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Abrasión e Impacto en la Maquina de los Ángeles	FECHA:	Nov-19
Normas:	NTP 400.019		

GRADACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Tamiz mm (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	1250 ± 25	.....	.....	.....
19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	1250 ± 10	2500 ± 10	.....	.....
9,5 mm (3/8 pulg)	6,3 mm (¼ pulg)	.....	.....	2500 ± 10	.....
6,3 mm (¼ pulg)	4,75 mm (N°4)	.....	.....	2500 ± 10	.....
4,75 mm (N°4)	2,36 mm (N°8)	.....	.....	.....	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-01	E-02	E-03	
Peso de la muestra (gr.)	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la muestra desgastada(gr)	4024.80	4042.70	4035.60	4034.37
Peso del Recipiente (gr)	252.00	252.00	252.00	252.00
Peso de la Muestra final (gr)	3772.80	3790.70	3783.60	3782.37
Porcentaje de Perdida (%)	24.54	24.19	24.33	24.35

Observaciones:

Revisado por:

V°B°



Resp. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:					
Proyecto:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"				
Responsable:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio				

Referencias de la muestra:						
Material:	Confitillo	Ubicación	Localidad:	Capilla pampa	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:			
Ensayo:	Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Masa por Unidad de Volumen o Densidad ("Peso Unitario")	FECHA:	Nov-19
Normas:	NTP 400.017		

PESO UNITARIO SUELTO SECO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-01	E-02	E-03	
Peso del Recipiente (gr.)	1656.90	1656.90	1656.90	1656.90
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la Muestra Suelta (gr)	5580.40	5534.30	5536.70	5550.47
Peso de la Muestra (gr)	3923.50	3877.40	3879.80	3893.57
Peso de la Muestra (kg)	3.92	3.88	3.88	3.89
Volumen del Recipiente (cm3)	2810.00	2810.00	2810.00	2810.00
Volumen del Recipiente (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm3)	1.40	1.38	1.38	1.39
Peso Unitario Compactado Seco (kg/m3)	1396.26	1379.86	1380.71	1385.61

PESO UNITARIO COMPACTADO SECO

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-01	E-02	E-03	
Peso del Recipiente (gr.)	1656.90	1656.90	1656.90	1656.90
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la Muestra Suelta (gr)	5871.50	5849.80	5896.10	5872.47
Peso de la Muestra (gr)	4214.60	4192.90	4239.20	4215.57
Peso de la Muestra (kg)	4.21	4.19	4.24	4.22
Volumen del Recipiente (cm3)	2810.00	2810.00	2810.00	2810.00
Volumen del Recipiente (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Unitario Compactado Seco (gr/cm3)	1.50	1.49	1.51	1.50
Peso Unitario Compactado Seco (kg/m3)	1499.86	1492.14	1508.61	1500.20

Observaciones:

Revisado por: V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:

Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"

Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:

Material:	Confitillo	Ubicación	Localidad:	Capillapampa	Provincia:	Chota
Procedencia:	Cantera de cerro	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Peso específico y absorción del agregado grueso	FECHA:	Nov-19
Normas:	NTP 400.021		

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			PROMEDIO
	E-01	E-02	E-03	
Peso del Recipiente en el aire (gr.)	990.6	990.6	990.6	990.60
Peso de Tara (gr.)	154.6	151.2	142.5	149.43
Peso de la muestra seca en el aire + peso de tara (gr)	2139.8	2136.5	2127.1	2134.47
Peso de la muestra seca en el aire (gr.)	1985.2	1985.3	1984.6	1985.03
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr)	2007.10	2009.60	2010.20	2008.97
Peso de la muestra saturada en el agua (gr)	1245.30	1245.60	1249.40	1246.77

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso de la muestra seca en el aire (gr.) (A)	1985.03
Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr.)(B)	2008.97
Peso de la muestra saturada en el agua (gr.) (C)	1246.77
Peso Especifico de Masa: $Pe = \frac{A}{B - C}$	2.60
Peso Especifico de Masa Saturada con Superficie Seca: $Pes = \frac{B}{B - C}$	2.64
Peso Especifico Aparente: $Pea = \frac{A}{A - C}$	2.69
Absorción: $Ab(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$	1.206

Observaciones:

Revisado por:

V*B*

Diana Yuleysi Benavidez Rubio
 Responsable Laboratorio

Diana Yuleysi Benavidez Rubio
 Ingeniera Civil
 Reg. CIP N° 176824
 Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



Referencias del proyecto:
Proyecto: "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"
Responsable: Diana Yuleysi Benavidez Rubio

Referencias de la muestra:
Material: Confitillo **Ubicación:** **Localidad:** Capillapampa **Provincia:** Chota
Procedencia: Cantera de cerro **Geográfica:** **Distrito :** Chota **Región:** Cajamarca

Referencia del ensayo:
Ensayo: Material que pasa por el tamiz normalizado 75um (N°200) **FECHA:** Nov-19
Normas: NTP 400.018

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
	E-01	E-02	E-03
Peso del Recipiente (gr.)	154.60	151.20	142.50
Peso del Recipiente (gr.) + Peso de la muestra (gr)	1154.60	1151.20	1142.50
Peso de la Muestra (gr)	1000.00	1000.00	1000.00
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno(gr)	1146.90	1145.20	1137.20
Material Seco (gr)	992.30	994.00	994.70
Material que pasa por la malla #200	7.70	6.00	5.30
Porcentaje que pasa por la malla #200	0.77	0.60	0.53

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso del Recipiente (gr.)	149.43
Peso del Recipiente + Peso de la muestra (gr)	1149.43
Peso de la Muestra (gr)	1000.00
Peso del Recipiente (gr) +Muestra seca al horno (gr)	1143.10
Material Seco (gr)	993.67
Material que pasa por la malla #200	6.33
Porcentaje que pasa por la malla #200	0.63

Observaciones:

Revisado por: V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

Anexo N° 5. Diseño de mezclas



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca
FECHA:	

Diseño de Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17 - Método ACI

1.- MATERIALES:

AGREGADOS		
CARACTERISTICAS	ARENA	CONFITILLO
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1448.61	1385.611
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1559.810	1500.202
Peso Especifico (kg/m ³)	2354.30	2604.35
Tamaño Máximo	3/8"	1/2"
Tamaño Máximo Nominal	N°4	3/8"
Modulo de fineza	2.17	5.91
Porcentaje de Absorción (% abs)	1.09	1.206
Porcentaje de Humedad (%w)	0.057	0.12

CEMENTO	
Tipo	Portland Tipo I (Pacasmayo)
F _c	441 kg/cm ²
Contenido de Aire	7.00%
Superficie Especifica	3740.00 m ² /kg
Densidad (kg/m ³)	3080

AGUA POTABLE	
Temperatura	17 °C
Peso Especifico (kg/m ³)	998.86

2.- PROCEDIMIENTO DE LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA:

2.1.- Resistencia:		
F'c =	175	kg/cm ²
F'cr = F'c + 70 =	245	kg/cm ²

2.2.- Contenido de aire:	
TMN Agregado grueso =	3/8"
% aire =	3%

2.3.- Contenido de Agua:		
TMN Agregado Grueso =	3/8"	pulg.
Asentamiento	1" a 2"	pulg.
Agua =	207.00	lb/m ³

2.4.- Relación a/c (por resistencia F'cr):	
a/c =	0.628

2.5.- Contenido de cemento:		
Cantidad de cemento (c)=	329.62	kg
Factor c (bls.) =	7.76	bls.

2.6.- Peso del confitillo:	
Peso del confitillo (kg)=	784.61

2.7.- Volumen Absoluto:		
Cemento (m ³)=	0.107	m ³
Agua (m ³)=	0.207	m ³
Aire (m ³) =	0.030	m ³
Confitillo (m ³)=	0.301	m ³
Total (m ³) =	0.646	m ³

2.8.- Peso de la arena:		
P. Arena =	0.354	m ³
Peso de la arena =	834.55	kg



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO: Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota

2.9.- Presentación de los agregados en estado seco:		
Cemento =	329.62	kg
Arena =	834.55	kg
Confitillo =	784.61	kg
Agua =	207.00	lt/m3

2.10.- Corrección de los agregados por humedad:			
$\text{Peso Seco} \times \left(\frac{W\%}{100} + 1 \right) =$	Arena =	835.02	kg.
	Confitillo =	785.55	kg.

2.11.- Aporte de agua en la mezcla:			
$\left(\frac{W\% - \%abs}{100} \right) \times \text{Agregado Seco}$	Arena =	-8.626	lt/m3
	Confitillo =	-8.529	lt/m3
	Total =	-17.154	lt/m3

2.12.- Agua Efectiva:		
Agua =	224.154	lt/m3

2.13.- Proporciónamiento del diseño:			
CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA
329.62	835.02	785.55	224.15
1.00	2.53	2.38	28.90


 ALVARO GONZALEZ CARRERA
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 ESPECIALIDAD EN MATERIALES

Respons. Laboratorio


 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 ESPECIALIDAD EN MATERIALES
 REG. C.O.P. N° 176624

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"		
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio		
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca		
FECHA:			

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Cal Hidratada	% de adición:	3%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de probetas

Medidas de las probetas:			
Diámetro (d)=	15	cm	
Radio (r) =	7.5	cm	
Altura (H) =	30	cm	

Volumen total de probetas:			
V =	0.005301438	m ³	
N° de probetas =	9 + 2 desp.=11	und.	
V total =	0.058315814	m ³	

2.- Cantidad de materiales:				
Cemento =	19.22	kg	0.0062	m ³
Arena =	48.70	kg	0.0207	m ³
Confitillo =	45.81	kg	0.0176	m ³
Agua =	13.07	kg	0.0131	m ³

3.- Cálculo del 3% del cemento:		
Cemento =	0.58	kg

5.-Cantidad de cal hidratada que reemplaza al cemento		
Cal Hidratada	0.58	kg

6.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CAL HIDRATADA
18.65	48.70	45.81	13.07	3%



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca
FECHA:	

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Cal Hidratada	% de adición:	6%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de probetas

Medidas de las probetas:		
Diámetro (d)=	15	cm
Radio (r) =	7.5	cm
Altura (H) =	30	cm

Volumen total de probetas:		
V =	0.005301438	m ³
N° de probetas =	9 + 2 desp.=11	und.
V total =	0.058315814	m ³

2.- Cantidad de materiales:

Cemento =	19.22	kg	0.0062	m ³
Arena =	48.70	kg	0.0207	m ³
Confitillo =	45.81	kg	0.0176	m ³
Agua =	13.07	kg	0.0131	m ³

3.- Cálculo del 3% del cemento:

Cemento =	1.15	kg
-----------	------	----

5.-Cantidad de cal hidratada que reemplaza al cemento

Cal Hidratada	1.15	kg
---------------	------	----

6.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CAL HIDRATADA
18.07	48.70	45.81	13.07	6%



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"		
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio		
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca		
FECHA:			

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Cal Hidratada	% de adición:	9%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de probetas

Medidas de las probetas:		
Diámetro (d)=	15	cm
Radio (r) =	7.5	cm
Altura (H) =	30	cm

Volumen total de probetas:		
V =	0.005301438	m ³
N° de probetas =	9 + 2 desp. =11	und.
Vtotal =	0.058315814	m ³

2.- Cantidad de materiales:

Cemento =	19.22	kg	0.0062	m ³
Arena =	48.70	kg	0.0207	m ³
Confitillo =	45.81	kg	0.0176	m ³
Agua =	13.07	kg	0.0131	m ³

3.- Cálculo del 3% del cemento:

Cemento =	1.73	kg
-----------	------	----

5.-Cantidad de cal hidratada que reemplaza al cemento

Cal Hidratada	1.73	kg
---------------	------	----

6.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CAL HIDRATADA
17.49	48.70	45.81	13.07	9%



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca
FECHA:	

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Plástico pet reciclado	% de adición:	3%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de probetas

Medidas de las probetas:		
Diámetro (d)=	15	cm
Radio (r) =	7.5	cm
Altura (H) =	30	cm

Volumen total de probetas:		
V =	0.005301438	m ³
N° de probetas =	9 + 2 desp.=11	und.
V total =	0.058315814	m ³

2.- Cantidad de materiales:

Cemento =	19.22	kg	0.0062	m ³
Arena =	48.70	kg	0.0207	m ³
Confitillo =	45.81	kg	0.0176	m ³
Agua =	13.07	kg	0.0131	m ³

3.- Cálculo del 3% de los agregados:

Arena =	0.000621	m ³
Confitillo =	0.000528	m ³

4.- Densidad del plástico pet reciclado:

Densidad =	1360	kg/m ³
------------	------	-------------------

5.-Cantidad de agregado reemplazado por plástico pet reciclado.

Arena =	0.84	kg
Confitillo =	0.72	kg
Total =	1.56	kg

6.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CANTIDAD DE PET	Unidad
19.22	47.85	44.44	13.07	1.56	kg

7.- Proporcionamiento del diseño con adición de plástico pet reciclado.

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	CANTIDAD DE PET
1.00	2.49	2.31	3%



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"		
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio		
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca		
FECHA:			

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Plástico pet reciclado	% de adición:	6%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de probetas

Medidas de las probetas:			
Diámetro (d)=	15	cm	
Radio (r) =	7.5	cm	
Altura (H) =	30	cm	

Volumen total de probetas:			
V =	0.005301438	m ³	
N° de probetas =	9 + 2 desp.=11	und.	
V total =	0.058315814	m ³	

2.- Cantidad de materiales:				
Cemento =	19.22	kg	0.0062	m ³
Arena =	48.70	kg	0.0207	m ³
Confitillo =	45.81	kg	0.0176	m ³
Agua =	13.07	kg	0.0131	m ³

3.- Cálculo del 3% de los agregados:			
Arena =	0.001241	m ³	
Confitillo =	0.001055	m ³	

4.- Densidad del plástico pet reciclado		
Densidad =	1360	kg/m ³

5.-Cantidad de agregado reemplazado por plástico pet reciclado.			
Arena =	1.69	kg	
Confitillo =	1.44	kg	
Total =	3.12	kg	

6.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CANTIDAD DE PET	Unidad
19.22	47.01	44.37	13.07	3.12	kg

7.- Proporciónamiento del diseño con adición de plástico pet reciclado.

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	CANTIDAD DE PET
1.00	2.45	2.31	6%



Respons. Laboratorio



Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"		
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio		
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca		
FECHA:			

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Plástico pet reciclado	% de adición:	6%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de probetas

Medidas de las probetas:		
Diámetro (d)=	15	cm
Radio (r) =	7.5	cm
Altura (H) =	30	cm

Volumen total de probetas:		
V =	0.005301438	m ³
N° de probetas =	9 + 2 desp.=11	und.
V total =	0.058315814	m ³

2.- Cantidad de materiales:

Cemento =	19.22	kg	0.0062	m ³
Arena =	48.70	kg	0.0207	m ³
Confitillo =	45.81	kg	0.0176	m ³
Agua =	13.07	kg	0.0131	m ³

3.- Cálculo del 3% de los agregados:

Arena =	0.001862	m ³
Confitillo =	0.001583	m ³

4.- Densidad del plástico pet reciclado

Densidad =	1360	kg/m ³
------------	------	-------------------

5.-Cantidad de agregado reemplazado por plástico pet reciclado.

Arena =	2.53	kg
Confitillo =	2.15	kg
Total =	4.68	kg

6.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CANTIDAD DE PET	Unidad
19.22	48.16	43.66	13.07	4.68	kg

7.- Proporcionamiento del diseño con adición de plástico pet reciclado.

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	CANTIDAD DE PET
1.00	2.40	2.27	9%

Respons. Laboratorio

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca
FECHA:	

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Cal Hidratada	% de adición:	9%
	Plástico pet reciclado		9%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de ladrillos

Medidas de las probetas:		
Largo(L)=	0.24	m
Ancho (A) =	0.14	m
Altura (H) =	0.09	m

Volumen total de probetas:		
V =	0.003024	m ³
N° de Ladrillos =	66 + 9 desp.=75	und.
Vtotal =	0.2268	m ³

2.- Cantidad de materiales:

Cemento =	74.76	kg	0.0243	m ³
Arena =	189.38	kg	0.0804	m ³
Confitillo =	189.38	kg	0.0727	m ³
Agua =	50.84	kg	0.0509	m ³

3.- Cálculo del 9% del cemento:

Cemento =	6.73	kg
-----------	------	----

4.-Cálculo del 9% de los agregados

Arena =	0.0072	m ³
Confitillo =	0.0065	m ³

Densidad del plástico pet reciclado

Densidad =	1360	kg/m ³
------------	------	-------------------

5.- Cantidad de cal hidratada que reemplaza al cemento

Cal hidratada =	6.73	kg
-----------------	------	----

6.- Cantidad de plástico pet que reemplaza a los agregados

Arena =	9.8460	kg
Confitillo =	8.9007	kg
Total =	18.75	kg

7.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CAL HIDRATADA	PLÁSTICO PET	UNIDAD
68.03	179.54	180.48	50.84	6.73	18.75	kg

Diana Yuleysi Benavidez Rubio
Responsable Laboratorio

Asesor (a)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
Facultad de Ciencias de la Ingeniería
LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH



PROYECTO:	"Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"
RESPONSABLE:	Diana Yuleysi Benavidez Rubio
UBICACIÓN:	Distrito de Chota, provincia de Chota, región Cajamarca
FECHA:	

Material:	Mezcla de concreto convencional para ladrillo tipo 17		
Material de adición:	Cal Hidratada	% de adición:	9%
	Plástico pet reciclado		9%

Procedimiento para la proporción de mezcla con adición

1.-Cálculo de volumen de ladrillos

Medidas de las probetas:			
Largo(L)=	0.24	m	
Ancho (A) =	0.14	m	
Altura (H) =	0.09	m	

Volumen total de probetas:			
V =	0.003024	m ³	
N° de Ladrillos =	1	und.	
Vtotal =	0.003024	m ³	

2.- Cantidad de materiales:

Cemento =	1.00	kg	0.0003	m ³	0.000323625	3080
Arena =	2.53	kg	0.0011	m ³	0.001072552	2354.299897
Confitillo =	2.38	kg	0.0009	m ³	9.1212553E-04	2604.35
Agua =	0.68	kg	0.0007	m ³	0.000678616	998.86

3.- Cálculo del 9% del cemento:

Cemento =	0.09	kg
-----------	------	----

4.-Cálculo del 9% de los agregados

Arena =	0.0001	m ³
Confitillo =	0.0001	m ³

Densidad del plástico pet reciclado

Densidad =	1360	kg/m ³
------------	------	-------------------

5.- Cantidad de cal hidratada que reemplaza al cemento

Cal hidratada =	0.09	kg
-----------------	------	----

6.- Cantidad de plástico pet que reemplaza a los agregados

Arena =	0.1313	kg
Confitillo =	0.1116	kg
Total =	0.24	kg

7.- Cantidad de los materiales de diseño:

CEMENTO	ARENA	CONFITILLO	AGUA	CAL HIDRATADA	PLÁSTICO PET	UNIDAD
0.91	2.39	2.26	0.68	0.09	0.24	kg

Respons. Laboratorio

Asesor (a)

Anexo N° 6. Ensayos en concreto

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Mortero	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Feb-20
Normas:	NTP 334.051		

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	13/01/2020	13/01/2020	13/01/2020
Fecha de ensayo	10/02/2020	10/02/2020	10/02/2020
Edad	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Longitud (cm)	5.00	5.00	5.00
Ancho (cm)	5.00	5.00	5.10
Altura (cm)	5.00	5.00	5.00
Área (cm ²)	25.00	25.00	25.50
Volumen (cm ³)	125.00	125.00	127.50
Carga de rotura (kg)	4660.00	4881.00	4643.55
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	186.40	195.20	182.10
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	187.90		
% Obtenido Promedio	107.4%		

Observaciones:

Revisado por:

V°B°

Alex Ricardo Cueva Silva
INGENIERO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 175824

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición:	Plástico pet reciclado
Porcentaje de adición:	9%

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f _c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	11.71	11.71	11.71
Diámetro (cm)	14.80	14.90	14.80
Altura (cm)	29.90	29.90	30.00
Área (cm ²)	172.03	174.37	172.03
Volumen (cm ³)	5143.81	5213.55	5161.01
Carga de rotura (kg)	31877.83	31839.28	32307.91
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	185.30	182.60	187.80
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	185.23		
% Obtenido Promedio	105.8%		

Observaciones:

Revisado por:

V°B°

ALVARO BENAVIDEZ RUBIO
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ENSAYOS DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO
INGENIERA CIVIL
Reg. C.I.P. N° 476624

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición:	Plástico pet reciclado
Porcentaje de adición:	9%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	11.83	11.60	11.63
Diámetro (cm)	15.00	14.90	15.00
Altura (cm)	30.00	29.80	29.90
Área (cm ²)	176.71	174.37	176.71
Volumen (cm ³)	5301.44	5196.11	5283.77
Carga de rotura (kg)	29617.36	29450.46	30695.32
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	167.60	168.90	173.70
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	170.07		
% Obtenido Promedio	97.2%		

Observaciones:

Revisado por:

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Plástico pet reciclado**Porcentaje de adición:** 9%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	11.66	11.47	11.57
Diámetro (cm)	15.00	14.80	14.90
Altura (cm)	30.00	29.90	29.90
Área (cm ²)	176.71	172.03	174.37
Volumen (cm ³)	5301.44	5143.81	5213.55
Carga de rotura (kg)	27903.23	28712.41	27148.82
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	157.90	166.90	155.70
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	160.17		
% Obtenido Promedio	91.5%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°

Alex Ricardo Caza Silva
ENCARGADO DE LABORATORIO
DE ENSAYO DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

Cecilia E. Serrano Núñez
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N° 175624

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Plástico pet reciclado**Porcentaje de adición:** 6%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	11.96	11.78	11.93
Diámetro (cm)	15.00	14.80	14.90
Altura (cm)	29.90	29.80	29.90
Área (cm ²)	176.71	172.03	174.37
Volumen (cm ³)	5283.77	5126.60	5213.55
Carga de rotura (kg)	35979.09	35507.74	34332.71
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	203.60	206.40	196.90
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	202.30		
% Obtenido Promedio	115.6%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Plástico pet reciclado**Porcentaje de adición:** 6%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	11.94	11.99	11.84
Diámetro (cm)	14.80	15.00	14.90
Altura (cm)	30.00	30.00	29.90
Área (cm ²)	172.03	176.71	174.37
Volumen (cm ³)	5161.01	5301.44	5213.55
Carga de rotura (kg)	33391.72	32303.43	33286.52
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	194.10	182.80	190.90
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	189.27		
% Obtenido Promedio	108.2%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	---	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Plástico pet reciclado**Porcentaje de adición:** 6%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	7 días	7 días	7 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	11.94	11.99	11.84
Diámetro (cm)	14.80	15.00	14.90
Altura (cm)	30.00	30.00	29.90
Área (cm ²)	172.03	176.71	174.37
Volumen (cm ³)	5161.01	5301.44	5213.55
Carga de rotura (kg)	27938.26	30324.22	28700.68
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	162.40	171.60	164.60
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	166.20		
% Obtenido Promedio	95.0%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación:	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	---	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Plástico pet reciclado**Porcentaje de adición:** 3%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.33	12.19	12.22
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.10	30.00	30.00
Área (cm ²)	176.71	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5319.11	5301.44	5301.44
Carga de rotura (kg)	37693.22	37569.52	38276.38
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	213.30	212.60	216.60
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	214.17		
% Obtenido Promedio	122.4%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Plástico pet reciclado**Porcentaje de adición:** 3%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.20	12.30	11.90
Diámetro (cm)	15.00	15.00	14.80
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00
Área (cm ²)	176.71	176.71	172.03
Volumen (cm ³)	5301.44	5301.44	5161.01
Carga de rotura (kg)	36297.18	37269.11	36333.50
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	205.40	210.90	211.20
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	209.17		
% Obtenido Promedio	119.5%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición:	Plástico pet reciclado
Porcentaje de adición:	3%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	7 días	7 días	7 días
Resistencia Requerida f_c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.25	12.20	12.16
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00
Área (cm ²)	176.71	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5301.44	5301.44	5301.44
Carga de rotura (kg)	33593.44	32073.70	34918.80
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	190.10	181.50	197.60
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	189.73		
% Obtenido Promedio	108.4%		

Observaciones:

Revisado por:

V°B°

ALDO RICARDO CLARA SILVA
ENCARGADO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

RODRIGO SERGIO NUNEZ
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP N° 17824

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición:	Cal Hidratada
Porcentaje de adición:	9%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.08	12.09	12.20
Diámetro (cm)	15.00	14.80	14.90
Altura (cm)	30.00	30.00	30.10
Área (cm ²)	176.71	172.03	174.37
Volumen (cm ³)	5301.44	5161.01	5248.42
Carga de rotura (kg)	36350.19	37056.04	36372.80
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	205.70	215.40	208.60
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	209.90		
% Obtenido Promedio	119.9%		

Observaciones:**Revisado por:** V^oB^o

Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Cal Hidratada**Porcentaje de adición:** 9%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.21	12.07	12.04
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	29.80
Área (cm ²)	176.71	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5301.44	5301.44	5266.09
Carga de rotura (kg)	34158.93	34759.76	33734.81
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	193.30	196.70	190.90
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	193.63		
% Obtenido Promedio	110.6%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	---	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Cal Hidratada**Porcentaje de adición:** 9%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	7 días	7 días	7 días
Resistencia Requerida f_c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.13	12.01	12.18
Diámetro (cm)	14.90	14.80	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	30.10
Área (cm ²)	174.37	172.03	176.71
Volumen (cm ³)	5230.99	5161.01	5319.11
Carga de rotura (kg)	31159.25	30862.83	31349.17
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	178.70	179.40	177.40
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	178.50		
% Obtenido Promedio	102.0%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°



Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición:	Cal Hidratada
Porcentaje de adición:	6%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	11.79	12.19	12.29
Diámetro (cm)	14.90	15.00	15.00
Altura (cm)	30.10	30.00	30.00
Área (cm ²)	174.37	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5248.42	5301.44	5301.44
Carga de rotura (kg)	38482.63	37410.48	38629.81
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	220.70	211.70	218.60
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	217.00		
% Obtenido Promedio	124.0%		

Observaciones:**Revisado por:****V°B°**

Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Cal Hidratada**Porcentaje de adición:** 6%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f_c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.31	12.26	12.25
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00
Area (cm ²)	176.71	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5301.44	5301.44	5301.44
Carga de rotura (kg)	36756.63	36544.58	34865.79
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	208.00	206.80	197.30
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	204.03		
% Obtenido Promedio	116.6%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°

ALVARO RICARDO CARRERA SOTO
INGENIERO DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N° 174624

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Cal Hidratada**Porcentaje de adición:** 6%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	7 días	7 días	7 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.25	12.39	12.33
Diámetro (cm)	14.80	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.20	30.00
Área (cm ²)	172.03	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5161.01	5336.78	5301.44
Carga de rotura (kg)	31258.51	33133.99	32497.81
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	181.70	187.50	183.90
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	184.37		
% Obtenido Promedio	105.4%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°

Respons. Laboratorio

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Cal Hidratada**Porcentaje de adición:** 3%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.42	12.43	12.29
Diámetro (cm)	15.00	15.00	14.70
Altura (cm)	30.00	30.00	29.80
Área (cm ²)	176.71	176.71	169.72
Volumen (cm ³)	5301.44	5301.44	5057.56
Carga de rotura (kg)	40061.20	41174.50	38322.03
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	226.70	233.00	225.80
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	228.50		
% Obtenido Promedio	130.6%		

Observaciones:**Revisado por:**

V°B°

Alex Ricardo Cieza Salas
Especialista en Laboratorio de Ensayo de Materiales

Respons. Laboratorio

INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
Reg. C.I.R. N° 175229

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición:	Cal Hidratada
Porcentaje de adición:	3%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.38	12.39	12.34
Diámetro (cm)	15.00	14.80	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	29.90
Area (cm2)	176.71	172.03	176.71
Volumen (cm3)	5301.44	5161.01	5283.77
Carga de rotura (kg)	37463.49	36780.79	38647.48
Resistencia Máxima (kg/cm2):	212.00	213.80	218.70
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm2):	214.83		
% Obtenido Promedio	122.8%		

Observaciones:**Revisado por:****V°B°**

ALVARO RICARDO CUEVA SILVA
ENCARGADO DE LABORATORIO
DE ENSAYO DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

ACQUILA Y BENAVIDEZ RUBIO
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP. N° 178624

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	-----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: Cal Hidratada**Porcentaje de adición:** 3%

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	7 días	7 días	7 días
Resistencia Requerida f_c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.27	12.38	12.33
Diámetro (cm)	15.00	14.90	14.80
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00
Área (cm ²)	176.71	174.37	172.03
Volumen (cm ³)	5301.44	5230.99	5161.01
Carga de rotura (kg)	35926.08	35047.62	36092.65
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	203.30	201.00	209.80
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	204.70		
% Obtenido Promedio	117.0%		

Observaciones:**Revisado por:****V°B°**

ALVARO RICARDO CARRERA SUAREZ
VENEDICADO DEL LABORATORIO
DE ENSAYOS DE MATERIALES

Respons. Laboratorio

DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO
INGENIERA RA CIVIL
Reg. CIP. N° 176634

Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: -----**Porcentaje de adición:** -----

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	18/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	16/12/2019	23/12/2019	23/12/2019
Edad de probeta	28 días	28 días	28 días
Resistencia Requerida f _c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.80	12.31	12.40
Diámetro (cm)	15.40	15.00	15.10
Altura (cm)	30.20	30.00	30.00
Área (cm ²)	186.27	176.71	179.08
Volumen (cm ³)	5625.20	5301.44	5372.36
Carga de rotura (kg)	41779.25	39937.50	40364.32
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	224.30	226.00	225.40
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	225.23		
% Obtenido Promedio	128.7%		

Observaciones:**Revisado por:****V°B°**

Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	----	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: -----**Porcentaje de adición:** -----

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	18/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Fecha de ensayo	02/12/2019	09/12/2019	09/12/2019
Edad de probeta	14 días	14 días	14 días
Resistencia Requerida f'c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	12.36	12.35	12.28
Diámetro (cm)	15.00	15.00	15.00
Altura (cm)	30.00	30.00	29.90
Área (cm ²)	176.71	176.71	176.71
Volumen (cm ³)	5301.44	5301.44	5283.77
Carga de rotura (kg)	38258.71	37643.74	36420.88
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	216.50	213.02	206.10
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	211.87		
% Obtenido Promedio	121.1%		

Observaciones:**Revisado por:****V°B°**

Respons. Laboratorio



Asesor (a)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

LABORATORIO DE MATERIALES - UNACH

**Referencias del proyecto:****Proyecto:** "Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico Pet Reciclado, Chota"**Responsable:** Diana Yuleysi Benavidez Rubio**Referencias de la muestra:**

Material:	Concreto	Ubicación	Localidad:	Chota	Provincia:	Chota
Procedencia:	---	Geográfica:	Distrito :	Chota	Región :	Cajamarca

Referencia del ensayo:

Ensayo:	Ensayo de compresión uniaxial	FECHA:	Dic-19
Normas:	A.S.T.M 39M - 2014 / NTP 339.034		

Concreto convencional para ladrillo tipo 17

Material de adición: -----**Porcentaje de adición:** -----

DESCRIPCIÓN	RRESULTADOS		
	E-01	E-02	E-03
Fecha de fabricación	18/11/2019	18/11/2019	18/11/2019
Fecha de ensayo	25/11/2019	25/11/2019	25/11/2019
Edad de probeta	7 días	7 días	7 días
Resistencia Requerida f_c	175.00	175.00	175.00
Peso (kg)	13.40	13.70	13.58
Diámetro (cm)	15.60	15.50	15.60
Altura (cm)	30.30	30.40	30.50
Área (cm ²)	191.13	188.69	191.13
Volumen (cm ³)	5791.38	5736.23	5829.60
Carga de rotura (kg)	36869.84	35859.01	36965.41
Resistencia Máxima (kg/cm ²):	192.90	190.04	193.40
Resistencia Máxima Promedio (kg/cm ²):	192.11		
% Obtenido Promedio	109.8%		

Observaciones:**Revisado por:****V°B°****Respons. Laboratorio****Asesor (a)**

Anexo N° 7. Ensayos en ladrillos



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA

NORMA ASTM C39 (MTP 309.605)

SOLICITANTE: DIANA VULEYI BENAVIDEZ RUBIO

TESIS: EVALUACIÓN DEL LADRILLO SOLIDO DE CONCRETO ADICIONANDO CALA HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RESICLADO, CHOTA.

Fecha: 20-03-2020

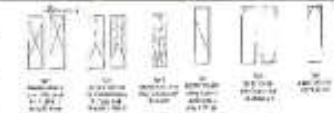
ELEMENTO (s)

LADRILLOS

175 Kg/cm².

F _c (Kg/cm ²)		175								
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE ESTRUCTURA	EDAD (Días)	FECHA DE ROTURA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (Kg.F)	ÁREA (cm ²)	Kg (Kg/Cm ²)
	1	LADRILLO	2-ene.-20	28	30-ene.-20	24.00	14.00	9.00	63550.00	336.0	182.62
2	LADRILLO	2-ene.-20	28	30-ene.-20	24.10	14.00	9.05	65340.00	337.4	193.66
3	LADRILLO	2-ene.-20	28	30-ene.-20	24.00	14.20	9.10	64160.00	340.8	190.18
PROMEDIO A 28 DIAS										188.75


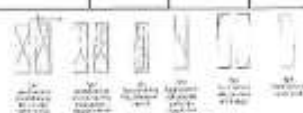



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADOS POR EL SOLICITANTE



LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Geremias Rimarachin Rimarachin
 GERENTE GENERAL

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
HENRY DAVILA LAZO RIMARACHIN
 Ing. CIVIL 172267

LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC
Erlin Clavo Rimarachin
 LABORATORIA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

		LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO									
		ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PRISMAS DE ALBAÑILERIA									
		NORMA ASTM C89 (NTP 209.605)									
SOLICITANTE: DIANA YULYU RENAVIDEZ RUBIO		TESES: EVALUACIÓN DEL LADRILLO SOLIDO DE CONCRETO ADICIONANDO CALA HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RESICLADO, CHOTA.								Fecha: 07-02-2020	
ELEMENTO (s)		PRISMAS/PILAS								175 Kg/cm ² .	
F _c (Kg/cm ²)		175									
ITEM	ELEMENTO	FECHA DE	EDAD	FECHA DE ROTURA	LARGO	ANCHO	ALTURA	CARGA	AREA	ESBELTEZ	Kg
	ESTRUCTURA	MUESTREO	(Mes)		(cm)	(cm)	(cm)	(Kg #)	(cm ²)		(h/e)	(Kg/Cm^{2})
1	PLA	10-ene-20	28	7-feb.-20	24,50	14,00	29,00	61410,00	337,4	1,00	182,07
2	PLA	10-ene-20	28	7-feb.-20	24,50	14,10	28,70	60340,00	338,8		178,84
3	PLA	10-ene-20	28	7-feb.-20	24,00	14,70	29,10	60760,00	336,0		180,08
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CORREGIDA											
FACTOR DE ESBELTEZ (NTP 209.605)					1,00						
CORRECCIÓN POR EDAD (NTP E.070)					1,00						
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PRISMAS CORREGIDA POR ESBELTEZ Y EDAD (kg/cm ²)					180,12						
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON MUESTREADAS POR EL SOLICITANTE											
											
 Geremias Rimarachin Rimarachin GERENTE GENERAL				 Henry de la Cruz Rimarachin INGENIERO CIVIL Reg. CP 1677207				 Erin Clavo Rimarachin LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETE DE ALBAÑILERÍA
 (NTP 399.621)

INFORME N°010 - 2020 /VIRTUAL/LEME- FICSA/UNPRG.

SOLICITANTE
 PROCEDENCIA DE ESPECIMENES

: BACHILLER SRTA. DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO
 PROYECTO TESIS: "EVALUACIÓN DEL LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO ADORNADO CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RESECADO GDM"

UBICACIÓN

: CIUDAD DE CHOTA
 : DISTRITO CHOTA, PROVINCIA CHOTA, REGIÓN CAJAMARCA.

PERSONA QUE ENTREGÓ ESPECIMENES

: SRTA. DIANA YULEYSI BENAVIDEZ RUBIO

DATOS DEL MURETE	FECHA DE FABRICACION	FECHA DEL ENSAYO	EDAD DEL MURETE EN DIAS	CARGA DE ROTURA (Kg.F)	RESIST. A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
Ladrillo Sólido de Concreto.	13/02/2020	12/03/2020	28	73.850	81.33
Fábrica: Elaboración Propia.	13/02/2020	12/03/2020	28	72.550	80.97
Montero Cemento (1 : 4) Arena de Corchán - CHOTA. Junta de Albañilería de 1.5 cm de espesor. Fabricación Tipo Soga.	13/02/2020	12/03/2020	28	74.000	82.29

CARACTERÍSTICAS DEL MURETE	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm ²)
Murete 1	60.1	14.2	60.0	1205.86
Murete 2	60.0	14.0	60.2	1189.86
Murete 3	60.0	14.0	60.0	1187.90

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, CORREGIDA		
Desviación Estándar	0.68	
Resistencia Característica a la Compresión Diagonal (kg/cm ²)	60.85	Numeral 13.7 Capítulo 5 Norma Técnica E.070 Albañilería
Esbeltez (h/e)	4.27	
Corrección por esbeltez	0.97	Numeral 13.9 Capítulo 5 Norma Técnica E.070 Albañilería
Edad del Murete (días)	28.00	
Corrección por edad	1.00	Numeral 13.6 Capítulo 5 Norma Técnica E.070 Albañilería
Resistencia a la Compresión Diagonal de Murete de Ladrillo, corregida por esbeltez y por edad (y' m)	58.79	Kg/cm ²

NOTAS:

1. El ensayo no sido realizado en la Prensa Hidráulica de Origen Soviético.
2. El Laboratorio de Ensayo de Materiales, no ha intervenido en la preparación y muestreo del Murete de Ladrillo; solo se ha limitado al ensayo correspondiente, respondiendo por ello.
3. Los datos de los materiales y su procedencia han sido declarados por la persona que entregó los especímenes de ensayo, siendo responsable de su veracidad.
4. El ensayo de Resistencia a la Compresión en Murete de Albañilería se basa en la NTP 399.621 y en la NT E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, capítulo 5.
5. La prensa de ensayo cuenta con Certificación de Calibración vigente.
6. Este informe consta de una página, estando prohibida su reproducción sin autorización del Laboratorio.



Lambayque, 13 de Marzo del 2020

(Firma manuscrita)

ING. JORGE LUIS MARTÍNEZ SANTOS
 REG. CIP 37798

JEFE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 FICSA - UNPRG

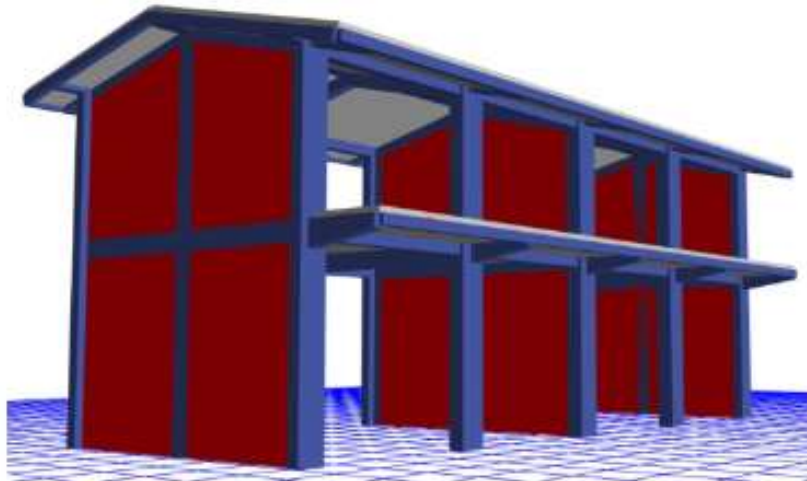
Anexo N° 8. Costo unitario del ladrillo

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101001 EVALUACIÓN DEL LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO ADICIONANDO CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RECICLADO, CHOTA					
Subpresupuesto	001 EVALUACIÓN DEL LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO ADICIONANDO CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RECICLADO, CHOTA		Fecha presupuesto	06/01/2021		
Partida	01.01 LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO CON ADICIÓN DE CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RECICLADO					
Rendimiento	und/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : und	0.730	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0019	0.0229	6.500	0.149
						0.149
	Materiales					
0207010008	CONFITILLO	m3		0.0001	40.000	0.004
0207020001	ARENA	m3		0.0001	60.000	0.006
0210050003	PLÁSTICO PET RECICLADO	kg		0.2400	0.200	0.048
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.0213	23.000	0.490
0213020002	CAL HIDRATADA	kg		0.0900	0.200	0.018
						0.566
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.149	0.004
0301290004	MESA VIBRADORA	hm	1.0019	0.0229	0.500	0.011
						0.015

Anexo N° 9. Diseño de muros de albañilería

INGENIERÍA DE DETALLE MEMORIA DE CÁLCULO



MÓDULO A ESTRUCTURAS

Rev. 0

APROBADO POR:

Nombre de Proyecto: Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada
y Plástico PET Reciclado, Chota

Testista: Diana Yuleysi BenavidezRubio

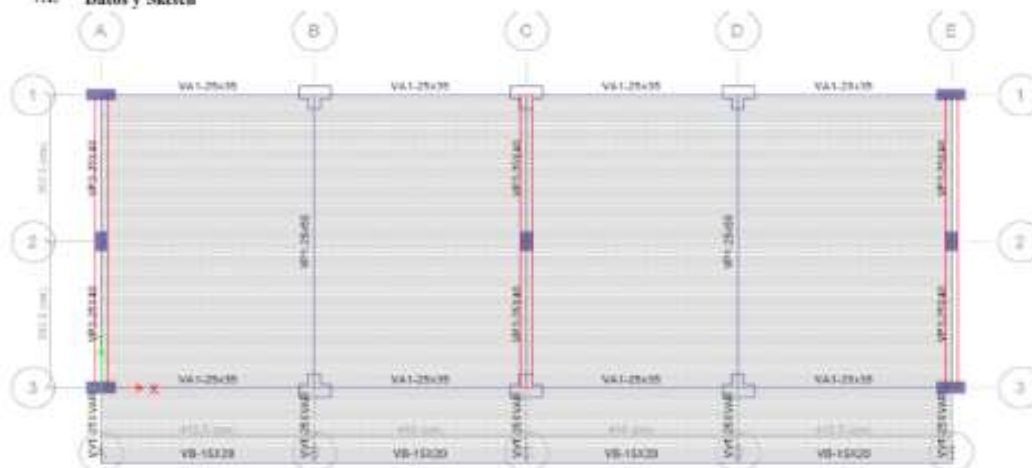
Asesor: Claudia Emilia Benavidez Núñez

Revisión	Hecho Por	Descripción	Fecha	Revisado	Aprobado
A	D.Y.B.R.	Ejemplo de diseño de albañilería	C-01-04-21		

Proyecto:	Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plásticos PET Reciclado, Chota	Código del Proy: E-01
		Revisión:
Descripción:	INGENIERIA DE DETALLE MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 01-04-21
	MODULO A	Diseño: D.V.B.R.
ESTRUCTURAS		

7.0. DISEÑO DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA

7.1. Datos y Sketch



Características Geométricas de la Edificación

- Altura libre de la albañilería : $h = 3.5 \text{ m}$

Características de los Materiales

a. Albañilería

Unidades: Ladrillo clase IV sólidos, tipo King Kong de arcilla

Mortero Tipo :

P2-C:A, 1:4

- Pilas: resistencia a la compresión:

$f_m = 120 \text{ kg/cm}^2$

- Muretes: Resistencia al corte puro:

$V_m = 10.9 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Elasticidad: $E_m = 500f_m$

$E_m = 60000 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Corte

$G_m = 0.4E_m = 24000 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Poisson

$\mu = 0.25$

b. Concreto

- Resistencia nominal a compresión:

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de elasticidad:

$E_c = 217370.6512 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Poisson:

$\mu = 0.15$

c. Acero de Refuerzo

- Acero corrugado G60, esfuerzo de fluencia:

$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de elasticidad:

$E_s = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Poisson:

$\mu = 0.3$

7.2. Densidad de Muros

$Z = 0.25$

$U = 1.50$

$S = 1.20$

$A_p = 107.42 \text{ m}^2$

$N = 2 \text{ Pisos}$

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E_c = 217370.6512 \text{ kg/cm}^2$

$f_m = 120 \text{ kg/cm}^2$ $E_m = 60000 \text{ kg/cm}^2$

Relación Modular $= E_c/E_m = 3.62$

$$\frac{\sum Lr}{A_p} \geq \frac{2USN}{56} =$$

0.016 Parámetro de control de densidad de muros

Proyecto:	Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico PET Reciclado, Chota	Código del Proy: E-01
		Revisión:
		Fecha: 01-04-21
Descripción:	INGENIERIA DE DETALLE MEMORIA DE CALCULO	Diseño: D.V.B.R.
	MODULO A	

ESTRUCTURAS

Dirección Y-Y					
Muro	L(m)	t(m)	Nm	Ac (m2)	AcxNm
Muro eje A	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452
Muro eje C	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452
Muro eje E	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452

$$\frac{\sum Lt}{Ap} = 0.041 > 0.016 \quad \text{Cumple con la Densidad de Muros}$$

Se observa que en la dirección Y, la densidad de muros cumple la condición para resistir el cortante sísmico.

$$\frac{\sum Lt}{Ap} \geq \frac{0.05N}{56}$$

7.3. Análisis y Diseño por Cargas Verticales

Elegimos el muro más crítico y éste se encuentra en el EJE C-C

Cargas actuando sobre el muro portante EJE C-C

PISO	Descripción	N°	Larg	Ancho	Alto	Peso Unit.		Peso	
		Veces	l (m)	a (m)	h (m)	kg/m2	kg/m3	kg/m	Tn/m
PRIMER PISO	CARGA MUERTA (D)							3332	3.33
	- PP losa aligerada (c=20cm)	1	1	3.875		300		1163	1.16
	- PP muro (c=24cm)	1	1	0.24	3.00		1850	1332	1.33
	- PP Viga Principal VP2	1	1	0.25	0.40		2400	240	0.24
	- PP Viga Amarré VA1	1	1	0.25	0.35		2400	210	0.21
	- PP Acabados	1	1	3.875		100		388	0.39
	CARGA VIVA (L)							969	0.97
	- Se en azlas	1	1	3.875		250		969	0.97
SEGUNDO PISO	CARGA MUERTA (D)							1572	1.57
	- PP muro (c=24cm)	1	1	0.24	3.00		1850	1332	1.33
	- PP Viga Principal VP2	1	1	0.25	0.40		2400	240	0.24
	CARGA DE SERVICIO							5873	5.9

- Esfuerzos resultantes de la carga axial vertical

$$fa = (D+L)/A$$

$$fa = 2.45 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

A: Área del Muro = 100xt

- Esfuerzos Admisibles

$$Fa = 0.20fm \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

Se ha elegido el Muro más crítico central

Muro	h (cm)	t (cm)	Fm (Kg/cm2)	Fa (Kg/cm2)
Muros en Dirección Y	3.5	0.24	120	19.83

Proyecto	Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adhucamento Cal Hidratada y Plástico PET Reciclado, Chota	Código del Proy: E-01
		Revisión:
		Fecha: 01-04-21
Descripción	INGENIERIA DE DETALLE MEMORIA DE CALCULO	
	MÓDULO A	Diseño: D.V.B.R.
ESTRUCTURAS		

- Comparamos el Esfuerzo Actuante y el Esfuerzo Admisible

$$f_u = 2.45 \text{ kg/cm}^2 < F_u = 19.83 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto la sección del muro es adecuada para el efecto

7.4. Análisis y Diseño del Muro por Corte

- Peso total de la edificación obtenido de ETABS

- La masas y pesos obtenidos según el numeral 4.30 (E.030), son:

Piso	UX	UY	UZ
	tonf-s ³ /m	tonf-s ³ /m	tonf-s ³ /m
NIVEL 2	4.36248	4.36248	4.36248
NIVEL 1	6.07651	6.07651	6.07651
BASE	15.8734	15.8734	15.8734
TOTAL PESO (Tn)	258.12	258.12	258.12

Determinamos la Cortante Estática

El cortante estático esta dado por la siguiente expresión:

$$V_{x,y} = Z \cdot U \cdot C_{x,y} \cdot S \cdot P / R_{x,y}$$

Parám.	VALOR		OBSERVACIÓN	C _x /R _x >0.125	C _y /R _y >0.125
	X	Y			
Z	0.35	0.35	C=2.5 debido a que: T _x =0.21seg<T _p =0.6, T _y =0.12seg<T _p =0.6	0.313	0.833
U	1.50	1.50			
C	2.50	2.50			
S	1.15	1.15			
R	8.00	3.00			
Ve (tn)	48.7	129.9				OK	OK

El cortante del muro, obtenido de ETABS es de V =

15090.8 kg

Esfuerzo cortante actuante en toda la longitud del muro es:

$$V_a = V / (l \cdot t)$$

V = 15090.8 kg
l = 3.03m
t = 0.24m
V_a = 2.08 kg/cm²

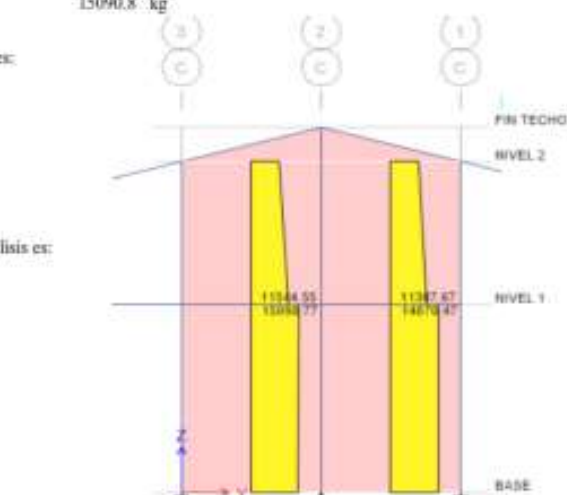
El esfuerzo cortante admisible en toda la longitud de análisis es:

$$f_d = \frac{PD}{A}$$

A = l · t
PD = 14835 kg
f_d = 2.0 kg/cm²
V_m = 1.2 · 0.186f_d
V_m = 1.57 kg/cm³

Comparamos esfuerzos

$$V_a = 2.08 > V_m = 1.57$$



Entonces el muro no resiste la cortante, por lo que se tendrá que aumentar el número de confinamientos y sus secciones

7.5. Diseño de los Confinamientos (Vigas y Columnas)

$$A_c = \frac{0.9 \cdot V}{\sqrt{f'c}}$$

$$A_c = 937.226 \text{ cm}^2$$

Proyecto:	Evaluación del Ludrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico PET Reciclado, Chota	Código del Proy: E-01
		Revisión:
		Fecha: 01-04-21
Descripción:	INGENIERIA DE DETALLE MEMORIA DE CALCULO	
	MÓDULO A	Diseño: D.V.B.R.

ESTRUCTURAS

$A_c > 20l$ = 480 cm² Entonces $A_{col} = 24 \times 40 \text{ cm} = 960 \text{ cm}^2$
Entonces $A_{vigas} = 24 \times 40 \text{ cm} = 960 \text{ cm}^2$

- Armadura Horizontal (Vigas)

$$A_{sh} = \frac{1.4 \cdot V}{f_y}$$

$$A_{sh} = 5.03026 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh \text{ min}} = 0.1 \frac{f'_c}{f_y} A_c$$

$$A_{sh \text{ min}} = 4.80 \text{ cm}^2 \text{ Por lo tanto usamos el Acero } 601/2^* = 7.7 \text{ cm}^2$$

Viga de Confinamiento VP2-24X40	REFUERZO PARA SECCION EN TRACCION Y EN COMPRESION	
		$3\emptyset 1/2^* = 3.870 \text{ cm}^2$ $3\emptyset 1/2^* = 3.870 \text{ cm}^2$

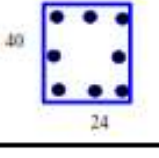
- Armadura Vertical (Columnas)

$$A_{sv} = \frac{1.4 \cdot V}{f_y} (h/l)$$

$$A_{sv} = 5.82013 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh \text{ min}} = 0.1 \frac{f'_c}{f_y} A_c$$

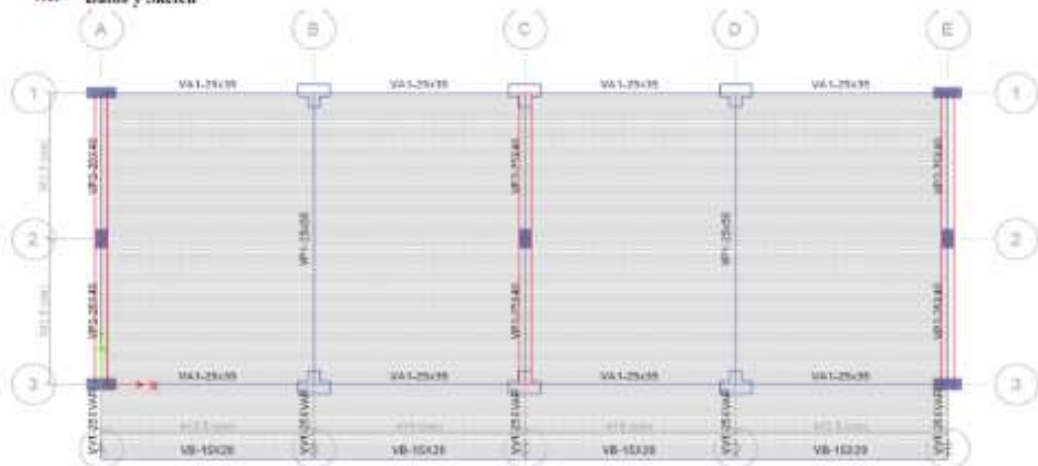
$$A_{sh \text{ min}} = 4.80 \text{ cm}^2 \text{ Por lo tanto usamos el Acero } 801/2^* = 11.6 \text{ cm}^2$$

Columna de Confinamiento C3-24X40 esta columna está en el centro del muro eje 2-2		$3\emptyset 1/2^* = 3.870 \text{ cm}^2$ $2\emptyset 1/2^* = 2.580 \text{ cm}^2$ $3\emptyset 1/2^* = 3.870 \text{ cm}^2$
--	---	---

Proyecto:	Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionando Cal Hidratada y Plástico PET Reciclado, Chota	Código del Proy: E-01
		Revisión:
Descripción:	INGENIERÍA DE DETALLE MEMORIA DE CALCULO	Fecha: 01-04-21
	MÓDULO A	Diseño: D.Y.R.R.
ESTRUCTURAS		

7.0. DISEÑO DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA

7.1. Datos y Sketch



Características Geométricas de la Edificación

- Altura libre de la albañilería : h= 3.5 m

Características de los Materiales

a. Albañilería

Unidades: Ladrillo clase IV sólidos, tipo King Kong de arcilla

Mortero Tipo :

P2 -C:A, 1:4

- Pilas: resistencia a la compresión:

$f_m = 180 \text{ kg/cm}^2$

- Muestras: Resistencia al corte puro:

$V_m = 58.79 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Elasticidad: $E_m = 500f_m$:

$E_m = 90160 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Corte

$G_m = 0.4E_m = 36064 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Poisson

$\mu = 0.25$

b. Concreto

- Resistencia nominal a compresión:

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de elasticidad:

$E_c = 217370.6512 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Poisson:

$\mu = 0.15$

c. Acero de Refuerzo

- Acero corrugado G60, esfuerzo de fluencia:

$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de elasticidad:

$E_a = 2000000 \text{ kg/cm}^2$

- Módulo de Poisson:

$\mu = 0.3$

7.2. Densidad de Muros

Z= 0.25

U= 1.50

S= 1.20

$A_p = 107.42 \text{ m}^2$

N= 2 Pisos

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ $E_c = 217370.6512 \text{ kg/cm}^2$

$f_m = 180 \text{ kg/cm}^2$ $E_m = 90160 \text{ kg/cm}^2$

Relación Modular= $E_c/E_m = 2.41$

$$\frac{\sum \Delta t}{A_p} \geq \frac{2.05N}{58} =$$

0.016

Parámetro de control de densidad de muros

Proyecto	Evaluación del Ladrillo Sólido de Concreto Adicionada Cal Hídratada y Plástico PET Reciclado, Chota	Código del Proy: E-01
		Revisión:
Descripción	INGENIERÍA DE DETALLE MEMORIA DE CÁLCULO	Fecha: 01-04-21
	MODULO A	Diseño: D.Y.B.R.
ESTRUCTURAS		

Dirección Y-Y					
Muro	L(m)	t(m)	Nm	Ac (m ²)	AexNm
Muro eje A	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452
Muro eje C	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452
Muro eje E	6.05	0.24	1.00	1.452	1.452

$$\frac{\sum L t}{A_p} = 0.041 > 0.016 \quad \text{Cumple con la Densidad de Muros}$$

Se observa que en la dirección Y, la densidad de muros cumple la condición para resistir el cortante sísmico.

$$\frac{\sum L t}{A_p} \geq \frac{20.5N}{56}$$

7.3. Análisis y Diseño por Cargas Verticales

Elegimos el muro más crítico y éste se encuentra en el EJE C-C

Cargas actuando sobre el muro portante EJE C-C

PISO	Descripción	Nº	Larg.	Ancho	Alto	Peso Unit.		Peso	
		Voces	l (m)	a (m)	b (m)	kg/m ²	kg/m ³	kg/m	Tn/m
PRIMER PISO	CARGA MUERTA (D)							3332	3.33
	- PP losa aligerada (c=20cm)	1	1	3.875		300		1163	1.16
	- PP muro (c=24cm)	1	1	0.24	3.00		1850	1332	1.33
	- PP Viga Principal VP2	1	1	0.25	0.40		2400	240	0.24
	- PP Viga Anclaje VA1	1	1	0.25	0.35		2400	210	0.21
	- PP Acabados	1	1	3.875		100		388	0.39
	CARGA VIVA (L)							969	0.97
	- Se en anillo	1	1	3.875		250		969	0.97
SEGUNDO PISO	CARGA MUERTA (D)							1572	1.57
	- PP muro (c=24cm)	1	1	0.24	3.00		1850	1332	1.33
	- PP Viga Principal VP2	1	1	0.25	0.40		2400	240	0.24
	CARGA DE SERVICIO							5873	5.9

- Esfuerzos resultantes de la carga axial vertical

$$f_a = (D+L)/A$$

$$f_a = 2.45 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

D: Carga Muerta

L: Carga Viva

A: Área del Muro = 100xt

- Esfuerzos Admisibles

$$F_a = 0.20 f_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right]$$

Se ha elegido el Muro más crítico central

Muro	h (cm)	t (cm)	Fm (Kg/cm ²)	Fa (Kg/cm ²)
Muros en Dirección Y	3.5	0.24	180	29.80

Proyecto	Evaluación del Ludrillo Sólido de Concreto Adhersonado Cal Hidratada y Plásticos PET Reciclado, Chota	Código del Proy: E-01
		Revisión:
		Fecha: 01-04-21
Descripción	INGENIERIA DE DETALLE MEMORIA DE CALCULO	
	MODULO A	Diseño: D.Y.B.B.
ESTRUCTURAS		

- Comparamos el Esfuerzo Actuante y el Esfuerzo Admisible

$$f_a = 2.45 \text{ kg/cm}^2 < F_a = 29.80 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto la sección del muro es adecuada para el efecto

7.4. Análisis y Diseño del Muro por Corte

- Peso total de la edificación obtenido de ETABS

- La masas y pesos obtenidos según el numeral 4.30 (E.030),son:

Piso	UX	UY	UZ
	tonf-a ² /m	tonf-a ² /m	tonf-a ² /m
NIVEL 2	4.36248	4.36248	4.36248
NIVEL 1	6.07651	6.07651	6.07651
BASE	15.8734	15.8734	15.8734
TOTAL PESO (Tn)	258.12	258.12	258.12

Determinamos la Cortante Estática

El cortante estático esta dado por la siguiente expresión:

$$V_{x,y} = Z * U * C_{x,y} * S * P / R_{x,y}$$

Parám.	VALOR		OBSERVACIÓN	Cx/Rx>0.125	Cy/Ry>0.125
	X	Y			
Z	0.35	0.35	C=2.5 debido a que: Tx=0.21seg<Tp=0.6, Ty=0.12seg<Tp=0.6	0.313	0.833
U	1.50	1.50			
C	2.50	2.50			
S	1.15	1.15			
R	8.00	3.00			
Ve (tn)	48.7	129.9				OK	OK

El cortante del muro, obtenido de ETABS es de $V = 11340.7 \text{ kg}$

Esfuerzo cortante actuante en toda la longitud del muro es:

$$V_a = V / l^2$$

$$V = 11340.7 \text{ kg}$$

$$l = 3.03 \text{ m}$$

$$l^2 = 0.24 \text{ m}$$

$$V_a = 1.56 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo cortante admisible en toda la longitud de análisis es:

$$f_d = \frac{P D}{A}$$

$$A = l^2$$

$$P D = 14835 \text{ kg}$$

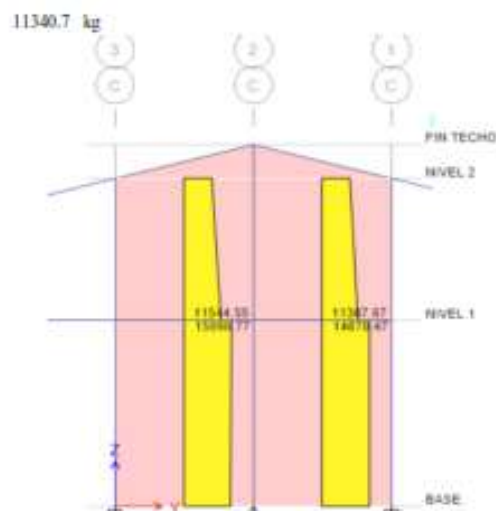
$$f_d = 2.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_m = 1.2 * 0.186 d$$

$$V_m = 1.57 \text{ kg/cm}^3$$

Comparamos esfuerzos

$$V_a = 1.56 < V_m = 1.57$$



Entonces el muro sí resiste la cortante, por lo que no se tendrá que aumentar el número de confinamientos y sus secciones



CONSTANCIA

El que suscribe Mg. Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo, **JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Chota:

HACE CONSTAR

Que el bachiller: **Diana Yuleysi Benavidez Rubio**, ha presentado la tesis denominada: **“EVALUACIÓN DEL LADRILLO SÓLIDO DE CONCRETO A DICIONANDO CAL HIDRATADA Y PLÁSTICO PET RECICLADO, CHOTA”**, para la verificación de su contenido en el programa antiplagio Turnitin de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, indicando que la misma tiene un 22 % de similitud, estando dentro del límite permitido (25%) establecido en acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Sin otro particular.

Colpa Matara, 14 de noviembre del 2022.

Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH