

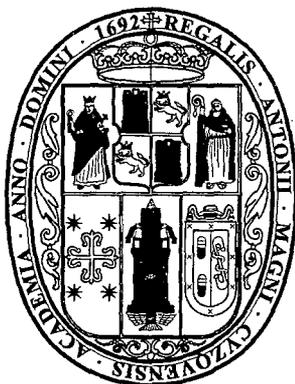
**U
N
S
A
A
C

C
U
S
C
O**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“BLOQUES DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN”

TESIS DE INVESTIGACIÓN

Presentado por:

Bach. ISSEL SUÁREZ JIMÉNEZ

Bach. EDGAR ARMANDO MUJICA NÚÑEZ

Para optar al Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Jurados:

Presidente: M. Sc. Ing. Martín Washington Esquivel Zamora

Integrantes: Ing. Jorge Ivan Cruz Tello

Ing. José Felipe Azpilcueta Carbonell

CUSCO - PERU

2016

TESIS FINANCIADA POR LA UNSAAC

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO:

Por habernos formado y dado la oportunidad de crecer intelectualmente y a la vez forjarnos como personas de bien.

A NUESTRO ASESOR:

Ing. Guido Holgado Escalante

Por su orientación, atención y aporte en el desarrollo de este trabajo, así como también por los ánimos e inquietudes generadas en cada una de las etapas de la investigación.

M. Sc. Ing. Martín Washington Esquivel Zamora

Por los conocimientos que nos brindó y el aporte en el desarrollo de este trabajo.

Ing. Jorge Iván Cruz Tello

Por el tiempo, ánimos, conocimientos e información brindados en este trabajo, así como también por el gran apoyo durante la realización de las investigaciones de laboratorio.

Ing. José Felipe Azpilcueta Carbonell

Por todos los conocimientos que nos brindó, la información que puso a nuestro alcance, por guiarnos y orientarnos en esta investigación, por el tiempo que puso a nuestra disposición y los ánimos que nos generó.

Al laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la FAIC

Queremos agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron desinteresadamente durante la realización de este trabajo de graduación:

Tec. Feliciano Salazar Cabrera

Tec. Hermenegildo Flores Naivares

Por su apoyo y amistad durante la realización de esta investigación.

A la empresa de fabricación de bloques ALFIL:

Por apoyar el desarrollo de esta investigación y desinteresadamente facilitar sus instalaciones:

Ing. Anabell Granada

Ing. Darwin Mujica

Y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron dando sus conocimientos y opiniones para enriquecer esta investigación.

Issel y Edgar.

DEDICATORIA

A DIOS: Por prestarme la vida y regalarme una familia maravillosa.

A MIS PADRES: Leonidas Suárez Farfán, por guiarme y orientarme en el estudio de esta carrera, por todo su apoyo y los consejos que siempre fueron y serán una guía en mi vida, a Luz Marina E. Jiménez Quispe, porque sin su apoyo, dedicación y atención nunca hubiera podido alcanzar esta meta, porque siempre estuvo en los momentos más difíciles para apoyarme y darme sus sabios consejos e inculcarme valores que guiaran mi vida.

A MIS HERMANOS: Edison, Joel y Evelyn por contar con su apoyo incondicional y entusiasmo en todo momento.

A MI ENAMORADO: Edgar porque puso todo su esfuerzo y dedicación para que pudiéramos desarrollar esta investigación y porque siempre ha estado a mi lado apoyándome.

A MIS AMIGOS: Por su incondicional apoyo y su amistad sincera.

Issel Suárez Jimenez

Esta tesis dedico con todo cariño a:

DIOS

Por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera y permitirme estar en este momento tan importante en mi formación.

MIS PADRES

Con mucho cariño, ya que es un logro más que quiero compartir con ustedes, les doy las gracias por ser la parte fundamental en todo lo que soy, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, y sobre todo por sus esfuerzos, su apoyo, por su confianza y por creer en mí.

MIS HERMANOS

Dennis y Darwin por ser parte importante de mi vida, por contar con su apoyo y entusiasmo en todo momento y sin lugar a duda a mis dos hermosas sobrinas Bianca y Danna por la alegría que dan y las ganas de seguir adelante.

A MI ENAMORADA Y COMPAÑERA DE TESIS

Issel Suarez Jimenez, quien ha estado a mi lado todo este tiempo en el que hemos trabajado en esta obra. Por la compañía y la confianza que me ha brindado todo este tiempo siendo ya parte de mi vida futura.

Edgar A. Mujica Nuñez

ÍNDICE:

1. GENERALIDADES:	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	11
1.1.1. ANTECEDENTES:	11
1.1.2. ACTUALIDAD:	13
1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA:	16
1.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA:	16
1.2.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN:	16
1.3. JUSTIFICACIÓN:	16
1.3.1. DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERÍA:	16
1.3.2. DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL MEDIO AMBIENTE:	17
1.3.3. DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SALUD:	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:	18
1.4.1. OBJETIVO GENERAL:	18
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	18
1.5. HIPÓTESIS :	18
1.6. ALCANCES:	19
1.7. LIMITACIONES:	19
1.8. METODOLOGÍA:	20
1.8.1. TIPO DE ESTUDIO:	20
1.8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA :	21
1.8.3. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES:	22
1.8.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:	23
2. MARCO REFERENCIAL:	26
2.1. MARCO HISTÓRICO:	26
2.1.1. HISTORIA DEL NEUMÁTICO:	26
2.1.2. BLOQUES DE CONCRETO Y SU EVOLUCIÓN:	27
2.1.3. NEUMÁTICOS RECICLADOS COMO AGREGADO EN EL CONCRETO :	27
2.2. MARCO CONCEPTUAL:	30
2.2.1. AGREGADOS:	30
2.2.2. CAUCHO GRANULADO COMO AGREGADO PARA EL CONCRETO:	36
2.2.3. BLOQUES HUECOS DE CONCRETO:	38
2.3. MARCO NORMATIVO:	52
2.3.1. MARCO NORMATIVO NACIONAL:	52
2.3.2. MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL:	53

3. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:	56
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS:	56
3.1.1. MUESTREO DEL MATERIAL DE LAS CANTERAS HUILLQUE Y ZURITE:	56
3.1.2. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS:	58
3.1.3. PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS.	65
3.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.	68
3.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.	70
3.2.1. DESCRIPCIÓN.	70
3.2.2. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA:	70
3.2.3. PROCEDIMIENTO.	71
3.2.4. RESUMEN DE LOS MÉTODOS ACI, FULLER y MODULO DE FINEZA:	71
3.3. ELABORACIÓN Y ENSAYO DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CAUCHO.	74
3.3.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO – CAUCHO.	74
3.3.2. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO – CAUCHO.	75
3.4. ENSAYO DE VIGAS DE CONCRETO- CAUCHO PARA OBTENER EL MODULO DE RIGIDEZ DINÁMICO.	80
3.4.1. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL MÓDULO DE RIGIDEZ DINÁMICO. ..	81
3.4.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE VIGAS.	81
3.5. ELABORACIÓN Y ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO- CAUCHO:	84
3.5.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO-CAUCHO. 84	
3.5.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO:	87
3.5.3. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO:	99
3.5.3.1. PROCEDIMIENTO:	99
3.5.3.2. CÁLCULO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO, COMPARACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO:	100
3.6. MORTERO PARA LAS JUNTAS DE PILAS Y MURETES:	103
3.6.1. PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA RELACIÓN AGUA- CEMENTO.	103
3.6.2. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE CUBOS DE MORTERO PARA DETERMINAR SU RESISTENCIA:	105
3.7. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:	106
3.7.1. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE PILAS DE ALBAÑILERÍA:	106

3.7.2.	ENSAYO Y CÁLCULO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO:	108
3.8.	ENSAYO A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO-CAUCHO:	112
3.8.1.	CONSTRUCCIÓN DE MURETES:	112
3.8.2.	ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL	113
3.9.	AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:	117
3.9.1.	AISLAMIENTO ACÚSTICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO: ...	117
3.9.1.1.	PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO :	117
3.9.2.	AISLAMIENTO TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:.....	120
3.9.2.1.	PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO :	120
3.10.	RESISTENCIA AL FUEGO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO.....	122
3.10.1.	PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	123
3.11.	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE UN BLOQUE CONVENCIONAL (D-1) Y EL BLOQUE PROPUESTO (D-4):.....	124
3.12.	CUADRO RESUMEN COMPARATIVO DE LOS DISEÑOS D-1, D-4 Y D-5 :.....	126
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	128
4.1.	CONCLUSIONES:	128
4.2.	RECOMENDACIONES:.....	130
	BIBLIOGRAFÍA:	130
	ANEXOS.	133

INDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Proporcionamientos para el D-1, D-4, D-5 y D-6.	21
Tabla 2:	Variables Independientes del Experimento Factorial	22
Tabla 3:	Granulometría global según la NTP.400.012.2013	31
Tabla 4:	Granulometría según Fuller- Thompson en función del tamaño máximo del agregado	32
Tabla 5:	Granulometría según Weymouth en función del tamaño máximo del agregado	33
Tabla 6:	Granulometría según el Estudio Experimental	34
Tabla 7:	factores de corrección altura/espesor para resistencia en compresión de prismas de albañilería.	47
Tabla 8:	Medida de las Muestras Confiables para la extracción	57
Tabla 9:	Porcentajes que pasa recomendados para el agregado fino	58
Tabla 10:	Porcentajes que pasa recomendados para el agregado grueso	59
Tabla 11:	Granulometría del Agregado Grueso de las Canteras de Zurite y Huillque	60
Tabla 12:	Granulometría del Agregado Fino de las Canteras de Zurite y Huillque.....	62
Tabla 13:	Clasificación de la arena según el módulo de finura (MF) (Porrero S., Ramos R., Grases G., & Velazco, 2009)	63

Tabla 14: Granulometría global del agregado corregido de Zurite.....	63
Tabla 15: Análisis Granulométrico del Caucho Granulado	64
Tabla 16: ¿La medida indicada será utilizada para ensayar agregados con Tamaño Máximo Nominal igual o menor.....	66
Tabla 17: Resultados de Peso Unitario de los Agregados de la Cantera de Zurite.....	67
Tabla 18: Valores usuales de las relaciones Peso/Volumen de los agregados no livianos	68
Tabla 19: Resultados de peso específico de los agregados grueso y fino de la cantera de Zurite.....	70
Tabla 20: Resumen de diseño de mezcla método ACI, Fuller y Módulo de Fineza	71
Tabla 21: Proporcionamiento en volumen para los treinta testigos cilíndricos de concreto	72
Tabla 22: Resumen de resultados del ensayo de compresión axial de treinta testigos cilíndricos de concreto.....	73
Tabla 23: Diseños de mezcla concreto-caucho.....	76
Tabla 24: Resumen de compresión axial respecto al tiempo de curado de los testigos cilíndricos de concreto con 0% caucho, 5% caucho, 10% caucho, 15% caucho, 20% caucho y 25 % caucho.	76
Tabla 25: Evaluación de resistencias a compresión axial de los D-1, D-2, D-3, D-4, D-5 y D-6	77
Tabla 26: Resumen estadístico de resistencia a la compresión axial de los D-1, D-4, D-5, D-6.....	78
Tabla 27: Calculo de la velocidad promedio para el cálculo del módulo de rigidez dinámico.	81
Tabla 28: Resultados de Módulo de Rigidez Dinámico de los diseños D-1, D-4 y D-5.	82
Tabla 29: Proporcionamiento de los materiales para la mezcla de concreto en m ³ y baldes de 1 galón para 12 bloques.....	85
Tabla 30: Proporcionamiento de los agregados para la mezcla de concreto (agregado pétreo y caucho) en baldes de 1 galón para 12 bloques.	85
Tabla 31: Variación dimensional respecto a la longitud (VD-L) de los diseños D-1, D-4, D-5.....	88
Tabla 32: Variación dimensional respecto a la altura (VD-H) de los diseños D-1, D-4, D-5.....	89
Tabla 33: Variación dimensional respecto al ancho (VD-A) de los diseños D-1, D-4, D-5.	89
Tabla 34: Alabeo de la cara superior de los bloques de concreto-caucho.	90
Tabla 35: Alabeo de la cara inferior de los bloques de concreto-caucho	91
Tabla 36: Especificaciones de la Norma E-070 para variación dimensional y alabeo máximo.	91
Tabla 37: Absorción de Bloques Huecos de Concreto- Caucho	92
Tabla 38: especificaciones de la Norma E-070 de % de absorción.	93
Tabla 39: Resultados del ensayo de densidad y porosidad según la ASTM.	94
Tabla 40: Clasificación de las unidades de albañilería- % de vacíos.....	96
Tabla 41: Succión en la superficie horizontal superior de asiento.	97
Tabla 42: Succión en la superficie horizontal inferior de asiento.	97
Tabla 43: Resumen de las propiedades físicas de los Bloques Huecos de Concreto - Caucho	98
Tabla 44: Resistencia a compresión axial de bloques huecos de concreto del D-1.....	100
Tabla 45: Resistencia a compresión axial de bloques huecos de concreto del D-4.....	101
Tabla 46: Resistencia a compresión axial de bloques huecos de concreto del D-5.....	101
Tabla 47: Comparación de resistencias a la compresión axial de los bloques de concreto a los 28 días para los diseños D-1, D-4, D-5.....	102
Tabla 48: Granulometría de la arena para el mortero	103
Tabla 49: % de fluidez para diferentes relaciones agua/cemento.....	105
Tabla 50: Resistencia alcanzada de los cubos de mortero a la edad de 28 días.	106
Tabla 51: Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería D-1	109
Tabla 52: Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería D-4	109
Tabla 53: Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería D-5.....	110
Tabla 54: Resistencias a compresión diagonal (v'm) obtenidas para los diseños D-1, D-4, D-5.	114
Tabla 55: Deformación angular de los diseños D-1, D-4 y D-5.....	115
Tabla 56: Deformación angular de los diseños D-1, D-4 y D-5.....	116
Tabla 57: Reacción de los muros del diseño D-1 y D-4 ante el fuego.	123

Tabla 58: Reacción de los bloques del diseño D-1 y D-4 ante el fuego.	124
Tabla 59: Costo de un bloque hueco de concreto convencional.....	125
Tabla 60: Costo de un bloque hueco de concreto convencional.....	125
Tabla 61: Resumen Comparativo de las características de los bloques de concreto (D-1, D-4 y D-5)	126

ÍNDICE DE GRÁFICOS:

Gráfico 1: Población (240) y Muestra (200) de los bloques huecos de concreto- caucho.	22
Gráfico 2: Comparación de Curvas Granulométricas de las Canteras de Huillque y Zurite.....	57
Gráfico 3: Granulometría del Agregado Grueso de las Canteras de Zurite y Huillque.....	61
Gráfico 4: Granulometría del Agregado Fino de las Canteras de Zurite y Huillque	62
Gráfico 5: Granulometría del agregado corregido de Zurite.	64
Gráfico 6: Granulometría del Caucho Granulado.	65
Gráfico 7: Resumen de resultados del ensayo de compresión axial de treinta testigos cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.	74
Gráfico 8: resistencia vs edad de ensayo para los diseños D-1, D-2, D-3, D-4, D-5 y D-6.....	77
Gráfico 9: Resistencia promedio de 30 testigos cilíndricos de concreto- caucho respecto a los diseños D-1, D-4, D-5 y D-6.	79
Gráfico 10: Carga vs. Deformación (Izquierda) y Modulo de Rigidez vs. Deformación (Derecha) D-11	82
Gráfico 11: Carga vs. Deformación (Izquierda) y Modulo de Rigidez vs. Deformación (Derecha) D-4	82
Gráfico 12: Carga vs. Deformación (Izquierda) y Modulo de Rigidez vs. Deformación (Derecha) D-5	83
Gráfico 13: Comparación de carga vs deformación de los diseños D-1, D-4 y D-5.	83
Gráfico 14: Comparación de Módulo de Rigidez Dinámico vs deformación de diseños D-1, D-4 y D-5.	84
Gráfico 15: Resultados del ensayo de densidad.	95
Gráfico 16: Resultados del ensayo de porosidad.	95
Gráfico 17: Incremento de resistencia respecto al tiempo de los diseños D-1, D-4, D-5 y D-6	102
Gráfico 18: Granulometría del mortero óptimo de la cantera de Zurite.	104
Gráfico 19: Resistencia a compresión de pilas de albañilería (f'm).....	110
Gráfico 20: Comparación de las resistencias características (f'm) de los diseño D-1, D-4 y D-5. ...	114
Gráfico 21: Deformación angular (izquierda) y módulo de rigidez (derecha) de los diseños D-1, D-4 y D-5.....	116
Gráfico 22: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido bajo (izquierda) y medio (derecha).	118
Gráfico 23: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido alto.	118
Gráfico 24: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido bajo (izquierda) y medio (derecha).	119
Gráfico 25: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido alto.	119
Gráfico 26: Temperatura interior de la caja- ambiente para el diseño D-1.....	121
Gráfico 27: Temperatura interior de la caja- ambiente para el diseño D-4.....	122

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1:** Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Grueso cantera Zurite - Anta
- Anexo 2:** Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Fino cantera Zurite - Anta
- Anexo 3:** Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Grueso cantera Huillque - Limatambo
- Anexo 4:** Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Fino cantera Huillque - Limatambo
- Anexo 5:** Análisis Granulométrico por tamizado Caucho Granulado.
- Anexo 6:** Determinación del peso Unitario NTP 400.017 Agregado Grueso Zurite-Anta
- Anexo 7:** Determinación del peso Unitario NTP 400.017 Agregado Fino Zurite-Anta
- Anexo 8:** Determinación del peso Unitario NTP 400.017 Caucho Granulado.
- Anexo 9:** Determinación del Peso Específico NTP 400.022 Agregado Grueso Cantera Zurite - Anta
- Anexo 10:** Determinación del Peso Específico NTP 400.022 Agregado Grueso Cantera Zurite - Anta
- Anexo 11:** Diseño de mezcla Método ACI.
- Anexo 12:** Ficha de recolección de datos para el ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6
- Anexo 13:** Resumen de datos del ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho D-2, D-3.
- Anexo 14:** Resumen de datos del ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho, D-4, D-5.
- Anexo 15:** Resumen de datos del ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho, D-6.
- Anexo 16:** Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto- Caucho del diseño D-1 (0% caucho) para su análisis estadístico.
- Anexo 17:** Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto- Caucho del diseño D-4 (15% caucho) para su análisis estadístico.
- Anexo 18:** Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto- Caucho del diseño D-5 (20% caucho) para su análisis estadístico.
- Anexo 19:** Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto- Caucho del D-6 (25% caucho) para su análisis estadístico.
- Anexo 20:** Ensayo de vigas de concreto- caucho para obtener el módulo de rigidez dinámico. D-1(0% caucho), D-4(15% caucho), D-5(20% caucho).
- Anexo 21:** Relación de vacíos o índice de poros.
- Anexo 22:** Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – Caucho D-1, ficha recolección de datos diseño D-1 (0% caucho)
- Anexo 23:** Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – caucho ficha resumen diseño D-1 (0% caucho)
- Anexo 24:** Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – Caucho ficha resumen diseño D-4(15% caucho)
- Anexo 25:** Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – Caucho ficha resumen diseño D-5(20% caucho)
- Anexo 26:** Cálculo de resistencias a la compresión de pilas de bloques huecos de Concreto – Caucho prueba de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería diseño D-1 (0% caucho).
- Anexo 27:** Cálculo compresión diagonal de muretes con bloques huecos de Concreto-Caucho. Prueba de resistencia a la compresión diagonal en muretes de albañilería (NTP. 399.621) Diseño D-4 (15% de caucho)
- Anexo 28:** Datos registrados de variación de niveles de ruido (bajo, medio y alto) de cajas de concreto - Caucho para los diseños D-1(0% caucho) D-4 (15% de caucho)
- Anexo 29:** Registro de las temperaturas en el ambiente y la caja del diseño D-1 y D-4.

RESUMEN:

Con la finalidad de minimizar el impacto ambiental que generan los neumáticos luego de transcurrida su vida útil, surge como objetivo fundamental del presente trabajo de investigación, analizar la influencia de la adición del caucho granulado, proveniente de los neumáticos en desuso, como parte del agregado fino en la fabricación de bloques huecos de concreto, a través de ensayos destructivos y no destructivos. Los estudios de resistencia a la compresión realizados a los bloques, con un reemplazo progresivo (5%, 10%, 15%, 20% y 25%) del agregado fino por caucho granulado en volumen, ensayados a la edad de 7, 14 y 28 días, indican que la adición de caucho hasta en un 20% no presentan variaciones significativas al compararlos con el concreto tradicional. Por otra parte, el módulo de rigidez dinámico, disminuye a mayor adición de caucho granulado, además el caucho granulado en el concreto ofrece mayor aislamiento acústico y térmico

Palabras clave: Concreto-caucho; Comportamiento mecánico; Modulo de rigidez dinámico; Aislamiento acústico; Aislamiento Térmico.

ABSTRACT:

In order to minimize the environmental impact generated by the tires after elapsed life emerges as a fundamental objective of this research, analyze the influence of the addition of granulated rubber from tires out of use, as part of the aggregate fine in the manufacture of hollow concrete blocks, through destructive and non-destructive testing. Studies compressive strength made to blocks with a progressive replacement (5%, 10%, 15%, 20% and 25%) of fine aggregate by granulated rubber volume, tested at the age of 7, 14 and 28 days indicate that the addition of rubber to 20% no significant variation when compared with traditional concrete. Furthermore, the dynamic stiffness modulus, decreases at higher addition of crumb rubber, rubber granules in addition concrete offers greater acoustic and thermal insulation.

Keywords: Concrete-rubber; mechanical behavior; dynamic stiffness modulus; Acoustic isolation; Thermal isolation.

INTRODUCCIÓN:

Los desechos de caucho han recibido gran atención en los últimos años debido al gran volumen que se genera y a su dificultad para eliminarlos y/o reutilizarlos. En el Perú se estima que en el 2011 se generó 5.04 millones de toneladas/año de neumáticos en desuso y en el 2012 se generó 4.68 millones de toneladas/año de neumáticos en desuso, de los cuales el Cusco generó 160 mil toneladas/año en el 2012 (Ministerio del Ambiente, 2013).

Existen diversas vías para que el caucho recuperado sea útil (Segre & Joekes, 2000; Kozevith & Pino, 2001). Sin embargo, para que armonicen con el ambiente, los desechos de caucho deben ser convertidos a una forma óptima para su mejor utilización. Encontrándose diferentes métodos o vías de disposición de los desechos de caucho. El método más utilizado es el de colocarlos en los rellenos sanitarios. También, el caucho desechado puede servir como fuente energética, ya que el método de incineración tiene un alto valor calórico. A pesar de estas alternativas, el reciclaje es la mejor solución para la disposición del caucho de desecho, debido a sus ventajas económicas y ecológicas.

Los materiales utilizables que se obtienen de los residuos de neumáticos, están constituidos por varios polímeros naturales y sintéticos: Caucho Natural (NR), Estireno Butadieno (SBR), Polibutadieno (BR), Polisoprenos Sintéticos (IR), entre otros, que puede ser usado como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras. Pueden usarse también en losetas de goma, aislantes de vibración. Otros usos son los deportivos, en campos de juego y pistas de atletismo. Las utilidades son infinitas y crecen cada día.

Por otra parte, la concepción de productos en base a concreto, también está incrementando debido al alto crecimiento del sector de la construcción en los últimos años. A pesar de que el concreto es uno de los elementos más versátiles en la construcción, existe la necesidad de modificar sus propiedades tales como resistencia, dureza, ductilidad y durabilidad (Topcu, 1997). La inclusión de caucho en el concreto resulta en mayor durabilidad y elasticidad, lo cual da lugar a su utilización en importantes áreas: en edificaciones sismorresistentes, pavimentos rígidos, etc.

En base a lo indicado, esta investigación se llevó a cabo con el fin de estudiar las propiedades físico-mecánicas además del comportamiento acústico y térmico de los bloques huecos de concreto con la adición de caucho, al cual se le incorporó caucho granulado con un tamaño máximo 0.094 pulgadas provenientes de neumáticos en un porcentaje de 5%, 10%, 15%, 20% y 25 con una relación agua/cemento de 0,89 y edad de curado de 7, 14 y 28 días.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES



1. GENERALIDADES:

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.1.1. ANTECEDENTES:

La posibilidad de reutilizar hoy en día los neumáticos en desuso, como materia prima en la construcción ya no es sólo una idea, prácticamente es una realidad en países como: Estados Unidos, México, Puerto Rico y países sudamericanos están utilizando el caucho como agregado para las mezclas de concreto.

La Universidad de Colorado, Universidad del norte del Estado de California y la Universidad del Estado de Arizona junto al departamento de transporte de Arizona desde el año de 1994 hasta la fecha, han llevado a cabo una serie de investigaciones utilizando el caucho como agregado y para qué fines estas pueden ser aprovechadas al máximo dentro de la construcción de obras civiles dentro de un país de gran desarrollo y de primera elite mundial.

La concretera mundial mexicana reconocida CEMEX, están realizando investigaciones de cómo utilizar el caucho, estas investigaciones se desarrollan con el único propósito de reutilizar las llantas en desuso y utilizarla como agregados para la elaboración de pavimentos de concretos, con la finalidad de utilizarlos como una alternativas más, en la elaboración de concretos de bajos costos en el mercado ingenieril.

Puerto Rico, por medio de la empresa REMA, ha hecho énfasis en los posibles fines en los cuales puede ser utilizada el caucho, siempre y cuando esta actividad no solo venga al aporte de una solución de alternativas para la obtención de materias primas en la construcción, más bien la necesidad de como reciclar este desecho voluminoso, el problema de los neumáticos es que cada día que transcurre se depositan más en las quebradas y vertederos. Aumentado el grado de contaminación en el país de Puerto Rico, así como el efecto negativo que se provocan al medio ambiente.

Topcu et al. (1994), investigaron sobre la influencia del tamaño y la cantidad de las partículas de caucho reciclado, sobre las propiedades de los compuestos concreto-polímero (PC). Para el desarrollo del experimento usaron cemento portland tipo I, piedra triturada de 1425 kg/m^3 de peso unitario y de 2681 de gravedad específica, arena de río de 4 mm de tamaño máximo, con un peso unitario de 1640 kg/m^3 , una gravedad específica de 2640 y 1% de absorción de agua. Se usó caucho reciclado obtenido de la trituración de la superficie exterior de caucho de desecho, el cual fue separado en dos tamaños de grano 0.149 (fino) y de 0.250 mm (grueso). Se utilizó 0,6 de



relación agua/cemento, el caucho reciclado se adicionó en una relación de volúmenes de 15%, 30% y 45% empleándose moldes cilindros y cúbicos. Las pruebas de compresión se realizaron para las mezclas de concreto-caucho, en 7, 28 y 180 días. Encontraron una reducción de las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto engomado, conforme se aumenta el volumen de caucho reciclado. Asimismo los resultados también indicaron que los agregado de caucho grueso adheridos al concreto, tiene un influencia más negativas en las mezclas de concreto que los agregados finos. De igual forma se encontró, que como el caucho es un material elástico, al adicionarse al concreto éste exhibe un comportamiento más dúctil, y comienza a comportarse como una estructura elástica de resistencia inferior y con una alta capacidad de energía plástica.

Svec & Veizer et al. (1995), realizaron investigaciones sobre la resistencia estructural de caucho-asfalto. Emplearon un diseño de mezcla desarrollado hace 25 años en Alemania, denominado Splittmastixasphalt (SMA). Se elaboraron cinco mezclas, con 0% (mezcla control), 5%, 10%, 15% 20% de contenido de polvo de caucho (Ripiu), en base a la carga de asfalto. Se usó una densidad relativa de 2.67 para el agregado grueso, mientras que para el agregado fino se usó una densidad relativa de 2.65. La densidad de la carga pasante fue de 2.36. Se empleó arena de aproximadamente 0.09 mm de diámetro. Encontraron que la presencia de polvo de caucho en el asfalto incrementa la flexibilidad del material.

Se encontró que no existe una marcada diferencia entre los distintos porcentaje de polvo de caucho en las mezclas. Es posible que está flexibilidad incrementada, pueda reducir el resquebrajamiento de las carreteras de asfalto durante el invierno, ocasionado por el congelamiento.

Segre & Joeques et al. (2000), realizaron investigaciones para aumentar la adhesión superficial entre el polvo de caucho reciclado y el cemento en pasta.

Para ello utilizan cemento Portland tipo I, polvo de caucho reciclado de malla #35 como valor máximo, hidróxido de sodio, silicato de sodio comercial tipo H300 ND. Posteriormente, sometieron la superficie de las partículas de caucho reciclado en una solución acuosa de NaOH, durante 20 minutos. Emplearon una relación agua cemento de 0.36, y prepararon dos mezclas con 10% en masa de caucho reciclado, una tratada previamente con NaOH, y la otra sin tratar. Finalmente llevaron a cabo pruebas de densidad, absorción de agua, exploración microscópica, módulo de elasticidad, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión y resistencia a la abrasión. Encontraron que caucho tratado con NaOH tiene la mejor adhesión superficial con la pasta de cemento que el caucho sin tratar. La adición de caucho ocasiona una disminución en la resistencia a la compresión, mientras que, tanto la resistencia a la flexión como el módulo de elasticidad se incrementan cuando son añadidas partículas de caucho a la pasta de cemento. De esta manera concluyeron que algunas propiedades mecánicas del material, mejoran con el uso de partículas de caucho reciclado, asimismo concluyeron que el tratamiento con NaOH de las partículas de caucho



reciclado, pueden adecuarse al material para su uso con fines de ingeniería, cuando no se necesitan de altas resistencias.

Kozievith & Pino et al. (2001), estudiaron el comportamiento del caucho pulverizado proveniente de llantas con el cemento Portland. Utilizaron cemento Portland comercial tipo II, se utilizó polvo de caucho proveniente de llantas trituradas, con tamaño de fragmentos de 0.4 mm y de 1.0 mm. Con el caucho pulverizado mediano (1.0 mm), llevaron a cabo dos mezclas con volumen de agua del 40%, con variaciones de caucho en un 5% y 10% y para el caucho pulverizado (0.4mm) realizaron tres mezclas, con volúmenes del 25% y 10%, con variaciones en el volumen de agua de 66%, 50% y 40%. Analizaron la densidad aparente, la resistencia a la compresión y la porosidad. Concluyeron que no existía una disminución significativa de los valores de resistencia a la compresión y porosidad, comparado con el cemento puro, para mezclas de 5% de polvo de caucho en base de cemento seco en pasta, con una relación agua cemento de 0.5. Asimismo encontraron que a medida que se aumenta el porcentaje de caucho en las mezclas, la porosidad se incrementa. También encontraron una disminución en la resistencia a la compresión y la densidad, a medida que se aumentan las cantidades de agua. De igual forma encontraron, que la resistencia a la compresión presenta una disminución en la medida en que se aumenta el tamaño de las partículas.

Algunas de las desventajas que presenta el concreto convencional son los agrietamientos por contracción y expansión, y agrietamiento por impacto, por el contrario, distintas investigaciones, han demostrado que el caucho es apta para mejorar dichas desventajas, como su peso unitario, reducción de grietas, lo cual hacen a este nuevo agregado aplicable para propósitos arquitectónicos como fachadas y elementos decorativos al ser una mezcla más liviana puede utilizarse en lugares donde se requieran elementos de concreto no estructurales de mayor tamaño (García Melgar, Hernández Maldonado, & Menéndez Alvarenga, 2011, págs. 1-3).

1.1.2. ACTUALIDAD:

La poca conciencia del ser humano, la falta de una política ambiental eficiente, la poca capacidad innovadora, el acelerado crecimiento del parque automotor, entre otros, han derivado en una contaminación irracional de nuestro planeta. Los neumáticos son residuos que tienen un alto impacto en el medioambiente: son de gran tamaño, no se descomponen, son ideales como nido de roedores e insectos, son potenciales focos de incendios con la consecuente contaminación no sólo del suelo sino también del aire y además las sustancias de las que están fabricados, penetran el suelo y contaminan las napas subterráneas de agua.

Tal vez, recuperar neumáticos difícilmente determine una ganancia financiera para quien lo haga. Sin embargo, se deben considerar los beneficios ambientales, sociales y sanitarios para las



ciudades y su población, razón por la cual se justifica ampliamente que este proceso de recuperación sea afrontado a la brevedad.

En nuestro país, el problema de los neumáticos de desecho tiene su cuna en la gran minería. Según informe de la SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria), El mercado peruano de neumáticos, en los últimos años ha tenido un crecimiento muy importante, o record en esta última década, producto del crecimiento económico. También por el ingreso de nuevos vehículos al mercado, de diferentes países, automóviles, camionetas, camiones, buses, camiones mineros, y tractores, de uso agrícola, forestal, construcción y otros como motocicletas, bicicletas, y aeronaves.

El incremento de estos vehículos sumados a los existentes, ha incrementado una demanda de producción, y consumo. Esto ha permitido el ingreso al mercado de nuevas marcas de neumáticos de diferentes países tanto de calidad y precio (Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria, 2013).

Expresados en Dólares:

IMPORTACIONES

Las importaciones de Neumáticos Nuevos en el 2012 fueron: U\$ 417'683,036.38

Las Importaciones de Neumáticos Nuevos de Enero a Julio del 2013 fueron: U\$ 298'229,498.81

Como se observa en el cuadro 1: Importaciones y exportaciones de neumáticos nuevos.

EXPORTACIONES:

Exportaciones de Neumáticos Nuevos en el 2012 fueron: U\$ 50'290,923.78

Exportaciones de Neumáticos Nuevos de Enero a Julio del 2013 fueron: U\$ 29'641,042.82

Es importante mencionar que no incluye la producción interna y venta local de las fábricas de neumáticos de las dos fábricas Lima Caucho y Goodyear.

La demanda en el sector de llantas industriales, minería y otros, se ha incrementado sustancialmente, por el incremento de las inversiones en el sector minero y hay una importante demanda y falta de oferta.

Aquí vamos a mostrar el cuadro que se preparó en función a la investigación de mercado, extraído de datos proporcionados por la SUNAT.



También se muestra las importaciones y exportaciones de neumáticos y bandas de reencauche y cámaras de vehículos.

Como se observa en el cuadro 1: Importaciones y exportaciones de neumáticos nuevos, en el cuadro 2: Importaciones y exportaciones de neumáticos reencauchados y en el cuadro 3: Importaciones y exportaciones de cámaras de caucho.

	IMPORTACIONES (x 1000)		EXPORTACIÓN (x 1000)	
	2012	Enero-Julio 2013	2012	Enero-Julio 2013
Neumáticos nuevas de caucho	417,683	298,229	50,291	29,641

Cuadro 1: Importaciones y exportaciones de neumáticos nuevos

Fuente: www.sunat.gob.pe

IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE NEUMÁTICOS RENCAUCHADOS

BANDAS Y PROTECTORES	IMPORTACIONES (x 1000)		EXPORTACIONES (x 1000)	
	2012	Enero-Julio 2013	2012	Enero-Julio 2013
Neumáticos Rencauchados	6,686	5,650	8,476	5,137

Cuadro 2: Importaciones y exportaciones de neumáticos reencauchados

Fuente: www.sunat.gob.pe

IMPORTACIÓN DE CÁMARAS (TUBOS) DE CAUCHO:

BANDAS Y PROTECTORES	IMPORTACIONES (x 1000)		EXPORTACIONES (x 1000)	
	2012	Enero-Julio 2013	2012	Enero-Julio 2013
Utilizados en autos camiones, autobuses	11,039	8,022	28	6

Cuadro 3: Importaciones y exportaciones de cámaras de caucho

Fuente: www.sunat.gob.pe

Se estima que en el 2011 se reportó 5.04 millones de toneladas/año y en el 2012 se reportó 4.68 millones de toneladas/año de los cuales el Cusco produce 160 mil toneladas/año en el 2012 (Ministerio del Ambiente, 2013), (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Superintendencia Nacional de los Registros Públicos, 2014).

De los cuadros anteriores cuadro 1, cuadro 2 y cuadro 3, se observa que la producción de neumáticos en el país va en incremento y como estos no son biodegradables, sobrevivirán por millones de años, no pueden reutilizarse para hacer nuevos neumáticos, no pueden llevarse a los vertederos porque obstruyen el procesamiento de la basura y está prohibido acumularlos por el riesgo de incendio. Por ello este es un problema latente que necesita una solución, el trabajo de



investigación propuesto pretende buscar una alternativa de reciclaje y reducir la cantidad de neumáticos en desuso.

1.2. ENUNCIADO DEL PROBLEMA:

1.2.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA:

¿Será factible utilizar el caucho granulado proveniente de los neumáticos en desuso, como parte del agregado en el diseño de mezclas para la fabricación de bloques huecos de concreto utilizados para obras de edificación?

1.2.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN:

- I. ¿Qué porcentaje máximo de caucho granulado se podrá reemplazar, con respecto al volumen del agregado fino, para alcanzar una resistencia adecuada en el diseño de mezclas de bloques huecos de concreto?
- II. ¿Qué resistencia a la compresión se obtendrían en los diferentes períodos de tiempo (7, 14 y 28 días) utilizando porcentajes diferentes (con respecto al volumen de agregado pétreo) de caucho granulado, como agregado en el diseño de mezcla de testigos cilíndricos de concreto?
- III. ¿Cómo se ve afectado el revenimiento de las mezclas de concreto, utilizando caucho granulado como agregado, con respecto a la mezcla de concreto convencional?
- IV. ¿Qué propiedades ofrece la presencia de caucho granulado en los bloques huecos de concreto?

1.3. JUSTIFICACIÓN:

1.3.1. DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERÍA:

Se tendría un nuevo estudio, así como el que se llevó a cabo el año 2011 en la Universidad Nacional de Ingeniería - Lima que se denomina "Diseño de viviendas de emergencia, económicas y ecológicas usando materiales reciclados", en este estudio se justifica la utilización de materiales reciclados como parte de los agregados, pero esta fue relacionada con el plástico como material reciclado. En nuestro estudio se estaría utilizando el caucho granulado como agregado para la fabricación de bloques de concreto, bajo los estudios y pruebas que se obtendrán podremos incentivar a las empresas fabricadoras de bloques de concreto locales a utilizar el caucho granulado



como un agregado. Con esta investigación se hace un gran aporte al país, dando a conocer el porcentaje óptimo de caucho granulado a ser reemplazado en el agregado fino.

De poder promover la investigación se estaría demostrando a nivel regional, que el caucho granulado reciclado cumpliría nuevas funciones como agregado, mejorando características del concreto como: trabajabilidad, mayor aislamiento acústico y térmico, etc.

1.3.2. DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL MEDIO AMBIENTE:

Uno de los aspectos clave del sector de la construcción sostenible es el superar los límites ambientales, para mantener unos niveles óptimos de competitividad, confort y ecología. El gran desarrollo urbano de la segunda mitad del siglo XX se ha realizado, generalmente, sin criterios ambientales y nos encontramos con tejidos urbanos y edificios poco eficientes ambiental y socialmente (La construcción genera alrededor de una tonelada de residuos por habitante anual), y pese a tener un gran potencial de reciclabilidad (cerca del 85%), va a parar a los vertederos (Martinez, 2012).

Afortunadamente, el conocimiento de los impactos negativos, va aflorando poco a poco y desde finales del siglo XX, se hacen esfuerzos diversos dirigidos por un lado, a corregir los errores del pasado y, por otro, a encontrar los métodos y modelos de diseño urbano que permitan integrar al máximo el conocimiento tecnológico en las decisiones de planeamiento y construcción del edificio. (Martinez, 2012).

Con el desarrollo de políticas sobre protección del medio ambiente a nivel internacional y la adopción de sistemas para la sostenibilidad de la construcción, se planteó el reto del reciclado de muchos desechos y entre ellos, de los neumáticos. En el campo de la construcción, estos fueron utilizados en un inicio como combustible alternativo en los hornos de cemento y posteriormente, en menor medida, en la producción de concreto y asfalto.

Es por ello que planteamos una alternativa de solución, la adición de caucho extraído de los neumáticos en desuso en la fabricación de bloques de concreto, que sería una buena alternativa para prolongar el ciclo de vida de este material además de proporcionar nuevas características a los bloques de concreto.

1.3.3. DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SALUD:

En el 2014 se confirmaron 15,435 casos a nivel nacional y en nuestro departamento se han confirmado 203 casos de dengue, esta enfermedad es producida por el zancudo. Estos tienden a formarse y reproducirse en mayor parte en llantas en desuso, que son botadas a la intemperie de quebradas, al aire libre como lugares que sirven de basureros provisionales. Con la implementación



de este estudio donde se utilizaría el caucho granulado se podrían evitar muchas enfermedades, como también una reducción en la reproducción del zancudo (Dirección General de Epidemiología, 2014).

Con este estudio pretendemos incentivar a la población a depositar las llantas en desuso en centros de acopios para luego ser reutilizadas como agregados en proyectos civiles.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

- I. Realizar un estudio técnico en el cual podamos demostrar a través de pruebas de laboratorio y análisis estadístico que el caucho granulado es apto para utilizarse como sustituto de una parte del agregado fino en la mezcla de concreto, para la fabricación de bloques huecos de concreto.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- I. Determinar las características de la calidad de los agregados a utilizar para los diferentes diseños de mezcla.
- II. Determinar por medio de la prueba de compresión axial de testigos cilíndricos de concreto, si los diseños de mezcla con caucho granulado son óptimos para la elaboración de bloques huecos de concreto.
- III. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques; establecidas en la norma de albañilería E-070 y la Norma Técnica Peruana.
- IV. Analizar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques fabricados, mediante la comparación con los bloques de concreto convencional, establecidas por la norma de albañilería E-070 y la Norma Técnica Peruana.
- V. Comparar el aislamiento térmico y acústico que presentan, el bloque de concreto convencional con el bloque óptimo propuesto con adición de caucho.

1.5. HIPÓTESIS :

- I. La utilización del caucho granulado como sustituto de una parte del agregado fino en el concreto alcanzará la resistencia a la compresión, que se obtendría con el concreto convencional, según sea el diseño de mezcla.
- II. La aplicación de caucho granulado como sustituto de una parte del agregado fino, mejorará las propiedades físico-mecánicas de los bloques huecos de concreto.



- III. El caucho granulado proporcionará mayor aislamiento térmico y acústico a los bloques huecos de concreto.

1.6. ALCANCES:

- Se propone una solución para el reciclaje de neumáticos en desuso, utilizándolos como parte del agregado fino en la fabricación de bloques huecos de concreto para obras de edificación.
- Las pruebas que se pretenden realizar son: granulometría de agregado (agregado fino, agregado grueso, agregado global y caucho), prueba de revenimiento, compresión de testigos cilíndricos de concreto, compresión de bloques de concreto por unidad, pilas y muretes, módulo de rigidez dinámico en vigas, prueba de fluidez del mortero, compresión de cubos de concreto para el mortero. Se realizará en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Se realizará el diseño de mezcla según los métodos ACI 211, Fuller y Módulo de fineza donde, los porcentajes de sustitución del agregado fino por caucho granulado será del 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en relación al volumen del agregado fino, estos porcentajes son tomados de estudios anteriores (García Melgar, Hernández Maldonado, & Menéndez Alvarenga, 2011).
- Se realizará el análisis estadístico por medio de la desviación estándar, descrito en el ACI 318, Parte 3, Capítulo 5, Sección 3 (5.3.1).

1.7. LIMITACIONES:

El proyecto de investigación se centra en la elaboración de bloques huecos de concreto de medidas 12 cm x 20 cm x 40 cm, ya que es el más usado para obras de edificación en la región del Cusco. Para este proyecto de investigación se utilizará el caucho granulado sustituyendo un porcentaje en volumen del agregado fino, dejando de lado el caucho pulverizado y caucho en tiras, con el fin de lograr mejores resultados y alcanzar una resistencia comparable a los bloques convencionales.



Las dimensiones de los bloques se muestran a continuación en la figura 1: Dimensiones del Bloque Propuesto.

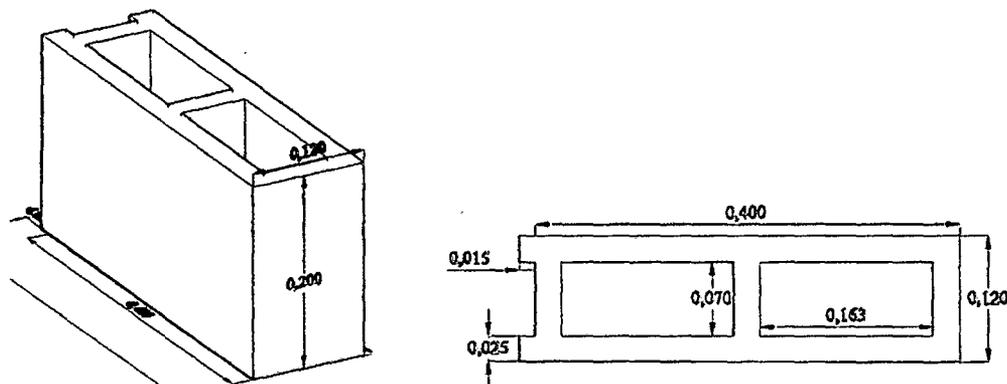


Figura 1: Dimensiones del bloque propuesto 12 x 20 x 40 cm.

1.8. METODOLOGÍA:

1.8.1. TIPO DE ESTUDIO:

En el caso del presente trabajo, se ha determinado que la investigación es de tipo cuantitativo experimental, porque ésta, se basa en el estudio de las características de los bloques de concreto al sustituir el agregado fino por el caucho granulado, todo esto, con la finalidad de comprobar si los bloques huecos de concreto mantienen dichas características y no resultan con alteraciones considerables en sus propiedades físico- mecánicas, y más aún, en determinar si el caucho granulado cumple con las mismas funciones que el agregado fino en la elaboración de los bloques huecos de concreto (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2009, págs. 78-80).

1.8.1.1. DISEÑO CUANTITATIVO EXPERIMENTAL:

Según Fernández (2000), consiste en la manipulación de manera intencional, de una o más variables independientes para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes. El diseño adecuado del experimento es una etapa que permitirá el suministro correcto de datos a posteriori, los que a su vez conducirán a un análisis objetivo y con deducciones válidas en el problema.

La finalidad de un diseño experimental es proporcionar métodos que permitan obtener la mayor cantidad de información válida acerca de una investigación, teniendo en cuenta el factor costo y el uso adecuado del material disponible mediante métodos que permitan disminuir el error experimental (Fernández 2000).



1.8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA :

1.8.2.1. POBLACIÓN:

Para este trabajo de investigación se toma como población la cantidad total de bloques huecos de concreto según el experimento factorial (Marquéz Pichardo, 2000). En valor es el producto de las variables independientes mostradas en la tabla 2, haciendo un total de 240 bloques huecos de concreto que incluyen tanto los bloques elaborados con caucho granulado como los bloques convencionales.

1.8.2.1.1. Experimento Factorial:

Las variables independientes que intervinieron en el estudio fueron:

i. **Número de proporcionamientos:**

El proporcionamiento se presenta en la forma de cemento: agregado pétreo: caucho (partes en volumen) mostradas en la tabla 1.

Diseño	Proporcionamiento
D-1 (0% Caucho)	1 : 7.67 : 0.00
D-4 (15% Caucho)	1 : 7.16 : 0.51
D-5 (20% Caucho)	1 : 6.99 : 0.68
D-6 ((25% Caucho)	1 : 6.82 : 0.84

Tabla 1: Proporcionamientos para el D-1, D-4, D-5 y D-6.

ii. **Número de especímenes a ensayar:**

a. **Unidades a compresión axial:**

- 3 a la edad de 7 días
- 3 a la edad de 14 días
- 6 a la edad de 28 días

b. **Pilas a compresión axial (2 unidades):**

- 3 a la edad de 28 días

c. **Muretes a compresión diagonal (8 unidades):**

- 3 a la edad de 28 días

d. **Aislamiento acústico y térmico (8 unidades):**

- 1 a la edad de 28 días

El número de especímenes a ensayar será de 50 unidades, considerando daños de los bloques al ser transportados, apilados y otros, se incrementó 10 bloques, haciendo un total de 60 bloques.



Por consiguiente el número total de especímenes será:

Nro. De Proporcionamientos	4
Nro. De Especímenes a Ensayar	60

Tabla 2: Variables Independientes del Experimento Factorial

$$\text{Nro. Total de Especímenes} = \text{Nro. de Proporcionamientos} \times \text{Nro. de Especímenes a Ensayar}$$

$$\text{Nro. Total de Especímenes} = 4 \times 60$$

$$\text{Nro. Total de Especímenes} = 240$$

1.8.2.2. MUESTRA:

Con respecto a la muestra se tomará una muestra no probabilística de carácter intencional, para ello se seleccionó las que cumplan con la mínima variación de dimensiones. El valor de la muestra será de 200 bloques calculado por el Experimento Factorial que se muestra en el ítem 1.8.2.1.1, que incluyen tanto los bloques elaborados con caucho granulado como los bloques convencionales.

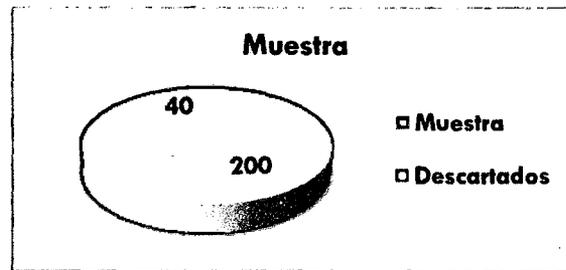


Gráfico 1: Población (240) y Muestra (200) de los bloques huecos de concreto-caucho.

1.8.3. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES:

1.8.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Caucho granulado reciclado.

1.8.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

- Resistencia de los bloques de concreto.
 - Resistencia a compresión axial de las unidades huecas de concreto.
 - Resistencia a compresión axial de las pilas de bloques huecos de concreto.
 - Resistencia a compresión diagonal de los muretes de bloques huecos de concreto.
- Aislamiento acústico.
- Aislamiento térmico.



1.8.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Las técnicas se seleccionaron en atención a las características de la población, en este caso se optaron por las siguientes técnicas de recolección de datos debido al carácter práctico que posee la investigación:

1.8.4.1. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Observación Directa: Según Puente (2000), es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es la primera forma de contacto o de relación con los objetos que van a ser estudiados. Constituye un proceso de atención, recopilación y registro de información, para el cual el investigador se apoya en sus sentidos, para estar al pendiente de los sucesos y analizar los eventos ocurrientes en una visión global, en todo un contexto natural.

1.8.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

En respuesta a la técnica utilizada, el instrumento aplicado fue una planilla de observación, la cual contiene datos referentes a:

- El tipo de mezcla que resultó factible para el diseño de los bloques. Esta lista contiene los siguientes datos: número de mezcla, tipo de material, cantidad de material y resultados obtenidos, mostrado en el cuadro 4.
- Las resistencias obtenidas para cada bloque, el tiempo de curado en días, la fecha de ensayo, la altura, peso y la carga de ruptura, mostrado en el cuadro 5 y cuadro 6.

Aparte de la lista de cotejo, los siguientes instrumentos fueron utilizados para la recolección de datos:

- Cámara fotográfica: Instrumento que nos permite guardar imágenes y videos de aquellas actividades resaltantes en el proyecto de investigación.
- Ensayos de laboratorio: Con lo cual obtendremos toda la información técnica de cada bloque, necesaria para poder realizar nuestras comparaciones y conclusiones sobre el tema de investigación.
- Computador con sistema operativo Windows 7.
- Cuaderno de anotaciones



TESISTA:	Fecha de moldeo:	Hoja N°:
	Lugar: Lab. de Mecánica de Suelos-UNSAAC	
	Edad:	
Relación a/c:	Resistencia a alcanzar:	
% de agregado fino:	% de agregado grueso:	
% de caucho triturado:	Módulo de finura de la arena:	

Testigo N°:	Altura:
Peso (kg):	Resistencia Alcanzada: kg/cm ²
diámetro promedio (cm):	% de Resistencia Alcanzada:

Cuadro 4: Plantilla de observación (diseño de mezcla).

TIPO	EDAD	Peso (kg)	L promedio	A promedio	Altura promedio	Area en (cm ²)	Carga (lb)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario

Cuadro 5: Plantilla de observación (bloques huecos de concreto).

TIPO	EDAD	Peso (kg)	L promedio	A promedio	Altura promedio	Area en (cm ²)	Carga (lb)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	%

Cuadro 6: Plantilla de observación (pilas con bloques huecos de concreto).

CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL



2. MARCO REFERENCIAL:

2.1. MARCO HISTÓRICO:

2.1.1. HISTORIA DEL NEUMÁTICO:

El neumático apareció en el año de 1845, su creador, Robert William Thomson, un clérigo inglés transformado en herrero. Construía tubos huecos de trozos de lona cubierta de caucho, cubría los tubos con cuero a fin de protegerlos contra las asperezas de los caminos y los llenaba de aire.

Entre los años de 1845 y la década de 1890, se usaban ruedas de metal en los coches tirados por caballos y los vehículos a motor. De allí en adelante se popularizó el uso de neumáticos de caucho sólido (Wikipedia, 2015).

La historia de los neumáticos de automóviles que corresponde también a la historia del automóvil en sí está tan ligada al desarrollo del caucho que los dos son inseparables. El hombre responsable de todo esto es Charles Goodyear, llamado a menudo el padre de la Industria del Caucho. Muchos también lo consideran como el Padre de la Industria del Automóvil (Wikipedia, 2015).

2.1.1.1. EL NEUMÁTICO EN EL TIEMPO:

AÑO	DESCRIPCIÓN
1888	El veterinario escocés, John Boyd Dunlop, inventó los primeros neumáticos inflados. Fijó tubos de goma a ruedas de madera y cubrió los puntos de contacto con lona gruesa. Montó estos primeros neumáticos en un triciclo e hizo un viaje de prueba, donde no se presentaron problemas. A continuación, Dunlop sujetó piezas de goma en la lona para evitar el patinaje y probó estos neumáticos en una bicicleta. El resultado fue exitoso y se convirtió en el inicio de los neumáticos.
1891	C.K. Welch inventó el neumático con talón, lo que fue un gran adelanto en la historia de los neumáticos. En el mismo año, los hermanos Michelin patentaron neumáticos que pudieron ser montados o desmontados a mano.
1904	Firestone y Goodyear Tire Company desarrollaron neumáticos con talón con costados rectos.
1908	Casi todos los fabricantes de neumáticos en los EE.UU. empezaron a usar el método propuesto por Firestone y Goodyear Tire Company como método de producción.
1913	Britain desarrolló el neumático con estructura radial, que varió de la estructura diagonal anterior.
1948	La empresa francesa Michelin generaliza el método de forma industrial comercializándolo en toda Europa y las colonias francesas de África.

Cuadro 7: Cronología de la Evolución del Neumático

Fuente: Wikipedia



2.1.2. BLOQUES DE CONCRETO Y SU EVOLUCIÓN:

A inicios del siglo XIX en Inglaterra se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación del bloque de concreto. Estos bloques eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria. A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos para muros; la ligereza de estos nuevos bloques significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores (Dr. Ing. Arrieta Freyre & Bach. Ing. Peñaherrera Deza, 2001, págs. 3-4).

Las primeras máquinas que se utilizan en la entonces incipiente industria se limita a simples moldes metálicos, en los cuales se compacta la mezcla manualmente; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente; más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación lograda basándose en vibración y compresión; actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de bloques de concreto utilizan el sistema de vibro compactación (Dr. Ing. Arrieta Freyre & Bach. Ing. Peñaherrera Deza, 2001).

En el Perú la primera planta de bloques inició su producción en 1928 y sus productos se utilizaron en la construcción del primer barrio obrero del Callao. Posteriormente se instalaron en Lima dos fábricas más, una de ellas se ubicó en la antigua chancadora del Puente del Ejército y la otra, en el Jr. Tingo María, Breña (SENCICO, 2013).

2.1.3. NEUMÁTICOS RECICLADOS COMO AGREGADO EN EL CONCRETO :

Se ha utilizado agregados reciclados en el concreto, ejemplo claro es la reutilización de los desperdicios de las propias estructuras que se han demolido (ripio), con vidrio y ahora con caucho (García Melgar, Hernández Maldonado, & Menéndez Alvarenga, 2011, pág. 27).

El caucho reciclado es una buena opción para la eliminación de muchos neumáticos en desuso contaminando el medio ambiente en todos los países.

Desde 1994 se ha hecho estudios sobre el comportamiento del concreto con goma triturada como agregado, es claro que la reducción de su resistencia es característica de dicho comportamiento pero en dosis extremas, lo importante es llegar a determinar la dosis óptima para poder utilizarse, y darle un nuevo fin al caucho (García Melgar, Hernández Maldonado, & Menéndez Alvarenga, 2011, pág. 27).

Los estudios tempranos por Eldin y Fedroff exploraron el efecto de las virutas de goma en la fuerza compresiva y flexión de las mezclas del concreto. Schimizza y otros, hicieron sus estudios utilizando goma triturada en los pavimentos rígidos de poca potencia. Biel experimentó con un cemento especial (tipo del oxiclورو del magnesio) con el fin de realzar la fuerza de la vinculación entre las



partículas de goma y el cemento (García Melgar, Hernández Maldonado, & Menéndez Alvarenga, 2011, pág. 27).

Goulias y Ali emplearon el método de la frecuencia resonante para medir el módulo de la dinámica de la elasticidad y del coeficiente de Poisson. Encontraron que al usar las partículas de goma mejorarían las características de la ingeniería del concreto. El estudio de Toutanji se centró en sustituir el agregado grueso mineral por las virutas de goma del neumático. La durabilidad hielo-deshielo del concreto de goma fue investigada por Fedroff, Savas y Ahamd. Lee y Moon investigaron la adición del caucho en el concreto del látex. Khatib y Bayomy propusieron un modelo de la reducción de la fuerza compresiva de las mezclas de hormigón con el contenido de goma agregado. Thong-On divulgó sobre el comportamiento mecánico del mortero del cemento de goma triturada (García Melgar, Hernández Maldonado, & Menéndez Alvarenga, 2011, pág. 28).

En el Perú no encontramos referencias sobre el caucho como agregado en el concreto, ya esta técnica es nueva y no se cuenta con manuales para su uso. El Ing. Petroquímico Ricardo Bisso Fernández afirmó en el XI Congreso Nacional Del Asfalto y II Concreto "El uso de neumáticos o llantas usadas de vehículos, en el desarrollo vial de carreteras, tienen beneficios ambientales: evita quemado de llantas y reducción de niveles de ruido y ahorro de energía".

2.1.3.1. INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE EL USO DEL NEUMÁTICO RECICLADO EN EL CONCRETO

El neumático en desuso ya es utilizado para fines constructivos y ha sido estudiado en diferentes momentos en países que trabajan con el mejoramiento del medio ambiente, a continuación se presenta el cuadro 8, donde se muestran los diferentes estudios sobre el neumático reciclado en el concreto a través del mundo.

AÑO	ENTIDAD	TEMA	DESCRIPCIÓN
1994	Universidad de Colorado, Universidad del norte del Estado de California y la Universidad del Estado de Arizona.	Utilización de la goma triturada como agregado del concreto.	Se llevaron a cabo una serie de investigaciones utilizando caucho triturado como agregado y para qué fines estas pueden ser aprovechadas al máximo dentro de la construcción de obras civiles.
1999	Revista de materiales de Ingeniería Civil/	Concreto con cemento Portland y	El objetivo de esta investigación fue la de demostrar que algunos materiales reciclados (en este caso neumático triturado) son una alternativa para ser utilizado como



	Zaher K. Khatib y Fouad M. Bayomy, Ambos profesores de la Universidad de Idaho, Moscú y miembros de ASCE (Sociedad Americana de Ingeniería Civil)	neumático triturado	agregado a concreto. El estudio se enfocó en la determinación de la viabilidad de la producción de tales mezclas así como sus propias propiedades ingenieriles, tomando en cuenta normas como ASTM. Los resultados mostraron que es viable la elaboración de tales mezclas hasta un cierto punto de 57% de sustitución del volumen total por el caucho granulado, pero aun así se reducía demasiado la resistencia por lo que como conclusión no se debe sustituir más del 20% del volumen total.
2004	Departamento de Transporte de Arizona y Universidad del Estado de Arizona, Estados Unidos	Propiedades del concreto con polvo de neumático	El objetivo principal de esta investigación fue el de tener una mejor compresión de la reacción del Cemento Portland en el concreto con caucho granulado. En todos los ensayos mecánicos de esta investigación, las muestras del concreto con caucho granulado permanecieron intactas después de la ruptura de dichos especímenes (no añicos) en comparación con una mezcla de concreto convencional. Tal comportamiento puede ser beneficioso para una estructura que requiere de buenas propiedades de resistencia al impacto.
2005	Puerto Rico, por medio de la empresa REMA	Estado del arte, situación actual y posibles usos como materia prima en Puerto Rico.	Está realizando investigaciones con el fin de encontrar alternativas de solución cómo reciclar este desecho voluminoso (caucho triturado), y disminuir el grado de contaminación en el país de Puerto Rico.
2008	Universidad de San Carlos Guatemala, Guatemala.	Evaluación de opciones para la reutilización de llantas en Guatemala.	Esta investigación determinó un análisis sobre las diferentes opciones que se tienen para la reutilización de la llanta, determinando 3 opciones muy importantes: asfaltos modificados con hule de llanta molida, arrecifes artificiales y materiales de construcción elaborados con partes de la llanta.
2009	Universidad de Oriente, San Miguel, El Salvador.	Uso del polvo de hule de neumático para mejorar las características termoplásticas de las mezclas asfálticas para carreteras.	Esta investigación tuvo como principal objetivo la evaluación de las características termoplásticas de las mezclas asfálticas adhiriéndole polvo de hule de neumático, además de presentar un manual de información para el diseño y colocación de mezcla de asfaltos modificados con polvo de hule de neumático en desuso.



2010	Concreteira Mundial Mexicana reconocida CEMEX	investigaciones de cómo utilizar la goma triturada	Estas investigaciones se desarrollan con el único propósito de reutilizar las llantas en desuso y utilizarla como agregados para la elaboración de pavimentos de concretos y con la finalidad de utilizarles como una alternativas más en la elaboración de concretos de bajos costos en el mercado ingenieril.
------	---	--	---

Cuadro 8: Investigaciones Recientes sobre el uso de Neumáticos

Fuente: Wikipedia

2.2. MARCO CONCEPTUAL:

2.2.1. AGREGADOS:

2.2.1.1. CONCEPTO:

Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011.2008 "Agregados: Definición y Clasificación de Agregados para uso en Morteros y Hormigones (Concretos)" Llamados también áridos.

La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen de una mezcla típica de concreto (Rivva Lopez, 1992, pág. 16).

Por lo anterior, es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta de cemento (Rivva López, 1992, pág. 18).

2.2.1.2. AGREGADO GLOBAL:

2.2.1.2.1. CONCEPTO Y NORMATIVA:

Mezcla del agregado fino y grueso normalizado por su granulometría según la Norma Técnica Peruana 400.011.2008 "AGREGADOS. Definición y Clasificación de Agregados para uso en Morteros y Hormigones (Concretos)" y cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana 400.012:2013 "AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global".

2.2.1.2.2. GRANULOMETRÍA:

2.2.1.2.2.1. GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NORMA TÉCNICA PERUANA:

La Norma Técnica Peruana 400.012:2013 "AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global", muestra los límites granulométricos para los tamaños nominales máximos mostrados a continuación en la tabla 3: Granulometría global según la NTP 400.012.2013.



Tamiz	tamaño Nominal 37.5 mm (2")	tamaño Nominal 19 mm (3/4")	tamaño Nominal 9.5 mm (3/8")
50 mm (2")			
37.5 mm (1 1/2")	95 a 100	100	
19 mm (3/4")	45 a 80	95 a 100	
12.5 mm (1/2")			100
9.5 mm (3/8")			95 a 100
4.75 mm (N°4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2.36 mm (N°8)			20 a 50
1.18 mm (N°16)			15 a 40
600 µm (N°30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (N°50)	5 a 27	10 a 30	5 a 15
150 µm (N°100)	0 a 8	0 a 8	0 a 8

Tabla 3: Granulometría global según la NTP.400.012.2013

Fuente: Norma Técnica Peruana

2.2.1.2.2. GRANULOMETRÍA SEGÚN EL MÉTODO DE FULLER Y THOMPSON:

En 1907, Fuller y Thompson, publicaron en Estados Unidos el documento "The Laws of Proportioning Concrete", el cual se constituyó en el punto de partida de todos los desarrollos teóricos de curvas de granulometría; éste se basa en un comportamiento elíptico en su fracción fina, de la curva de gradación ideal de toda la masa, incluyendo el aglomerante y que converge en una línea recta tangente a la elipse. La ecuación general para la parte elíptica de la curva, está dada por la ecuación 1:

$$\frac{(y-b)^2}{b^2} + \frac{(x-a)^2}{a^2} = 1 \dots \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde, 'y' es el porcentaje de material que pasa el tamiz de abertura x; a y b son constantes que representan los ejes de la elipse y su valor depende del tamaño máximo (D) del agregado y de la forma de las partículas. Las constantes se caracterizan de tal manera que al ser más angulosas las partículas, más amplio es el porcentaje de material fino representado por la parte elíptica. En el cuadro 9, se muestran los valores de las constantes a y b.

Clase de Material	a	b
Agregados de Canto Rodado	0.164 D	28.6
Arena Natural y Grava Triturada	0.150 D	30.4
Arena y Grava Trituradas	0.147 D	30.8

Cuadro 9: Valores de las Constantes a y b, que representan la parte elíptica de la ecuación Fuller – Thompson

Fuente: Tecnología del concreto y del mortero, Sánchez DG. Pág. 349

En la curva ideal de Fuller – Thompson, se encuentra un valor de x = 0.074 mm para un valor de y del 7%, es decir, que el 7% de la masa está constituido por partículas de diámetro inferior a 0.074 mm, o pasa tamiz 200 más el cemento; para algunos autores, la obtención de la curva para solo el agregado, se obtiene al restarse la porción de cemento en cada caso y tomar el resto como 100%.



Esto genera una curva de tendencia parabólica, la cual se denomina parábola de Fuller – Thompson y se expresa como la ecuación 2:

$$P = 100 \times \sqrt{d/D} \dots \dots \dots \text{Ecuación 2}$$

En donde, P es el porcentaje de material que pasa por el tamiz de abertura d; y D es el tamaño máximo del agregado. Se ha observado que los agregados gradados a través de la ecuación (2) dan lugar a mezclas ásperas y poco manejables en estado plástico debido a la falta de finos, especialmente para concretos con bajo contenido de cemento.

La gradación ideal de Fuller – Thompson en función del tamaño máximo del agregado se muestra a continuación en la tabla 4:

GRADACIONES IDEALS FULLER-THOMSON DE AGREGADOS PARA CONCRETO EN PORCENTAJE QUE PASA

Tamiz		TAMAÑO MAXIMO							mm	
		76.1	50.8	38.1	25.4	19	12.7	9.51		
mm	plg	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	mm	
76.100	3"	100								
50.800	2"	81.7	100							
38.100	1 1/2"	70.8	86.6	100						
25.400	1"	57.8	70.7	81.6	100					
19.000	3/4"	50	61.2	70.6	86.5	100				
12.700	1/2"	40.9	50	57.7	70.7	81.8	100			
9.510	3/8"	35.4	43.3	50	61.2	70.7	86.5	100		
4.760	Nro 4	25	30.6	35.3	43.3	50.1	61.2	70.7		
2.380	Nro 8	17.7	21.6	25	30.6	35.4	43.3	50		
1.190	Nro 16	12.5	15.3	17.7	21.6	25	30.6	35.4		
0.595	Nro 30	8.8	10.8	12.5	15.3	17.7	21.6	25		
0.297	Nro 50	6.2	7.6	8.8	10.8	12.5	15.3	17.7		
0.149	Nro 100	4.4	5.4	6.3	7.7	8.9	10.8	12.5		
		Porcentaje que pasa								

Tabla 4: Granulometría según Fuller- Thompson en función del tamaño máximo del agregado

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero, Sánchez DG. Pág.350

2.2.1.2.2.3. GRANULOMETRÍA SEGÚN LA TEORÍA DE WEYMOUTH:

C.A.G. Weymouth publicó en 1933 la obra "Effect of particle inference in mortars concrete", en la cual además de exponerse sobre las mezclas de concreto, se muestra el efecto de la partícula de interferencia en los requerimientos de agua y trabajabilidad, así como la tendencia de los diferentes tamaños de las partículas a segregarse. Después de numerosas investigaciones, Weymouth concluyó que para obtener una adecuada trabajabilidad con una máxima economía, los granos de un solo tamaño deben tener espacio suficiente para moverse dentro del espacio dejado por los granos del tamaño subsiguiente mayor, evitando de esta manera la interferencia de las partículas. Esta ley de gradación, se expresa como:

$$P = 100 \times \sqrt[3]{d/D} \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$



En donde, P es el porcentaje que pasa por el tamiz d; D es el tamaño máximo del agregado; y n es un exponente que gobierna la distribución de las partículas y es función del agregado grueso. De acuerdo con García, 1968 (Citado por Sánchez, 1993), los valores de 'n', son función del tamaño, como se muestra en el cuadro 10.

Tamaño d	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	N° 4 a N° 100
n	0.230	0.268	0.292	0.304	0.305

Cuadro 10: Valores de n para la Ecuación de Weymouth en función del Tamaño

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero, Sánchez DG. Pag.351

La gradación ideal de Weymouth en función del tamaño máximo del agregado se muestra a continuación en la tabla 5:

GRADACIONES IDEALES WEYMOUTH DE AGREGADOS PARA CONCRETO EN PORCENTAJE QUE PASA

Tamiz		TAMAÑO MAXIMO							mm
mm	plg	76.1	50.8	38.1	25.4	19	12.7	9.51	mm
		3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	pulg.
76.100	3"	100							
50.800	2"								
38.100	1 1/2"	83.1	92.6	100					
25.400	1"								
19.000	3/4"	66.7	75	81.6	91.9	100			
12.700	1/2"								
9.510	3/8"	53.1	60.1	65.6	74.2	81	91.6	100	
4.760	Nro 4	42.9	48.6	53	60	65.6	74.1	81	
2.380	Nro 8	34.8	39.3	42.9	48.6	53.1	60	65.5	
1.190	Nro 16	28.1	31.8	34.7	39.3	43	48.6	53.1	
0.595	Nro 30	22.8	25.8	28.1	31.8	34.8	39.3	42.9	
0.297	Nro 50	18.4	20.8	22.8	25.7	28.1	31.8	34.7	
0.149	Nro 100	14.9	16.9	18.4	20.9	22.8	25.8	28.1	
Porcentaje que pasa									

Tabla 5: Granulometría según Weymouth en función del tamaño máximo del agregado

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero, Sánchez DG. Pag.351

2.2.1.2.2.4. GRANULOMETRÍA SEGÚN EL ESTUDIO EXPERIMENTAL:

De acuerdo con Sanguino, 1973 (citado por Sánchez, 1993) y Sánchez, 1993, las curvas de cribado determinadas experimentalmente para densidades de empaquetamiento (masas unitarias) de agregados de composición granulométrica bien definida, tanto de material en estado suelto como compactado, responden a la expresión (5), en la que el exponente 'n', tomó valores de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, y 1.0, para arena y grava de canto rodado trituradas. Sánchez, 1993, sugiere como curva ideal de gradación, en lugar de eliminar las asperezas, mejorar la manejabilidad y obtener más altas resistencias en una mezcla de concreto, la expresión de la ecuación 4:



$$P = 100 \times (d/D)^{0.45} \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

P= porcentaje de material que pasa por el tamiz de abertura d.

D= tamaño máximo del agregado.

El $n=0.45$, da un valor intermedio entre la máxima compactación de los agregados solos ($n=0.4$) y la de los agregados con cemento ($n=0.5$) con métodos tradicionales de compactación.

La gradación ideal según el Diseño Experimental en función del tamaño máximo del agregado se muestra a continuación en la tabla 6:

Gradaciones Ideales para Agregados en Porcentajes que Pasa								
Tamaño nominal		TAMAÑO MAXIMO						
		3"	2"	1 1/2"	1 "	3/4"	1/2"	3/8"
mm	pulg.	76.1 mm	50.8 mm	38.1 mm	25.4 mm	19 mm	12.7 mm	9.51 mm
76.100	3"	100.0						
50.800	2"	83.4	100.0					
38.100	1 1/2"	73.2	87.9	100.0				
25.400	1"	61.0	73.2	83.3	100.0			
19.000	3/4"	53.6	64.2	73.1	87.8	100.0		
12.700	1/2"	44.7	53.6	61.0	73.2	83.4	100.0	
9.510	3/8"	39.2	47.0	53.6	64.3	73.2	87.8	100
4.760	N°4	28.7	34.5	39.2	47.1	53.6	64.3	73.2
2.380	N°8	21.0	25.2	28.7	34.5	39.3	47.1	53.6
1.190	N°16	15.4	18.5	21.0	25.2	28.7	34.5	39.2
0.595	N°30	11.3	13.5	15.4	18.5	21.0	25.2	28.7
0.297	N°50	8.2	9.9	11.3	13.5	15.4	18.5	21
0.149	N°100	6.0	7.2	8.3	9.9	11.3	13.5	15.4

Tabla 6: Granulometría según el Estudio Experimental

Fuente: Tecnología del Concreto y del Mortero, Sánchez DG. Pag.353

2.2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CANTERAS:

2.2.1.3.1. CANTERA DE HUILQUE:

Esta cantera se encuentra ubicada aproximadamente a 49 km. de la ciudad del Cusco (coordenadas UTM 8513 S y 786 E) mostrada en la figura 2.

De esta cantera se extrae material de origen ígneo, básicamente está formado de roca granítica por las siguientes características: se puede observar a simple vista su conformación cristalina, no existe ninguna ordenación en su estructura, los minerales aparecen mezclados entre sí, es muy compacta, presenta un color gris verdoso. (Mamani Vargas, 2012).

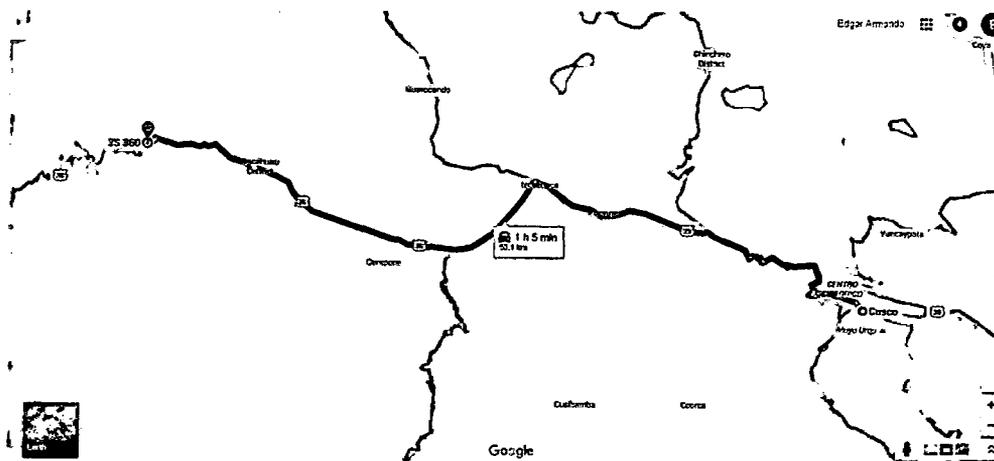


Figura 2: Cantera Huillque

Fuente: Google Maps

2.2.1.3.2. CANTERA DE ZURITE.

Esta Cantera se encuentra ubicada aproximadamente a 36.4 km. de la ciudad del Cusco (coordenadas UTM 8512 S y 796 E), mostrada en la figura 3.

De esta cantera se extrae material de origen ígneo, básicamente está formado de roca granítica del cual se puede observar las siguientes características: su conformación es cristalina, los minerales aparecen mezclados entre sí, es muy compacta, presenta un color gris claro (Mamani Vargas, 2012). El cuadro 11 muestra los minerales que conforman el agregado de Zurite.

MINERAL	PORCENTAJE (%)
Sílice (SiO ₂)	70.51
Hierro (Fe ₂ O ₃)	10.32
Aluminio (Al ₂ O ₃)	8.25
Níquel (NiO)	0.01
Carbonato (CO ₃)	7.37
Calcio (CaO)	2.82
Magnesio (MgO)	0.7
Cloruros	0.0017
Sulfatos	0.015

Cuadro 11: Minerales que conforman el Agregado de Zurite

Fuente: tesis "Influencia del Agregado en la Resistencia a la Compresión del Concreto"

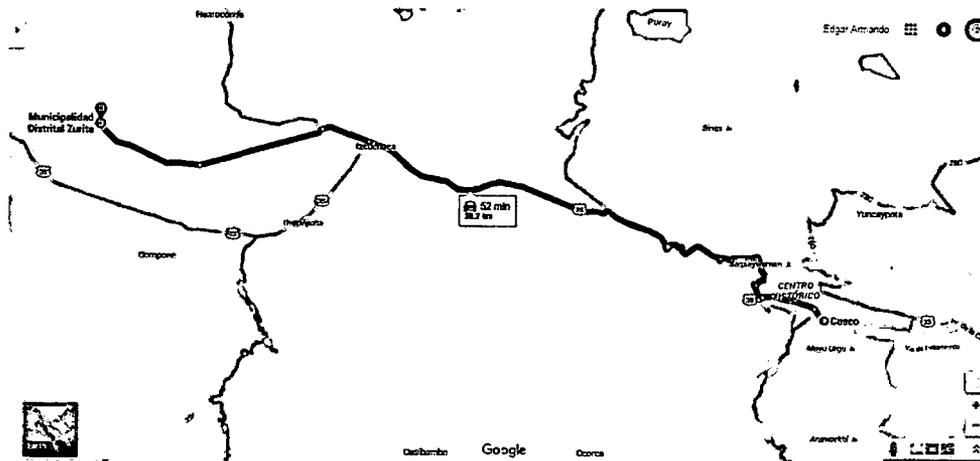


Figura 3: Cantera de Zurite

Fuente: Google Maps

2.2.2. CAUCHO GRANULADO COMO AGREGADO PARA EL CONCRETO:

2.2.2.1. ACTUALIDAD DEL CAUCHO COMO AGREGADO:

En la actualidad ya se cuenta con el uso de caucho como agregado a concreto en algunos países donde el reciclaje se ha implementado como una ley. El caucho granulado es el neumático triturado, para ello lleva un proceso mecánico, hasta llegar a trocitos sin las fibras de acero incluidas en el neumático en sí.

Como ya se expuso, los estudios sobre este tipo de nuevo material reciclado de construcción, viene desde 1994 en EEUU en las universidades de Colorado y California, lastimosamente se ha quedado en investigaciones y en muy pocos países se ha aplicado teniendo éxito en los elementos construidos, como lo es en Puerto Rico, donde aceras, y pavimentos ya están funcionando.

2.2.2.2. DESCRIPCIÓN DEL CAUCHO GRANULADO:

El caucho granulado presenta tamaños entre 0.5 a 2.5 mm, producido mecánicamente. El material está exento de impurezas y partículas metálicas.

Este material se utilizará como agregado en la elaboración de la mezcla de concreto, supliendo un porcentaje en volumen del agregado fino.

2.2.2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAUCHO GRANULADO:

A continuación de muestra los componentes químicos que conforman el caucho además de sus propiedades físicas que se muestran en el cuadro 12.



	VALOR	UNIDAD
COMPOSICIÓN QUÍMICA		
Contenido en Caucho	55 ± 5	%
Negro de Carbono	32 ± 3	%
Extracto Acetónico	10 ± 3	%
Cenizas	05 ± 3	%
PROPIEDADES FÍSICAS		
Dureza	65 ± 5	A(shore)
Peso Especifico	1.15 ± 0.02	Kg/dm ³
Densidad Aparente	0.45 ± 0.05	Kg/dm ³
Contenido de Agua	< 0.75	%

Cuadro 12: Composición Química y Propiedades Físicas del Caucho Granulado

Fuente: "Materiales y Compuestos para la Industria del Neumático", Ing. Castro Guillermo

2.2.2.4. TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL CAUCHO GRANULADO:

Tomando antecedentes bibliográficos: *Segre & Joeques et al. (2000)* realizaron investigaciones para aumentar la adhesión superficial entre el polvo de caucho reciclado y el cemento en pasta. y *Kozievith & Pino et al. (2001)*, Estudiaron el comportamiento del caucho pulverizado proveniente de llantas con el cemento Portland. Se observó que el caucho granulado presenta poca adherencia al ser mezclado con el concreto, por lo que es necesario buscar una solución, como el tratamiento con químicos para mejorar su adherencia, ya que este tratamiento generaría mayor porosidad al caucho granulado y limpiaría de todo polvillo que presente dicho material.

A continuación se muestran varios tipos de tratamiento que se realizaron al caucho granulado, evaluaremos cada uno, para luego elegir el más conveniente para este trabajo de investigación.

2.2.2.4.1. TRATAMIENTO CON HIDRÓXIDO DE SODIO:

Para el tratamiento con Hidróxido de Sodio (NaOH), el caucho es rociado, a temperatura ambiente y con agitación constante durante 20 minutos con una solución acuosa de hidróxido de sodio al 10%. Luego la mezcla es filtrada, se procede al lavado del caucho con agua y a su posterior secado a temperatura ambiente (*Segre & Joeques, 2000, págs. 1421-1425*).

2.2.2.4.2. TRATAMIENTO CON SILANO:

El caucho es rociada con una solución silano-tolueno, en una relación 1:1, en un mezclador giratorio, durante 30 minutos, cambiando de dirección cada 5 minutos de manera que se pueda garantizar una distribución uniforme al caucho. El secado se realiza a 40 °C durante 24 horas (*Ing. Albano & Ing. Reyes, 2003, pág. 56*).



2.2.2.4.3. TRATAMIENTO CON METHANOL:

Para el tratamiento con methanol (CH_4O), el caucho se sumerge en una solución acuosa de methanol al 25%, permaneciendo inmerso por 72 horas, luego la mezcla es filtrada y se procede al lavado del caucho con agua y a su posterior secado a temperatura ambiente (Serra Alavez, 2013, págs. 19-20).

2.2.2.4.4. TRATAMIENTO CON ACETONA:

Para el tratamiento con acetona ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), el caucho se sumerge en una solución acuosa de acetona al 25%, permaneciendo inmerso por 72 horas, luego la mezcla es filtrada y se procede al lavado del caucho con agua y a su posterior secado a temperatura ambiente (Serra Alavez, 2013, pág. 20).

Se optó por utilizar el tratamiento con Hidróxido de Sodio (Soda Cáustica), ya que con este tratamiento se obtuvieron mejores resultados en las investigaciones realizadas anteriormente, además de que su costo es bajo y se encuentra en el mercado de la región.

2.2.3. BLOQUES HUECOS DE CONCRETO:

2.2.3.1. CONCEPTO:

Se da el nombre de bloque hueco de concreto al elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas, fabricados con una mezcla de cemento, arena, agregado grueso, agregado fino y agua según la Normas Técnica Peruanas NTP No 339.005 y NTP No 339.007: "Elementos de concreto (Concreto). Ladrillos y bloques usados en albañilería" y la Norma ASTM C-90 "Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units".

2.2.3.2. CLASIFICACIÓN:

2.2.3.2.1. SEGÚN SUS AGREGADOS:

Según la Normas Técnica Peruanas NTP 339.005 y NTP 339.007: "Elementos de concreto (Concreto). Ladrillos y bloques usados en albañilería" y la Norma ASTM C-90 "Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units", los bloques huecos de Concreto según sus agregados se clasifican en:

- **PESADOS:** Agregados normales, el peso del concreto seco es mayor a 2000 kg/m^3 .
- **SEMIPEADOS:** Mezcla de agregados normales y livianos, el peso del concreto seco es entre 1400 a 2000 kg/m^3 .
- **LIVIANOS:** Agregados 100% livianos, el peso del concreto seco es menor de 1400 kg/m^3 .

Los bloques de concreto elaborados en este trabajo de investigación se clasificaran según sus agregados, como "PESADOS" ya que son una mezcla de agregados normales.



2.2.3.2.2. SEGÚN SU USO:

Según la Norma Técnica E-070 de Albañilería, los bloques huecos de Concreto según su uso se clasifican en:

- **BLOQUE CLASE P:** Bloque para paredes de carga.
- **BLOQUE CLASE NP:** Bloques para paredes que no soportan cargas o para paredes divisorias.

Los bloques de concreto elaborados en este trabajo de investigación se clasificaran según su uso, como "BLOQUE CLASE NP" ya que estos no soportaran cargas más que su propio peso.

2.2.3.3. DIMENSIONES DE LOS BLOQUES:

Las dimensiones usuales de los bloques huecos de concreto según la *Normas Técnica Peruanas NTP 339.005 y NTP 339.007: "Elementos de concreto (Concreto). Ladrillos y bloques usados en albañilería"*, son las indicadas en el cuadro 13 mostrado a continuación:

Denominación Ordinaria (cm)	Dimensiones Modulares (cm)
10	40 x 20 x 10
12	40 x 20 x 12
15	40 x 20 x 15
20	40 x 20 x 20
25	40 x 20 x 25

Cuadro 13: Dimensiones de los bloques huecos de concreto.

Fuente: NTP 339.005 y NTP 339.007

2.2.3.4. VENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES DE CONCRETO:

La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra.

Estas ventajas se originan en la rapidez de fabricación, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo y sobre todo por constituir un sistema modular.

Si se compara un muro de bloques de concreto con otro de espesor equivalente, utilizando mampostería tradicional de ladrillo, se obtienen las siguientes ventajas:

- Menor costo por metro cuadrado de muro, originado en la menor cantidad de ladrillos.



- Menor cantidad de mortero de asiento.
- Mayor rendimiento de la mano de obra debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado.
- Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados por vibro compactación, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

2.2.3.5. BLOQUES DE CONCRETO VIBRADO:

La vibración es el método de asentamiento práctico más eficaz conseguido hasta ahora, dando un concreto de características bien definidas como son la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado.

La vibración consiste en someter al concreto a una serie de sacudidas y con una frecuencia elevada. Bajo este efecto, la masa de concreto que se halla en un estado más o menos suelto según su consistencia, entra a un proceso de acomodo y se va asentando uniforme y gradualmente, reduciendo notablemente el aire atrapado.

La duración de la vibración influye determinadamente en la compacidad del elemento (*Ing. Vidaud Quintana, 2015, pág. 12*).

2.2.3.5.1. PROPIEDADES DEL BLOQUE VIBRADO:

Según la *Normas Técnica Peruanas NTP 339.005 y NTP 339.007: "Elementos de concreto (Concreto). Ladrillos y bloques usados en albañilería"*, los bloques huecos de Concreto presentan las siguientes propiedades:

- **Compacidad:** Al amasar un concreto se emplea una cantidad de agua superior a la que el cemento necesita para su perfecta hidratación y que es muy inferior al volumen de agua empleado normalmente en el amasado.
- **Impermeabilidad:** La impermeabilidad de un concreto es función de su compacidad. La granulometría juega un papel muy importante en la impermeabilidad. La absorción de humedad del concreto vibrado es aproximadamente la mitad de la correspondiente al concreto ordinario.
- **Resistencia mecánica:** La resistencia mecánica del concreto es quizás el factor más importante dentro de las propiedades del mismo. La resistencia del concreto aumenta considerablemente si se aplica una vibración intensa.



- **Resistencia a la abrasión y congelamiento:** La resistencia del concreto vibrado a las acciones extremas se deriva de su propia compactación; la resistencia al desgaste es mayor. Otra ventaja es su resistencia a las heladas por tener menos agua de amasado y ser más compacto.
- **Desmolde rápido:** En la fabricación de elementos prefabricados de concreto vibrado puede conseguir un desmolde inmediato si el concreto es de granulometría adecuada y se ha amasado con poca agua.

En atención a todas estas características se decidió elaborar los bloques con un máquina semi-industrial vibro-compactadora, ya que este tipo de método nos garantiza una mayor resistencia en el bloque en comparación a la elaboración manual.

2.2.3.5.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS:

Según la *Norma Técnica Peruana NTP.399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto"*, Establece el procedimiento para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener la variación dimensional, Alabeo y Succión. Se aplica al control de calidad de los bloques de concreto con huecos, utilizados como unidades de albañilería estructural y no estructural y a los ladrillos de concreto.

2.2.3.5.2.1. VARIABILIDAD DIMENSIONAL:

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta, con mayores variaciones en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión.

Según la *NTP.399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto"* la variabilidad dimensional se calcula mediante la ecuación 5 mostrada a continuación:

$$\%V = \frac{DN-DP}{DN} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación 5}$$

Donde:

- % V : Variación de dimensión en porcentaje
- DN : Dimensión nominal
- DP : Dimensión promedio de cada dimensión



2.2.3.5.2.2. ALABEO:

El mayor alabeo (concauidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta. Así mismo puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería. Esta prueba se realiza según la NTP.399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto", colocando la superficie de

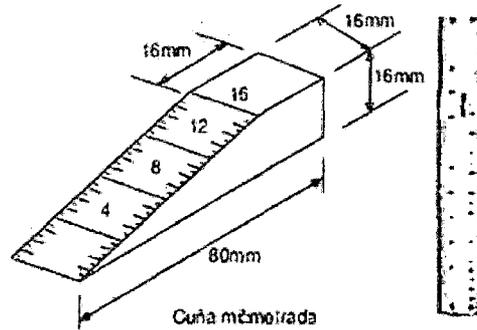


Figura 4: Cuña Metálica para medir el Alabeo graduada en milímetros.

asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada; también debe colocarse una regla metálica que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad, para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión. El resultado promedio se expresa en milímetros.

2.2.3.5.2.3. SUCCIÓN:

Es la medida de la rapidez del agua a adherirse a la unidad en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación de mortero – unidad en la inter fase de contacto y por lo tanto la resistencia a la tracción de la albañilería. Puesto que cuando la unidad tiene demasiada succión, al colocar el mortero esta absorbe el agua de él haciendo que se deforme y se endurezca lo que impide el contacto total con la siguiente unidad.

Según la NTP.399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto", la succión se calcula mediante la ecuación 6 mostrada a continuación:

$$Succión = \frac{(P_{su} - P_{se}) \times 200}{A} \dots \dots \dots Ecuación 6$$

Donde:

P_{su} : peso de unidad en succión

P_{se} : peso de unidad en seco

A : área de contacto de la unidad



2.2.3.5.2.4. ABSORCIÓN:

La Prueba de Absorción se basó en la NTP.399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto" y tiene por objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras obtendremos un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes ante 24 horas de inmersión en agua.

Se procede a pesar las muestras con una aproximación de 1 gr. Se preparan los recipientes en los cuales se sumergirán los especímenes, con la finalidad de que todas las caras del espécimen estén en contacto directo con el agua.

Se sumerge el espécimen en agua limpia por un periodo de 24 horas. Pasado este lapso, se retira el espécimen, limpiando el agua superficial con un paño para posteriormente pesar el espécimen con una aproximación de 1 gr. Las muestras se pesan dentro de los 5 minutos siguientes de ser retirados del agua.

Calculamos la absorción de cada espécimen con la ecuación 7 mostrada a continuación:

$$\text{Absorción}\% = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \dots \dots \dots \text{Ecuación 7}$$

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen.

W_s = Peso del espécimen saturado. Después de la inmersión en agua fría durante 24 horas.

Finalmente se calcula el promedio de la absorción de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,001 %.

2.2.3.5.2.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO:

La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los bloques de concreto vibrado se calcula de acuerdo a la NTP.399.604.2002 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Concreto".

La resistencia a la compresión de los bloques de concreto, es el índice de calidad más empleado para albañilería y en ella se basan los procedimientos para predecir la resistencia de los elementos modulares.

Según la NTP.399.604.2002, se determina mediante la aplicación de una fuerza de compresión sobre la unidad en la misma dirección en que trabaja en el muro. Durante el ensayo, debe



tomarse como precaución el enrasa de la cara en contacto con la cabeza de la prensa de compresión, para garantizar una distribución uniforme de la fuerza.

La resistencia mínima a los 28 días, esta especificada en el cuadro 14 y cuadro 15 mostrados a continuación:

NOMBRE	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÍNIMA EN kg/cm ²	
		Prom. 3 Unidades	Unid. Indiv.
Block Pared 12	Estructural	71.4	61.2
Block Pared 14			
Block Pared 19			
Block Split 14			
Block Stone 19			

Cuadro 14: Resistencia a la Compresión mínima en kg/cm² de BLOQUES DE CONCRETO- ESTRUCTURAL

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP.399.602.2002

NOMBRE	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÍNIMA EN kg/cm ²	
		Prom. 3 Unidades	Unid. Indiv.
Block Pared 9	No Estructural	40.8	30.6
Block Pared 12		30.6	20.4
Block Techo 12		30.6	20.4
Block Viga 14		-	-
Enchape Stone		-	-

Cuadro 15: Resistencia a la Compresión mínima en kg/cm² de BLOQUES DE CONCRETO- NO ESTRUCTURAL

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP.399.602.2002

Para este trabajo de investigación la resistencia a la compresión mínima será de 40 kg/cm², siendo mayor a la especificada en la NTP.399.602.2002 para el Block Pared 12 (20.4 kg/cm²).

2.2.3.5.2.6. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PRISMAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO:

Según la Norma Técnica Peruana NTP.399.605.2003 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Ensayo para la Determinación de la Resistencia en Compresión en Prismas de Albañilería", Establece los procedimientos para la fabricación y ensayo de prismas de albañilería, y los cálculos para determinar la resistencia en compresión, f_{mt}, utilizada para determinar el cumplimiento con la resistencia a la compresión especificada para la albañilería, f' m. cuando este método de ensayo es usado con propósitos de investigación, los procedimientos de fabricación y ensayo contenidos servirán como referencia y para proporcionar parámetros de control.



I. CONSTRUCCIÓN DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA:

Se realizará la construcción de prismas de albañilería según la Norma Técnica Peruana NTP.399.605.2003 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Ensayo para la Determinación de la Resistencia en Compresión en Prismas de Albañilería".

- a) se construirán los prismas con unidades representativas de aquellas usadas en la construcción. Estas se asentarán en forma de pila (una sobre otra), como se muestra en la figura 5.

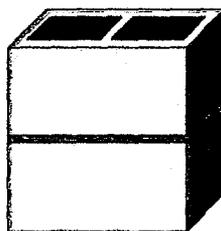


Figura 5: Prisma de unidad hueca conformado por dos unidades

- b) Se fabricarán los prismas de albañilería con capas completas de mortero, colocando mortero en todo el perímetro.
- c) Se fabricarán los prismas con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto-espesor, h_p/t_p , entre 1.3 y 5.0.

II. CURADO:

Los prismas construidos en laboratorio deberán almacenarse cubriéndolos con polietileno durante los primeros 14 días. Durante las últimas semanas se removerán el polietileno y permanecerán en las condiciones ambientales del laboratorio (NTP.399.610.2003).

III. TRANSPORTE:

Antes de transportar los prismas, se amarrará o zunchará cada prisma para evitar daño durante el manipuleo y el transporte (NTP.399.605.2003).

IV. EDAD DE ENSAYO:

Se ensayarán los prismas a la edad de 28 días, la cantidad de prismas a ensayar serán de 3 por diseño (NTP.399.605.2003).

PREPARACIÓN PARA EL ENSAYO:

Se realizará según la Norma Técnica Peruana NTP.399.605.2003 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Ensayo para la Determinación de la Resistencia en Compresión en Prismas de Albañilería".



➤ **MEDICIÓN DE LOS PRISMAS:**

Se medirá con aproximación a 1 mm, la longitud y el ancho en ambos bordes de las caras superior e inferior de los prismas. Se determinará la longitud y el ancho del prisma promediando las cuatro medidas de cada dimensión. Se medirá la altura del prisma en el centro de cada cara con una aproximación de 1 mm. Se determinará la altura del prisma promediando las cuatro medidas, como se muestra en la figura 6:

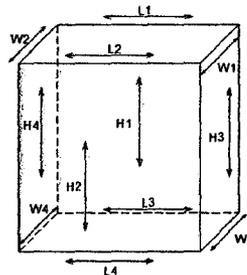


Figura 6: Medición de Prismas

Fuente: NTP.399.605.2003, pág.7

➤ **REFRENTADO DE PRISMAS:**

Se colocará el refrentado superior e inferior del prisma antes del ensayo con una mezcla de cemento y yeso de alta resistencia. El material de refrentado se distribuirá sobre una superficie a nivel que sea horizontal. Se acercará la superficie a ser recubierta hasta hacer contacto con el compuesto y se presionará firmemente el espécimen hacia abajo, sosteniendo el prisma de manera que su eje este en ángulo recto con las superficies revestidas. El espesor promedio de la capa de refrentado no excederá los 3 mm. Se efectuará el refrentado como mínimo 2 horas antes de ensayar los especímenes.

➤ **APLICACIÓN DE CARGA:**

Se aplicará carga al prisma a una velocidad uniforme y continua sin producir impacto, de modo que el ensayo demore entre 3 a 4 minutos en alcanzar la carga máxima.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA PILAS DE ALBAÑILERÍA:

La resistencia a compresión de las pilas de albañilería se calculará de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP.399.605.2003 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Ensayo para la Determinación de la Resistencia en Compresión en Prismas de Albañilería".

- Se calculará para cada prisma la relación h_p/t_p entre la altura (h_p) y la menor dimensión lateral (t_p) de ese prisma. Se determinará el factor corrección de la tabla 7 para valores de h_p/t_p intermedios, el factor de corrección se calculara mediante interpolación lineal de los valores de la tabla 7.



h_p/t_p	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de Corrección:	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

Tabla 7: factores de corrección altura/espesor para resistencia en compresión de prismas de albañilería.

Fuente: NTP.399.605.2003, pág. 10

- Se multiplicará la resistencia del prisma de albañilería por el factor de corrección del respectivo prisma.
- Se calculará la resistencia en compresión de la albañilería f_{mt} , para cada muestra de prismas, promediando los valores individuales de cada prisma de la muestra.

2.2.3.5.2.7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL(CORTE) EN MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO:

Según la Norma Técnica Peruana NTP.399.621.2004 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de Ensayo de Compresión Diagonal en Muretes de Albañilería", Establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión diagonal (corte), en muretes de albañilería de dimensión mínima 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal, originando de esa manera una falla por tracción diagonal que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la carga.

I. CONSTRUCCIÓN DE MURETES:

Se construirán los muretes con unidades representativas de aquellas usadas en la construcción. Estos serán muretes cuadrados, con una dimensión mínima de 60 cm x 60 cm, abarcando por lo menos dos unidades enteras de albañilería por hilada.

Los ensayos se harán en por lo menos 3 muretes iguales, construidos utilizando en todos la misma unidad de albañilería, mortero y mano de obra (NTP.399.621.2004).

MORTERO:

Deberán moldearse 3 cubos de 5 cm. x 5 cm. para determinar la resistencia a la compresión de una muestra de cada tanda del mortero empleado para construir los muretes. Los cubos serán almacenados en las mismas condiciones que los muretes con los que se asocian. Serán ensayados de acuerdo al procedimiento establecido en la NTP 334.051 al mismo día que los muretes (NTP.399.621.2004).



II. CURADO:

Después de la construcción, los muretes no deberán ser movidos por lo menos durante 7 días, y serán almacenados al aire en el laboratorio por no menos de 28 días. (NTP.399.621.2004).

III. TRANSPORTE:

Los muretes serán transportados de manera que se eviten los golpes y caídas (NTP.399.621.2004).

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

➤ COLOCACIÓN DE LAS ESCUADRAS DE CARGA:

Ubicar las escuadras de carga superior e inferior de manera que estén centradas en las respectivas superficies de carga de la máquina de ensayo.

➤ COLOCACIÓN DEL ESPÉCIMEN:

Asentar el espécimen en una posición centrada y a plomo sobre una cama de material de refrentado de yeso, colocada en la escuadra inferior de la carga. En nuestro caso los muretes construidos tienen perforaciones los cuales deberán ser llenados con mortero de cemento- arena 1:3, las unidades que estén en contacto con las escuadras de carga. El llenado de mortero se realizará como se muestra en la figura 7.

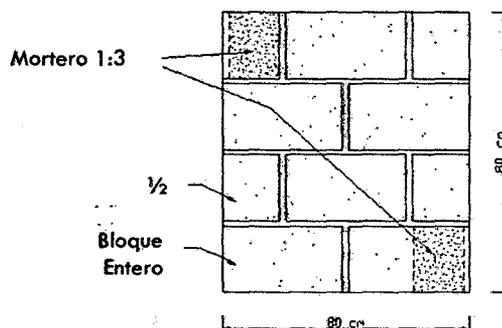


Figura 7: Llenado de mortero en Muretes

Fuente: NTP.399.621.2004

➤ INSTRUMENTACIÓN:

Cuando sea requerido, medir el acortamiento de la diagonal vertical y el estiramiento de la diagonal horizontal bajo la acción de la carga, existen dos maneras:

- Por medio de compresómetros y extensómetros, registrar las longitudes de medición.
- Por medio de sensores de deformación unitaria, del tipo de resistencia eléctrica (strain gauges) de 150 mm, colocados en la dirección de las dos diagonales tan cerca de su intersección como sea posible.

El sensor de deformación unitaria se muestra en la figura 8:

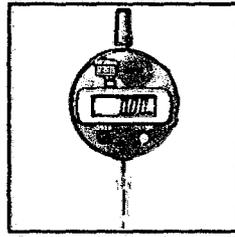


Figura 8: Sensor de deformación Unitaria

Fuente: NTP.399.621.2004

➤ **APLICACIÓN DE CARGA:**

Para ensayos con instrumentación para medir deformaciones o deformaciones unitarias aplicar la carga a incrementos adecuados que den velocidades compatibles (1 tonelada por minuto), escoger los incrementos de manera que se obtengan por lo menos 10 lecturas de deformación o de deformación unitaria, para determinar la curva de esfuerzo- deformación unitaria. Tales lecturas deberán obtenerse para cargas tan cercanas a la carga última como sea posible. (NTP.399.621.2004).

2.2.3.5.3. PROPIEDADES ACÚSTICAS Y TÉRMICAS:

Las transmisiones de calor a través de los muros son un problemas que afecta el confort y la economía de la vivienda en las zonas cálidas y frías debido al alto costo que representa el empleo de aislantes o de calefacción, según sea el caso. Los bloques tienen un coeficiente de conductividad térmico variable, en el que influyen los tipos de agregados que se utilice en su fabricación y el espesor del bloque. En general, la transmisión es mayor a la que ofrece un muro de ladrillo sólido de arcilla cocida de igual espesor. Se puede bajar la transmisión térmica de los muros revocándolos con mortero preparados con agregados livianos de procedencia volcánica. En lo referente a la absorción y a la transmisión del sonido, los bloques tienen capacidad de absorción variable de un 25 % a un 50%; si se considera un 15% como valor aceptable para los materiales que se utilizan en construcción de muros, la resistencia de los bloques a la transmisión del sonido viene a ser superior a la de cualquier otro tipo de material comúnmente utilizado (Dr. Ing. Arrieta Freyre & Bach. Ing. Peñaherrera Deza, 2001).

Con la adición del caucho granulado en los bloques de concreto, pretendemos mejorar las propiedades acústicas y térmicas de los bloques, ya que el caucho granulado cuenta con propiedades acústicas y térmicas.



2.2.3.6. MÓDULO DE RIGIDEZ DINÁMICO DEL CONCRETO CON CAUCHO GRANULADO:

El ensayo de fatiga se realiza en muestras de concreto con caucho granulado en forma de vigas, figura 9, el módulo de elasticidad se basa en la deformación elástica de la viga en la repetición número 200. La carga repetitiva es de tipo semi inverso con una duración de carga de 0.1 segundo y un periodo de descanso de 0.4 segundos, se aplica en el tercio central de la viga (Huang, 1993, págs. 336-338).

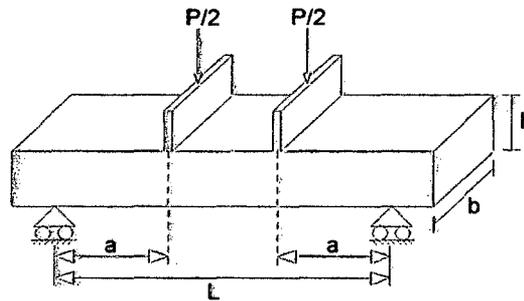


Figura 9: tercer punto para el módulo dinámico

FUENTE: Pavement Analysis and Design de Yang H. Huang

Las siguientes formulas basada en la teoría elástica han sido frecuentemente utilizadas para calcular el esfuerzo y módulo de rigidez, las mismas que serán utilizadas para los cálculos.

ESFUERZO:

El esfuerzo será calculado con la ecuación 8 según "Pavement Analysis and Design de Yang H. Huang".

$$\sigma = \frac{3 \times a \times P}{b \times h^2} \dots \dots \dots \text{Ecuación 8}$$

Donde:

- a: distancia entre la carga y el apoyo más cercano (m)
- P: carga dinámica total (kg)
- b: ancho de la muestra (m)
- h: profundidad de la muestra (m)

MÓDULO DE RIGIDEZ DINÁMICO:

El Módulo de Rigidez Dinámico se calculará con la ecuación 9 o ecuación 10, según "Pavement Analysis and Design de Yang H. Huang".

$$E_s = \frac{P \times a (3 \times L^2 - 4 \times a^2)}{4 \times b \times h^3 \times \Delta} \dots \dots \dots \text{Ecuación 9}$$



$$E_s = \frac{23 \times P \times L^3}{108 \times b \times h^3 \times \Delta} \dots \dots \dots \text{Ecuación 10}$$

Donde:

- L: Longitud del tramo entre los apoyos (m)
- Δ: deflexión dinámica entre el centro de la viga

TENSIÓN:

La tensión se calculará con la ecuación 11 según "Pavement Analysis and Design de Yang H. Huang".

$$\epsilon_t = \frac{\sigma}{E_s} = \frac{12 \times h \times \Delta}{3 \times L^2 - 4 \times a^2} \dots \dots \dots \text{Ecuación 11}$$

Donde:

- σ: esfuerzo

Después de considerar la deformación de corte (Irwin and Gallaway, 1974) sugirieron el uso de la ecuación 12 para el cálculo de Es (Módulo de Rigidez Dinámico):

$$E_s = \frac{23 \times P \times L^3}{108 \times b \times h^3 \times \Delta} \left(1 + \frac{216 \times h^2 (1+\mu)}{115 \times L^2} \right) \dots \dots \dots \text{Ecuación 12}$$

Donde:

- μ: coeficiente de Poisson de la viga, cuando a=L/3.
- Es: Módulo de rigidez basado en la deflexión en el centro.

La expresión en el soporte es el factor de corrección de deformación de cizalla. El factor de corrección varía con h/L.

Para una viga con L= 12 pulg. (305 mm) y ν= 0.35, el factor de corrección es de 1.04, para h=0.5 pulg. (38 mm) pero aumenta a 1.16 para h= 3.0 pulg. (76 mm). (Huang, 1993, pág. 338).



2.3. MARCO NORMATIVO:

2.3.1. MARCO NORMATIVO NACIONAL:

2.3.1.1. NORMAS TÉCNICA PERUANA:

HORMIGÓN Y PRODUCTOS DE HORMIGÓN:

NORMA	DESCRIPCIÓN
NTP 339.034.2008	HORMIGÓN (CONCRETO): Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
NTP 339.035.2009	HORMIGÓN (CONCRETO): método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland
NTP 339.037.2008	HORMIGÓN (CONCRETO): práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto).
NTP 400.012.2013	AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
NTP 400.017.2011	AGREGADOS: método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados.
NTP 400.022.2013	AGREGADOS: método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción del agregado fino.
NTP 400.021.2002	AGREGADOS: método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

Cuadro 16: Listado de Normas Técnicas Peruanas "HORMIGÓN Y MATERIALES DE HORMIGÓN"

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN GENERAL:

NORMA	DESCRIPCIÓN
NTP 399.600.2010	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: Bloques de Concreto para uso no estructural.
NTP 399.604.2002	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.
NTP 399.605.2013	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prismas de albañilería.
NTP 399.607.2003	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
NTP 399.610.2013	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: especificación normalizada para morteros.
NTP 399.621.2004	UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

Cuadro 17: Listado de Normas Técnicas Peruanas "MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN"



2.3.2. MARCO NORMATIVO INTERNACIONAL:

2.3.2.1. NORMAS ASTM:

NORMA	DESCRIPCIÓN
ASTM C-31	Práctica para elaboración y curado en el campo de especímenes de concreto para ensayo.
ASTM C-33	Especificaciones de agregados para concreto.
ASTM C-39	Resistencia a la compresión y módulo de ruptura de cilindros Testigos.
ASTM C-75	Muestreo de agregados.
ASTM C-87	Prueba de mortero.
ASTM C-94	Ensayos de revenimiento, contenido de aire, masa volumétrica.
ASTM C-125	Terminología estándar relacionada al concreto y agregados del concreto: cálculo del módulo de finura.
ASTM C-128	Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (Gravedad específica), y absorción de agregado fino.
ASTM C-136	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.
ASTM C-143	Método de prueba estándar para revenimiento de concreto
ASTM C-150	Especificación estándar para cemento portland.
ASTM C-192	Práctica para elaboración y curado en el laboratorio de especímenes de concreto para ensayo
ASTM C-270	Especificación estándar para mortero para unidad de mampostería.
ASTM C-305-99	Práctica estándar para mezclado mecánico de pastas de concreto y morteros de consistencia plástica.
ASTM C-566	Método de ensayo para el contenido de humedad total del agregado. por secado
ASTM C-617	Cabeceo de cilindros de concreto.
ASTM C-1077	Práctica para laboratorios que ensayan concreto y agregados para concreto para uso en construcción y criterios para evaluación de laboratorios.

Cuadro 18: Normas ASTM que se utilizarán en la investigación.



2.3.2.2. NORMAS ACI:

Norma ACI 211.1-91: Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y masivo.

NORMA	DESCRIPCIÓN
<p>ACI 211-91, Capítulo 3: RELACIÓN BÁSICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sección 5: Relación agua – cemento • Sección 6: Durabilidad • Sección 7: Densidad • Sección 8: Generación de calor
<p>ACI 211-91, Capítulo 6, Sección 3: PROCEDIMIENTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 6.3.1: Elección del revenimiento. Tabla 6.3.1- Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción. • 6.3.2: Elección del máximo tamaño de agregado. • 6.3.3: Estimación del agua de mezclado y contenido de aire. Tabla 6.3.3- Requerimientos de agua de mezclado aproximada y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados. • 6.3.4: Selección de la relación agua-cemento o agua- material cementante. Tabla 6.3.4 (a)- Relaciones entre relación agua cemento o agua- materiales cementa. Tabla 6.3.4 (b)- Relaciones máximas permisibles agua-cemento o agua- materiales cementantes para concreto en exposición severa. • 6.3.6: Estimación del contenido de agregado grueso. Tabla 6.3.6- Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto. • 6.3.7: Estimación del contenido de agregado fino. Tabla 6.3.7.- Primera estimación de peso de concreto fresco. • 6.3.8: Ajustes para la humedad de agregado. • 6.3.9: Ajustes de mezclas de prueba.

Cuadro 19: Normas ACI que se utilizaron en la Investigación.

CAPITULO III: PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



3. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS:

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS:

El primer paso para el diseño de una mezcla de concreto es la selección y el ensayo de los componentes de la mezcla, como son los agregados, caucho, cemento y agua.

La mayoría de las pruebas a los componentes de la mezcla son las establecidas por la *Normas Técnicas Peruanas NTP.400.011.2008: "AGREGADOS. Definición y Clasificación de Agregados para uso en Morteros y Hormigones (Concretos)", NTP.400.012.2013: "AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.", NTP.400.017.2011: "AGREGADOS: método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados", NTP.400.021.2002: "AGREGADOS: método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso" y NTP.400.022.2013: "AGREGADOS: método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción del agregado fino", ASTM C-33: "Especificaciones de agregados para concreto", ASTM C-75: "Muestreo de agregados", ASTM C-128: "Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (Gravedad específica), y absorción de agregado fino" y ASTM C-136: "Análisis granulométrico del agregado fino y grueso", las cuales describen cada uno de los ensayos de los materiales para el diseño del concreto.*

Los agregados para el concreto, deben estar limpios, duros y libres de químicos y otras materias que afecten su adherencia, mezclado y colocación.

Los ensayos que se deben realizar a los agregados son los siguientes que se describen a continuación basados en las normas ya mencionadas.

3.1.1. MUESTREO DEL MATERIAL DE LAS CANTERAS HUILLQUE Y ZURITE:

Se tomó como fuente de información para la elección de la cantera, la tesis: "Evaluación de los agregados de las canteras de Kunyac, Huambutio, Huillque, Vicho y Zurite para el diseño de micropavimentos con emulsión asfáltica modificada con polímeros", donde realizaron un estudio a fondo de las canteras. Las canteras de Huillque y Zurite presentan material ígneo de buena gradación, por lo que fueron elegidos para la elaboración de este trabajo de investigación como se muestra en el gráfico 2:



Granulometría del Agregado

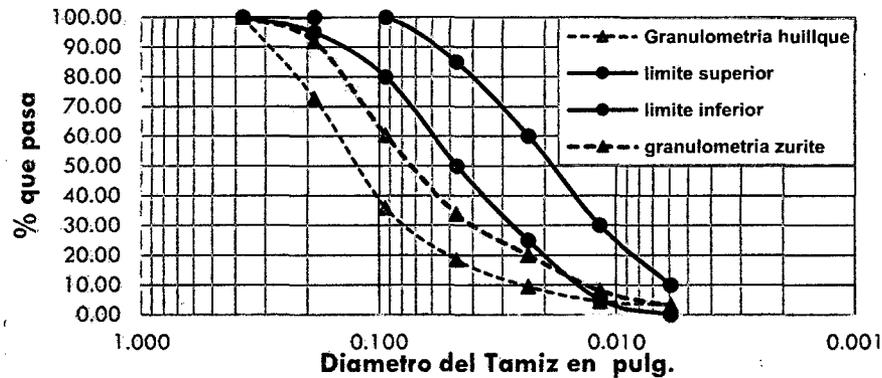


Gráfico 2: Comparación de Curvas Granulométricas de las Canteras de Huillque y Zurite

FUENTE: "Evaluación de los agregados de las canteras de Kunyac, Huambutio, Huillque, Vicho y Zurite para el diseño de micropavimentos con emulsión asfáltica modificada con polímeros"

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP.400.010.2011: "AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras", el muestreo y el ensayo son importantes, por lo tanto el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan.

Para corroborar los datos de la Tesis titulada: "Evaluación de los agregados de las canteras de Kunyac, Huambutio, Huillque, Vicho y Zurite para el diseño de micropavimentos con emulsión asfáltica modificada con polímeros", se realizó un viaje a las canteras de Huillque y Zurite y se extrajo una muestra confiable de ambas canteras para el análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. El tamaño de la muestra estará determinada en la tabla 8 por la NTP.400.010.2011.

Tamaño Agregado	Masa de la muestra de campo min. Kg (lbs)	Muestra de campo volumen min. L (gal)
AGREGADO FINO		
2.36 mm (Nro.8)	10 (22)	8 (2)
4.75 mm (Nro.4)	10 (22)	8 (2)
AGREGADO GRUESO		
9.5 mm (3/8 pulg.)	10 (22)	8 (2)
12.5 mm (1/2 pulg.)	15 (35)	12 (3)
19 mm (3/4 pulg.)	25 (55)	20 (5)
25 mm (1 pulg.)	50 (110)	40 (10)
37.5 mm (1 1/2 pulg.)	75 (165)	60 (15)
50 mm (2 pulg.)	100 (220)	80 (21)
63 mm (2 1/2 pulg.)	125 (275)	100 (26)
75 mm (3 pulg.)	150 (330)	120 (32)
90 mm (3 1/2 pulg.)	175 (385)	140 (37)

Tabla 8: Medida de las Muestras Confiables para la extracción

Fuente. NTP 400.010.2011



Para este trabajo de Investigación se tomó como muestra confiable para cada cantera (Huillque y Zurite) 10 kg. de agregado fino (Nro. 4) y 10 kg. de agregado grueso (3/8 pulg.).

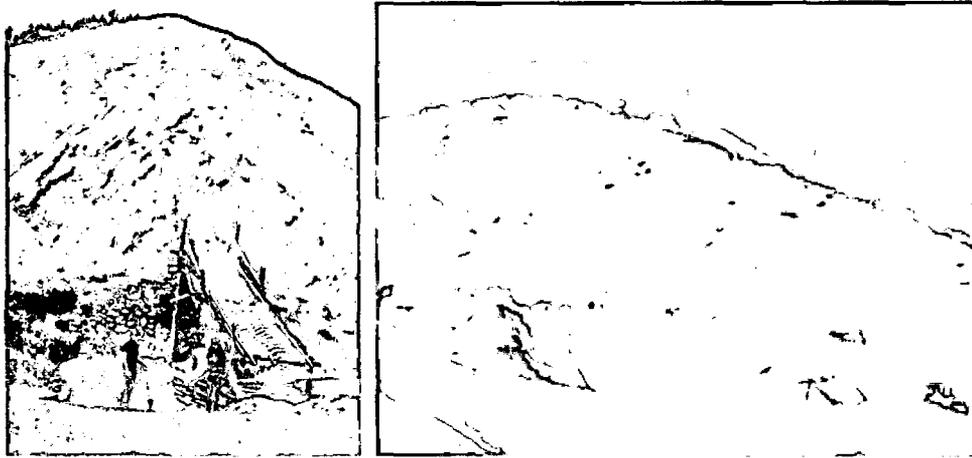


Figura 10: Extracción de Muestra de la cantera de Zurite (a la izquierda) y Huillque (a la derecha).

3.1.2. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS:

3.1.2.1. DESCRIPCIÓN:

Este método de ensayo, determina la distribución del tamaño de las partículas del agregado fino, grueso y global mediante el tamizado, de acuerdo con las especificaciones de la NTP.400.012.2001: "AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global". Se determina haciendo pasar una muestra representativa por una serie de tamices ordenados por aberturas de mayor a menor.

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

En la tabla 9 se muestran los tamices utilizados para realizar el ensayo granulométrico y los porcentajes pasantes recomendados según la norma NTP.400.012.2001, para el agregado fino.

Tamices		Porcentaje que pasa(acumulativo)		
3/8"	9.5 mm	100		
N° 4	4.75 mm	95	a	100
N° 8	2.36 mm	80	a	100
N° 16	1.18 mm	50	a	85
N° 30	600 µm	25	a	60
N° 50	300 µm	10	a	30
N° 100	150 µm	2	a	10

Tabla 9: Porcentajes que pasa recomendados para el agregado fino

Fuente. NTP 400.012.2013



En la tabla 10 se muestran los tamices utilizados para realizar el ensayo granulométrico y los porcentajes pasantes recomendados según la norma NTP.400.012.2001, para el agregado grueso.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño nominal	% que pasa por los tamices normalizados												
	4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nro 4	Nro 8	Nro 16
	100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
3 1/2" a 1 1/2"	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2" a Nro 4	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-
1 1/2" a Nro 4	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-
1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-
1" a Nro 4	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-
1/4" a Nro 4	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
2" a 1"	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-
1 1/2" a 3/4"	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	-	0-5	-	-	-
1" a 1/2"	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-
3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
1 1/2" a Nro 4	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
3/8" a Nro 8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

Tabla 10: Porcentajes que pasa recomendados para el agregado grueso

Fuente. NTP 400.012.2013

3.1.2.2. PROCEDIMIENTO:

El procedimiento se realizará de acuerdo a lo establecido en la NTP 400.012.2013, el cual se muestra a continuación:

- 1) Tomar una muestra de agregado de acuerdo a la NTP.400.012.2013, la muestra para el agregado fino será mínimo de 4 kg. y para el agregado grueso se tomará una muestra mínima de 3 kg, realizar el respectivo cuarteo, lavar en la malla Nro. 200 y llevar al horno con una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.
- 2) Extraer una muestra para el agregado fino 500 gr. y para el agregado grueso 1500 gr. y para el caucho granulado 200 gr.
- 3) Tamizar por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices.



Figura 11: Análisis Granulométrico del Agregado Fino y Grueso de las canteras de Huillque y Zurite

Fuente. NTP 400.012.2013



3.1.2.3. RESULTADOS DEL ENSAYO:

Los resultados del ensayo de análisis granulométrico de las canteras de Huillque y Zurite se muestran a continuación tanto para el agregado fino como para el agregado grueso.

Estos resultados comprenden tres muestras representativas, para obtener valores más confiables de granulometría. Se observó que las tres muestras presentan valores muy parecidos y que no hay diferencias considerables.

El resultado final de la granulometría de los agregados, es el promedio de los porcentajes de material pasante de las muestras ensayadas, y el posterior cálculo del módulo de finura del material para ser comparados con la norma técnica peruana NTP.400.012.2013.

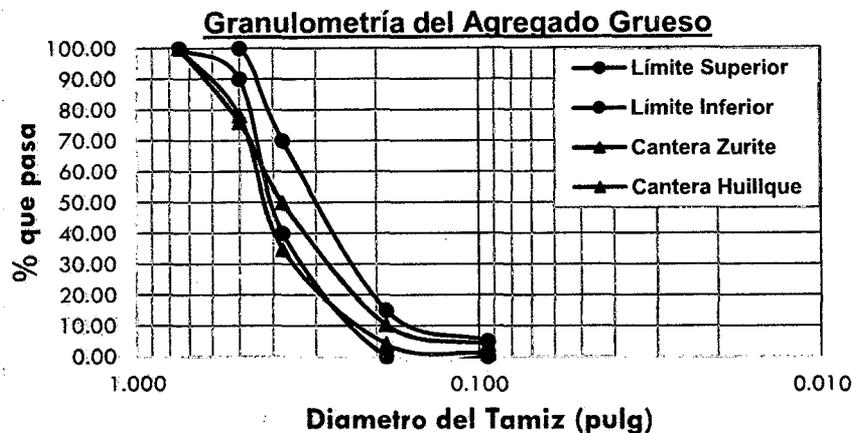
3.1.2.3.1. AGREGADO GRUESO:

Los resultados de análisis granulométrico de las canteras de Huillque y Zurite se encuentran en la tabla 11:

Malla	Abertura (Pulg.)	ZURITE	HUILLQUE	% Especificado en la NTP	
		% que pasa	% que pasa	límite superior	límite inferior
3/4"	0.750	100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	0.500	76.00	78.18	100.00	90.00
3/8"	0.375	49.89	34.76	70.00	40.00
N°4	0.187	10.31	4.05	15.00	0.00
N°8	0.094	3.96	0.94	5.00	0.00

Tabla 11: Granulometría del Agregado Grueso de las Canteras de Zurite y Huillque.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 11 se elaboró la gráfica de curva granulométrica del agregado grueso, para observar con mayor detalle el comportamiento de la distribución de las partículas en comparación a los límites de granulometría recomendados por la norma NTP.400.012.2013. Como puede observarse en el gráfico 3.





AGREGADO FINO:

Los resultados de análisis granulométrico de las canteras de Huillque y Zurite se encuentran en la tabla 12:

Malla	Abertura (Pulg.)	Zurite	Huillque	% Especificado en la NTP	
		% que pasa	% que pasa	límite superior	límite inferior
3/8"	0.375	98.19	98.98	100.00	100.00
N°4	0.187	78.38	68.54	100.00	95.00
N°8	0.094	45.30	40.82	100.00	80.00
N°16	0.047	26.86	24.31	85.00	50.00
N°30	0.023	16.39	12.98	60.00	25.00
N°50	0.012	6.26	5.34	30.00	10.00
N°100	0.006	3.562	0.612	10	2
N°200	0.003	0.306	0.29	2	0

Tabla 12: Granulometría del Agregado Fino de las Canteras de Zurite y Huillque

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 12 se elaboró la gráfica de curva granulométrica del agregado fino, para observar con mayor detalle el comportamiento de la distribución de las partículas en comparación a los límites de granulometría recomendados por la norma NTP.400.012.2013. Como puede observarse en el gráfico 4.

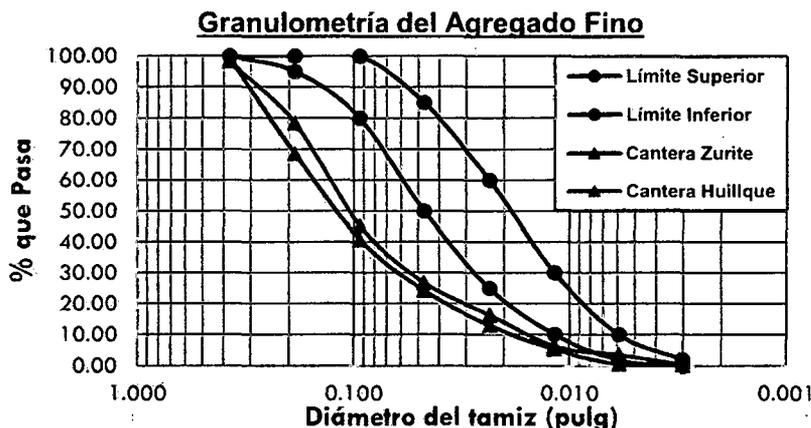


Gráfico 4: Granulometría del Agregado Fino de las Canteras de Zurite y Huillque

La granulometría obtenida con el agregado de Huillque representa una arena con tendencia al límite más fino recomendado por la norma NTP.400.012.2013, manteniendo una curva uniforme saliéndose del límite normativo en los tamices de tamaño (#4, #8, #16, #30, #50, #100, #200), lo que significa que no está dentro de los parámetros recomendados por la norma y pudieran influir negativamente en su resistencia. El módulo de finura de la arena se obtuvo promediando los valores



obtenidos de la granulometría de las tres muestras, cuyo valor 4.47 se encuentra dentro del rango de valores de una arena gruesa como se puede observar en la tabla 13 de esta investigación. La granulometría obtenida de la arena, no se consideró que era adecuada para la fabricación de los bloques, ya que el módulo de finura no se encuentra dentro de un rango aceptable.

Fina	Media	Gruesa
MF < 2.0	2.0 ≤ MF ≤ 3.0	MF > 3.0

Tabla 13: Clasificación de la arena según el módulo de finura (MF) (Porrero S., Ramos R., Grases G., & Velazco, 2009)

La granulometría obtenida con el agregado de Zurite representa una arena con tendencia al límite grueso recomendado por la norma NTP.400.012.2013, manteniendo una curva uniforme saliéndose del límite normativo en los tamices de tamaño (#4, #8, #16, #30, #50, #100, #200), lo que significa que no está dentro de los parámetros recomendados por la norma y pudieran influir negativamente en su resistencia. El módulo de finura de la arena se obtuvo promediando los valores obtenidos de la granulometría de las tres muestras, cuyo valor 4.23 se encuentra dentro del rango de valores de una arena gruesa como se puede observar en la tabla 13 de esta investigación. La granulometría obtenida de la arena, no se consideró que era adecuada para la fabricación de los bloques, ya que el módulo de finura no se encuentra dentro de un rango aceptable.

Se elige la cantera de Zurite por la mayor cercanía a los límites establecidos en la NTP.400.012.2013, como se observa en el análisis granulométrico mostrado en la tabla 12, pero a pesar de ello no se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma, por ello se optó por corregir el material por el método de Fuller y Thompson y el Estudio Experimental, para ello se seleccionó el material por mallas con el fin de obtener una granulometría corregida dentro de los límites determinados por la NTP.400.012.2013, como se muestra en la tabla 14:

tamiz	% que pasa		% que pasa	% Retenido		NTP % que pasa	
	Método Fuller Y Thompson	Estudio Experimental	material corregido (Zurite)	Retenido	Acumulado	Límite Superior	Límite Inferior
3/4"	100	100	100	0.00	0	100	95
1/2"	81.8	83.4	82.6	17.40	17.4	-	-
3/8"	70.7	73.2	71.95	10.65	28.05	-	-
N°4	50.1	53.6	51.85	20.10	48.15	55	35
N° 8	35.4	39.3	37.35	14.50	62.65	-	-
N° 16	25	28.7	26.85	10.50	73.15	-	-
N°30	17.7	21	19.35	7.50	80.65	35	10
N°50	12.5	15.4	13.95	5.40	86.05	-	-
N° 100	8.9	11.3	10.1	3.85	89.9	18	0
N°200				10.10	100		

Tabla 14: Granulometría global del agregado corregido de Zurite.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 14, se elaboró la gráfica de curva granulométrica del material corregido de Zurite, para observar con mayor detalle el comportamiento de la distribución de las partículas en comparación con los límites de granulometría recomendados por la norma NTP.400.037, como se puede observar en el grafico 5.

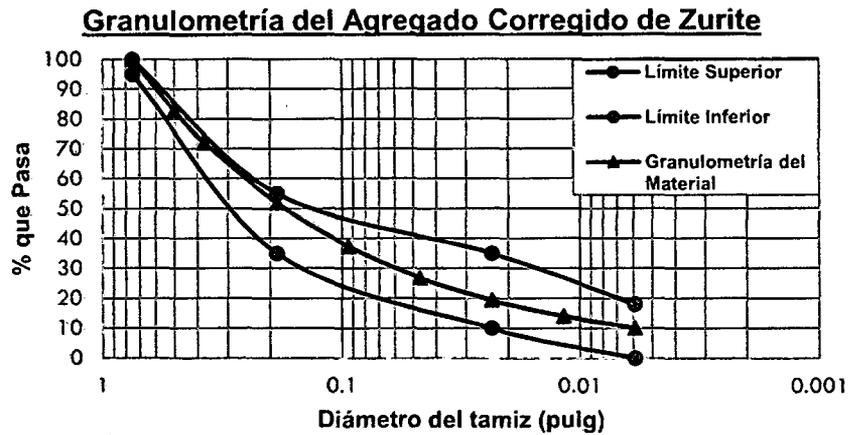


Gráfico 5: Granulometría global del agregado corregido de Zurite.



Figura 12: Agregado Tamizado por mallas de la Cantera de Zurite (Agregado Global)

AGREGADO FINO (CAUCHO):

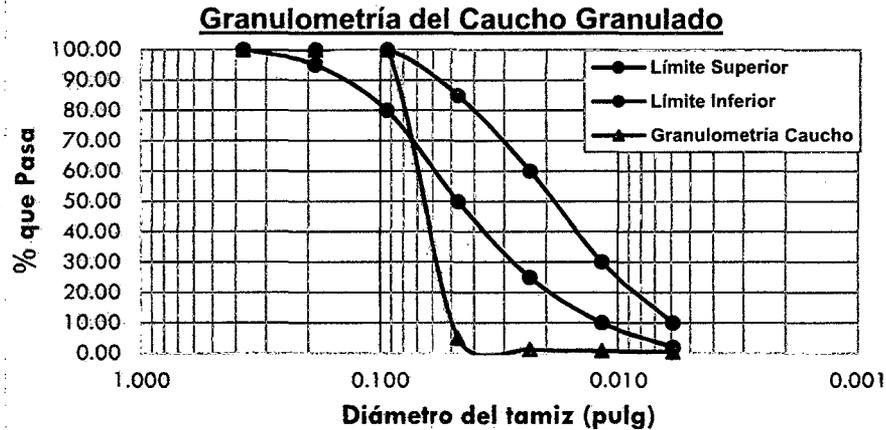
El caucho granulado forma parte del agregado, éste ingresó en la mezcla con su propia granulometría, reemplazando parte del agregado fino, antes de realizar su análisis granulométrico se procedió a su tratamiento superficial con hidróxido de sodio (Segre & Joekes, 2000) mostrado en el anexo 5, El análisis granulométrico se muestra a continuación en la tabla 15:

Malla	Abertura (Pulg.)	% que pasa	% Especificado en la NTP	
			límite superior	límite inferior
3/8"	0.375	100.00	100.00	100.00
N°4	0.187	100.00	100.00	95.00
N°8	0.094	100.00	100.00	80.00
N°16	0.047	5.04	85.00	50.00
N°30	0.023	1.24	60.00	25.00
N°50	0.012	0.69	30.00	10.00
N°100	0.006	0.42	10.00	2.00
N°200	0.003	0.01		

Tabla 15: Análisis Granulométrico del Caucho Granulado



De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 15 se elaboró la gráfica de curva granulométrica del caucho granulado, para observar con mayor detalle el comportamiento de la distribución de las partículas en comparación a los límites de granulometría recomendados por la norma NTP.400.012.2013. Como puede observarse en el gráfico 6.





recipiente utilizado en el ensayo, depende del tamaño máximo de las partículas del agregado que se va a medir, de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 12.

- 4) Cuchara para llenar el recipiente.

3.1.3.3. PROCEDIMIENTO.

3.1.3.3.1. PESO UNITARIO DEL AGREGADO SUELTO.

- i. Se pesa aproximadamente unos 4000 gr de agregado.
- ii. El agregado seleccionado se colocará en el recipiente en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta llenarlo.
- iii. Terminado la última capa de llenado se enrasa el recipiente con la misma varilla para determinar su masa.
- iv. Finalmente se repite el procedimiento a partir del numeral ii. , cuantas veces sea necesario hasta alcanzar masas similares y determinar su promedio.

3.1.3.3.2. PESO UNITARIO DEL AGREGADO COMPACTADO.

- i. Se pesa aproximadamente unos 4000 gr de agregado.
- ii. El agregado seleccionado se colocara en el recipiente en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta llenarlo.
- iii. Cada capa colocada de agregado sobre el recipiente debe ser apisonada uniformemente distribuida sobre la superficie hasta completar los 25 golpes, con la varilla.
- iv. Terminado la última capa de compactar se enrasa el recipiente con la misma varilla para determinar su masa.
- v. Finalmente se repite el procedimiento a partir del numeral ii. , cuantas veces sea necesario hasta alcanzar masas similares y determinar su promedio.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado		Capacidad de la Medida ^A
mm	Pulg.	L(m ³)
12.5	1/2	2.8 (0.0028)
25.0	1	9.3 (0.0093)
37.5	1 1/2	14.0 (0.0140)
75.0	3	28.0 (0.0280)
112.0	4 1/2	70.0 (0.0700)

Tabla 16: ^Ala medida indicada será utilizada para ensayar agregados con Tamaño Máximo Nominal igual o menor.

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP.400.017.2011



3.1.3.4. FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO:

Según la Norma Técnica Peruana NTP.400.017.2011, las fórmulas para el cálculo son las que se muestran a continuación:

Peso unitario del agregado (M):

$$M = \frac{(G-T)}{V} \dots \dots \dots \text{Ecuación 13}$$

Peso unitario del agregado en condición saturado con superficie seca (M_{sss}):

$$M_{sss} = M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right] \dots \dots \dots \text{Ecuación 14}$$

Contenido de Vacíos (% de vacíos):

$$\% \text{vacíos} = 100 \frac{[(S \times W) - M]}{(S \times W)} \dots \dots \dots \text{Ecuación 15}$$

Dónde:

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T= Masa del recipiente en kg.

V = Volumen de la medida en m³

A = Porcentaje de absorción del agregado

S = Peso Específico de masa (adimensional)

W = Densidad del agua kg/m³

3.1.3.5. RESULTADOS DEL ENSAYO:

	SIN COMPACTAR			COMPACTADO		
	Agregado Grueso	Agregado Fino	Caucho Granulado	Agregado Grueso	Agregado Fino	Caucho Granulado
M (kg/m³)	1535.27	1623.66	342.81	1744.86	1880.15	398.29
M_{sss} (kg/cm³)	1566.13	1724.81	342.81	1779.93	1997.28	398.29
% vacíos	43.23 %	32.45 %	70.06 %	35.48 %	21.78 %	65.22 %

Tabla 17: Resultados de Peso Unitario de los Agregados de la Cantero de Zurite

De acuerdo a estos resultados, el agregado grueso utilizado presentó un peso unitario suelto de 1535.27 Kg/m³ y un peso unitario compactado de 1744.86 Kg/m³. Tanto el valor del peso unitario suelto y el peso compactado del agregado grueso no se encuentran dentro de los valores usuales de las relaciones Peso/Volumen de los agregados no livianos, como puede observarse en la tabla 18, de esta investigación. De esta comparación se puede decir que la arena estudiada es más pesada de la que usualmente presentan muchas arenas.



PROPIEDAD	GRUESO	FINO
Peso unitario suelto (kgf/litro)	1.4 a 1.5	1.5 a 1.6
Peso unitario compactado (kgf/litro)	1.5 a 1.7	1.6 a 1.9
Densidad (peso específico)	2.5 a 2.7	2.5 a 2.7

Tabla 18: Valores usuales de las relaciones Peso/Volumen de los agregados no livianos

Fuente: (Porrero S., Ramos R., Grases G., & Velazco, 2009)

3.1.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.

3.1.4.1. DESCRIPCIÓN:

Los resultados del ensayo para determinar el peso específico y absorción de los agregados se obtuvieron mediante la aplicación del método recomendado en la norma NTP.400.022.2002. "Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino". Estos resultados pueden observarse en la Tabla 19.

3.1.4.2. DEFINICIONES.

- Volúmenes aparentes y nominales. En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se denomina "nominal".
- Peso específico aparente y nominal. En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

3.1.4.3. PROCEDIMIENTO:

3.1.4.3.1. PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO

- Se pesa aproximadamente unos 2000 gr de agregado obtenido por el método de cuarteo secado a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se cubica la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas. Se extiende sobre la superficie plana y expuesta a una corriente de aire hasta lograr un secado uniforme (secado a superficie seca).
- Se coloca 500 gr de material seco con superficie seca en un matraz y se llena de agua hasta los 500 cm^3 .
- se pesa el matraz con el contenido de agregado y agua.
- Finalmente se extrae el materia y se lleva al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante $\frac{1}{2}$ hora a $1\frac{1}{2}$ y se pesa.



3.1.4.3.2. PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO

- i. Se pesa aproximadamente unos 5000 gr de agregado obtenido por el método de cuarteo secado a una temperatura $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- ii. Se cubica la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas. Se extiende sobre la superficie plana y expuesta a una corriente de aire hasta lograr un secado uniforme (secado a superficie seca).
- iii. Se coloca 1000 gr de material seco con superficie seca en una probeta y se llena de agua hasta los 1000 cm^3 .
- iv. se pesa la probeta con el contenido de agregado y agua.
- v. Finalmente se extrae el materia y se lleva al horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante $\frac{1}{2}$ hora a $1 \frac{1}{2}$ y se pesa.

3.1.4.4. FORMULAS PARA EL CÁLCULO:

Según la Norma Técnica Peruana *NTP.400.022.2002*, las fórmulas para el cálculo son las que se muestran a continuación:

Peso específico de masa (Pem):

$$Pem = \frac{W_o}{(V-V_a)} \dots \dots \dots \text{Ecuación 16}$$

Peso específico de masa saturado con superficie seca ($PeSSS$):

$$PeSSS = \frac{1000}{V-V_a} \dots \dots \dots \text{Ecuación 17}$$

Peso específico aparente (Pea):

$$Pea = \frac{(W_o)}{(V-V_a)-(1000-W_o) \text{ cm}^3} \text{ gr} \dots \dots \dots \text{Ecuación 18}$$

Absorción (Ab):

$$Ab = \frac{1000-W_o}{W_o} \times 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación 19}$$

Dónde:

Pem: Peso específico de masa

W_o: Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

V: Volumen del frasco en cm^3

V_a: Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida en el frasco



3.1.4.5. RESULTADOS DEL ENSAYO:

	Agregado Grueso	Agregado Fino
Pem (gr/cm ³)	2.662	2.414
PeSSS (gr/cm ³)	2.716	2.564
Pea (gr/cm ³)	2.815	2.841
Ab:	2.01 %	6.23 %

Tabla 19: Resultados de peso específico de los agregados grueso y fino de la cantera de Zurite

El peso específico obtenido para el agregado grueso es de 2.662 Kg/m³ valor que se encuentra dentro del rango de los valores usuales de las relaciones Peso/Volumen de los agregados no livianos cuyos límites están entre 2,5 a 2,7 Kg/m³, expresados en la tabla 18 del capítulo III, y el peso específico del agregado fino es de 2.414 Kg/m³, valor que no se encuentra dentro del rango de los valores usuales de las relaciones Peso/Volumen de los agregados no livianos cuyos límites están entre 2,5 a 2,7 Kg/lts expresados en la tabla 18 del capítulo III, por lo que el agregado fino corresponde a un agregado liviano. Además, se puede notar que el agregado grueso presenta un porcentaje de absorción de 2.01 % el agregado fino un porcentaje de absorción de 6.23 %.

Al caucho granulado no se le realizó ensayo de peso específico, debido a que no hay un procedimiento que sea viable para determinar esta propiedad, ya que este tipo de ensayo esta estandarizado para el caso de los agregados pétreos y se basa en determinar el peso específico saturado con superficie seca, y el caucho granulado por ser un material impermeable, es difícil la determinación de esta característica con los parámetros establecido en la norma *NTP 400.022.2002. "Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino"*.

3.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.

3.2.1. DESCRIPCIÓN.

Las dosificaciones se establecieron tomando en cuenta los métodos propuestos por el American Concrete Institute (Diseño de Mezclas ACI 211), Fuller y el Módulo de Fineza, con el fin de corroborar el diseño de mezcla, donde para el diseño de 40 kg/cm² se tuvieron que extrapolar los datos de la tabla: "Determinación de la relación a/c (agua/cemento)" ya que estas consideran un diseño mínimo de 150 kg/cm² (ANEXO N° 11).

3.2.2. INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA:

Para realizar el diseño de mezcla se debe contar con los siguientes análisis de laboratorio.

- i. Análisis granulométrico de los agregados
- ii. Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- iii. Peso específico de los agregados (fino y grueso)



- iv. Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- v. Perfil y textura de los agregados
- vi. Tipo y marca del cemento
- vii. Peso específico del cemento
- viii. Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

3.2.3. PROCEDIMIENTO.

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera considerando los métodos mencionados en el ítem 3.2.1:

1. Estudio detallado de las dimensiones del molde para la fabricación de los bloques propuestos.
2. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr}).
3. Elección del Asentamiento (Slump)
4. Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
6. Selección de la relación agua/cemento (a/c).
7. Cálculo del contenido de cemento.
8. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
9. Ajustes por humedad y absorción.
10. Cálculo de proporciones en peso.
11. Cálculo de proporciones en volumen.
12. Cálculo de cantidades por tanda.

3.2.4. RESUMEN DE LOS MÉTODOS ACI, FULLER y MODULO DE FINEZA:

A continuación en la tabla 20, se muestra un resumen comparativo de los tres métodos de diseño de mezcla:

MÉTODO	ACI	FÚLLER	MODULO DE FINEZA
f_c (kg/cm ²)	40	40	40
S_s (kg/cm ²)	20	20	20
f_{cr} (kg/cm ²)	66.8	66.8	66.8
Asentamiento	1"	1"	1"
Tamaño máximo del agregado	¾"	¾"	¾"
Relación a/c	0.89	0.89	0.89
Proporción en peso: (cemento:agregado:agua)	1 : 8.05 : 0.78	1 : 7.96 : 0.77	1 : 8.05 : 0.78
Proporción en volumen: (cemento:agregado:agua)	1 : 7.67 : 1.18	1 : 7.65 : 1.15	1 : 7.67 : 1.17

Tabla 20: Resumen de diseño de mezcla método ACI, Fuller y Módulo de Fineza



El proporcionamiento obtenido por los tres métodos es similar, por ello se tomó como diseño para este trabajo de investigación el método ACI, por ser un método normalizado mundialmente.

Durante el proceso de fabricación de los testigos cilíndricos de concreto, estas dosificaciones se realizaron en volumen, tomando en cuenta el proceso de producción de la fábrica industrial de bloques vibro-compactados, en la que se trabaja por carretilla y baldes de 10 galones, obteniendo los resultados que se presenta en la tabla 21.

CEMENTO	2.802	Baldes de 4 galones
A.F.	8.259	Baldes de 4 galones
A.G.	13.407	Baldes de 4 galones
AGUA	3.367	Baldes de 4 galones

Tabla 21: Proporcionamiento en volumen para los treinta testigos cilíndricos de concreto

Para validar este diseño de mezcla, se realizaron treinta testigos cilíndricos de concreto, los cuales serán ensayados a los veintiocho días de edad, analizando su resistencia a la compresión axial y la desviación estándar que presenten, con fines estadísticos (ACI 318S , 2005, págs. 68-83).

3.2.4.1. RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN AXIAL Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR:

Los resultados del ensayo para determinar la compresión axial de los testigos cilíndricos de concreto se obtuvieron mediante la aplicación del método recomendado en la norma NTP.339.034. **HORMIGÓN (CONCRETO):** "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas" y el ACI 318S-05 "Requisitos del reglamento para concreto estructural". Estos resultados pueden observarse en la Tabla 22.

Ensayo de testigos cilíndricos de concreto a la edad de 28 días							
Muestra	Peso (kg)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Área en (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	%
1	4.015	10.125	20.15	8500	80.52	47.51	118.77
2	4.050	10.075	20.05	8750	79.72	49.39	123.48
3	3.996	10.100	20.30	7500	80.12	42.13	105.31
4	4.050	10.075	20.10	8250	79.72	46.57	116.42
5	4.048	10.100	20.20	7750	80.12	43.53	108.82
6	3.998	10.075	20.00	9000	79.72	50.80	127.00
7	4.054	10.050	20.10	8500	79.33	48.22	120.54
8	3.992	10.125	20.15	9000	80.52	50.30	125.75
9	4.018	10.175	20.05	8500	81.31	47.04	117.60
10	4.125	10.175	20.15	8250	81.31	45.66	114.14
11	4.107	10.125	20.10	8750	80.52	48.90	122.26
12	4.110	10.100	20.00	9000	80.12	50.55	126.38



13	4.155	10.050	20.05	8500	79.33	48.22	120.54
14	4.038	10.100	20.10	9500	80.12	53.36	133.40
15	4.015	10.075	20.00	8250	79.72	46.57	116.42
16	4.120	10.150	20.05	8500	80.91	47.27	118.18
17	4.025	10.100	20.10	8250	80.12	46.34	115.84
18	4.030	10.100	20.15	9250	80.12	51.95	129.89
19	4.025	10.200	20.20	8000	81.71	44.06	110.14
20	4.000	10.075	20.10	8750	79.72	49.39	123.48
21	3.998	10.050	20.15	9250	79.33	52.47	131.18
22	3.995	10.125	20.00	7500	80.52	41.92	104.79
23	3.997	10.075	20.05	8250	79.72	46.57	116.42
24	3.994	10.150	20.10	8500	80.91	47.27	118.18
25	4.052	10.125	20.15	9500	80.52	53.10	132.74
26	4.005	10.075	20.20	9750	79.72	55.03	137.59
27	4.085	10.125	20.20	9250	80.52	51.70	129.24
28	3.994	10.100	20.15	7500	80.12	42.13	105.31
29	4.000	10.100	20.15	8750	80.12	49.15	122.86
30	4.018	10.100	20.10	8500	80.12	47.74	119.35
f cr (Resistencia promedio a compresión axial):						48.16	120.40
Ss (desviación estándar):						3.41	
f' cr (Resistencia característica):						44.75	

Tabla 22: Resumen de resultados del ensayo de compresión axial de treinta testigos cilíndricos de concreto.

De acuerdo a los resultados de resistencia a la compresión axial mostrados en la tabla 22, se observa que la resistencia promedio (f_{cr}) es de 48.16 kg/cm² con una desviación estándar de 3.41 kg/cm², validando el diseño de mezcla propuesto en la tabla 20: "Resumen de diseño de mezcla método ACI, Fuller y Módulo de Fineza".

El restar la desviación estándar al valor promedio (f_{cr}), estadísticamente significa que el 84% de los especímenes ensayados tendrán una resistencia superior al valor característico (44.75 kg/cm²). (Ing. Profesor Principal PUCP San Bartolomé, 2005).

Se elaboró la gráfica lineal de los 30 testigos, para observar con mayor detalle la desviación de la resistencia de los testigos cilíndricos de concreto. Como puede observarse en el gráfico 7.

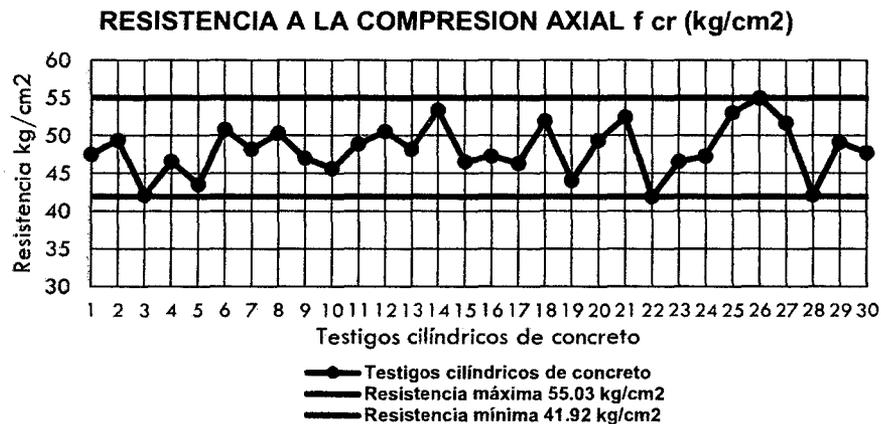


Gráfico 7: Resumen de resultados del ensayo de compresión axial de treinta testigos cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.

El Gráfico 7 muestra las resistencias alcanzadas de los treinta testigos cilíndricos de concreto a la edad de 28 días, así como el valor máximo (55.03 kg/cm²) y mínimo (41.92 kg/cm²) de las resistencias alcanzadas. Con lo que se reafirma que el diseño de mezcla es correcto y será la base para los posteriores proporcionamientos con caucho granulado que reemplaza parte del agregado fino.

3.3. ELABORACIÓN Y ENSAYO DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CAUCHO.

Para la determinación de la resistencia a la compresión de testigos cilindros, es importante tomar en cuenta la NTP.339.034. HORMIGÓN (CONCRETO): "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas", especifica el procedimiento a seguir para la elaboración, curado y ensayo de los testigos cilíndricos de concreto. En la elaboración del concreto se sustituirá parte del agregado fino por caucho granulado, en los porcentajes de 0% (D-1), 5% (D-2), 10% (D-3), 15% (D-4), 20% (D-5) y 25% (D-6). Estos porcentajes de caucho granulado lo tomamos de los antecedentes mostrados en el capítulo 1 ítem 1.1.1, donde se realizaron diversas investigaciones con porcentajes de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 35% de caucho en polvo. (Segre & Joekes, 2000), (Kozievith & Pino, 2001).

3.3.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO – CAUCHO.

Se elaboraron testigos cilíndricos de concreto – caucho usando como base teórica la norma NTP.339.034. HORMIGÓN (CONCRETO): "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas".

A continuación se muestra el proceso antes, durante y después de la elaboración del concreto:

1. Limpieza y engrasado de moldes



2. Dosificación de la mezcla.(volumen)
3. Colocación de agregados a la mezcladora.
4. Medición de trabajabilidad (prueba de revenimiento)
5. Llenado del concreto en las probetas y desmolde pasadas las 24 horas.
6. Almacenamiento de probetas de concreto curado.

3.3.2. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO – CAUCHO.

Para el ensayo de los cilindros de concreto, cada espécimen debe cumplir con la edad requerida (veintiocho días) según lo descrito en la *norma NTP.339.034. HORMIGÓN (CONCRETO): "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas"*.

3.3.2.1. PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE TESTIGOS DE CONCRETO – CAUCHO.

El procedimiento para el ensayo a compresión axial de testigos cilíndricos de concreto se realizará de acuerdo a lo establecido en la norma NTP.339.034.

Este ensayo se realizará en la máquina de compresión, que se encuentra en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

- i. Los especímenes se pesan una vez sacados directamente del contenedor de agua.
- ii. Se mide el diámetro, que será el promedio de los dos diámetros tomados de la superficie superior, perpendicularmente entre sí, y la última medida que es la altura.
- iii. Se coloca el espécimen sobre la placa inferior, se alinea cuidadosamente el eje del mismo con respecto al centro de la placa de asiento inferior.
- iv. Al tener perfectamente colocado el espécimen, se le aplica la carga hasta que falle.
- v. Se registra la carga soportada durante la prueba y anotar el tipo de falla, siguiendo como patrón, los siguientes planos de falla de cilindro, mostrado en la figura 13.

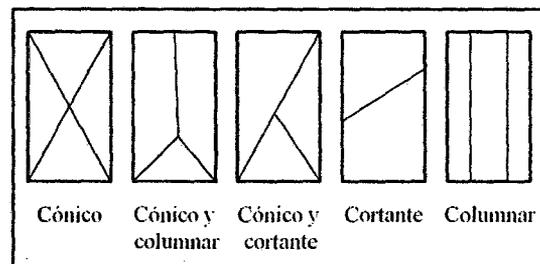


Figura 13: Tipos de fallas de testigos cilíndricos de concreto.

Fuente: NTP.339.034



Se mencionó anteriormente la relación agua-cemento y porcentajes de caucho granulado que se usa en esta investigación. A continuación se muestran los seis diseños de concreto-caucho en la tabla 23.

D-1	% Agregado Grueso:	100 %
	% Agregado Fino:	100%
	% Caucho:	0%
D-2	% Agregado Grueso:	100 %
	% Agregado Fino:	95%
	% Caucho:	5%
D-3	% Agregado Grueso:	100 %
	% Agregado Fino:	90%
	% Caucho:	10%
D-4	% Agregado Grueso:	100 %
	% Agregado Fino:	85%
	% Caucho:	15%
D-5	% Agregado Grueso:	100 %
	% Agregado Fino:	80%
	% Caucho:	20%
D-6	% Agregado Grueso:	100 %
	% Agregado Fino:	75%
	% Caucho:	25%

Tabla 23: Diseños de mezcla concreto-caucho

3.3.2.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO – CAUCHO.

Los ensayos de compresión axial fueron realizados a los 7, 14 y 28 días de edad según lo establecido en la norma NTP.339.034, los datos obtenidos se muestran a continuación en la tabla 24:

Tiempo (días)	Resistencia kg/cm ²					
	D-1 (0% caucho)	D-2 (5% caucho)	D-3 (10% caucho)	D-4 (15% caucho)	D-5 (20% caucho)	D-6 (25% caucho)
7	31.05	26.81	28.22	24.23	19.95	12.89
7	33.37	29.34	28.51	25.28	17.02	12.58
7	30.89	31.05	26.34	25.15	16.77	11.18
Promedio	31.77	29.07	27.69	24.88	17.91	12.21
14	42.76	42.55	38.29	34.21	26.95	17.02
14	43.53	40.52	36.33	32.94	25.15	19.56
14	43.53	40.52	42.55	31.82	27.22	22.92
Promedio	43.27	41.20	39.05	32.99	26.44	19.83
28	50.13	45.38	45.16	39.91	33.53	23.64
28	47.27	44.93	41.13	41.30	30.59	23.64
28	48.22	42.13	42.33	41.86	33.21	26.29
Promedio	48.54	44.15	42.87	41.02	32.44	24.52

Tabla 24: Resumen de compresión axial respecto al tiempo de curado de los testigos cilíndricos de concreto con 0% caucho, 5% caucho, 10% caucho, 15% caucho, 20% caucho y 25 % caucho.



De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 24 se elaboró la gráfica de resistencia a compresión axial respecto a su edad de ensayo, para observar con mayor detalle el incremento de la resistencia de los diseños D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6. Como puede observarse en el gráfico 8.

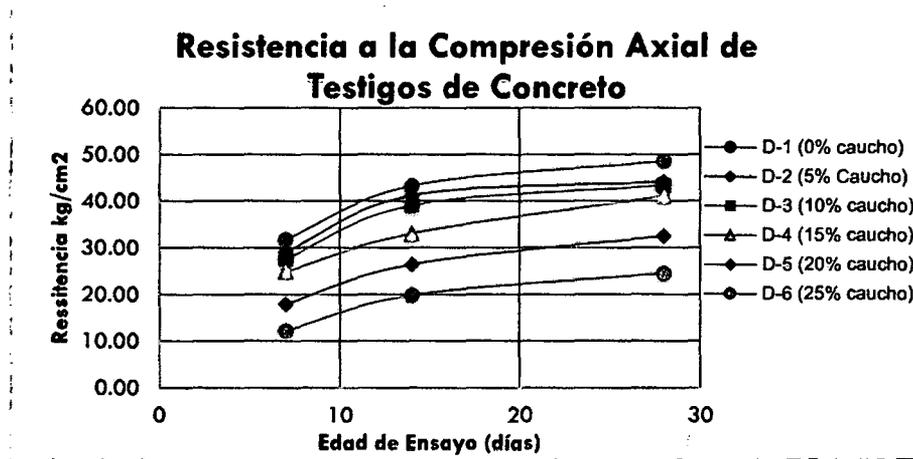


Gráfico 8: resistencia vs edad de ensayo para los diseños D-1, D-2, D-3, D-4, D-5 y D-6.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la tabla 24 y el gráfico 8, tanto en el diseño de mezcla como en la prueba de resistencia a la compresión de los cilindros de concreto se puede analizar qué: El diseño de mezcla fue realizado para soportar $f'c = 40 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. Se sabe que al ensayar un cilindro a los 28 días, la resistencia a la compresión tiene que ser el 99.9% ($0.999 f'c$) de la resistencia para el cual fue diseñado. Para el caso de nuestro ensayo se tiene los resultados mostrados en la tabla 25.

Diseño	F'c a los 28 días	F'c mínimo a los 28 días	Diferencia (%)	Condición
D - 1 (0 % caucho)	48.49	39.96	21.35 %	CUMPLE
D - 2 (5 % caucho)	44.11	39.96	10.39 %	CUMPLE
D - 3 (10 % caucho)	42.83	39.96	7.18 %	CUMPLE
D - 4 (15 % caucho)	40.98	39.96	2.55 %	CUMPLE
D - 5 (20 % caucho)	32.41	39.96	-18.89 %	NO CUMPLE
D - 6 (25 % caucho)	24.49	39.96	-38.71 %	NO CUMPLE

Tabla 25: Evaluación de resistencias a compresión axial de los D-1, D-2, D-3, D-4, D-5 y D-6



De la tabla 25 los cilindros de concreto fueron diseñados para soportar una resistencia a la compresión de 40 Kg/cm² y en los resultados de las pruebas a la resistencia a la compresión para los 28 días supero por un pequeño porcentaje a la resistencia para el que fue diseñado en los diseños D-1, D-2, D-3 y D-4; siendo estos: para el D-1= 21.35 %, D-2= 10.39%, D-3=7.18%, D-4= 2.55%, por lo tanto se puede deducir que la optimización de los agregados estuvo bien realizada pero con una pequeña desviación, pero igual se obtuvo al final la resistencia requerida. Por lo cual tomaremos como diseño óptimo el D-4 con un porcentaje de 15 % de caucho granulado (volumen) reemplazado en el agregado fino.

Los diseños D-5 y D-6, no alcanzan la resistencia de 40 kg/cm², observándose así que estos porcentajes de caucho adicionado (20 % y 25 % respectivamente), disminuye la resistencia considerablemente.

3.3.2.3. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO- CAUCHO DE LOS DISEÑOS D-1, D-4, D-5 Y D-6 PARA SU ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Procederemos a realizar el análisis estadístico respectivo con una muestra de treinta testigos cilíndricos de concreto por diseño para corroborar los resultados obtenidos anteriormente en la tabla 24. Los diseños que se tomaron en cuenta para el análisis estadístico fueron: el diseño D-1 (0% caucho), D-4 (15 % caucho "óptimo"), D-5 (20% caucho) y D-6 (25% caucho). Estos dos últimos diseños (D-5 y D-6) los tomamos con el fin de generar datos para interpretar mejor el comportamiento del caucho en el concreto.

A continuación se muestra en la tabla 26 el resumen estadístico de las resistencias a la compresión axial de los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15 % caucho "óptimo"), D-5 (20% caucho) y D-6 (25% caucho).

Diseño	Tiempo(Días)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Desviación Estándar (Ss)	Covarianza (COV)
D-1 (0% caucho)	28	49.37	4.35	-0.049
D-4 (0% caucho)	28	42.87	3.96	
D-5 (0% caucho)	28	32.75	4.63	
D-6 (0% caucho)	28	26.47	1.90	

Tabla 26: Resumen estadístico de resistencia a la compresión axial de los D-1, D-4, D-5, D-6.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 26 se elaboró el gráfico de resistencia a compresión axial respecto a la edad de ensayo, para observar con mayor detalle el comportamiento del caucho en la resistencia a compresión axial de los diseños D-1, D-4, D-5, D-6. Como puede observarse en el gráfico 9.

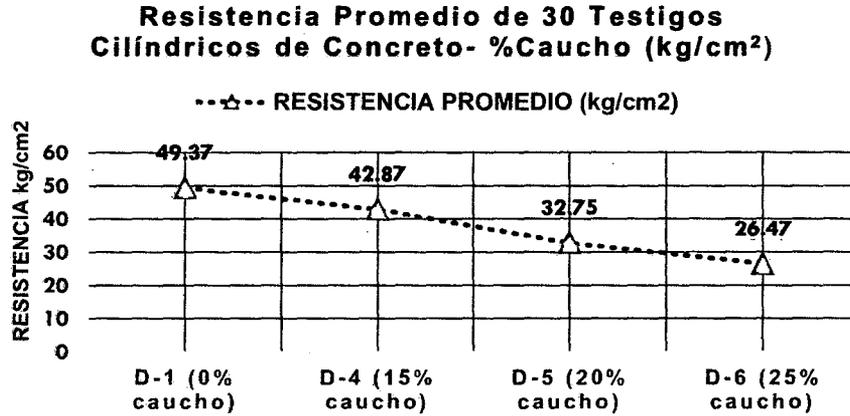


Gráfico 9: Resistencia promedio de 30 testigos cilíndricos de concreto- caucho respecto a los diseños D-1, D-4, D-5 y D-6.



Figura 14: Tipo de falla de los testigos cilíndricos de concreto- caucho, ensayados en la máquina de compresión simple.

En la tabla 26 se observa que la resistencia promedio de treinta testigos cilíndricos para el diseño D-4 alcanza un valor de 42.87 kg/cm², ratificando así la resistencia de diseño (40 kg/cm²) y el porcentaje óptimo de caucho (15 % del volumen del agregado fino).

En la tabla 26 la covarianza entre los diseños D-1 (0% caucho) y D-4 (15% caucho) es -0.049, este valor nos indica que la relación entre la resistencia de estos dos diseños es mínima, lo que significa



que el caucho granulado reemplazado en un porcentaje del 15% en volumen respecto al agregado fino influye mínimamente en la resistencia a compresión axial.

La resistencia a compresión axial de los treinta testigos cilíndricos de concreto- caucho de los diseños D-5 y D-6, sirvieron para analizar el efecto que produce el aumento de caucho granulado en la resistencia a compresión axial. Observando así que el límite óptimo de caucho granulado en un concreto de baja resistencia es de 15 % en volumen con respecto al agregado fino.

3.4. ENSAYO DE VIGAS DE CONCRETO- CAUCHO PARA OBTENER EL MÓDULO DE RIGIDEZ DINÁMICO.

El diseño, elaboración y curado de las vigas de concreto- caucho se realizaron siguiendo lo especificado en la norma NTP.399.045 "HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la preparación y curado en laboratorio de probetas para ensayos de flexión". Donde especifica las dimensiones de las vigas (15 cm x 15 cm x 50 cm).

El tipo de ensayo para determinar el módulo de rigidez dinámico será, el ensayo no homogéneo de flexión en tres puntos propuesto por Souce. (Benedetto, 2001). Ya que por la longitud de la viga (50 cm) no es suficiente para trabajar con cuatro puntos.

Para este ensayo se realizaron seis vigas de concreto- caucho, dos correspondientes al diseño D-1 (0% caucho), dos correspondientes al diseño D-4 (15 % caucho) y dos correspondientes al diseño D-5 (20% caucho). Este ensayo se realizó en la máquina universal del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil, facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil-UNSAAC.

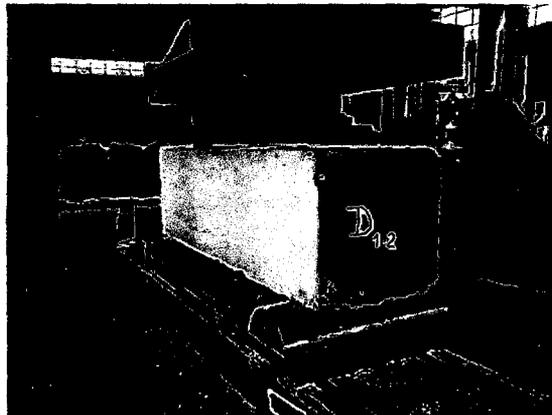


Figura 15: Colocación de viga en la máquina universal para el cálculo del Módulo de Rigidez Dinámico.



3.4.1. PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DEL MÓDULO DE RIGIDEZ DINÁMICO.

El ensayo de fatiga según lo descrito en el libro "Pavement Analysis and Design- Yang H. Huang, 1993, pág. 336-338".se debe realizar aplicando cargas repetitivas de tipo semi- inverso con una duración de carga de 0.1 segundo y un periodo de descanso de 0.4 segundos, este proceso se realizó calculando una velocidad uniforme promedio de 0.4 mm/min, la cual se obtuvo del cálculo mostrado a continuación en la tabla 27.

Deflexión máxima alcanzada (e)	0.35 mm
Tiempo total: duración de carga+ periodo de descanso (t)	0.0083 min
Nro. de repeticiones de carga (n)	100
Velocidad uniforme promedio (v) = e/(nt)	0.42 mm/min

Tabla 27: Cálculo de la velocidad promedio para el cálculo del módulo de rigidez dinámico.

El Módulo de Rigidez Dinámico se calculó con las ecuaciones mostradas a continuación, según "Pavement Analysis and Design de Yang H. Huang, pág. 336-338".

$$\sigma = \frac{3 \times a \times P}{b \times h^2} \quad E_s = \frac{P \times a (3 \times L^2 - 4 \times a^2)}{4 \times b \times h^3 \times \Delta}$$

Donde:

- a: Distancia entre la carga y el apoyo más cercano (m)
- P: Carga dinámica total (kg)
- b: Ancho de la muestra (m)
- h: Profundidad de la muestra (m)
- L: Longitud del tramo entre los apoyos (m)
- Δ: Deflexión dinámica en el centro de la viga
- σ: Esfuerzo

3.4.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE VIGAS.

Se muestran en la tabla 28 el resumen de los resultados del ensayo, donde se obtuvo el esfuerzo y el módulo de rigidez dinámico para los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho). Los datos que fueron analizados, son los primeros de cada diseño, ya que los segundos sirvieron para la calibración de la máquina.



Diseño	Peso (kg)	Deflexión máxima (mm)	Carga última (kg)	σ (kg/cm ²)	Es (kg/cm ²)
D-1 (0% caucho)	28.59	1.01	763.00	13.662	3505.707
	28.15	1.03	715.00	13.149	3398.759
D-4 (15% caucho)	25.18	1.04	580.00	10.464	2586.300
	25.79	0.67	671.00	11.427	4038.197
D-5 (20% caucho)	24.64	1.04	580.00	10.450	2499.651
	25.10	0.81	618.00	10.967	3609.481

Tabla 28: Resultados de Módulo de Rigidez Dinámico de los diseños D-1, D-4 y D-5.

De acuerdo a los resultados mostrados en el Anexo N° 20, se elaboró los gráficos de carga vs. Deformación y módulo de rigidez dinámico vs deformación, para observar con mayor detalle el comportamiento del caucho en el concreto.

D-1₁ (0% Caucho):

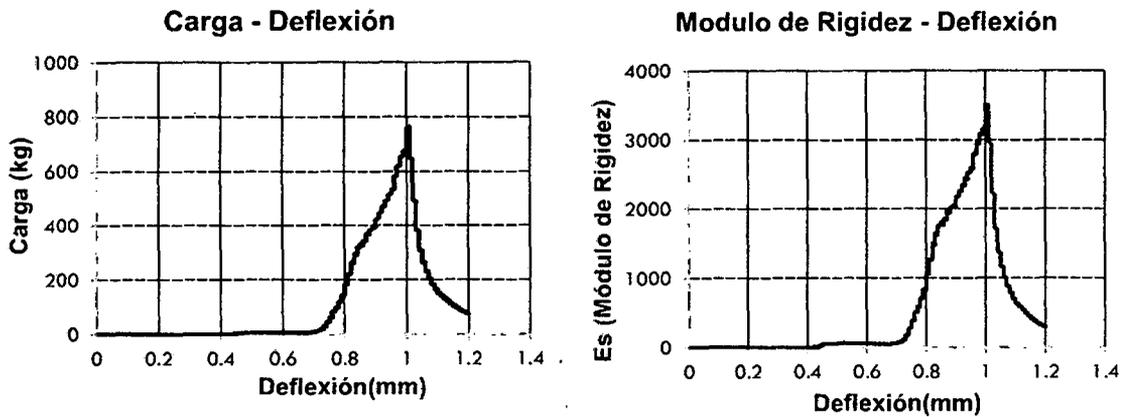


Gráfico 10: Carga vs. Deflexión (Izquierda) y Modulo de Rigidez vs. Deflexión (Derecha) D-11

D-4₁ (15% Caucho):

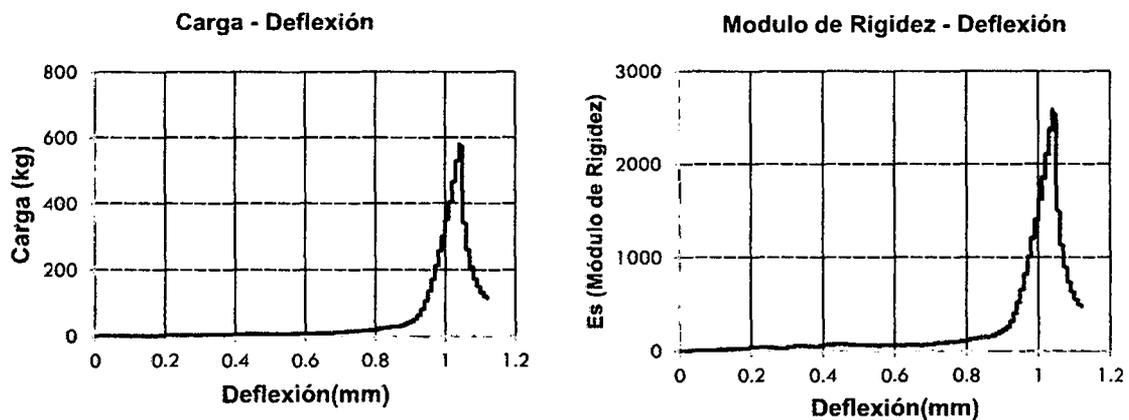


Gráfico 11: Carga vs. Deflexión (Izquierda) y Modulo de Rigidez vs. Deflexión (Derecha) D-41



D-5₁ (20% Caucho):

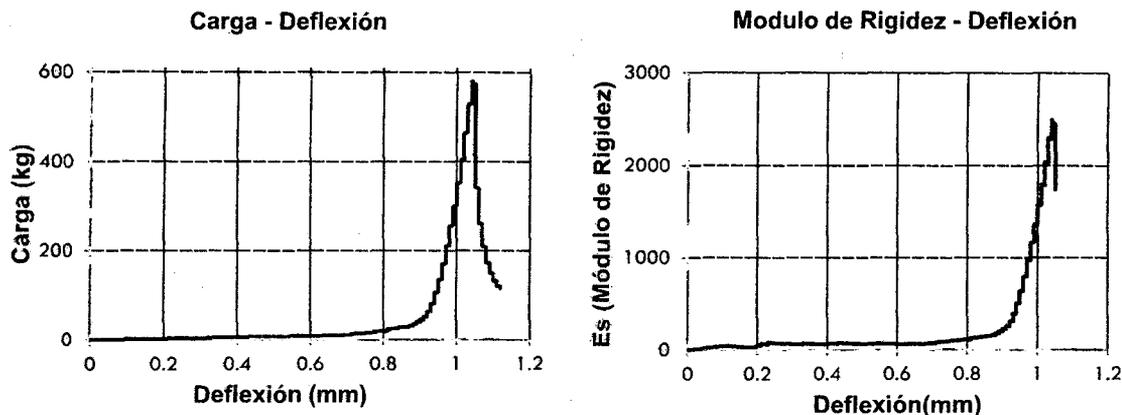


Gráfico 12: Carga vs. Deflexión (Izquierda) y Modulo de Rigidez vs. Deflexión (Derecha) D-5₁

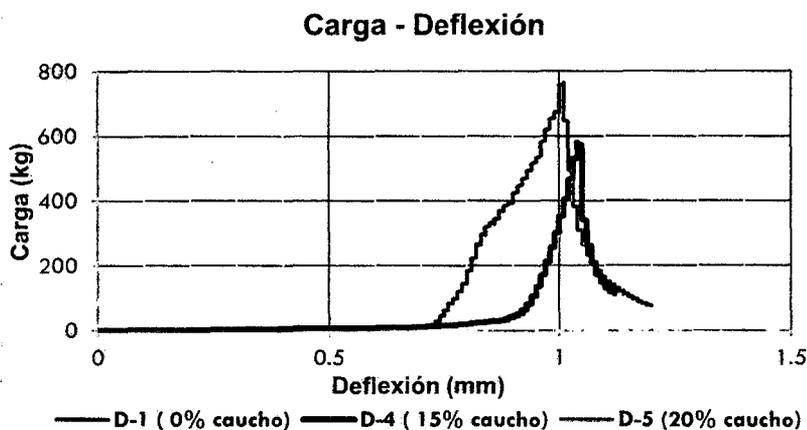


Gráfico 13: Comparación de carga vs Deflexión de los diseños D-1, D-4 y D-5.

Al analizar el grafico 13, se observa que el diseño D-1 (0% caucho) para la carga máxima de 763 kg. la viga presenta una deflexión de 1.01 mm, el diseño D-4 (15% caucho) para la carga máxima de 580 kg. la deflexión es 1.04 mm y el diseño D-5 (20% caucho) para la carga máxima de 580 kg. la deflexión es 1.04 mm. Analizando estos resultados se ve que el caucho ofrece mayor rango de deflexión, siendo un 2.97% mayor que el diseño D-1 (0% caucho).

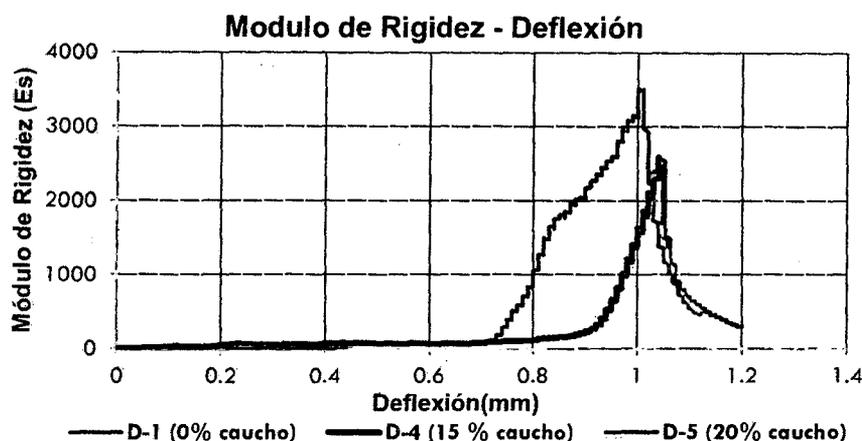


Gráfico 14: Comparación de Módulo de Rigidez Dinámico vs deflexión de diseños D-1, D-4 y D-5.

Al analizar el gráfico 14, se observa que en el diseño D-1 (0% caucho) el módulo de rigidez dinámico (Es) es de 3505 kg/cm², para el D-4 (15% caucho) es 2586.30 kg/cm² y para el diseño D-5 (20% caucho) es 2499.651 kg/cm². Analizando estos resultados se ve que el caucho ofrece mayor flexibilidad al concreto ya que la rigidez de los diseños D-4 Y D-5 disminuyen en un 26.23 % y 28.70% respectivamente.

3.5. ELABORACIÓN Y ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO- CAUCHO:

Para la determinación de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto se tomó como fuente de información la Norma Técnica Peruana NTP.399.604.2002: "UNIDAD DE ALBAÑILERÍA: Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto", especifican el procedimiento a seguir para muestreo, curado y ensayo de los bloques huecos de concreto – caucho.

3.5.1. PROCESO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO- CAUCHO.

3.5.1.1. ELABORACIÓN DE CONCRETO.

El concreto se elaboró con una relación agua/cemento (a/c) de 0.89 de acuerdo al diseño de mezcla realizado en el capítulo 3 ítem 3.2.4 las dosificaciones se ajustaron a baldes de 1 galón tomados en 5 tandas de 12 bloques más 5 % de desperdicio (0.091 m³ x tanda), tomando en cuenta que se realizó el proceso de tamizado para separar los agregados por tamaños, obteniendo los resultados que se presentan en la tabla 29 y la tabla 30.



	Proporcionamiento en m ³		Proporcionamiento en baldes 4 galones	
		m ³		baldes
Cemento	0.0137	m ³	3.123	baldes
Agregado	0.1077	m ³	24.478	baldes
Agua	0.0170	m ³	3.866	baldes

Tabla 29: Proporcionamiento de los materiales para la mezcla de concreto en m³ y baldes de 1 galón para 12 bloques.

tamiz	D-1 (0% caucho)		D-4 (15% caucho)		D-5 (20% caucho)	
	Agregado pétreo	Caucho granulado	Agregado pétreo	Caucho granulado	Agregado pétreo	Caucho granulado
3/4"	0.00	-	0.00	-	0.00	-
1/2"	4.28	-	4.28	-	4.28	-
3/8"	2.62	-	2.62	-	2.62	-
N° 4	4.94	-	4.94	-	4.94	-
N° 8	3.52	-	2.99	-	2.82	-
N° 16	9.07	-	7.71	1.89	7.26	2.52
N° 30						
N° 50						
N° 100						
N° 200						

Tabla 30: Proporcionamiento de los agregados para la mezcla de concreto (agregado pétreo y caucho) en baldes de 1 galón para 12 bloques.

3.5.1.2. ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO - CAUCHO.

Para la fabricación de los bloques se procedió siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- i. *Mezclado de la materia prima:* después de haber determinado la dosificación (tabla 29-30) se procedió con el mezclado, el cual se realizó en la mezcladora de suficiente capacidad y que consta de unas paletas giratorias que permiten la unión homogénea de los materiales y de una compuerta en la parte inferior que se abre para depositar la mezcla. El mezclado en principio se hizo en seco, comenzando con la unión del agregado pétreo y el caucho granulado para luego agregarle el cemento Portland, ya homogenizada esta mezcla se agregó agua hasta obtener la consistencia deseada, como puede observarse en la figura 16.



Figura 16: Colocación de los materiales (agregado pétreo y caucho granulado) en la mezcladora mecánica horizontal.

- ii. **Moldeado de la mezcla:** luego del proceso anterior el moldeado se realizó en dos capas, se deposita la primera capa de mezcla en el molde de la máquina para ser vibro-compactada por un periodo de tiempo de 30 segundos, se procede al llenado de la segunda capa y a su posterior vibro-compactación. Esta actividad puede observarse en la figura 17.

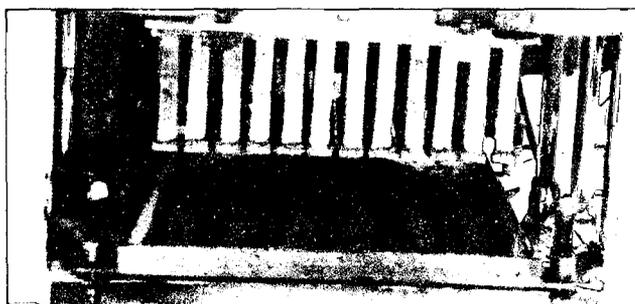


Figura 17: Vibrado del concreto en la primera capa.

- iii. **Desmoldado de los bloques:** para el desmoldado de los bloques, se acciona un botón en el control, que permite elevar los moldes de manera cuidadosa para que los bloques no se dañen y queden depositados en tablas previamente ubicadas sobre unos rieles. Luego estas tablas con los bloques ya moldeados son desplazadas cuidadosamente por medio de los rieles hasta una carreta especial que permite depositarlas en el patio de secado. Este procedimiento puede verse en la figura 18.

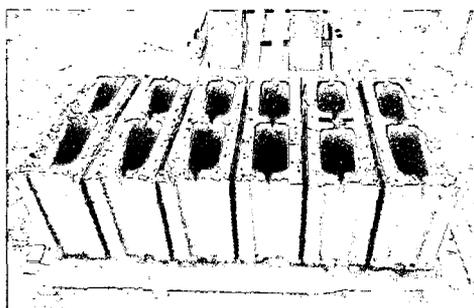


Figura 18: Desmolde de los bloques de concreto-caucho y traslado a la zona de secado



- iv. *Fraguado de las unidades producidas:* el fraguado de los bloques se produce en el patio del local inmediatamente después de ser desmoldado, cabe destacar que el proceso de fraguado de este tipo de bloques es más lento que el de los bloques convencionales de concreto, Figura 19.



Figura 19: Fraguado de los bloques huecos de concreto – caucho.

- v. *Curado y secado de los bloques producidos:* una vez fraguado los bloques, se procedió con el regado de estos en forma de lluvia para no dañar la superficie de los mismos, este procedimiento se realizó de dos a tres veces al día por siete días, siempre que permanecieran húmedos. Al tercer día se apilaron los bloques y se siguieron regando hasta el veintiochoavo día, Figura 20.



Figura 20: Bloques de concreto-caucho apilados para su posterior curado.

3.5.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO:

Con la finalidad de determinar la calidad de los bloques producidos, se recurrió a los parámetros contenidos en la norma NTP 399.613.2005 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería" que comprende ensayos de dimensionado así como alabeo, absorción máxima, porcentaje de vacíos y succión, los cuales deben ser realizados a los 28 días después de producidos y convenientemente curados.

La cantidad de unidades a ensayar quedaron determinadas de la siguiente manera: la variación dimensional y alabeo de los bloques se le realizó a 3 bloques por diseño, en el caso de absorción



máxima se ensayaron 3 elementos por cada diseño, para el cálculo de porcentaje de vacíos de los bloques se le realizó a 3 bloques, en el caso de succión se ensayaron 3 elementos por cada diseño.

3.5.2.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL:

En esta etapa se midieron los bloques con una cinta métrica, las medidas tomadas fueron: longitud (L), altura (H) y ancho (A), en centímetro.

Se procesaron los datos arrojados para evaluar la calidad de los bloques producidos, se realizaron los cálculos correspondientes a cada diseño, para proceder a la construcción de las tablas 31-32-33.

$$\%V = \frac{DN - DP}{DN} \times 100$$

Donde:

- % V : Variación de dimensión en porcentaje
- DN : Dimensión nominal
- DP : Dimensión promedio de cada dimensión

VARIACIÓN DIMENSIONAL RESPECTO A LA LONGITUD					
Muestra	Longitud L (cm)			V.D. (%VL)	V.D. (%VL) Promedio
	1	2	Promedio		
D-1 (0% caucho)					
1	39.95	40.00	39.98	0.06%	-0.02%
2	40.00	40.05	40.03	-0.06%	
3	40.05	40.00	40.03	-0.06%	
D-4 (15% caucho) "óptimo"					
1	40.05	39.95	40.00	0.00%	-0.04%
2	40.00	40.05	40.03	-0.06%	
3	40.00	40.05	40.03	-0.06%	
D-5 (20 % caucho)					
1	40.10	40.15	40.13	-0.31%	-0.12%
2	40.00	40.05	40.03	-0.06%	
3	39.90	40.10	40.00	0.00%	

Tabla 31: Variación dimensional respecto a la longitud (VD-L) de los diseños D-1, D-4, D-5.



VARIACIÓN DIMENSIONAL RESPECTO A LA ALTURA							
Muestra	Altura H (cm)					V.D. (%VH)	V.D. (%VH) Promedio
	1	2	3	4	Promedio		
D-1 (0% caucho)							
1	20.00	19.95	20.00	20.00	19.99	0.06%	-0.04%
2	20.05	20.00	20.00	20.05	20.03	-0.12%	
3	20.05	19.95	20.05	20.00	20.01	-0.06%	
D-4 (15% caucho) "óptimo"							
1	20.00	19.95	19.95	20.00	19.98	0.12%	0.06%
2	20.00	20.00	19.95	20.05	20.00	0.00%	
3	19.95	19.95	20.05	20.00	19.99	0.06%	
D-5 (20 % caucho)							
1	19.95	19.95	20.00	20.00	19.98	0.12%	0.15%
2	19.90	20.00	20.00	19.95	19.96	0.19%	
3	19.95	19.95	19.95	20.05	19.98	0.13%	

Tabla 32: Variación dimensional respecto a la altura (VD-H) de los diseños D-1, D-4, D-5.

VARIACIÓN DIMENSIONAL RESPECTO AL ANCHO					
Muestra	Ancho A (cm)			V.D. (%VA)	V.D. (%VA) Promedio
	1	2	Promedio		
D-1 (0% caucho)					
1	12.00	12.05	12.03	-0.21%	-0.07%
2	12.00	11.95	11.98	0.21%	
3	12.05	12.00	12.03	-0.21%	
D-4 (15% caucho) "óptimo"					
1	12.05	11.95	12.00	0.00%	0.07%
2	12.00	11.95	11.98	0.21%	
3	11.90	12.10	12.00	0.00%	
D-5 (20 % caucho)					
1	12.00	12.00	12.00	0.00%	0.21%
2	12.00	11.90	11.95	0.42%	
3	11.90	12.05	11.98	0.21%	

Tabla 33: Variación dimensional respecto al ancho (VD-A) de los diseños D-1, D-4, D-5.

Con las tablas 31-32-33 de variaciones dimensionales respecto a la longitud, altura y ancho, se observa que la variación dimensional va incrementando a mayores porcentajes de caucho granulado, en el diseño D-1(0% caucho) tiene un %VL = -0.02%, %VH= -0.04% y un %VA= -0.07% ,cumpliendo con los requerimiento de la norma de albañilería E.070 (%V=± 6%), el diseño D-4(15 % caucho "óptimo") tiene un %VL = -0.04%, %VH= 0.06% y un %VA= 0.07% y el diseño D-5(20



% caucho "óptimo") tiene un %VL = -0.12%, %VH= 0.15% y un %VA= 0.21%, cumpliendo el D-4 y D-5 con los requerimiento de la norma de albañilería E.070 (%V=± 6%), mostrado en la tabla 35. Aunque esta variación es mínima, indica que el caucho intenta recuperar su forma después de ser vibro-compactado.

3.5.2.2. ALABEO:

Para el proceso de medición del alabeo cóncavo o convexo se sigue lo descrito en la norma NTP 399.613.2005, se requiere de una regla y la cuña milimétrica, y se sigue el procedimiento mostrado a continuación:

Procedimiento:

- **Medición de concavidad:**

Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo. Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima. Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra al valor obtenido.

- **Medición de convexidad:**

Se coloca el borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores del ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.

Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana, se introduce cada una de las cuñas en dos vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual ambas cuñas se obtenga la misma medida.

Los resultados de la medición del alabeo se muestran a continuación en las tablas 34-35.

Muestra	Cara Superior (mm)			Alabeo Superior Promedio (mm)
	1	2	Promedio (mm)	
D-1 (0 % caucho)				
1	2.00	1.00	1.50	1.75
2	2.50	2.00	2.25	
3	1.00	2.00	1.50	
D-4 (15 % caucho) "óptimo"				
1	1.50	2.00	1.75	1.83
2	2.00	2.00	2.00	
3	2.00	1.50	1.75	
D-5 (20 % caucho)				
1	2.50	3.50	3.00	2.67
2	2.00	3.50	2.75	
3	1.50	3.00	2.25	

Tabla 34: Alabeo de la cara superior de los bloques de concreto-caucho.



Muestra	Cara Inferior (mm)			Alabeo Inferior Promedio (mm)
	1	2	Promedio (mm)	
D-1(0 % caucho)				
1	0.50	1.00	0.75	1.08
2	1.00	1.50	1.25	
3	1.50	1.00	1.25	
D-4 (15 % caucho) "óptimo"				
1	1.00	1.50	1.25	1.00
2	0.50	1.00	0.75	
3	1.00	1.00	1.00	
D-5 (20 % caucho)				
1	1.50	3.00	2.25	2.00
2	2.00	1.00	1.50	
3	2.50	2.00	2.25	

Tabla 35: Alabeo de la cara inferior de los bloques de concreto-caucho

Con las tablas 34-35 de alabeo de las caras superior e inferior, se observa en el diseño D-1(0% caucho) tiene un alabeo superior de 1.75 mm y una alabeo inferior de 1.08 mm , el diseño D-4(15 % caucho "óptimo") tiene un alabeo superior de 1.83 mm y una alabeo inferior de 1.00 mm y el diseño D-5(20 % caucho) tiene un alabeo superior de 2.67 mm y una alabeo inferior de 2.00 mm cumpliendo los tres diseños con los requerimiento de la norma de albañilería E.070 (alabeo máximo= 8 mm.), mostrado en la tabla 36.

REQUERIMIENTOS DE LA NORMA E-070				
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 100 mm	
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8

Tabla 36: Especificaciones de la Norma E-070 para variación dimensional y alabeo máximo.



3.5.2.3. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.

Para el cálculo del porcentaje de absorción de los bloques huecos de concreto-caucho, se sigue lo descrito en la norma NTP 399.613.2005 y la norma de albañilería E.070, tomándose como muestra representativa tres bloques por cada diseño de mezcla. El procedimiento es descrito a continuación:

Procedimiento:

- i. Pesar el bloque hueco de concreto – caucho (W_d)
- ii. Sumergir el bloque en agua durante un lapso de 24 horas.
- iii. Extraer el bloque y secar con un paño seco (Bloque saturado con superficie seca)
- iv. Pesar el bloque (W_s)
- v. Calculamos la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción}\% = 100 \frac{(W_s - W_d)}{W_d}$$

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen.

W_s = Peso del espécimen saturado. Después de la inmersión en agua fría durante 24 horas.

- vi. Finalmente se calcula el promedio de la absorción de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,01 %, mostrado en la tabla 37.

Muestra	W_s (kg)	W_d (kg)	Absorción %	Absorción Promedio %
D-1 (0% caucho)				
1	16.00	14.80	8.11%	8.42%
2	16.20	14.95	8.36%	
3	16.10	14.80	8.78%	
D-4 (15% caucho) "óptimo"				
1	14.95	13.90	7.55%	7.04%
2	14.90	13.95	6.81%	
3	15.00	14.05	6.76%	
D-5 (20% caucho)				
1	13.95	13.20	5.68%	5.33%
2	13.75	13.15	4.56%	
3	13.80	13.05	5.75%	

Tabla 37: Absorción de Bloques Huecos de Concreto- Caucho

Con la tabla 37 de absorción de bloques huecos de concreto - caucho, se observa que el diseño D-1(0% caucho) tiene un % de absorción de 8.42 %, el diseño D-4(15 % caucho "óptimo") tiene un % de absorción de 7.04 % y el diseño D-5(20 % caucho) tiene % de absorción de 5.33 %, cumpliendo los tres diseños con los requerimiento de la norma de albañilería E.070 (% de absorción < 15 %), mostrado en la tabla 38.



Se observa que a mayor cantidad de caucho granulado, menor es la absorción de agua en los bloques huecos de concreto, lo que significa es los bloques con caucho son más impermeables que los bloques de concreto convencional, esta es otra característica a tomar en cuenta en los bloques huecos de concreto – caucho.

CLASE	% ABSORCIÓN
Unidades de Arcilla y Silicio Calcáreas	< 22 %
Bloques de Concreto	
Bloque P	< 12 %
bloque NP	< 15 %

Tabla 38: especificaciones de la Norma E-070 de % de absorción.

3.5.2.4. POROSIDAD:

El ensayo descrito en la norma ASTM 642-97, es un método para determinar del porcentaje de huecos en el concreto endurecido. Para ello es necesario someter tres muestras de concreto de cada diseño D-1 (0% caucho), D-4 (15 % caucho), D-5 (20% caucho) y D-6 (25% caucho), a inmersión en agua durante 24 horas y, a continuación, al secado en el horno a una temperatura entre 100 a 110 °C durante 24 horas más. Con este procedimiento se obtiene la masa aparente en el agua, la masa saturada con superficie seca y la masa seca, respectivamente, datos necesarios para poder determinar la densidad y la porosidad.

Procedimiento:

- i. Se colocan las tres muestras en un recipiente totalmente estanco y se fueron saturando lentamente para poder llenar todos los poros de agua sin dejar huecos y permanecieron sumergidas en agua durante 24 horas.
- ii. Trascurrido ese tiempo el espécimen se colocó mediante un estribo en una cesta metálica, dentro del tanque de agua situado bajo la balanza y, se midió la masa aparente en el agua.
- iii. Luego se procede a extraer la muestra, se quitó la humedad superficial con una toalla y se vuelve a pesar.
- iv. Finalmente se lleva la muestra al horno y se deja secar por 24 horas, luego se deja enfriar a temperatura ambiente y se vuelve a pesar para determinar la masa seca.

Una vez determinados estos parámetros se procede al cálculo:

Volumen (V):

$$V = \frac{M_{SSS} - M_{AA}}{\rho}$$



Densidad (D_s):

$$D_s = \frac{M_s}{V}$$

Porosidad (P):

$$P = \frac{M_{SSS} - M_s}{M_{SSS} - M_{AA}} \times 100$$

Donde:

- M_{SSS} : Masa saturada con superficie seca (gr).
- M_{AA} : Masa aparente en el agua (gr).
- M_s : Masa seca (gr).
- ρ : Densidad del agua (1gr/cm³).
- V : Volumen de la muestra (cm³).

Con la finalidad de corroborar los resultados de porosidad, se realizó el cálculo utilizando relaciones volumétricas y gravimétricas (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 1998), anexo 21.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la tabla 39.

Diseño	Muestra	M_{AA} (gr)	M_{SSS} (gr)	M_s (gr)	V(cm ³)	D_s (gr/cm ³)	P (%)
D-1 (0% caucho)	1	745.34	1216.40	1174.25	471.06	2.4928	8.95
	2	748.32	1222.42	1179.24	474.10	2.4873	9.11
	3	745.40	1228.16	1181.08	482.76	2.4465	9.75
					Promedio:	2.4755	9.27
D-4 (15% caucho)	1	664.56	1172.62	1125.78	508.06	2.2158	9.22
	2	660.72	1170.18	1122.34	509.46	2.2030	9.39
	3	664.58	1173.06	1125.20	508.48	2.2129	9.41
					Promedio:	2.2106	9.34
D-5 (20% caucho)	1	644.42	1144.48	1082.07	500.06	2.1639	12.48
	2	648.16	1148.20	1083.94	500.04	2.1677	12.85
	3	646.22	1148.54	1084.52	502.32	2.1590	12.74
					Promedio:	2.1635	12.69
D-6 (25% caucho)	1	592.82	1072.88	1010.74	480.06	2.1054	12.94
	2	595.36	1074.42	1010.68	479.06	2.1097	13.31
	3	589.24	1072.04	1011.98	482.80	2.0961	12.44
					Promedio:	2.1037	12.90

Tabla 39: Resultados del ensayo de densidad y porosidad según la ASTM.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 39, se elaboró el gráfico 15-16 en los que se representa la variación de la densidad y la porosidad para los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho), D-5 (20% caucho) y D-6 (25% caucho).

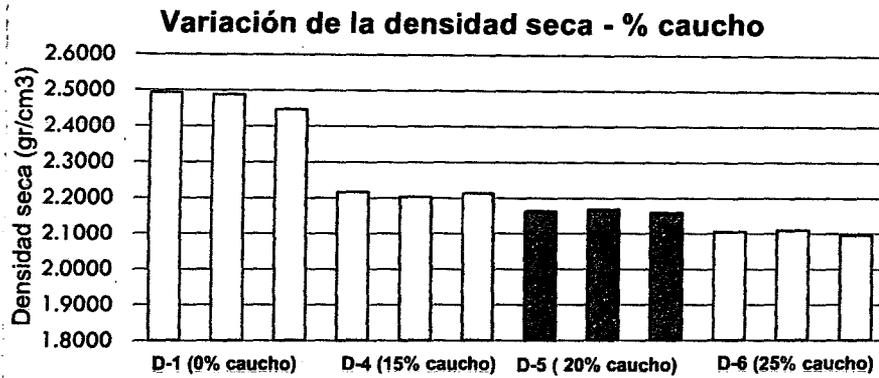


Gráfico 15: Resultados del ensayo de densidad seca.

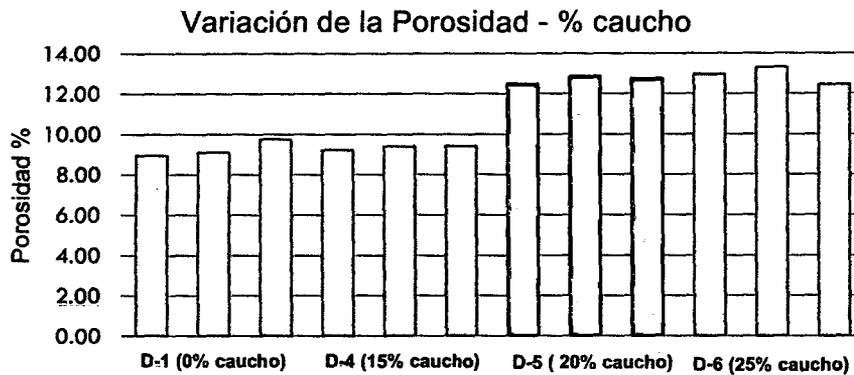


Gráfico 16: Resultados del ensayo de porosidad.

En la tabla 39 se puede observar que la incorporación de caucho granulado, ofrece mayor porosidad al concreto endurecido. Este incremento de huecos en la mezcla, junto con la baja densidad del caucho, en relación a la del árido convencional, son factores que influyen en la disminución de la densidad del concreto endurecido.

El concreto con adición del 15% de caucho granulado (D-4), presenta 0.77 % más porosidad que el concreto convencional (D-1), sin embargo mientras el caucho granulado incrementa al 20 y 25% la porosidad también va en aumento, es decir el concreto es más poroso.

3.5.2.5. PORCENTAJE DE VACÍOS :

Para el cálculo del porcentaje de vacíos de los bloques huecos de concreto-caucho, se sigue lo descrito en la norma NTP 399.613.2005 y la norma de albañilería E.070, tomándose como muestra representativa tres bloques por cada diseño de mezcla, el procedimiento es descrito a continuación: Para clasificar las unidades de albañilería de acuerdo al % de vacíos, tenemos las siguientes definiciones:



- a) **Unidad de Albañilería Hueca.** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.
- b) **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza).** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Del análisis alveolar:

La tabla siguiente (tabla 40) muestra la clasificación de los bloques huecos de concreto según el porcentaje de vacíos que estos presentan:

Muestra	L (cm)	A (cm)	Área Bruta cm ²	Lv (cm)	Av (cm)	Área Vacíos cm ²	Área Neta cm ²	Área Neta %	Área Neta % Promedio	Clasificación de la unidad
D-1 (0% caucho)										
1	40.05	12.10	484.61	32.43	7.02	227.66	256.95	53.02%	53.07%	HUECA
2	40.05	12.05	482.60	32.43	6.97	226.04	256.57	53.16%		
3	40.00	12.10	484.00	32.38	7.02	227.31	256.69	53.04%		
D-4 (15% caucho) "óptimo"										
1	39.95	12.00	479.40	32.33	6.92	223.72	255.68	53.33%	53.22%	HUECA
2	40.05	12.00	480.60	32.43	6.92	224.42	256.18	53.31%		
3	40.00	12.10	484.00	32.38	7.02	227.31	256.69	53.04%		
D-5 (20% caucho)										
1	39.95	12.00	479.40	32.33	6.92	223.72	255.68	53.33%	53.18%	HUECA
2	39.90	12.15	484.79	32.28	7.07	228.22	256.57	52.92%		
3	40.10	12.00	481.20	32.48	6.92	224.76	256.44	53.29%		

Tabla 40: Clasificación de las unidades de albañilería- % de vacíos.

De acuerdo a la tabla 40, los bloques huecos de concreto de los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho), se clasifican como bloques huecos ya que según la norma de albañilería E.070 su área neta es menor del 70 % con respecto al área bruta.

3.5.2.6. SUCCIÓN:

Para el cálculo de la succión de los bloques huecos de concreto-caucho, se sigue lo descrito en la norma NTP 399.613.2005 y la norma de albañilería E.070, tomándose como muestra representativa tres bloques por cada diseño de mezcla, el procedimiento es descrito a continuación:

Procedimiento:

- i. Pesarse el bloque hueco de concreto – caucho (Pse)
- ii. Colocar la cara de asiento sobre una película de agua de 3 mm por 24 horas.
- iii. Extraer el bloque y secar con un paño seco (Bloque saturado con superficie seca)



iv. Pesar el bloque (P_{su})

v. Calculamos la succión de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Succión} = 100 \frac{(P_{su} - P_{se}) \times 200}{A}$$

Donde:

P_{se} = Peso seco de la unidad.

P_{su} = Peso de la unidad en succión

A = Área de contacto de la unidad

vi. Finalmente se calcula el promedio de la succión de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,01 %, los resultados se muestran a continuación en las tablas 41-42.

SUCCIÓN EN LA SUPERFICIE HORIZONTAL SUPERIOR DE ASIENTO							
Muestra	L (cm)	A (cm)	Área (cm ²)	P _{su} (kg)	P _{se} (kg)	Succión gr/200 cm ² -min	Succión Promedio gr/200 cm ² -min
D-1							
1	40.05	12.00	361.35	14.890	14.840	27.67	23.03
2	40.00	12.05	362.65	14.885	14.845	22.06	
3	40.00	12.00	361.89	14.875	14.840	19.34	
D-4							
1	39.95	12.10	362.53	13.945	13.905	22.07	23.00
2	39.95	12.15	362.59	13.945	13.900	24.82	
3	40.00	12.05	361.94	13.995	13.955	22.10	
D-5							
1	39.90	12.10	361.55	13.245	13.205	22.13	22.15
2	40.15	12.00	361.09	13.295	13.250	24.92	
3	40.00	11.95	360.65	13.290	13.255	19.41	

Tabla 41: Succión en la superficie horizontal superior de asiento.

SUCCIÓN EN LA SUPERFICIE HORIZONTAL INFERIOR DE ASIENTO							
Muestra	L (cm)	A (cm)	Área (cm ²)	P _{su} (kg)	P _{se} (kg)	Succión gr/200 cm ² -min	Succión Promedio gr/200 cm ² -min
D-1							
1	40.05	12.10	484.61	14.915	14.845	28.89	24.81
2	40.05	12.05	482.60	14.900	14.840	24.87	
3	40	12.10	484.00	14.905	14.855	20.66	
D-4							
1	39.95	12.00	479.40	13.960	13.900	25.03	24.25
2	40.05	12.00	480.60	13.975	13.910	27.05	
3	40.00	12.10	484.00	13.960	13.910	20.66	
D-5							
1	39.95	12.00	479.40	13.315	13.260	22.95	22.83
2	39.90	12.15	484.79	13.340	13.285	22.69	
3	40.10	12.00	481.20	13.355	13.300	22.86	

Tabla 42: Succión en la superficie horizontal inferior de asiento.



De acuerdo a la tabla 41-42, los bloques huecos de concreto del diseño D-1 (0% caucho) presenta una succión en la superficie superior de asiento de 23.03 gr/200 cm²-min y una succión en la superficie inferior de asiento de 24.81 gr/200 cm²-min, el diseño D-4 (15% caucho) presenta una succión en la superficie superior de asiento de 23 gr/200 cm²-min y una succión en la superficie inferior de asiento de 24.25 gr/200 cm²-min y D-5 (20% caucho) presenta una succión en la superficie superior de asiento de 22.15 gr/200 cm²-min y una succión en la superficie inferior de asiento de 22.83 gr/200 cm²-min, la succión presentada en los tres diseños son menores de 25 gr/200 cm²-min cumpliendo con el parámetro establecido en la norma NTP 399.613.2005.

3.5.2.7. RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS BLOQUES HUECOS DE CONCRETO- CAUCHO:

Después de comparar los resultados con la norma NTP 399.613.2005: "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería" y la norma de albañilería E.070, se elaboró la tabla 43, donde se muestran los resultados de las propiedades físicas de los bloques huecos de concreto (variación dimensional, porcentaje de vacíos, alabeo, porcentaje de absorción y succión).

			CARACTERÍSTICAS DEL D-1		CARACTERÍSTICAS DEL D-4		CARACTERÍSTICAS DEL D-5	
FABRICA:		Norma E-070	ALFIL		ALFIL		ALFIL	
TIPO:			40x20x12		40x20x12		40x20x12	
DIMENSIONES PROMEDIO:	LARGO:	-	40.00 cm.		40.00 cm.		40.00 cm.	
	ANCHO:	Mín. 12 cm.	12.00 cm.		12.00 cm.		12.00 cm.	
	ALTO:	-	20.00 cm.		20.00 cm.		20.00 cm.	
% DE VACÍOS DEL BLOQUE:		< 70% HUECA	53.07%		53.22%		53.18%	
VARIACIÓN DIMENSIONAL	LARGO:	± 6 %	-0.02%		-0.04%		-0.12%	
	ANCHO:	± 6 %	-0.07%		0.07%		0.21%	
	ALTO:	± 6 %	-0.04%		0.06%		0.15%	
ALABEO:	SUPERIOR:	Máx. 8 mm	1.75	mm.	1.83	mm.	2.67	mm.
	INFERIOR:	Máx. 8 mm	1.08	mm.	1.00	mm.	2.00	mm.
TIPO DE UNIDAD:		Bloque NP	Bloque NP		Bloque NP		Bloque NP	
ABSORCIÓN:		15%	8.42%		7.04%		5.33%	
DENSIDAD SECA:		-	2.4755 gr/cm ³		2.2106 gr/cm ³		2.1635 gr/cm ³	
POROSIDAD:		-	9.27 %		9.34 %		12.69 %	
SUCCIÓN:	SUPERIOR:	-	23.03 gr/200 cm ² -min		23.00 gr/200 cm ² -min		22.15 gr/200 cm ² -min	
	INFERIOR:	-	24.81 gr/200 cm ² -min		24.25 gr/200 cm ² -min		22.83 gr/200 cm ² -min	

Tabla 43: Resumen de las propiedades físicas de los Bloques Huecos de Concreto - Caucho



3.5.3. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO:

Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de edad, 3 a los 7 días, 3 a los 14 días y 6 a los 28 días de edad, haciendo un total de 12 bloques por diseño, el procedimiento para el ensayo se realiza de acuerdo a lo establecido en la norma NTP 399.613.2005: "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería", como se muestra a continuación:

3.5.3.1. PROCEDIMIENTO:

- *Refrentado de la muestra:* Si las caras del espécimen presentan irregularidades en la superficie, suavizarlas, este método no tiene que reducir la integridad del mismo, el colocado del refrentado en la parte superior e inferior del bloque antes del ensayo con un compuesto de cemento- yeso de alta resistencia, este material se distribuirá sobre una superficie a nivel que sea horizontal dentro de los 0.075 mm en 400 mm (1/5000), se acercará la superficie a ser recubierta hasta hacer contacto con el compuesto y se presiona firmemente el espécimen hacia abajo y verificando su perpendicularidad.

Se efectuará el refrentado como mínimo 2 horas antes de ensayar los especímenes, el refrentado y ensayo de los especímenes se muestra a continuación en la figura 21.

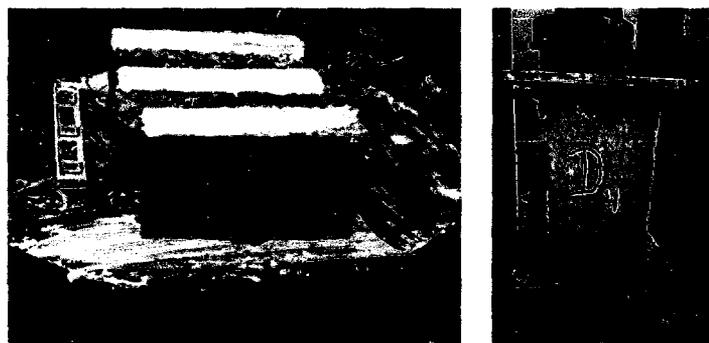


Figura 21: Refrentado, ensayo y modo de falla de los bloques huecos de concreto- caucho.

- Colocado del bloque en la máquina de ensayo a compresión. Centrar los especímenes debajo del apoyo esférico superior con un margen de 2 mm. como el área de contacto no cubre todo el espécimen colocar una plancha metálica en la superficie superior e inferior del bloque.
- Aplicar la carga, a una velocidad uniforme en no menos de 2 minutos ni más de 3 minutos.



3.5.3.2. CÁLCULO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO, COMPARACIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

Los datos obtenidos para el cálculo de la resistencia a la compresión axial de los bloques de concreto- caucho, se encuentran en el Anexo N°22- 25.

Se procedió a realizar un resumen de las resistencias obtenidas, para cada diseño, las tablas 44-45-46 se muestran a continuación, que corresponden a las resistencias obtenidas para los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho). Además se determinó la media aritmética, desviación estándar (según ACI 318 Capítulo 5).

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO D-1 (0% CAUCHO)								
EDAD	Peso (kg)	Longitud promedio	Ancho promedio	Altura promedio	Área en (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)
7	14.95	40.05	12.05	20.03	482.60	29.14	72.85	2502.60
7	14.85	40.04	12.03	20.03	481.45	29.68	74.19	2485.86
7	14.95	40.08	12.03	20.15	481.90	26.85	67.12	2502.60
14	14.80	40.03	12.05	20.08	482.30	41.75	104.38	2477.49
14	14.92	40.04	12.04	20.08	481.95	40.85	102.12	2497.58
14	14.82	40.04	12.03	20.00	481.45	43.23	108.07	2480.84
28	14.76	40.05	12.04	20.08	482.10	47.84	119.59	2470.80
28	14.78	40.04	12.04	20.03	481.95	45.05	112.63	2474.15
28	14.68	40.03	12.01	20.08	480.80	49.37	123.43	2457.41
28	14.87	40.05	12.03	20.13	481.60	44.15	110.37	2489.21
28	14.83	40.09	12.04	20.05	482.55	45.93	114.82	2482.52
28	14.85	40.03	12.04	20.05	481.80	46.47	116.17	2485.86
Resistencia Promedio f cr						46.47	kg/cm²	
Desviación Estándar Ss						1.90	kg/cm²	
Resistencia f cr						44.57	kg/cm²	

Tabla 44: Resistencia a compresión axial de bloques huecos de concreto del D-1.



RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO D-4 (15% CAUCHO)									
EDAD	Peso (kg)	Longitud promedio	Ancho promedio	Altura promedio	Área en (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)	
7	13.90	40.05	12.08	20.05	483.60	30.71	76.77	2326.83	
7	13.80	40.06	12.04	20.05	482.25	30.09	75.23	2310.09	
7	14.05	40.05	12.09	20.05	484.10	30.44	76.11	2351.94	
14	13.92	40.04	12.08	20.05	483.45	37.23	93.08	2330.18	
14	13.86	40.05	12.04	20.08	482.10	38.04	95.09	2320.14	
14	14.10	40.06	12.05	20.00	482.75	37.52	93.80	2360.31	
28	13.95	40.05	12.04	20.05	482.10	40.37	100.93	2335.20	
28	13.87	40.06	12.04	20.03	482.25	39.89	99.73	2321.81	
28	13.88	40.04	12.04	20.08	481.95	40.85	102.12	2323.48	
28	13.90	40.06	12.03	20.10	481.75	40.17	100.41	2326.83	
28	13.95	40.09	12.04	20.05	482.55	40.80	102.00	2335.20	
28	13.95	40.03	12.04	20.08	481.80	39.93	99.82	2335.20	
Resistencia Promedio f_{cr}						40.33	kg/cm ²		
Desviación Estándar S_s						0.42	kg/cm ²		
Resistencia f'_{cr}						39.92	kg/cm ²		

Tabla 45: Resistencia a compresión axial de bloques huecos de concreto del D-4.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO D-5 (20% CAUCHO)									
EDAD	Peso (kg)	Longitud promedio	Ancho promedio	Altura promedio	Área en (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)	
7	13.20	34.46	12.10	20.08	416.97	20.24	50.59	2209.65	
7	13.05	34.45	12.01	20.53	413.83	18.76	46.89	2184.54	
7	13.10	34.47	12.06	20.15	415.79	19.21	48.03	2192.91	
14	13.18	34.47	12.06	20.08	415.79	25.16	62.91	2206.31	
14	13.10	34.47	12.03	20.15	414.50	26.87	67.17	2192.91	
14	13.15	34.44	12.00	20.50	413.28	25.86	64.65	2201.28	
28	13.08	34.45	12.04	20.08	414.69	34.45	86.13	2189.57	
28	13.15	34.41	12.04	20.23	414.21	32.86	82.16	2201.28	
28	13.20	34.42	12.04	20.08	414.33	34.48	86.21	2209.65	
28	13.17	34.47	12.04	20.23	414.93	33.62	84.05	2204.63	
28	13.19	34.45	12.03	20.13	414.26	33.40	83.51	2207.98	
28	13.12	34.43	12.05	20.20	414.88	33.90	84.74	2196.26	
Resistencia Promedio f_{cr}						33.79	kg/cm ²		
Desviación Estándar S_s						0.63	kg/cm ²		
Resistencia f'_{cr}						33.16	kg/cm ²		

Tabla 46: Resistencia a compresión axial de bloques huecos de concreto del D-5.



Las comparaciones de los resultados de resistencia a la compresión (f'_{cr}) que representa el valor mínimo de la resistencia para el 84 % de los especímenes ensayados (Ing. Profesor Principal PUCP San Bartolomé, 2005), se puede observar en la tabla 47.

Diseño	Resistencia f'_{cr}
D-1 (0% caucho)	44.57 kg/cm ²
D-4 (15% caucho)	39.92 kg/cm ²
D-5 (20% caucho)	33.16 kg/cm ²

Tabla 47: Comparación de resistencias a la compresión axial de los bloques de concreto a los 28 días para los diseños D-1, D-4, D-5.

Para una mejor interpretación de los resultados se muestra el gráfico 17, donde se observa con mayor detalle la variación de la resistencia con respecto a su edad (7, 14 y 28 días) de los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho).

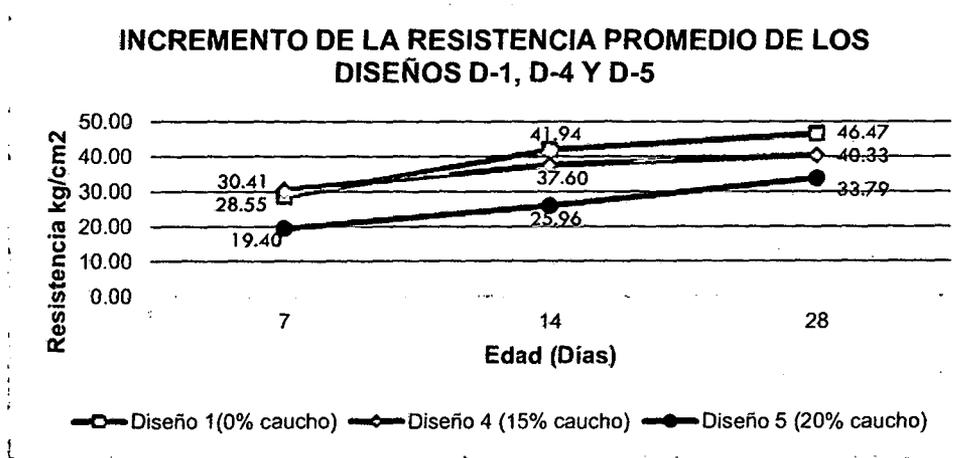


Gráfico 17: Incremento de resistencia respecto al tiempo de los diseños D-1, D-4, D-5 y D-6

Se observa en el gráfico 17, que las resistencias promedio de los bloques huecos de concreto-caucho del diseño D-1(0% caucho) corresponde a 28.55 kg/cm² a la edad de 7 días, 41.94 kg/cm² a la edad de 14 días y 46.47 kg/cm² a la edad de 28 días, el diseño D-4(15% caucho) corresponde a 30.41 kg/cm² a la edad de 7 días, 37.60 kg/cm² a la edad de 14 días y 40.33 kg/cm² a la edad de 28 días; y el diseño D-5(20% caucho) corresponde a 19.40 kg/cm² a la edad de 7 días, 25.96 kg/cm² a la edad de 14 días y 33.79 kg/cm² a la edad de 28 días. Puede notarse que los únicos bloques que cumplen con la resistencia mínima promedio establecida para el diseño (40 kg/cm²), son los correspondientes al diseño D-1 (0% caucho), superando en 16.18% a la resistencia de diseño y al diseño D-4 (15% caucho) que supera en 0.8% a la resistencia de diseño, mientras que el diseño D-5 (20% caucho) presenta un decremento de 15.53% de la resistencia de diseño.



3.6.MORTERO PARA LAS JUNTAS DE PILAS Y MURETES:

Para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero es importante tomar en cuenta la *Norma Técnica Peruana NTP.399.607.2003: "Especificación normalizada de agregados para morteros de albañilería"*, *NTP.399.610.2013: "Especificación normalizada para morteros de albañilería"*. La cantera con la que se realizó el mortero es la cantera de Zurite- Anta, ya que esta cantera ya fue estudiada anteriormente en el ítem 3.1.

3.6.1.PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA RELACIÓN AGUA- CEMENTO.

La relación cemento-arena fue tomada de la Norma de Albañilería E-070 y esta es 1:5. (*San Bartolomé, 2008, pág. 38*). Para el cálculo del agua se realizó la prueba de Fluidéz descrita a continuación, siguiendo las especificaciones de la norma NTP.399.610.2013.

3.6.1.1. GRANULOMETRÍA DE LA ARENA:

Tomamos la granulometría ideal de acuerdo a la norma NTP.399.607.2003, para ello se realizó la corrección del material por tamizado, granulometría mostrada en la tabla 48.

	Proporción	Para 500 gr
Cemento	1	83.33
Agregado	5	416.67

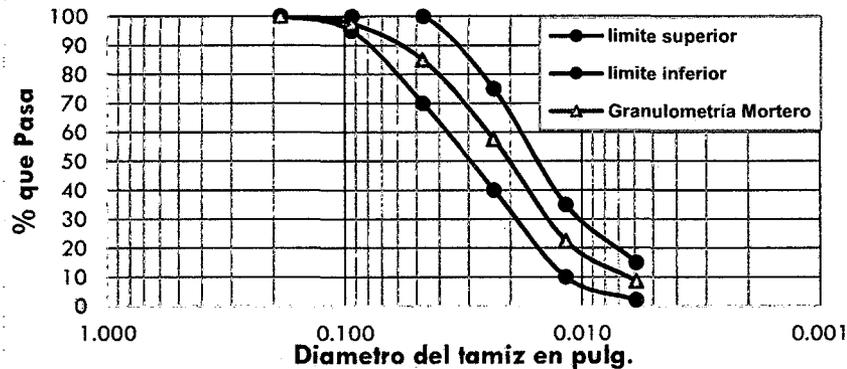
Tamiz	NTP Parámetros % que Pasa			% Retenido		Peso Retenido (gr.)
	Límite Superior	Límite Inferior	Granulometría corregida	Acumulado	Retenido	
N°4	100	100	100.00	0.00	0.00	0.00
N° 8	100	95	97.50	2.50	2.50	10.42
N° 16	100	70	85.00	15.00	12.50	52.08
N°30	75	40	57.50	42.50	27.50	114.58
N°50	35	10	22.50	77.50	35.00	145.83
N° 100	15	2	8.50	91.50	14.00	58.33
N°200	0	0	0.00	100.00	8.50	35.42
					100.00	416.67

Tabla 48: Granulometría de la arena para el mortero

Fuente: NTP.399.607.2003: "Especificación normalizada de agregados para morteros de albañilería"

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 48 se elaboró la gráfica de curva granulométrica de la arena, para observar con mayor detalle el comportamiento de la distribución de las partículas en comparación a los límites de granulometría recomendados por la norma NTP.399.607.2003. Como puede observarse en el gráfico 18.

Curva Granulométrica del Mortero





El ensayo se realizó con variaciones en la relación agua/ cemento, hasta alcanzar el porcentaje de fluidez indicado en la norma NTP.399.610.2003 (%F = 110 ± 5%). Se muestra en la tabla 49 el porcentaje de fluidez alcanzados con las diferentes relaciones agua-cemento.

Relación a/c:	1.14	Relación a/c:	1.16
Diámetro (mm):		Diámetro (mm):	
1	185.00	1	191.00
2	189.00	2	193.00
Diámetro PROMEDIO	187.00	Diámetro PROMEDIO	192.00
% FLUIDEZ:	109%	% FLUIDEZ:	115%

Tabla 49: % de fluidez para diferentes relaciones agua/cemento

Para la relación a/c=1.16 el % de Fluidez es de 115%, este se encuentra dentro de los límites estipulados por la NTP. 339.610.2003. Entonces para el diseño de mezcla del mortero se tomó una relación cemento/arena de 1:5 y una relación agua/cemento de 1.16.

3.6.2. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE CUBOS DE MORTERO PARA DETERMINAR SU RESISTENCIA:

Se fabricaron seis cubos de mortero para verificar la resistencia a compresión axial, las dimensiones de los cubos son de 50 mm. x 50 mm. Además el mortero diseñado es de tipo N (Resistencia a compresión mínima 5.2 MPa=53.025 kg/cm²) que es utilizado para albañilería. Todas estas especificaciones se muestran en la norma NTP.399.610.2013: "Especificación normalizada para morteros de albañilería". En la figura 23 se muestran los cubos de concreto que fueron ensayados a los 28 días de edad para determinar su resistencia a la compresión axial.

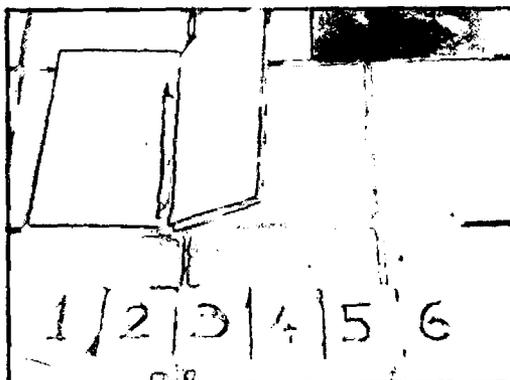


Figura 23: Medición de los cubos de mortero antes del ensayo a compresión.

En la tabla 50 se muestra la resistencia alcanzada de cada cubo de mortero y el promedio de las resistencias alcanzadas, para corroborar el diseño realizado en el ítem 3.6.1.2.



	PESO (gr)	DIMENSIONES			Área (cm ²)	CARGA		RESISTENCIA (kg/cm ²)
		h (cm)	L (cm)	a (cm)		CARGA (lb)	CARGA (kg)	
1	247.73	5.00	5.10	5.00	25.50	3000.00	1360.80	53.36
2	238.83	5.00	5.05	4.95	25.00	3500.00	1587.60	63.51
3	255.67	5.00	5.00	5.05	25.25	3250.00	1474.20	58.38
4	242.97	5.00	4.95	5.05	25.00	3750.00	1701.00	68.05
5	246.63	5.00	5.05	4.95	25.00	3500.00	1587.60	63.51
6	245.37	5.00	5.05	5.00	25.25	3000.00	1360.80	53.89
PROMEDIO:								60.12

Tabla 50: Resistencia alcanzada de los cubos de mortero a la edad de 28 días.

El mortero diseñado cumple con una resistencia promedio de 60.12 kg/cm², considerado en la Norma Técnica Peruana NTP.399.610.2013: "Especificación normalizada para morteros de albañilería" en la tabla 2: "especificación por propiedades" como mortero de albañilería tipo N con una resistencia mínima de 53.025 kg/cm² (5.2 MPa).

3.7. ENSAYO A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:

Las pilas de albañilería están compuestas por dos unidades de albañilería enteras, asentadas una sobre otra mediante mortero. La altura de los prismas es de 41.5 cm a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte hacia el laboratorio. Estas pilas, a la edad de 28 días, son ensayadas a compresión axial para controlar la calidad de la albañilería en la construcción. Sin embargo, la resistencia característica a compresión axial de las pilas (f'_m) depende de la esbeltez, que es la relación que existe entre la altura y el espesor del prisma. La norma de albañilería E.070 y la norma NTP 399.605.2003 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería", establecen un valor nominal de esbeltez igual a 5. Además establecen coeficientes de corrección para esbelteces menores que cinco y se aplican multiplicando a la resistencia a compresión axial obtenida del ensayo, para de este modo estimar la resistencia que se obtendría con la esbeltez nominal.

En este trabajo de investigación se construyeron tres prismas por diseño, D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho), los cuales fueron ensayados a los 28 días de edad siguiendo los requerimientos de la NTP 399.605.2003.

3.7.1. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE PILAS DE ALBAÑILERÍA:

La construcción se realizó de acuerdo al procedimiento estándar, controlando el alineamiento horizontal mediante el cordel, la altura con el escantillón y la verticalidad con un nivel y plomada de acuerdo a la NTP 399.605.2003. El mortero utilizado para las juntas tendrá un espesor de 1.5 cm., presentando este el diseño mostrado en el ítem 3.6 (relación agua/cemento =1.16 y relación cemento/arena=1:5). En la figura 24 se muestra la construcción de pilas de albañilería.



Figura 24: construcción de pilas verificando su verticalidad y horizontalidad.

El procedimiento para la construcción de las pilas de albañilería según la NTP 399.605.2003, consiste en los siguientes pasos:

- i. **Asentado de unidades:** Las unidades se asentaron una sobre otra con las superficies limpias de polvo y sin agua libre. El asentado se realizó presionando verticalmente las unidades sin bambolearlas.
- ii. **Almacenado de las pilas:** Las pilas fueron almacenados a temperatura ambiente cuidando de que no estén sometidos a gradientes térmicas muy pronunciadas.
- vi. **Curado de las pilas:** Este procedimiento se realizó dos a tres veces al día por siete días, luego una vez al día hasta los 28 días de edad.
- iii. **Refrentado de las pilas:** Para eliminar las irregularidades de las superficies en contacto el equipo de ensayo, se utilizó un refrentado superior e inferior, el cual se hizo con una mezcla cemento-yeso, el refrentado se realizó tres días antes del día del ensayo. Se muestra este proceso en la figura 25.
- iv. **Transporte de las pilas:** Al cumplir los 28 días de edad, se debe tener mucho cuidado al momento de transportarlos ya que un inadecuado transporte podría generar la separación del mortero y el bloque de concreto, lo que influye en la resistencia ($f'm$).
- v. **Toma de medidas para el ensayo:** Se tomó la medida de la altura, ya que el ancho y el largo de las pilas son iguales al ancho y largo de los bloques. La altura es la medida comprendida entre los bordes de la cara superior e inferior del prisma. Para determinar la altura se promediaron cuatro medidas provenientes de medir la altura en cada cara lateral del prisma.

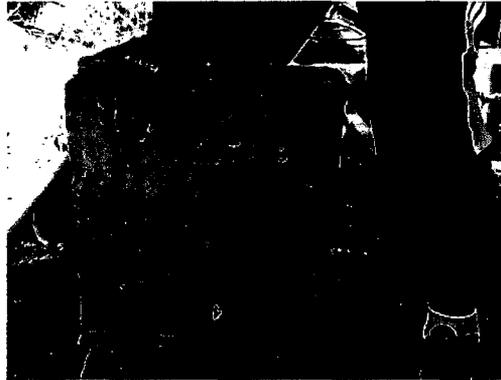


Figura 25: Refrentado de las caras superior e inferior de las pilas de albañilería.

3.7.2. ENSAYO Y CÁLCULO DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO:

Para el ensayo de las pilas de albañilería, se utilizó la máquina de compresión del laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil-FAIC-UNSAAC, siguiendo lo estipulado en la norma NTP 399.605.2003 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería". El ensayo debe realizarse a velocidad uniforme, sin producir impactos, su duración debe estar comprendida entre 3 y 4 min o puede ejecutarse mediante el control de carga, la ejecución de este ensayo se realizó controlando la carga aplicada al prisma de albañilería. En la figura 26 se muestra la alineación de los ejes centroidales del prisma con respecto al centro de aplicación de la carga de la máquina de compresión.

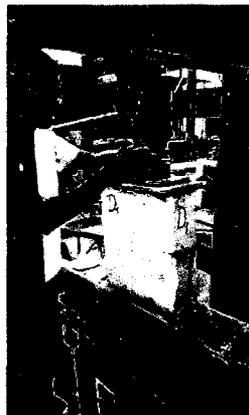


Figura 26: Alineación de los ejes centroidales del prisma con el centro de aplicación de carga de la máquina.

En las tablas 51-52-53 se muestra la resistencia a compresión axial alcanzada en los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho), además de su respectiva desviación estándar (S_s) y la resistencia característica a compresión axial (f'_m) que representa la resistencia mínima para el 84% de los prismas ensayados (San Bartolomé, 2008, pág. 34).



DISEÑO N° 1 (0% caucho)						
Resistencia a la compresión de prismas de bloques huecos de concreto						
N° Pila	P máx. (kg)	Área bruta (cm ²)	f _m (kg/cm ²)	Esbeltez	Factor de corrección	f _m corregido (kg/cm ²)
D-1-1	27000	484.61	55.72	3.56	0.93	51.96
D-1-2	25500	494.05	51.61	3.47	0.93	47.94
D-1-3	26500	488.33	54.27	3.54	0.93	50.55
f _m (promedio):						50.15
desviación estándar S _s :						2.04
Dispersión porcentual:						4.1%
f _m =f _m -S _s :						48.11

Tabla 51: Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería D-1

En la tabla 51 la resistencia unitaria se calculó dividiendo la carga de rotura (P) entre el área bruta, además fue corregida por esbeltez, esta resistencia promedio a compresión axial de las pilas de albañilería para el D-1(0% caucho) es de 50.15 kg/cm², presentando una desviación estándar de 2.04 kg/cm² (4.1% de dispersión porcentual), con lo cual se halló la resistencia característica para más del 84% de las pilas que es 48.11 kg/cm².

DISEÑO N° 4 (15 % caucho)						
Resistencia a la compresión de prismas de bloques huecos de concreto						
N° Pila	P máx. (kg)	Área bruta (cm ²)	f _m (kg/cm ²)	Esbeltez	Factor de corrección	f _m corregido (kg/cm ²)
D-4-1	23000	492.06	46.74	3.53	0.93	43.52
D-4-2	22000	481.30	45.71	3.48	0.93	42.47
D-4-3	22500	494.35	45.51	3.54	0.93	42.39
f _m (promedio):						42.80
desviación estándar S _s :						0.63
Dispersión porcentual:						1.5%
f _m =f _m -S _s :						42.16

Tabla 52: Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería D-4

En la tabla 52 la resistencia promedio a compresión axial de las pilas de albañilería para el D-4(15% caucho) es de 42.80 kg/cm², presentando una desviación estándar de 0.63 kg/cm² (1.5% de dispersión porcentual), con lo cual se halló la resistencia característica para más del 84% de las pilas que es 42.16 kg/cm².



DISEÑO N° 5 (20% caucho)						
Resistencia a la compresión de prismas de bloques huecos de concreto						
N° Pila	P máx. (kg)	Área bruta (cm ²)	f _m (kg/cm ²)	Esbeltez	Factor de corrección	f _m corregido (kg/cm ²)
D-5-1	19000	490.62	38.73	3.54	0.93	36.08
D-5-2	16500	484.61	34.05	3.46	0.93	31.61
D-5-3	17000	496.16	34.26	3.53	0.93	31.90
f _m (promedio):						33.20
desviación estándar S _s :						2.50
Dispersión porcentual:						7.5%
f _m =f _m -S _s :						30.69

Tabla 53: Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería D-5

En la tabla 53 la resistencia promedio a compresión axial de las pilas de albañilería para el D-5(20% caucho) es de 33.20 kg/cm², presentando una desviación estándar de 2.5 kg/cm² (7.5% de dispersión porcentual), con lo cual se halló la resistencia característica para más del 84% de las pilas que es 30.69 kg/cm².

Resistencia a compresión axial de prismas D-1, D-4 y D-5

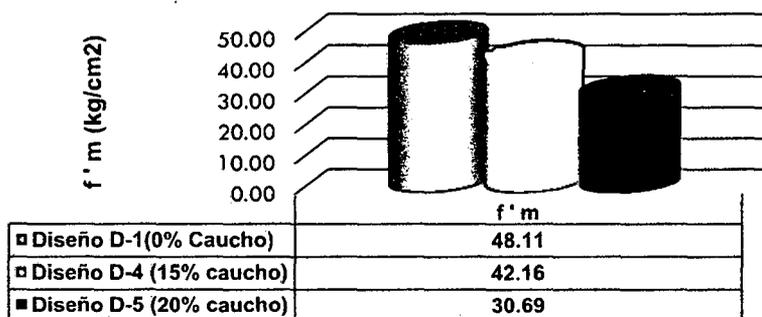


Gráfico 19: Resistencia a compresión de pilas de albañilería (f'm)

En la gráfico 19 puede observarse que los resultados (f' m) presentan una disminución considerable en relación al mayor porcentaje de caucho añadido en la mezcla, similar a lo que ocurrió con las probetas cilíndricas de concreto-caucho (tabla 25: Evaluación de resistencia a compresión axial de los diseños D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6),

La resistencia f' m en el diseño D-4 se redujo en un 12.37% respecto al diseño D-1, lo que indica que el reemplazo del 15% del agregado fino por el caucho granulado no disminuye considerablemente la resistencia f' m.

La resistencia f' m en el diseño D-5 se redujo en un 36.21% respecto al diseño D-1, lo que indica que el reemplazo del 20% del agregado fino por el caucho granulado disminuye considerablemente la resistencia f' m.



Observando estas dos variaciones porcentuales de la resistencia, se puede concluir en que a partir del 15% de reemplazo del caucho granulado en el agregado fino, la resistencia baja abruptamente.

Modo De Falla:

Las pilas presentaron un tipo de falla vertical. Este tipo de falla es característica de las unidades. Como se puede ver en imágenes (figura 27-28-29), el mecanismo de falla predominante en los ensayos de las pilas es un agrietamiento vertical, seguido de un descascaramiento no predominante; finalizando con un aplastamiento en la base. Presentaron una grieta vertical que atravesó los bloques y el mortero.



Figura 27: Falla vertical para el D-1 (0% caucho).



Figura 28: Falla vertical para el D-4 (15% caucho). Figura 29: Falla vertical para el D-5 (20% caucho).



3.8. ENSAYO A COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO-CAUCHO:

Para la determinación de la resistencia a compresión diagonal de muretes con bloques huecos de concreto-caucho, se sigue lo descrito en la norma NTP 399.621.2004 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Método de ensayo a compresión diagonal en muretes de albañilería" y la norma de albañilería E.070.

3.8.1. CONSTRUCCIÓN DE MURETES:

Se construyeron 3 muretes de 81.5x84.5x12 cm (Figura 31-32), para cada diseño (D-1 0% caucho, D-4 15% caucho, D-5 20% caucho). Los 9 muretes no contaron con refuerzo interno ni grout (concreto líquido) en el interior, pues la intención del proyecto fue estudiar en forma específica la adherencia bloque–mortero. Cabe indicar que sólo los bloques que iban a estar en contacto con los cabezales metálicos del equipo de ensayo, fueron rellenados con grout días antes de asentarlos; el objetivo de esta operación fue evitar fallas locales por trituración de esas unidades.

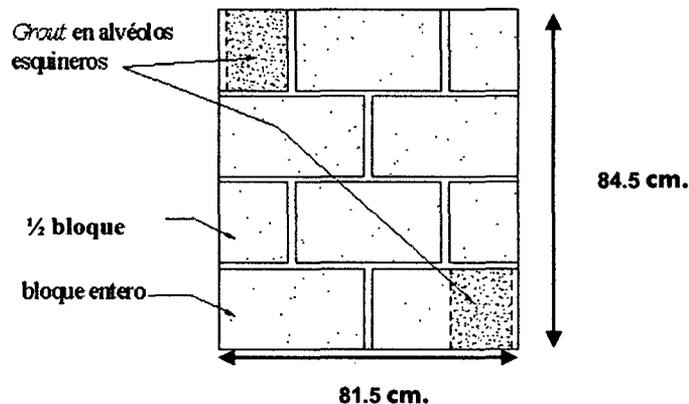


Figura 30: características geométricas de los 9 muretes.

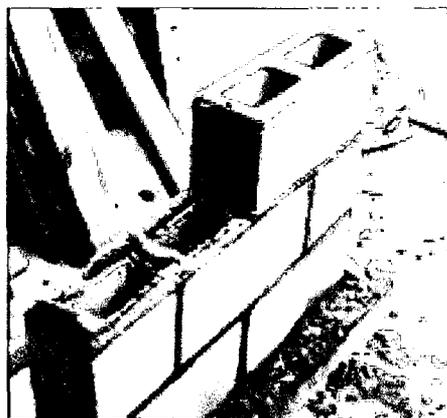


Figura 31: Proceso de construcción de muretes.



3.8.2. ENSAYOS DE COMPRESIÓN DIAGONAL.

Los muretes fueron ensayados a los 28 días de edad, previa colocación de un refrentado (capping) de yeso-cemento en las esquinas cargadas. La máquina de ensayos (Fig.32-33) se preparó con perfiles de acero, donde se instalaron los dispositivos necesarios. La velocidad de carga fue de 1 tonelada por minuto, y la carga de rotura fue adoptada como la máxima soportada por el murete.



Figura 32: Colocado de angulares y deformímetros electrónicos en el murete a ensayar.

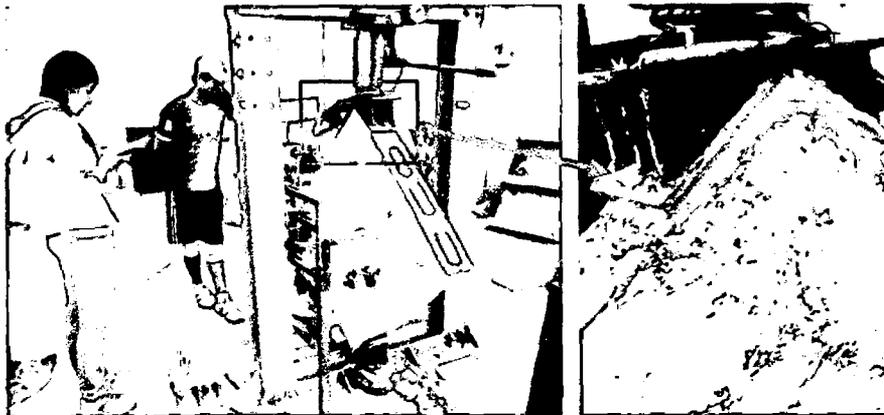


Figura 33: Vista global de los dispositivos mecánicos (gata, celda de carga y marco de reacción).

La resistencia a corte de cada murete (v_m) se calculó como el cociente de la carga de rotura y el área bruta de la diagonal cargada (102396.25 mm^2), las ecuaciones para el cálculo se muestran a continuación en la ecuación 20-21 (NTP.399.621.2004).

La resistencia característica (v'_m) fue evaluada restando una desviación estándar al valor promedio, estadísticamente significa que el 84% de los muretes ensayados tendrá una resistencia mayor que el valor característico (Ing. Profesor Principal PUCP San Bartolomé, 2005). Estas resistencias aparecen en el Anexo N°27.



$$v_m = \frac{0.707 P}{A_b} \dots \dots \dots \text{Ecuación 20}$$

$$A_b = \frac{l+h}{2} t \dots \dots \dots \text{Ecuación 21}$$

Donde:

- P = Carga de rotura en N.
- h y l = Lados del murete en mm
- t = espesor del murete en mm
- A_b = Área bruta del espécimen en mm
- v_m = esfuerzo cortante sobre el área bruta en MPa

Resistencia a Compresión Diagonal									
Diseño	N° Murete	P máx. (N)	Ab (mm ²)	Vm (MPa)	Vm (kg/cm ²)	Vm (prom.)	Ss	Dispersión porcentual	V'm=Vm-Ss
D-1 (0% caucho)	D-1-1	93163.18	103328.75	6.37E-01	6.50	7.17	0.69	10%	6.48
	D-1-2	112776.48	103275.00	7.72E-01	7.87				
	D-1-3	102969.83	104081.88	6.99E-01	7.13				
D-4 (15% caucho)	D-4-1	107873.15	102396.25	7.45E-01	7.60	7.50	0.30	4%	7.20
	D-4-2	102969.83	103515.50	7.03E-01	7.17				
	D-4-3	112776.48	105105.00	7.59E-01	7.74				
D-5 (20% caucho)	D-5-1	88259.85	103757.50	6.01E-01	6.13	5.77	0.31	5%	5.46
	D-5-2	78453.20	101951.58	5.44E-01	5.55				
	D-5-3	83356.53	106548.75	5.53E-01	5.64				

Tabla 54: Resistencias a compresión diagonal (v'm) obtenidas para los diseños D-1, D-4, D-5.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 54, se elaboró la gráfica 20 de resistencias características (v'm) de los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho), para observar con mayor detalle la variación de las resistencias con respecto al porcentaje de caucho adicionado.

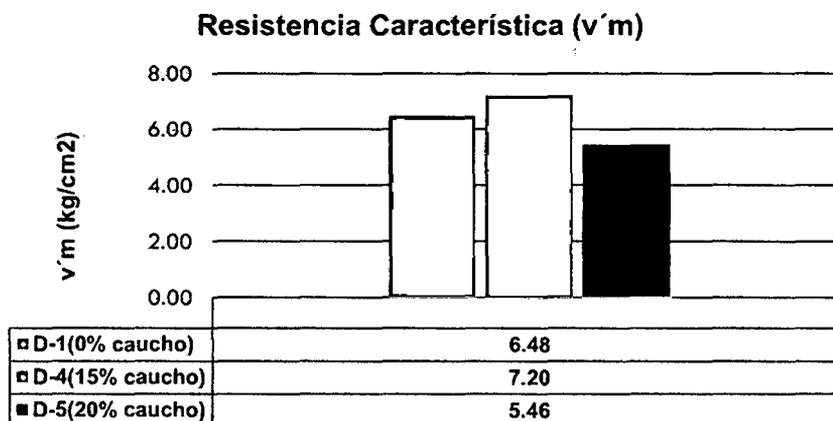


Gráfico 20: Comparación de las resistencias características (v'm) de los diseño D-1, D-4 y D-5.



Formas de Falla.

Por otro lado, cabe destacar que cuando la falla del murete es escalonada, la adherencia bloque-mortero es pequeña al igual que la resistencia $v'm$, mientras que cuando la falla corta los bloques (tracción diagonal), la adherencia bloque-mortero es alta al igual que la resistencia $v'm$. Esta fue la razón por la que se seleccionó la técnica de ensayos de compresión diagonal en el presente trabajo de investigación.

La falla típica que se presentó en los muretes ensayados fue la falla por tracción diagonal, la cual se observa en el grafico 34.



Figura 34: Falla por tracción diagonal

Comparando los resultados respecto al porcentaje de caucho añadido en el concreto, se puede afirmar que adicionando el 15% de caucho en el concreto (D-4), la resistencia se eleva en 11.11% respecto a los bloques huecos de concreto convencionales (D-1), además la dispersión de resultados disminuyó en un 6%, mientras que con la adición de 20% de caucho (D-5), la resistencia disminuye en 15.74% y la dispersión disminuye en 5%. Corroborando así que el diseño D-4, presenta la óptima cantidad de caucho granulado en el concreto.

La falla en los 9 muretes ensayados fue por tracción diagonal, lo que demuestra que hubo una buena adherencia bloque-mortero y garantizando así su resistencia característica.

DEFORMACIÓN ANGULAR:

Diseño	N° Pila	ΔV (mm)	ΔH (mm)	g (mm)	γ (mm/mm)	γ prom.:
D-1 (0% caucho)	D-1-1	1	1.32	310	7.73E-03	8.15E-03
	D-1-2	2.24	0.45	310	8.68E-03	
	D-1-3	2.02	0.47	310	8.03E-03	
D-4 (15% caucho)	D-4-1	2.04	2.65	305	1.54E-02	1.60E-02
	D-4-2	2.04	2.64	305	1.53E-02	
	D-4-3	2.25	3.02	305	1.73E-02	
D-5 (20% caucho)	D-5-1	1.4	1.25	350	7.57E-03	7.57E-03
	D-5-2	1.04	1.17	300	7.37E-03	
	D-5-3	1.4	1.32	350	7.77E-03	

Tabla 55: Deformación angular de los diseños D-1, D-4 y D-5.



MODULO DE RIGIDEZ:

Diseño	N° Pila	ΔV_m (Mpa)	ΔY (mm/mm)	G (MPa)	G (kg/cm ²)	G prom. (kg/cm ²)
D-1 (0% caucho)	D-1-1	0.201	0.008	26.03	265.43	333.69
	D-1-2	0.302	0.009	34.82	355.07	
	D-1-3	0.3	0.008	37.32	380.56	
D-4 (15% caucho)	D-4-1	0.305	0.015	19.82	202.11	192.52
	D-4-2	0.301	0.015	19.64	200.27	
	D-4-3	0.297	0.017	17.18	175.19	
D-5 (20% caucho)	D-5-1	0.15	0.008	19.86	202.52	209.99
	D-5-2	0.17	0.007	23.08	235.35	
	D-5-3	0.146	0.008	18.84	192.11	

Tabla 56: Deformación angular de los diseños D-1, D-4 y D-5.

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 55-56, se elaboró la gráfica 21 de deformación angular (Y) y módulo de rigidez (G) de los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho) y D-5 (20% caucho), para observar con mayor detalle la variación de la deformación angular y módulo de rigidez de los muretes con respecto al porcentaje de caucho adicionado.

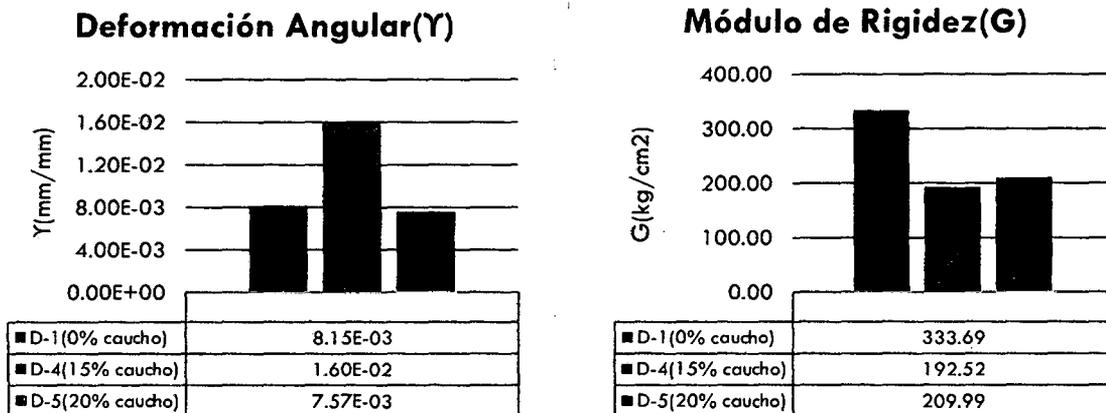


Gráfico 21: Deformación angular (izquierda) y módulo de rigidez (derecha) de los diseños D-1, D-4 y D-5.

Comparando los resultados respecto al porcentaje de caucho añadido, se puede afirmar que adicionando el 15% de caucho en el concreto (D-4), la deformación angular incrementa en 96.32% respecto a los muretes de diseño D-1, además el módulo de rigidez disminuye en 42.31%, mostrando que el caucho granulado al 15% proporciona al murete mayor rango de deformación antes de la falla.

Mientras que con la adición de 20% de caucho (D-5), la deformación angular disminuye en 7.12% respecto a los muretes de diseño D-1, además el módulo de rigidez disminuye en 37.07%, mostrando que el caucho granulado al 20%, proporciona similar flexibilidad al murete pero la resistencia disminuye en un 15.74%.



3.9. AISLAMIENTO ACÚSTICO Y TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:

3.9.1. AISLAMIENTO ACÚSTICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:

El aislamiento acústico es la cantidad física más importante que define la calidad acústica de las viviendas, el cual se define como la protección de un recinto contra la penetración de sonidos o ruidos; y el objeto de ello es precisamente reducir el ruido aéreo que llega al receptor a través de los obstáculos (paredes). Dependiendo del uso de las viviendas se definen los requerimientos en cuanto al aislamiento acústico según la OMS el nivel de ruido en el interior de una vivienda no debe exceder de 30 dBA y en oficinas o centros de trabajo no debe exceder los 35 dBA (*Ing. Esquivel Delgado, 2009, pág. 2*).

3.9.1.1. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO :

Con el fin de determinar el aislamiento acústico de los bloques huecos de concreto, se elaboró una caja por diseño, conformado por un bloque hueco de concreto y poliestireno, luego se recubrieron las paredes internas de la caja con dos capas aislantes (lana de fibra de vidrio y poliestireno). Ver figura 35. Dejando una cara sin recubrimiento acústico, con el fin de evaluar la transmisión del sonido en una sola cara.

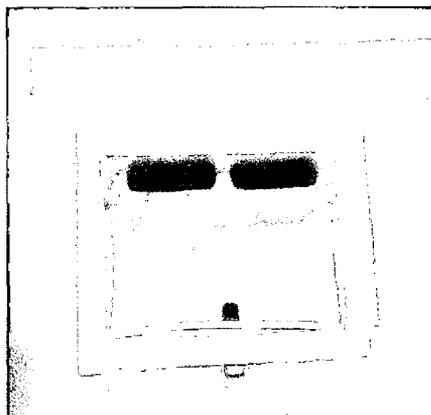


Figura 35: Aislamiento acústico para las paredes de las cajas de bloques de concreto-caucho.

La medición del nivel de ruido se realizó con dos sonómetros muy sensibles, los cuales fueron colocados uno al interior de la caja y el otro al ambiente. Estas mediciones se realizaron con tres niveles de ruido: ruido bajo (47.40 dB.- 65.10 dB.), ruido medio (63.40 dB. – 82.70 dB.) y ruido alto (75.00 dB. – 91.70 dB.). Ver figura 36.



Figura 36: Registro de datos para los tres niveles de ruido (ruido bajo, ruido medio, ruido alto).

De acuerdo a los datos registrados, mostradas en el Anexo N°28, se elaboró la gráfica 22-23-24-25, de la variación de niveles de ruido (interior de la caja y el ambiente) respecto al tiempo para los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho), para observar con mayor detalle la variación del aislamiento acústico con respecto al porcentaje de caucho adicionado.

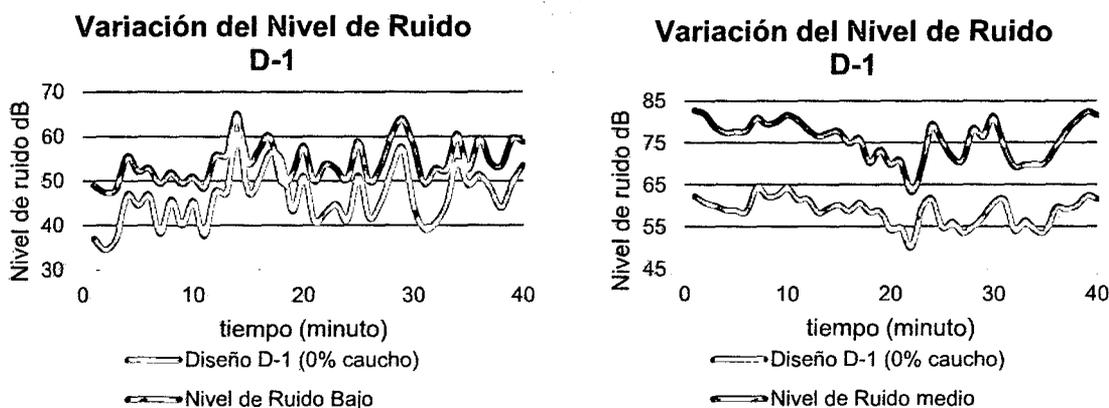


Gráfico 22: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido bajo (izquierda) y medio (derecha).

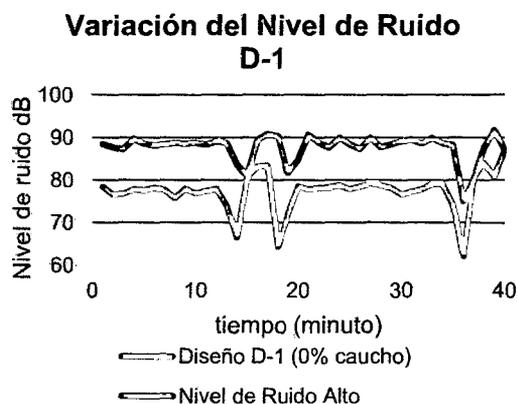


Gráfico 23: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido alto.

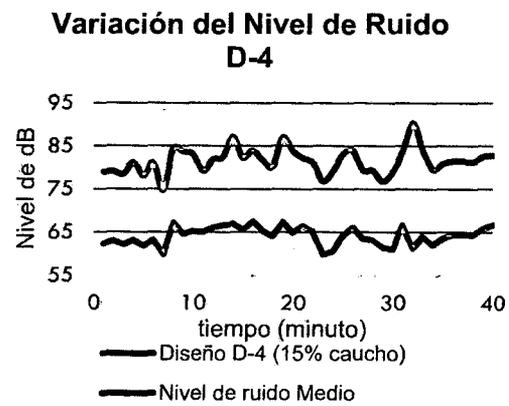
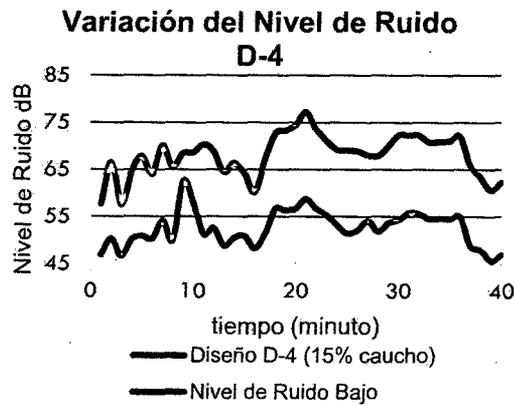


Gráfico 24: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido bajo (izquierda) y medio (derecha).

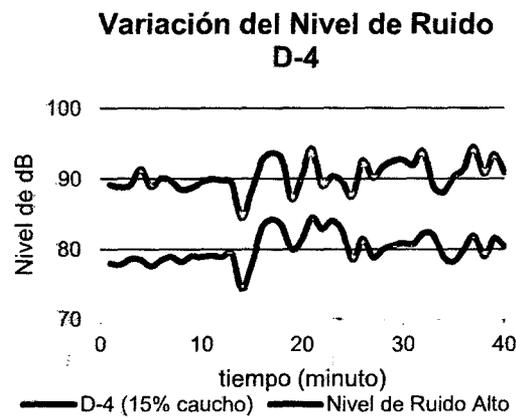
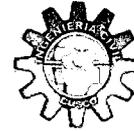


Gráfico 25: Variación de los niveles de ruido en la caja y ambiente, para niveles de ruido alto.

El gráfico 22-23, muestra los niveles de ruido tomadas por un periodo de 2 horas, obtenidas por dos sonómetros, uno en el ambiente y el otro dentro de la caja (diseño D-1), se observa que la diferencia promedio del nivel de ruido (ambiente- interior de la caja) es de 7.93 dB (ruido bajo), 17.18 dB (ruido medio) y 10.27 dB (ruido alto).

El gráfico 24-25, muestra los niveles de ruido tomadas por un periodo de 2 horas, obtenidas por dos sonómetros, uno en el ambiente y el otro dentro de la caja (diseño D-4), se observa que la diferencia promedio del nivel de ruido (ambiente- interior de la caja) es de 15.45 dB (ruido bajo), 17.37 dB (ruido medio) y 10.30 dB (ruido alto).

Comparando estos resultados, el incremento de la diferencia promedio del nivel de ruido es de 94.74% entre el diseño D-1 y D-4 para un nivel de ruido bajo, de 1.12% para un nivel de ruido medio y 0.34% para un nivel de ruido alto, con estos resultados podemos afirmar que el caucho granulado proporciona al bloque mayor aislamiento acústico.



3.9.2. AISLAMIENTO TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:

El principal problema de la construcción de viviendas con bloques de concreto hueco, es su baja resistencia térmica, ya que esto ocasiona que en climas extremos las ganancias de calor sean elevadas y como consecuencia las condiciones de habitabilidad intramuros se encuentren fuera de la zona de confort.

3.9.2.1. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO :

Con el fin de determinar el aislamiento térmico de los bloques huecos de concreto, se elaboró una caja por diseño, conformado por bloques huecos de concreto, luego se recubrieron las paredes internas de la caja con dos capas aislantes (lana de fibra de vidrio y poliestireno). Ver figura 37. Dejando una cara sin recubrimiento termo-acústico, con el fin de evaluar la transmisión de temperatura en una sola cara (figura 38).



Figura 37: Aislamiento termo-acústico para las paredes de las cajas de bloques de concreto-caucho.



Figura 38: Fabricación de las cajas para registrar las temperaturas al interior.

La medición de la temperatura se realizó con dos sensores térmicos muy sensibles, los cuales fueron colocados uno al interior de la caja y el otro al ambiente. Estas mediciones se realizaron por cinco días donde se observaron temperaturas altas y bajas.

Los sensores térmicos utilizados en este trabajo de investigación, permiten la toma de datos por minuto, teniendo una memoria interna de almacenaje por un periodo de 5 días. Los datos son recolectados con el programa Matlab (figura 39).

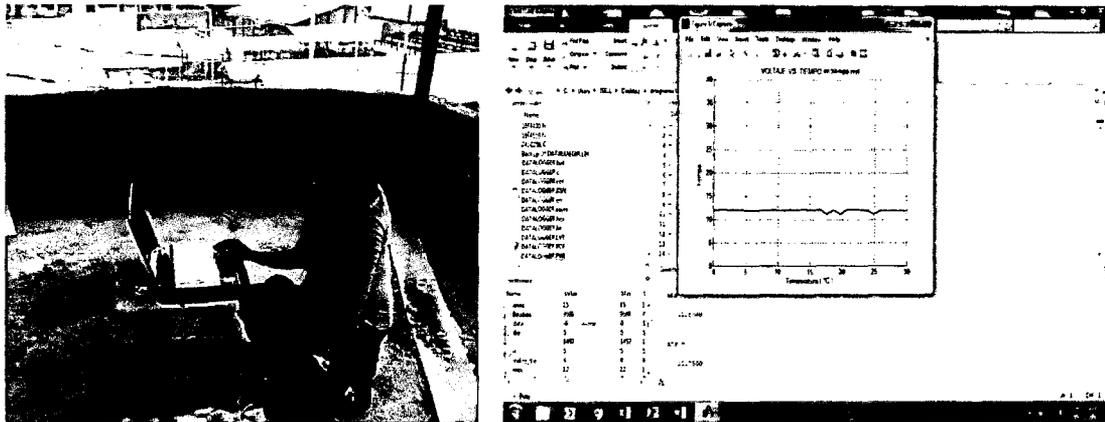


Figura 39: Descarga de datos de la memoria de los sensores de temperatura.

De acuerdo a las temperaturas registradas durante cinco días (1440 datos por día), mostradas en el Anexo N°28, se elaboró la gráfica 26-27, de la variación de la temperatura (interior de la caja y el ambiente) respecto al tiempo para los diseños D-1 (0% caucho), D-4 (15% caucho), para observar con mayor detalle la variación del aislamiento térmico con respecto al porcentaje de caucho adicionado.

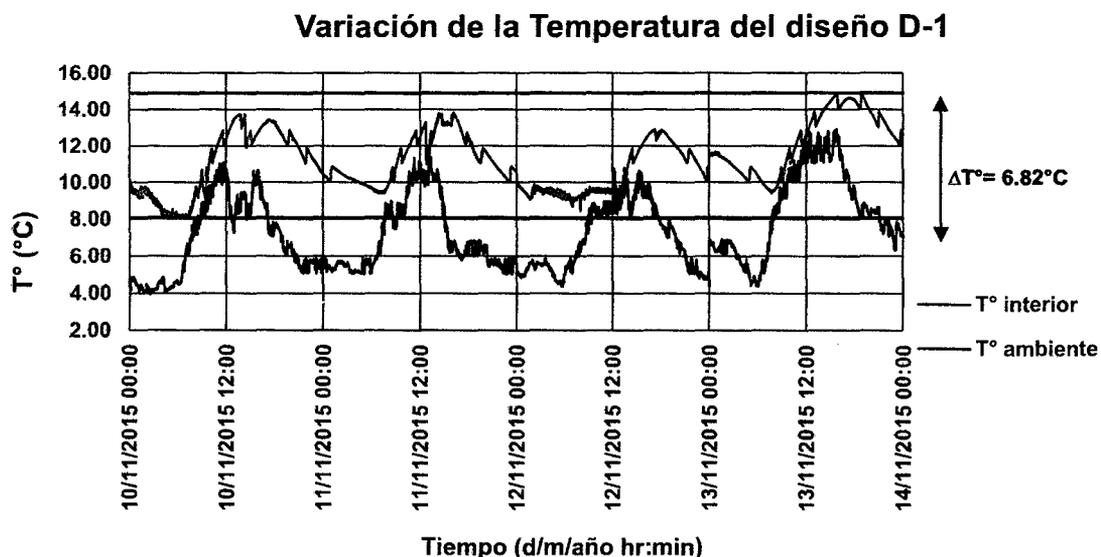


Gráfico 26: Temperatura interior de la caja- ambiente para el diseño D-1



Variación de la Temperatura del diseño D-4

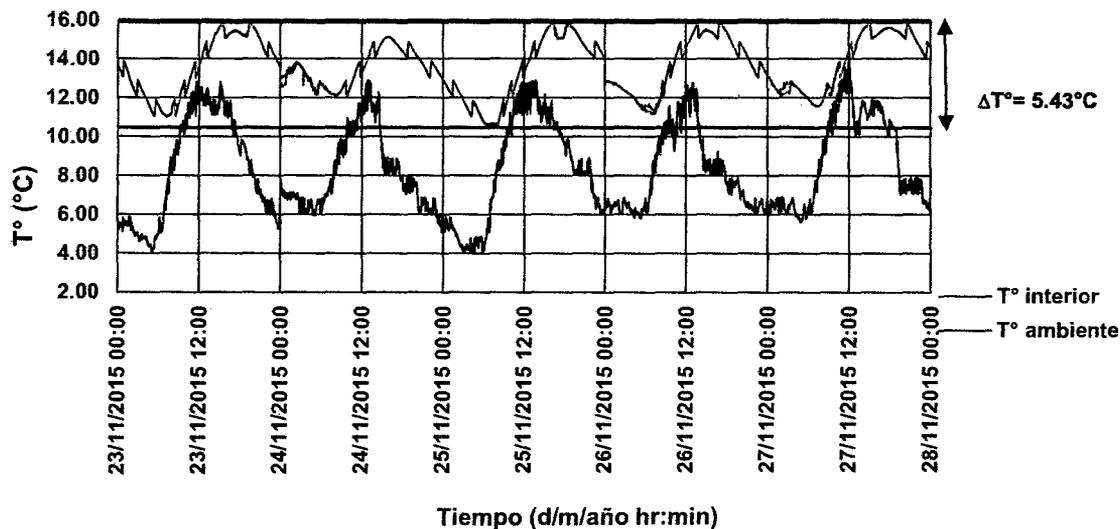


Gráfico 27: Temperatura interior de la caja- ambiente para el diseño D-4

El gráfico 26, muestra las temperaturas tomadas por un periodo de 4 días, obtenidas por dos sensores, uno en el ambiente y el otro dentro de la caja (diseño D-1), se observa que la diferencia promedio de la temperatura (ambiente- interior de la caja) es de 3.91°C , además el rango de variación de la temperatura al interior de la caja es de 6.82°C .

El gráfico 27, muestra las temperaturas tomadas por un periodo de 5 días, obtenidas por dos sensores, uno en el ambiente y el otro dentro de la caja (diseño D-4), se observa que la diferencia promedio de la temperatura (ambiente- interior de la caja) es de 5.26°C , además el rango de variación de la temperatura al interior de la caja es de 5.43°C .

Comparando estos resultados, se ve un incremento de la diferencia promedio de temperatura de 34.53% entre el diseño D-1 y D-4, además el rango de variación de la temperatura disminuye en 20.38% , con estos resultados podemos afirmar que el caucho granulado proporciona al bloque mayor aislamiento térmico.

3.10. RESISTENCIA AL FUEGO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO – CAUCHO.

La resistencia al fuego es la capacidad de un material o elemento de soportar fuego o de proporcionar protección contra el fuego. En relación con los elementos de un edificio, la resistencia al fuego se caracteriza por la habilidad de confinar el fuego o de continuar satisfaciendo una determinada función estructural, o ambas cosas (American Concrete Institute, 1997, pág. 23).



Al no contarse con los instrumentos necesarios para la determinación de la resistencia al fuego dispuesta en la norma ACI 216.1-97, se optó por un procedimiento equivalente realizado en la tesis: "Propuesta de alternativa constructiva para usos en bloques de hormigón utilizando plástico PET reciclado" (Sabando Saldarreaga, 2011).

3.10.1. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.

Este ensayo fue realizado de dos formas:

- 1) Se construyó dos muros con dimensiones de (0.80 x 0.80) m correspondientes a los diseños D-1 (0% caucho) y D-4 (15% caucho); se la humedeció de gasolina simulando un incendio causado por un corto circuito o incendio común, 500°C - 600°C; tres veces cada 30 minutos, en la tabla 57 se muestra cómo reacciona cada muro ante el fuego:

Diseño	Nro. de prueba	Duración del fuego	Observación	Periodos de prueba c/30 min.
D-1 (0% caucho)	1	6:07 min.	Quemado superficial.	inicial
	2	6:23 min.	Desprendimiento superficial del concreto.	30 minutos
	3	6:16 min.	Desprendimiento superficial del concreto.	60 minutos
D-4 (15% caucho)	1	7:15 min.	Caucho superficial derretido.	inicial
	2	9:29 min.	Olor y desprendimiento superficial del concreto.	30 minutos
	3	7:38 min.	Olor, humo negro y desprendimiento superficial del concreto.	60 minutos

Tabla 57: Reacción de los muros del diseño D-1 y D-4 ante el fuego.



Figura 40: Resistencia al fuego de muretes correspondientes a los diseños D-1 (izquierda), y D-4 (derecha).



2) En el laboratorio de suelos de la facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, empapamos dos bloques de los diseños D-1 (0% caucho) y D-4 (15% caucho) de gasolina simulando un incendio causado por un corto circuito o incendio común, 500°C - 600°C; tres veces cada 30 minutos, para luego ser sometida a la prueba de compresión simple y evaluar su resistencia, en la tabla 58 se muestra cómo reacciona cada muro ante el fuego:

Diseño	Nro. de prueba	Duración del fuego	Observación	Periodos de prueba c/30 min.
D-1 (0% caucho)	1	6:15 min.	Quemado superficial.	inicial
	2	6:23 min.	Desprendimiento superficial del concreto.	30 minutos
	3	4:15 min.	Desprendimiento superficial del concreto.	60 minutos
	Resistencia a compresión axial:			35.57 kg/cm²
D-4 (15% caucho)	1	7:24 min.	Caucho superficial derretido y humo negro.	inicial
	2	7:02 min.	Olor, humo negro y desprendimiento superficial del concreto.	30 minutos
	3	4:03 min.	Desprendimiento superficial del concreto.	60 minutos
	Resistencia a compresión axial:			27.92 kg/cm²

Tabla 58: Reacción de los bloques del diseño D-1 y D-4 ante el fuego.

Comparando estos resultados de las tablas 57 – 58, se observa que luego de tres incendios simulados (500°C - 600°C), el bloque convencional (D-1) presenta un decremento en la resistencia de 20.19 % mientras que el bloque propuesto con caucho granulado (D-4) presenta un decremento de 30.06 %, presentando menor resistencia que un bloque convencional al ser expuesto al fuego.

3.11. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE UN BLOQUE CONVENCIONAL (D-1) Y EL BLOQUE PROPUESTO (D-4):

Luego de evaluar las características que ofrece la adición de caucho granulado al bloque hueco de concreto, es necesario comparar los costos, ya que un costo menor o igual implica la colocación de este producto en el mercado, con mayores beneficios que propone un bloque hueco de concreto convencional.

Se presenta el costo de un bloque hueco de concreto convencional y del bloque hueco propuesto (bloque de concreto con 15 % de caucho granulado) en las tablas 59-60.



Actividad	:	Fabricación de bloques hueco de concreto		
Cantidad Analizada	:	1 UND.		
A. Materiales				
Descripción.	Cantidad	Unidad	P. U.	Subtotal (s/.)
Arena Gruesa	0.0035	m3/bloque	S/. 62.50	S/. 0.219
Grava tmax 1/2"	0.0055	m3/bloque	S/. 62.50	S/. 0.344
Cemento	0.0412	bolsas/bloque	S/. 23.50	S/. 0.968
Agua	0.0014	m3/bloque	S/. 1.36	S/. 0.002
Caucho Granulado	-	m3/bloque	-	
B. Mano de Obra				
Descripción.	Cantidad	Unidad	P. U.	Subtotal (s/.)
Operario	0.027	hh/bloque	S/. 7.50	S/. 0.203
Peón	0.053	hh/bloque	S/. 5.00	S/. 0.265
C. Herramientas				
	0.03	%MO		S/. 0.014
Costo Bloque				S/. 2.01

Tabla 59: Costo de un bloque hueco de concreto convencional.

Actividad	:	Fabricación de bloques hueco de concreto - 15 %caucho		
Cantidad Analizada	:	1 UND.		
A. Materiales				
Descripción.	Cantidad	Unidad	P. U.	Subtotal (s/.)
Arena Gruesa	0.0030	m3/bloque	S/. 62.50	S/. 0.186
Grava tmax 1/2"	0.0055	m3/bloque	S/. 62.50	S/. 0.344
Cemento	0.0412	bolsas/bloque	S/. 23.50	S/. 0.968
Agua	0.0011	m3/bloque	S/. 1.36	S/. 0.001
Caucho Granulado	0.00052	m3/bloque	S/. 171.38	S/. 0.089
B. Mano de Obra				
Descripción.	Cantidad	Unidad	P. U.	Subtotal (s/.)
Operario	0.027	hh/bloque	S/. 7.50	S/. 0.203
Peón	0.053	hh/bloque	S/. 5.00	S/. 0.265
C. Herramientas				
	0.03	%MO		S/. 0.014
Costo Bloque				S/. 2.07

Tabla 60: Costo de un bloque hueco de concreto convencional.

Con comparación del costo de fabricación de un bloque hueco de concreto, mostrado en las tablas 59-60, se observa que el costo de un bloque con caucho al 15% es mayor en un 2.99%, asiendo a este bloque de concreto con adición de caucho rentable.



3.12. CUADRO RESUMEN COMPARATIVO DE LOS DISEÑOS D-1, D-4 Y D-5 :

		Características del D-1		Características del D-4		Características del D-5	
Fábrica:		ALFIL		ALFIL		ALFIL	
Tipo:		Norma E-070		40x20x12 cm.		40x20x12 cm.	
Dimensiones Promedio:	Largo:	-	40.00 cm.				
	Ancho:	Min. 12 cm.	12.00 cm.	12.00 cm.	12.00 cm.	12.00 cm.	12.00 cm.
	Alto:	-	20.00 cm.				
% de Vacíos:		< 70% Hueca	53.07%	53.22%	53.18%	53.18%	53.18%
Variación Dimensional	Largo:	± 6 %	-0.02%	-0.04%	-0.12%	-0.12%	-0.12%
	Ancho:	± 6 %	-0.07%	0.07%	0.21%	0.21%	0.21%
	Alto:	± 6 %	-0.04%	0.06%	0.15%	0.15%	0.15%
Alabeo:	Superior:	máx. 8 mm	1.75 mm.	1.83 mm.	2.67 mm.	2.67 mm.	2.67 mm.
	Inferior:	máx. 8 mm	1.08 mm.	1.00 mm.	2.00 mm.	2.00 mm.	2.00 mm.
Tipo de Unidad:		Bloque NP	Bloque NP	Bloque NP	Bloque NP	Bloque NP	Bloque NP
% de Absorción:		máx. 15%	8.42%	7.04%	5.33%	5.33%	5.33%
Porosidad:		-	9.27 %	9.34 %	12.69 %	12.69 %	12.69 %
Succión:	Superior:	-	23.03 gr/200 cm ² -min	23.00 gr/200 cm ² -min	22.15 gr/200 cm ² -min	22.15 gr/200 cm ² -min	22.15 gr/200 cm ² -min
	Inferior:	-	24.81 gr/200 cm ² -min	24.25 gr/200 cm ² -min	22.83 gr/200 cm ² -min	22.83 gr/200 cm ² -min	22.83 gr/200 cm ² -min
Módulo de Rigidez Dinámico:			3505.71 kg/cm ²	2586.30 kg/cm ²	2499.65 kg/cm ²	2499.65 kg/cm ²	2499.65 kg/cm ²
Resistencia a Compresión Axial:	Unidades:	≥20 kg/cm ²	44.57 kg/cm ²	39.92 kg/cm ²	33.16 kg/cm ²	33.16 kg/cm ²	33.16 kg/cm ²
	Pilas:	-	48.11 kg/cm ²	42.16 kg/cm ²	30.69 kg/cm ²	30.69 kg/cm ²	30.69 kg/cm ²
MURETES							
Resistencia a Compresión Diagonal:		-	6.48 kg/cm ²	7.20 kg/cm ²	5.46 kg/cm ²	5.46 kg/cm ²	5.46 kg/cm ²
Deformación Angular:		-	8.15 E-03 mm/mm	1.60 E-02 mm/mm	7.57 E-03 mm/mm	7.57 E-03 mm/mm	7.57 E-03 mm/mm
Módulo de Rigidez:		-	333.69 kg/cm ²	192.52 kg/cm ²	209.99 kg/cm ²	209.99 kg/cm ²	209.99 kg/cm ²
Aislamiento Térmico (Diferencia Promedio):		-	3.91 °C	5.26 °C	-	-	-
Aislamiento Acústico (Diferencia Promedio):		-	7.93 dB	15.45 dB	-	-	-

Tabla 61: Resumen Comparativo de las características de los bloques de concreto (D-1, D-4 y D-5)

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

El uso de materiales de desecho acumulados en el país se encuentra todavía en sus primeras fases, es decir la fase de investigación. Por medio de esta investigación, queda demostrado que es factible utilizar el caucho granulado proveniente de los neumáticos en desuso como agregado en el diseño de mezclas de concreto en la producción de bloques huecos de concreto, por las siguientes razones:

1. De acuerdo a la hipótesis uno, para la relación agua/cemento de 0.89 sin adición de caucho granulado se obtuvo una resistencia característica de 44.57 kg/cm^2 , esta resistencia va disminuyendo según aumenta el porcentaje de caucho granulado, siendo el porcentaje óptimo un 15% de caucho granulado en volumen, sustituido en el agregado fino ya que la resistencia característica presentada en este diseño D-4 (15% caucho) es de 39.92 kg/cm^2 , con una variación porcentual de 10.43%. la influencia del caucho granulado en la resistencia es mínima puesto que el valor de la covarianza es de -0.049, pero influirá en otras propiedades como el aislamiento acústico y térmico.
2. De acuerdo a la hipótesis dos, la variación dimensional y el alabeo se van incrementando a mayores porcentajes de caucho granulado, debido a que el caucho intenta recuperar su forma después de ser vibro-compactado. Mientras que el porcentaje de absorción y succión se van reduciendo a mayores porcentajes de caucho, debido a que el caucho no absorbe agua.
3. De acuerdo a la hipótesis tres, el caucho granulado reemplazado en el concreto en un 15% del agregado fino, presenta mejor aislamiento acústico que un bloque convencional, estos bloques fueron expuestos a los niveles de ruido comprendidos entre 47.4 dB-65.1 dB que según la OMS es el nivel de ruido permitido al exterior de los dormitorios, observando una diferencia del 94.74% del nivel de sonido recibido entre un bloque convencional y el bloque propuesto con 15% de caucho.
4. De acuerdo a la hipótesis tres, el caucho granulado reemplazado en el concreto en un 15% del agregado fino, presenta mejor aislamiento térmico que un bloque convencional, estas cajas construidas con bloques de los diseños D-1 y D -4, fueron expuestas a temperatura ambiental por un periodo de 4 días, observándose para el D-1 una diferencia promedio de $3.91 \text{ }^\circ\text{C}$ entre el ambiente y el interior de la caja, mientras que para el diseño D-4 esta diferencia es de $5.26 \text{ }^\circ\text{C}$, presentando los bloques del diseño D-4 mayor aislamiento térmico en 34.53% .
5. El agregado utilizado para la fabricación de los bloques huecos de concreto, pertenece a la cantera de Zurite, esta cantera presenta un material ígneo con un peso específico del agregado grueso de 2.716 gr/cm^3 y un peso específico para el agregado fino de 2.564 gr/cm^3 , peso unitario suelto del agregado grueso 1535.27 kg/m^3 (agregado no liviano), peso unitario suelto



- del agregado fino 1623.66 kg/m^3 (agregado no liviano), la granulometría presentada no cumple con los límites establecidos en la norma NTP.400.012.2003, por lo que se realizó el tamizado hasta llegar a curva granulométrica global ideal.
6. En la tabla 24 se analizaron las resistencias alcanzadas en el ensayo de compresión axial de testigos cilíndricos de concreto, para los diseños D-2 (5% Caucho), D-3 (10% Caucho), D-4(15 % caucho), se observó un decremento mínimo de la resistencia en comparación con el diseño D-1 (0% caucho), mientras que para el diseño D-5 (20% caucho) y D-6 (25% caucho) el decremento de la resistencia es considerable, por ello se eligió como diseño "óptimo" el diseño D-4, con un decremento del 15.48% en la resistencia.
 7. Comparando la densidad de los diseños D-1 (0% Caucho) y D-4(15 % caucho "optimo") 2.47 gr/cm^3 y 2.21 gr/cm^3 respectivamente, se observa que el caucho granulado ofrece al concreto la característica de aligerar la mezcla, reduciendo el peso en 10.70 % por metro cubico.
 8. El fraguado de los bloques de concreto con caucho granulado es más lento en comparación a los bloques fabricados con concretos convencionales.
 9. A mayor porcentaje de caucho-granulado en el concreto mayor es la trabajabilidad, como se observa en las pruebas de revenimiento, el diseño 1 muestra un slump de 0.5 pulgadas mientras que el diseño N° 2, 3, 4, 5 y 6 fueron aumentando hasta llegar a un slump de 1.5 pulgadas cumpliendo también con el diseño de mezcla.
 10. La resistencia característica de pilas f'm en el diseño D-4 se redujo en un 12.37% y en el diseño D-5 se redujo en un 36.21% ambos respecto al diseño D-1, lo que indica que el reemplazo del 15% del agregado fino por el caucho granulado no disminuye considerablemente la resistencia f'm. El modo de falla característico fue de tipo vertical.
 11. Adicionando el 15% de caucho en el concreto (D-4), la resistencia característica v'm incrementa en 11.11%, la deformación angular incrementa en 96.32%, además el módulo de rigidez disminuye en 42.31%, respecto a los muretes de diseño D-1, mostrando que el caucho granulado al 15 % proporciona al murete mayor resistencia y mayor rango de deformación antes de la falla.
 12. Se observa que en el diseño D-1 (0% caucho) el módulo de rigidez dinámico (Es) es de 3505 kg/cm^2 y para el D-4 (15% caucho) es 2586.30 kg/cm^2 . Analizando estos resultados se ve que el caucho ofrece mayor flexibilidad al concreto ya que la rigidez del diseño D-4 disminuyen en un 26.23 %.
 13. A mayor porosidad en el concreto, la resistencia a compresión axial disminuye, el diseño D-1 presenta una porosidad de 9.27% para la resistencia de 46.47 kg/cm^2 y el diseño D-4 presenta una porosidad de 9.34% para la resistencia de 40.33 kg/cm^2 , observando un aumento del 0.77% de porosidad.



4.2. RECOMENDACIONES:

Para investigaciones futuras, se recomienda:

- Realizar estudios con relaciones agua-cemento diferente a 0.89 para las mezclas de concreto usando caucho granulado como sustituto de agregado fino.
- Se recomienda realizar pruebas para determinar la durabilidad del concreto con caucho granulado.
- Se recomienda realizar estudios en donde se analice el comportamiento del concreto con caucho granulado a altas temperaturas.
- Realizar estudios con otros tratamientos superficiales para el caucho granulado y ver como estos tratamientos influyen en la adherencia del caucho en el concreto.
- Realizar estudios con caucho en polvo y caucho triturado para ver su comportamiento en el concreto.

BIBLIOGRAFÍA:

- ACI 318S . (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)* . E.E.U.U.
- Álamo N., R. (1973-1974). Muros de bloques de concreto. *Revista IMCYC*, 1.
- Álvarez Arredondo, I. (11 de Abril de 2014). Goodyear Perú espera incrementar hasta en 5% sus ventas en 2014. *EL COMERCIO*.
- ASOCEM. (s.f.). *La adición de partículas de neumáticos reciclados en el concreto*. Obtenido de www.asocem.org.pe: http://www.asocem.org.pe/web/_actual/neumaticos.pdf
- Benedetto, H. D. (2001). *Stiffness testing for bituminous mixtures*. RILEM TC 182-PEB.
- Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria de los neumáticos*. Buenos Aires, Argentina.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2002). *NTP 399.604.2002 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2002). *NTP 400.021.2002 AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2003). *NTP 399.607.2003 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Especificación normalizada de agregados para mortero de Albañilería*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2004). *NTP 399.621.2004 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. Lima: INDECOPI.



- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2010). *NTP 399.600.2010 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Bloques de concreto para uso no estructural*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2011). *NTP 400.017.2011 AGREGADOS: Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos de los agregados*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2013). *NTP 399.605.2013 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prismas de albañilería*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2013). *NTP 399.610.2013 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Especificación normalizada para morteros*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2013). *NTP 400.012.2013 AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima: INDECOPI.
- Comite Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón(Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pre-Tensado. (2013). *NTP 400.022.2013 AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino*. Lima: INDECOPI.
- Dirección General de Epidemiología. (30 de Octubre de 2014). *Situación del Dengue en el Perú, 2014 (SE 42)*. Obtenido de Situación del Dengue en el Perú: http://www.app.minsa.gob.pe/bsc/detalle_indbsc.asp?lcind=59&lcobj=4&lcper=1&lcfreq=30/10/2014
- Dr. Ing. Arrieta Freyre, J., & Bach. Ing. Peñaherrera Deza, E. (2001). Fabricación de Bloques Huecos de Concreto con una Mesa Vibradora. En J. Dr. Ing. Arrieta Freyre, & E. Bach. Ing. Peñaherrera Deza, *Fabricación de Bloques Huecos de Concreto con una Mesa Vibradora* (págs. 3-4). Lima.
- García Melgar, W. F., Hernández Maldonado, J. S., & Menéndez Alvarenga, M. C. (2011). Estudio Técnico de la Goma Triturada como Agregado en el Diseño de Mezclas de Concreto y Mortero tipo M y S para Obras Civiles. En W. F. García Melgar, J. S. Hernández Maldonado, & M. C. Menéndez Alvarenga, *Estudio Técnico de la Goma Triturada como Agregado en el Diseño de Mezclas de Concreto y Mortero tipo M y S para Obras Civiles* (págs. 1-3). Buenos Aires.
- Gonzales de la Cotera, M. (1962). Tecnología del Concreto, Diseño de Mezclas. *Publicación de la Universidad Nacional de Ingeniería*, 1-24.
- González G.G., J. d. (Diciembre de 1983). Bloques de Concreto. *Revista IMCYC*, 42.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2009). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: INTERAMERICANA EDITORES.
- Huang, Y. (1993). Pavement Analysis and a Desing. En Y. H. Huang, *Pavement Analysis and a Desing* (págs. 336-338). New Jersey: Prentice Hall.
- INDECOPI. (2008). *Norma Técnica Peruana 400.011.2008*. Lima.



- Ing. Albano, C., & Ing. Reyes, J. (2003). *Estudio y Caracterización mediante Ensayos no Destructivos con Ultrasonido de Materiales Compuestos Concreto- Raspadura de Caucho(Ripio)*. Caracas.
- Ing. Esquivel Delgado, A. (2009). *Nuevas técnicas para la determinación del aislamiento acústico de materiales de construcción*. México D.F.
- Ing. Profesor Principal PUCP San Bartolomé, Á. (2005). *COMENTARIO A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 ALBAÑILERÍA INFORME FINAL (CAPÍTULO 1 A 10)*. Lima.
- Ing. Vidaud Quintana, E. d. (2015). Método Mecánico para la Compactación del Concreto: La Vibración (Parte 1). *Construcción y Tecnología en Concreto*, 12.
- Kozievith, & Pino. (2001). *Comportamiento del caucho pulverizado proveniente de llantas con el cemento portland*. EEUU.
- Mamani Vargas, J. J. (2012). *Evaluación de las Canteras de Kunyac, Huillque, Vicho y Zurite para el Diseño de Micropavimentos con Emulsión Asfáltica Modificada con Polímeros*. Cusco.
- Marquéz Pichardo, P. (2000). Proporcionamiento Óptimo del Concreto Ligero Aplicado a Piezas de Mampostería. En P. d. Marquéz Pichardo, *Proporcionamiento Óptimo del Concreto Ligero Aplicado a Piezas de Mampostería* (págs. 22-25). México D.F.
- Martinez, M. (03 de Julio de 2012). *Construcción Sostenible*. Obtenido de Construcción Sostenible: <http://ugc-arq.wikispaces.com/Construcci%C3%B3n+Sostenible>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Superintendencia Nacional de los Registros Públicos. (2014). *INEI*. Obtenido de INEI.gob.pe: <http://www.inei.gob.pe/>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Ley General del Ambiente, Ley Macro del Sistema de Gestión Ambiental, Reglamento de la Ley Macro del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y Ley de Creación Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente*. Lima.
- Porrero S., J., Ramos R., C., Grases G., J., & Velazco, G. (2009). *MANUAL DE CONCRETO ESTRUCTURAL*. En J. Porrero S., C. Ramos R., J. Grases G., & G. Velazco, *MANUAL DE CONCRETO ESTRUCTURAL* (págs. 61, 67-78, 71-76, 80, 81, 88, 91, 113-115, 188-189, 329). Caracas: SIDETUR.
- Rivva Lopéz, E. (1992). *Tecnología del Concreto, Diseño de Mezclas*. Lima: HOZLO S.CR.L.
- San Bartolomé, Á. (2008). *Comentario de la Norma Técnica E-070 "Albañilería"*. Lima.
- Sánchez, D. (1993). Tecnología del Concreto y del Mortero. En D. Sánchez, *Tecnología del Concreto y del Mortero* (pág. 349). Bogotá: Lta. Santa Fé de Bogotá.
- Segre, N., & Joekes, I. (2000). *Use of Tire Rubber Particles as Addition to Cement Paste. Cement and Concrete Research*. Washington.D.C.
- SENCICO. (22 de Enero de 2013). *civilgeeks.com*. Obtenido de civilgeeks.com: <http://civilgeeks.com/2011/12/09/el-bloque-de-concreto-en-albanileria/>
- Serra Alavez, I. (2013). *Diseño de Bloques de Concreto Aplicado a Muros de Carga para Ventilar Espacios Arquitectónicos*. Oaxaca-México.
- Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria. (4 de Septiembre de 2013). *ANÁLISIS DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE NEUMÁTICOS EN EL MERCADO PERUANO 2012- JULIO 2013*. Obtenido de ANÁLISIS DE IMPORTACIONES



Y EXPORTACIONES DE NEUMATICOS EN EL MERCADO PERUANO 2012- JULIO 2013:
<http://b2bctrade.blogspot.com/2013/09/analisis-de-importaciones-y.html>

Wikipedia. (26 de Noviembre de 2015). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tico>

ANEXOS.

Anexo 1: Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Grueso cantera Zurite - Anta

	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
	ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP.400.012.2013	
	TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"	

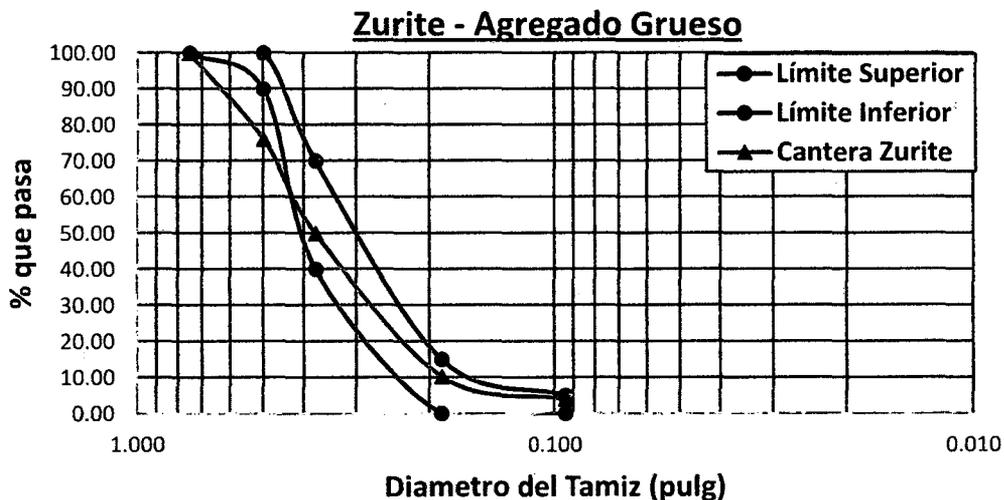
Material :	Piedra Chancada de 3/4" (Agregado Grueso)	Observaciones:
Cantera :	Zurite	Agregado de origen ígneo TMN de 1/2".
Ubicación:	Zurite - Anta	

Peso Inicial Seco	1500	gr
--------------------------	------	----

Malla	Abertura (Pulg.)	Peso retenido acumulado	Peso retenido acumulado corregido	%Retenido Acumulado	% que pasa	% ESPECIFICADO EN LA NTP	
						límite superior	límite inferior
3/4"	0.750	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	0.500	359.96	359.96	24.00	76.00	100.00	90.00
3/8"	0.375	751.67	751.67	50.11	49.89	70.00	40.00
N°4	0.187	1345.33	1345.33	89.69	10.31	15.00	0.00
N°8	0.094	1440.54	1440.54	96.04	3.96	5.00	0.00
Fondo		1496.74	1500.00	100.00	0.00		

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \frac{\text{peso retenido acumulado corregido}}{\text{peso retenido acumulado total}} \times 100$$

$$\% \text{ que pasa} = \% \text{ que pasa}_{a-1} - (\% \text{ retenido acumulado}_a - \% \text{ retenido acumulado}_{a-1})$$



Anexo 2 Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Fino cantera Zurite - Anta

	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP.400.012.2013 TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"		

Material : Piedra Chancada de 3/8" (Agregado Fino)
Cantera : Zurite **Observaciones:**
Ubicación: Zurite - Anta Agregado de origen ígneo TMN de N° 4.

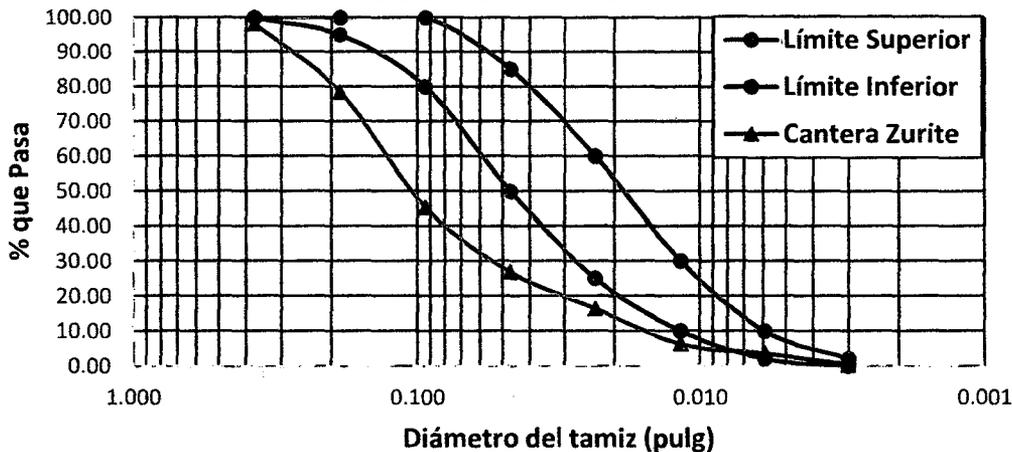
Peso inicial Seco	500	gr
-------------------	-----	----

Malla	Abertura (Pulg.)	Peso retenido acumulado	Peso retenido acumulado corregido	%Retenido Acumulado	% que pasa	límite superior	límite inferior
3/8"	0.375	9.05	9.05	1.81	98.19	100.00	100.00
N°4	0.187	108.08	108.08	21.62	78.38	100.00	95.00
N°8	0.094	273.52	273.52	54.70	45.30	100.00	80.00
N°16	0.047	365.72	365.72	73.14	26.86	85.00	50.00
N°30	0.023	418.07	418.07	83.61	16.39	60.00	25.00
N°50	0.012	468.71	468.71	93.74	6.26	30.00	10.00
N°100	0.006	482.19	482.19	96.44	3.56	10.00	2.00
N°200	0.003	498.47	498.47	99.69	0.31	2.00	0.00
Fondo		499.08	500.00	100.00	0.00		

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \frac{\text{peso retenido acumulado corregido}}{\text{peso retenido acumulado total}} \times 100$$

$$\% \text{ que pasa} = \% \text{ que pasa}_{a-1} - (\% \text{ retenido acumulado}_a - \% \text{ retenido acumulado}_{a-1})$$

Agregado Fino - Zurite



Anexo 3: Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Grueso cantera Huillque - Limatambo



FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP.400.012.2013
TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"

Material : Piedra Chancada de 3/4" (Agregado Grueso)

Cantera : Huillque

Ubicación: Limatambo

Observaciones:

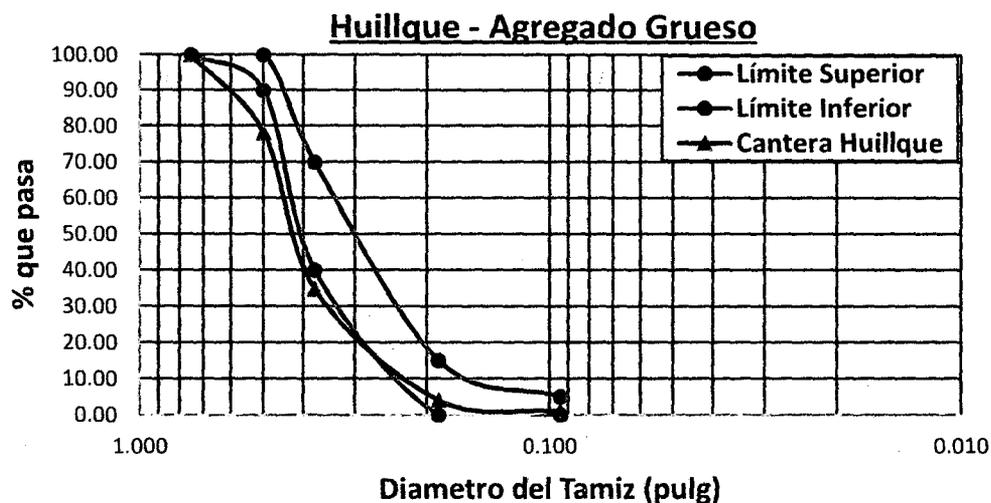
Agregado de origen ígneo
TMN de 1/2".

Peso inicial Seco	1500	gr
-------------------	------	----

Malla	Abertura (Pulg.)	Peso retenido acumulado	Peso retenido acumulado corregido	%Retenido Acumulado	% que pasa	% ESPECIFICADO EN LA NTP	
						límite superior	límite inferior
3/4"	0.750	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	0.500	327.25	327.25	21.82	78.18	100.00	90.00
3/8"	0.375	978.57	978.57	65.24	34.76	70.00	40.00
N°4	0.187	1439.22	1439.22	95.95	4.05	15.00	0.00
N°8	0.094	1485.89	1485.89	99.06	0.94	5.00	0.00
Fondo		1495.64	1500.00	100.00	0.00		

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \frac{\text{peso retenido acumulado corregido}}{\text{peso retenido acumulado total}} \times 100$$

$$\% \text{ que pasa} = \% \text{ que pasa}_{a-1} - (\% \text{ retenido acumulado}_a - \% \text{ retenido acumulado}_{a-1})$$



Anexo 4: Análisis Granulométrico por tamizado Agregado Fino cantera Huillque - Limatambo

	<p>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>	
<p>ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP.400.012.2013</p> <p>TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"</p>		

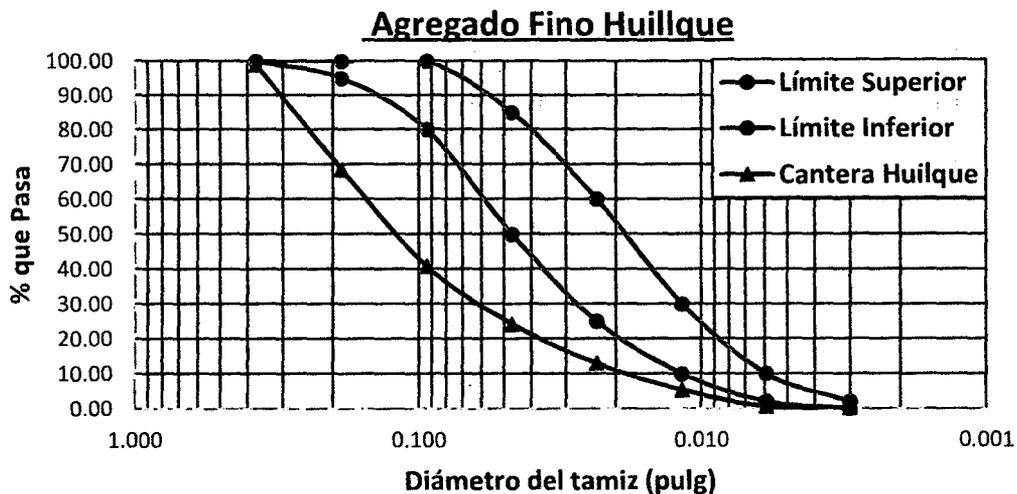
Material : Piedra Chancada de 3/8"
Cantera : Huillque **Observaciones:**
Ubicación: Limatambo Agregado de origen ígneo TMN de N° 4.

Peso inicial Seco	500	gr
-------------------	-----	----

Malla	Abertura (Pulg.)	Peso retenido acumulado	Peso retenido acumulado corregido	%Retenido Acumulado	% que pasa	límite superior	límite inferior
3/8"	0.375	5.11	5.11	1.02	98.98	100.00	100.00
N°4	0.187	157.29	157.29	31.46	68.54	100.00	95.00
N°8	0.094	295.88	295.88	59.18	40.82	100.00	80.00
N°16	0.047	378.45	378.45	75.69	24.31	85.00	50.00
N°30	0.023	435.12	435.12	87.02	12.98	60.00	25.00
N°50	0.012	473.29	473.29	94.66	5.34	30.00	10.00
N°100	0.006	496.94	496.94	99.39	0.61	10.00	2.00
N°200	0.003	498.55	498.55	99.71	0.29	2.00	0.00
Fondo		499.24	500.00	100.00	0.00		

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \frac{\text{peso retenido acumulado corregido}}{\text{peso retenido acumulado total}} \times 100$$

$$\% \text{ que pasa} = \% \text{ que pasa}_{a-1} - (\% \text{ retenido acumulado}_a - \% \text{ retenido acumulado}_{a-1})$$



Anexo 5: Análisis Granulométrico por tamizado Caucho Granulado.

	<p>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>	
<p>ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NTP.400.012.2013</p>		
<p>TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"</p>		

Material : Caucho Granulado

Observaciones:

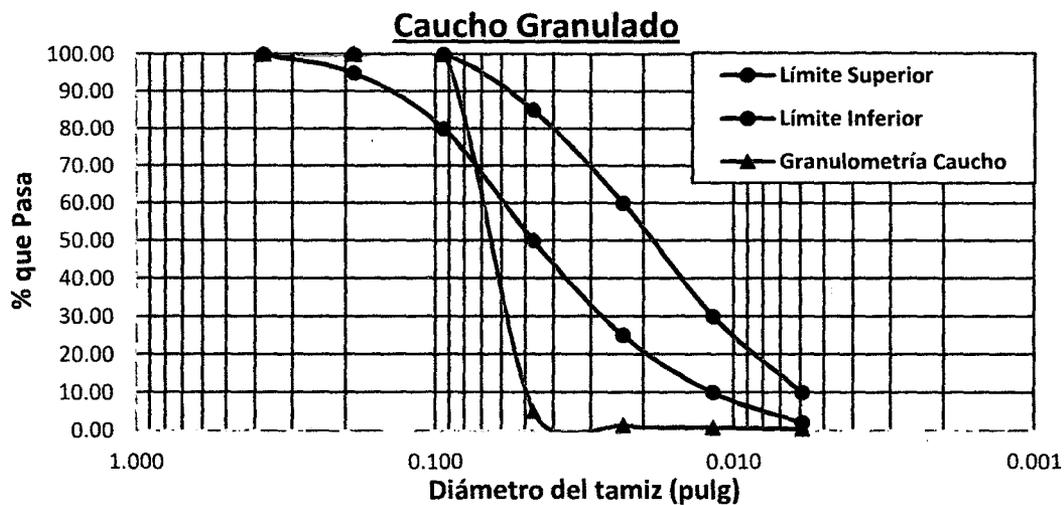
Procedencia : Neumáticos en desuso

Agregado de TMN N°16

Malla	Abertura (Pulg.)	Peso retenido acumulado	Peso retenido acumulado corregido	%Retenido Acumulado	% que pasa	límite superior	límite inferior
3/8"	0.375	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N°4	0.187	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	95.00
N°8	0.094	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	80.00
N°16	0.047	189.93	189.93	94.97	5.04	85.00	50.00
N°30	0.023	197.53	197.53	98.77	1.24	60.00	25.00
N°50	0.012	198.61	198.61	99.31	0.69	30.00	10.00
N°100	0.006	199.16	199.16	99.58	0.42	10.00	2.00
N°200	0.003	199.98	199.98	99.99	0.01		
Fondo		200.08	200.00	100.00	0.00		

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \frac{\text{peso retenido acumulado corregido}}{\text{peso retenido acumulado total}} \times 100$$

$$\% \text{ que pasa} = \% \text{ que pasa}_{n-1} - (\% \text{ retenido acumulado}_n - \% \text{ retenido acumulado}_{n-1})$$



Anexo 6: Determinación del peso Unitario NTP 400.017 Agregado Grueso Zurite-Anta

	<p>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>	
<p>ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO NTP.400.017.</p> <p>TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"</p>		

Material :	Piedra Chancada de 3/4"(Agregado Grueso)	Observaciones:	
Cantera :	Zurite		Agregado de origen ígneo de color gris verdoso TMN de 1/2".
Ubicación:	Zurite - Anta		

A) PESO UNITARIO SUELTO Y PORCENTAJE DE VACÍOS

	CANTIDAD			Unidad
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso Recipiente (T):	8.034	8.034	8.034	kg
Peso Muestra Suelta + Recipiente (G):	12.500	12.550	12.500	kg
Peso Muestra Suelta (G-T):	4.466	4.516	4.466	kg
Absorción (%):	2.010	2.010	2.010	%
Volumen del Recipiente (V):	0.00292	0.00292	0.00292	m ³
Peso Específico de Masa (S)	2 716	2 716	2 716	kg/m ³
Peso Específico del Agua (W):	995.69	995.69	995.69	kg/m ³

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	PROMEDIO	Unidad
Peso Unitario Suelto Del Agregado Grueso (M)	1529.45	1546.58	1529.45	1535.27	kg/m ³
Peso Unitario Suelto Del Agregado Grueso en condición sss (M_{sss})	1560.19	1577.66	1560.19	1566.13	kg/m ³
% de Vacíos	43.44	42.81	43.44	43.23	%

B) PESO UNITARIO COMPACTADO Y PORCENTAJE DE VACÍOS

	CANTIDAD			Unidad
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso Recipiente (T):	8.034	8.034	8.034	kg
Peso Muestra Compactada + Recipiente (G):	13.085	13.119	13.183	kg
Peso Muestra Compactada (G-T):	5.051	5.085	5.149	kg
Absorción (%):	2.010	2.010	2.010	%
Volumen del Recipiente (V):	0.00292	0.00292	0.00292	m ³
Peso Específico de Masa (S)	2 716	2 716	2 716	kg/m ³
Peso Específico del Agua (W):	995.69	995.69	995.69	kg/m ³

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	PROMEDIO	Unidad
Peso Unitario Compactado Del Agregado Grueso (M)	1729.79	1741.44	1763.36	1744.86	kg/m ³
Peso Unitario Compactado Del Agregado Grueso en condición sss (M_{sss})	1764.56	1776.44	1798.80	1779.93	kg/m ³
% de Vacíos	36.04	35.60	34.79	35.48	%

$$M = \frac{G - T}{V}$$

$$M_{SSS} = M \left[1 + \frac{A}{100} \right]$$

$$\% \text{ Vacios} = 100 \left[\frac{(S \times W) - M}{(S \times W)} \right]$$

Anexo 7: Determinación del peso Unitario NTP 400.017 Agregado Fino Zurite-Anta

	<p>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>	
<p>ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO NTP.400.017.</p> <p>TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"</p>		

Material :	Piedra Chancada de 3/8" (Agregado Fino)	Observaciones:	Agregado de origen ígneo de color gris verdoso TMN de N°4".
Cantera :	Zurite		
Ubicación:	Zurite - Anta		

A) PESO UNITARIO SUELTO Y PORCENTAJE DE VACÍOS

	CANTIDAD			Unidad
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso Recipiente (T):	5.326	5.326	5.326	kg
Peso Muestra Suelta + Recipiente (G):	7.454	7.442	7.453	kg
Peso Muestra Suelta (G-T):	2.128	2.116	2.127	kg
Absorción (%):	6.230	6.230	6.230	%
Volumen del Recipiente (V):	0.00131	0.00131	0.00131	m3
Peso Específico de Masa (S)	2 414	2 414	2 414	kg/m3
Peso Específico del Agua (W):	995.69	995.69	995.69	kg/m3

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	PROMEDIO	Unidad
Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino (M)	1624.43	1615.27	1623.66	1623.66	kg/m3
Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino en condición sss (M_{sss})	1725.63	1715.90	1724.82	1724.81	kg/m3
% de Vacíos	32.42	32.80	32.45	32.45	%

A) PESO UNITARIO COMPACTADO Y PORCENTAJE DE VACÍOS

	CANTIDAD			Unidad
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso Recipiente (T):	5.326	5.326	5.326	kg
Peso Muestra Compactada + Recipiente (G):	7.796	7.758	7.814	kg
Peso Muestra Compactada(G-T):	2.470	2.432	2.488	kg
Absorción (%):	6.230	6.230	6.230	%
Volumen del Recipiente (V):	0.00131	0.00131	0.00131	m3
Peso Específico de Masa (S)	2 414	2 414	2 414	Kg/m3
Peso Específico del Agua (W):	995.69	995.69	995.69	kg/m3

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	PROMEDIO	Unidad
Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino (M)	1885.50	1856.49	1899.24	1880.15	kg/m3
Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino en condición sss (M_{sss})	2002.96	1972.15	2017.56	1997.28	kg/m3
% de Vacíos	21.56	22.76	20.98	21.78	%

$$M = \frac{G - T}{V}$$

$$M_{SSS} = M \left[1 + \frac{A}{100} \right]$$

$$\% \text{ Vacios} = 100 \left[\frac{(S \times W) - M}{(S \times W)} \right]$$

Anexo 8: Determinación del peso Unitario NTP 400.017 Caucho Granulado.

	<p>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>	
<p>ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO NTP.400.017.</p> <p>TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"</p>		

Material : Caucho Granulado

Observaciones:

Procedencia : Neumáticos en desuso

Agregado de TMN N°16

A) PESO UNITARIO SUELTO Y PORCENTAJE DE VACÍOS

	CANTIDAD			Unidad
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso Recipiente (T):	6.526	6.526	6.526	kg
Peso Muestra Suelta + Recipiente (G):	7.536	7.520	7.524	kg
Peso Muestra Suelta (G-T):	1.010	0.994	0.998	kg
Absorción (%):	0.000	0.000	0.000	%
Volumen del Recipiente (V):	0.00292	0.00292	0.00292	m3
Peso Específico de Masa (S)	1150.00	11150.00	1150.00	kg/m3
Peso Específico del Agua (W):	995.69	995.69	995.69	kg/m3

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	PROMEDIO	Unidad
Peso Unitario Suelto Del Caucho (M)	345.89	340.41	341.78	342.81	kg/m3
Peso Unitario Suelto Del Caucho en condición sss (Msss)	345.89	340.41	341.78	342.81	kg/m3
% de Vacíos	69.79	70.27	70.15	70.06	%

B) PESO UNITARIO COMPACTADO Y PORCENTAJE DE VACÍOS

	CANTIDAD			Unidad
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	
Peso Recipiente (T):	6.526	6.526	6.526	kg
Peso Muestra Compactada + Recipiente (G):	7.696	7.684	7.678	kg
Peso Muestra Compactada (G-T):	1.170	1.158	1.152	kg
Absorción (%):	0.000	0.000	0.000	%
Volumen del Recipiente (V):	0.00292	0.00292	0.00292	m3
Peso Específico de Masa (S)	1150.00	11150.00	1150.00	kg/m3
Peso Específico del Agua (W):	995.69	995.69	995.69	kg/m3

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	PROMEDIO	Unidad
Peso Unitario Compactado Del Caucho (M)	400.68	396.58	394.52	398.29	kg/m3
Peso Unitario Compactado Del Caucho en condición sss (Msss)	400.68	396.58	394.52	398.29	kg/m3
% de Vacíos	65.01	65.37	65.55	65.22	%

$$M = \frac{G - T}{V}$$

$$M_{sss} = M \left[1 + \frac{A}{100} \right]$$

$$\% \text{ Vacios} = 100 \left[\frac{(S \times W) - M}{(S \times W)} \right]$$

Anexo 9: Determinación del Peso Específico NTP 400.022 Agregado Grueso Cantera Zurite - Anta

	<p>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p> <p>ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO NTP.400.022.</p> <p>TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"</p>	
---	---	---

Material : Piedra Chancada de 3/4" (Agregado Grueso)

Cantera : Zurite

Ubicación: Zurite - Anta

Observaciones:

Agregado de origen ígneo de color gris verdoso TMN de 1/2".

	CANTIDAD	Unidad
Peso Muestra Secada al Horno (Wo):	980.34	gr
Volumen del Frasco (V):	2281.30	cm ³
Volumen de Agua (Va):	1913.07	cm ³
Peso del Agregado Grueso Saturado Seco (Wsss):	1000.00	gr

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad
Peso Específico de Masa del Agregado Fino (Pem)	2.662	gr/cm ³
Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca del Agregado Grueso (PeSSS)	2.716	gr/cm ³
Peso Específico Aparente del Agregado Grueso (Pea)	2.812	gr/cm ³
Absorción (Ab)	2.010	%

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

$$P_{eSSS} = \frac{200}{V - V_a}$$

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (200 - W_o)}$$

$$A_b = \frac{200 - W_o}{W_o} \times 100$$

Anexo 10: Determinación del Peso Específico NTP 400.022 Agregado Grueso Cantera Zurite - Anta

	<p>FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>	
<p>ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECIFICO NTP.400.022.</p> <p>TESIS: "BLOQUES HUECOS DE CONCRETO CON MATERIAL RECICLABLE DE CAUCHO PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN"</p>		

<p>Material : Piedra Chancada de 3/8"(Agregado Fino)</p> <p>Cantera : Zurite</p> <p>Ubicación: Zurite - Anta</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Agregado de origen ígneo de color gris verdoso TMN de N°4".</p>
---	---

	CANTIDAD	Unidad
Peso Muestra Secada al Horno (Wo):	188.27	gr
Volumen del Frasco (V):	863.14	cm3
Volumen de Agua (Va):	785.14	cm3
Peso del Agregado Grueso Saturado Seco (Wsss):	200.00	gr

DESCRIPCIÓN	Ensayo 1	Unidad
Peso Específico de Masa del Agregado Fino (Pem)	2.414	gr/cm3
Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca del Agregado Fino (PeSSS)	2.564	gr/cm3
Peso Específico Aparente del Agregado Fino (Pea)	2.841	gr/cm3
Absorción (Ab)	6.230	%

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)}$$

$$P_{eSSS} = \frac{200}{V - V_a}$$

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (200 - W_o)}$$

$$A_b = \frac{200 - W_o}{W_o} \times 100$$

Anexo 11: Diseño de mezcla Método ACI.

Características de los materiales.

Cemento

Marca y Tipo
Densidad relativa

YURA IP
2820 kg/m ³

Agua

Agua potable de la red pública de San Jerónimo - Cusco
Peso específico

995.92 kg/m ³

Agregados:

Cantera

Fino Zurite Grueso Zurite
agregado anguloso

Peso unitario suelta (kg/m³)
Peso unitario compactado (kg/m³)
Peso específico seco (kg/m³)
Modulo de fineza
Tamaño Máximo
TMN

	Fino Zurite	Grueso Zurite
Peso unitario suelta (kg/m ³)	1623.66	1540.04
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1880.15	1744.86
Peso específico seco (kg/m ³)	2414	2662
Modulo de fineza	2.77	5.9
Tamaño Máximo	-	3/4"
TMN	-	1/2"
Porcentaje de Absorción	6.23%	2.01%
Contenido de humedad	3.33%	1.00%

Porcentaje de Absorción

Contenido de humedad

Características del concreto:

Resistencia a compresión del proyecto de Investigación (f'_c)

40 kg/cm ²
1 "
20 kg/cm ²

Asentamiento

Desviación Estandar (s)

CALCULO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION (f_{cr}):

Desviación Estandar (s): 20
Resistencia a la Compresión (f_{cr}) = f'_c + 1.34 s(1)
Resistencia a la Compresión (f_{cr}) = f'_c + 2.33 s -35(2)

elegimos el 66.8
mayor 51.6

Resistencia a la Compresión:	66.8 kg/cm ²
------------------------------	-------------------------

CALCULO DEL ASENTAMIENTO:

tabla 3.1. Consistencia y Asentamientos

Consistencia	Asentamiento
seca	0" a 2"
plástica	3" a 4"
fluida	>=5"

asentamiento:	0" a 2"
Consistencia:	seca

0" a 2" agregado anguloso

ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE:

Tabla 5.1. Requerimiento aproximado de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregados.

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO						
0" a 2"	205	200	185	180	160	155
3" a 4"	225	215	200	195	175	170
6" a 7"	240	230	210	205	185	180
cant. Aprox. Aire atrapado(%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5

Sin aire incorporado	
volumen de agua:	185.00 lt/m ³
peso específico agua:	995.92 kg/m ³
volumen de agua:	0.19 m ³
cant. Aprox. Aire atrapado:	2.00 %

tabla 5.2. contenido de agua de mezcla.

tamaño máximo nominal del agregado grueso	contenido de agua en el concreto, expresado en lt/m3 para los asentamientos y perfiles del agregado grueso indicado.			
	0" a 2" agregado redondeado	0" a 2" agregado anguloso	3" a 4" agregado redondeado	3" a 4" agregado anguloso
3/8"	185	212	201	227
1/2"	182	201	197	216
3/4"	170	189	185	204
1"	163	182	178	197
1 1/2"	155	170	170	185
2"	148	163	163	178

agua:	201.00 lt/m3
peso específico agua:	995.92 kg/m3
volumen de agua:	0.20 m3

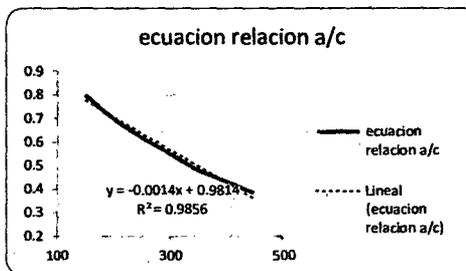
VOLUMEN DE AGUA PARA EL MEZCLADO	0.20 m3
AIRE INCORPORADO	2.00 %

ELECCION DE LA RELACION AGUA/CEMENTO (a/c):

Por resistencia:

tabla 6.1: interpolamos

f'cr (kg/cm2)	relacion a/c de diseño en peso	
	sin aire incorp.	con aire incorp.
450	0.38	
400	0.43	
350	0.48	
300	0.55	
250	0.62	
200	0.7	
150	0.8	
66.8	0.89	



RELACION a/c	0.89
--------------	------

CALCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO:

CONTENIDO DE CEMENTO:	226.382 kg/m3	5.327 bolsas/m3
VOLUMEN DE CEMENTO:	0.080 m3	

CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO (b):

tabla 7.1. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	Volumen del agregado grueso, seco y compactado(*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del			
	MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72

(*) Los volúmenes del agregado grueso mostrados, están en condición seca y compactado, tal como se describe en la norma ASTM C29.

bo (PU seco y compactado A.G.): 1744.86 kg/m3

b/bo:	0.623
CONT. DE AGREG. GRUESO (b):	1087.048 kg/m3

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO Y FINO: POR M3

peso seco A.G. 1087.048 kg/m3
 peso específico A.G. 2662 kg/m3

Volumen de A.G.(m3)	0.408 m3
volumen del AGUA	0.202 m3
volumen del AIRE	0.020 m3
volumen del CEMENTO	0.080 m3
volumen del A.F.	0.290 m3
comprobando	1 m3

POR m3:

A.G.	1087.048 kg.
AGUA	201.000 lt.
AIRE	-
CEMENTO	226.382 kg.
A.F.	698.954 kg.
TOTAL	2213.383 kg.

PROPORCIONES EN PESO:

C	AF	AG	A
1.00	3.09	4.80	0.89

PESO DE LOS AGREGADOS HUMEDOS:

peso A.G. humedo 1108.789 kg
 peso A.F. humedo 722.229 kg

AJUSTE POR HUMEDAD Y ABSORCION:

	HUMEDAD	%ABSORCION	AGUA DEL AGREGADO
AGREGADO GRUESO	2.00%	2.01%	0.109
AGREGADO FINO	3.33%	6.23%	20.270
			20.378

AGUA EFECTIVA	180.622 lt
---------------	------------

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO Y FINO: POR M3 "CORREGIDO"

Volumen de A.G.(m3)	0.417 m3
volumen del AGUA	0.181 m3
volumen del AIRE	0.02 m3
volumen del cemento	0.080 m3
volumen del A.F.	0.302 m3
comprobando	1 m3

A.G.	1108.789 kg.
AGUA	180.622 lt.
aire	-
cemento	226.382 kg.
peso A.F.	722.229 kg.
	2238.021 kg.

PROPORCIONES EN PESO:

C	AF	AG	A
1.00	3.19	4.90	0.80

8.09

PROPORCIONES EN VOLUMEN SUELTO:

P. U. SUELTO DEL CEMENTO 1500 kg/cm2
 P. U. SUELTO DEL A.F. 1623.66 kg/cm2
 P. U. SUELTO DEL A.G. 1540.04 kg/cm2

VOLUMEN EN ESTADO

CEMENTO	0.151 m3
A.F.	0.445 m3
A.G.	0.720 m3
AGUA	0.181 m3

PROPORCIONES EN VOLUMEN:

C	AF	AG	A
1.00	2.95	4.77	1.20

Anexo 12: Ficha de recolección de datos para el ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6

FICHAS DISEÑO D-1(0% caucho)

NTP.339.034. HORMIGÓN (CONCRETO): "Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas"

TESISTA: Issel Suarez Jimenez Edgar A. Mujica Nuñez		Fecha de moldeo: 05/08/2015	Hoja N° 1
		Lugar: Lab. Mecánica de Suelos- UNSAAC	
		Edad:	7 días
Relacion a/c:	0.89	Resistencia a alcanzar:	40 kg/cm ²
% de agregado fino:	100%	% de agregado grueso:	100%
% de caucho triturado:	0%	Módulo de finura de la arena:	2.77

Testigo N°:	D1-01-07		
Peso del cilindro (kg):	4.000	Altura (cm):	20.20
Diametro Superior (cm):	10.10	Resistencia Alcanzada:	31.05 kg/cm ²
Diametro Inferior (cm):	10.05	% de Resistencia Alcanzada:	77.61 %

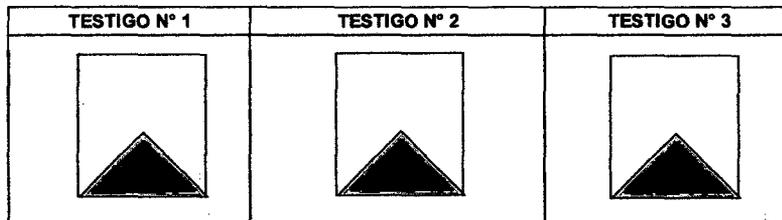
Testigo N°:	D1-02-07		
Peso del cilindro (kg):	3.984	Altura (cm):	20.10
Diametro Superior (cm):	10.10	Resistencia Alcanzada:	33.37 kg/cm ²
Diametro Inferior (cm):	10.20	% de Resistencia Alcanzada:	83.42 %

Testigo N°:	D1-03-07		
Peso del cilindro (kg):	3.988	Altura (cm):	20.00
Diametro Superior (cm):	10.10	Resistencia Alcanzada:	41.33 kg/cm ²
Diametro Inferior (cm):	10.10	% de Resistencia Alcanzada:	77.23 %

Promedio de Resistencias:	35.25	kg/cm ²
----------------------------------	-------	--------------------

Observaciones:	El testigo N°1 resiste una carga de 2475 kg , el testigo N° 2 resiste una carga de 2700 kg y el testigo N° 3 resiste una carga de 2475 kg.Las tres cumplen con más del 70 % de la resistencia final.
-----------------------	--

Tipo de Ruptura de los Testigos:



Resumen de datos del ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de concreto – caucho D-1

DISEÑO 1 - 0% caucho												
EDAD	N°	Peso (kg)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Diámetro promedio (cm)	Área en (cm ²)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)
7	1	4.000	10.10	10.05	20.20	5500	10.075	79.723	2475.00	31.05	77.61	2483.86
7	2	3.984	10.10	10.20	20.10	6000	10.150	80.914	2700.00	33.37	83.42	2449.63
7	3	3.988	10.10	10.10	20.00	5500	10.100	80.119	2475.00	30.89	77.23	2488.81
14	4	3.956	10.00	10.05	20.10	7250	10.025	78.933	3262.50	41.33	103.33	2493.45
14	5	3.982	10.10	10.10	20.10	7250	10.100	80.119	3262.50	40.72	101.80	2472.70
14	6	3.950	10.00	10.20	20.10	7750	10.100	80.119	3487.50	43.53	108.82	2452.83
28	7	3.958	10.00	10.00	20.10	8750	10.000	78.540	3937.50	50.13	125.33	2507.20
28	8	3.938	10.20	10.10	20.00	8500	10.150	80.914	3825.00	47.27	118.18	2433.45
28	9	3.954	10.05	10.05	20.00	8500	10.050	79.327	3825.00	48.22	120.54	2492.20

Anexo 13 Resumen de datos del ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho D-2, D-3.

DISEÑO 2 - 5% caucho												
EDAD	N°	Peso (kg)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Diámetro promedio (cm)	Área en (cm²)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm²)	%	Peso Unitario (kg/m³)
7	1	3.848	10.10	10.05	20.10	4750	10.075	79.72	2137.50	26.81	67.03	2401.36
7	2	3.834	10.10	10.15	20.05	5250	10.125	80.52	2362.50	29.34	73.36	2374.96
7	3	3.842	10.10	10.05	20.30	4750	10.075	79.72	2137.50	26.81	67.03	2374.00
14	4	3.820	10	10.1	20.10	7000	10.05	79.33	3150.00	39.71	99.27	2395.77
14	5	3.805	10.15	10.1	20.05	7250	10.125	80.52	3262.50	40.52	101.30	2357.00
14	6	3.815	10.1	10.15	20.10	7250	10.125	80.52	3262.50	40.52	101.30	2357.31
28	7	3.840	10	10.1	20.05	7500	10.05	79.33	3375.00	42.55	106.36	2414.31
28	8	3.815	10.05	10.15	20.05	8000	10.1	80.12	3600.00	44.93	112.33	2374.91
28	9	3.865	10.1	10.1	20.15	7500	10.1	80.12	3375.00	42.13	105.31	2394.09

DISEÑO 3 - 10% caucho												
EDAD	N°	Peso (kg)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Diámetro promedio (cm)	Área en (cm²)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm²)	%	Peso Unitario (kg/m³)
7	1	3.697	10.10	10.05	20.20	5000	10.075	79.72	2250.00	28.22	70.56	2295.71
7	2	3.689	10.00	10.05	20.00	5000	10.025	78.93	2250.00	28.51	71.26	2336.79
7	3	3.721	10.20	10.13	20.30	4750	10.165	81.15	2137.50	26.34	65.85	2258.70
14	4	3.697	10.05	10.05	20.10	6750	10.05	79.33	3037.50	38.29	95.73	2318.62
14	5	3.689	10.1	10.15	20.05	7500	10.125	80.52	3375.00	41.92	104.79	2285.14
14	6	3.721	10.1	10	20.10	7500	10.05	79.33	3375.00	42.55	106.36	2333.68
28	7	3.654	10.1	10.05	20.05	8000	10.075	79.72	3600.00	45.16	112.89	2285.98
28	8	3.612	10.1	10	20.10	7500	10.05	79.33	3375.00	42.55	106.36	2265.32
28	9	3.638	10.1	10.05	20.10	7750	10.075	79.72	3487.50	43.75	109.36	2270.31

Anexo 14 Resumen de datos del ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho, D-4, D-5.

DISEÑO 4 - 15 % caucho												
EDAD	N°	Peso (kg)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Diámetro promedio (cm)	Área en (cm ²)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)
7	1	3.598	10.00	10.05	20.05	4250	10.03	78.93	1912.50	24.23	60.57	2273.46
7	2	3.618	10.10	10.10	20.10	4500	10.10	80.12	2025.00	25.28	63.19	2246.67
7	3	3.616	10.15	10.10	20.10	4500	10.13	80.52	2025.00	25.15	62.88	2234.35
14	4	3.556	10	10.05	20.00	6000	10.03	78.93	2700.00	34.21	85.52	2252.54
14	5	3.612	10	10	21.10	5500	10.00	78.54	2475.00	31.51	78.78	2179.59
14	6	3.626	10.15	10.2	20.10	5750	10.18	81.31	2587.50	31.82	79.55	2218.56
28	7	3.614	10.05	10	20.10	7000	10.03	78.93	3150.00	39.91	99.77	2277.89
28	8	3.588	10.2	10.2	20.00	7500	10.20	81.71	3375.00	41.30	103.26	2195.49
28	9	3.608	10.5	10.1	20.15	7750	10.30	83.32	3487.50	41.86	104.64	2148.95

DISEÑO 5 - 20 % caucho												
EDAD	N°	Peso (kg)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Diámetro promedio (cm)	Área en (cm ²)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)
7	1	3.566	10.00	10.05	20.10	3500	10.03	78.93	1575.00	19.95	49.88	2247.63
7	2	3.542	10.10	10.00	20.00	3000	10.05	79.33	1350.00	17.02	42.55	2232.52
7	3	3.552	10.15	10.10	20.00	3000	10.13	80.52	1350.00	16.77	41.92	2205.78
14	4	3.554	10.05	10.05	20.00	4750	10.05	79.33	2137.50	26.95	67.36	2240.08
14	5	3.576	10.15	10.1	20.15	4500	10.13	80.52	2025.00	25.15	62.88	2204.15
14	6	3.556	10	10	20.10	4750	10.00	78.54	2137.50	27.22	68.04	2252.55
28	7	3.578	10.1	10.15	20.10	7250	10.13	80.52	3262.50	40.52	101.30	2210.87
28	8	3.560	10.2	10.1	20.05	7500	10.15	80.91	3375.00	41.71	104.28	2194.38
28	9	3.546	10.15	10.2	20.05	7500	10.18	81.31	3375.00	41.51	103.77	2175.03

Anexo 15 Resumen de datos del ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de Concreto – Caucho, D-6.

DISEÑO 6 - 25% caucho												
EDAD	N°	Peso (kg)	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Diámetro promedio (cm)	Área en (cm ²)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)
7	1	3.482	10.00	10	20.00	2250	10.00	78.54	1012.50	12.89	32.23	2216.70
7	2	3.498	10.10	10.15	20.15	2250	10.13	80.52	1012.50	12.58	31.44	2156.07
7	3	3.488	10.15	10.10	20.00	2000	10.13	80.52	900.00	11.18	27.94	2166.04
14	4	3.465	10.05	10.05	20.05	3000	10.05	79.33	1350.00	17.02	42.55	2178.54
14	5	3.502	10.15	10.1	20.15	3500	10.13	80.52	1575.00	19.56	48.90	2158.54
14	6	3.510	10	10	20.15	4000	10.00	78.54	1800.00	22.92	57.30	2217.90
28	7	3.514	10.15	10.15	20.10	4250	10.15	80.91	1912.50	23.64	59.09	2160.64
28	8	3.498	10.1	10.2	20.05	4250	10.15	80.91	1912.50	23.64	59.09	2156.17
28	9	3.502	10.15	10.2	20.05	4750	10.18	81.31	2137.50	26.29	65.72	2148.04

Anexo 16 Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto-Caucho del diseño D-1 (0% caucho) para su análisis estadístico.

Relación a/c:		0.89		Fecha de Moldeo:		10/08/2015			
% Agregado Grueso:		100%		Fecha de Ensayo:		07/09/2015		Edad: 28 días	
% Agregado Fino:		100%		Resistencia a Alcanzar:		40 kg/cm2			
% Caucho:		0%		Módulo de Finura del A.F.:		2.77			
N°	Peso (kg)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Area en (cm2)	Resistencia (kg/cm2)	%	Peso Unitario (kg/m3)	% De Vacíos del concreto
1	4.015	10.125	20.15	8500	80.52	47.51	118.77	2474.74	0.98
2	4.050	10.075	20.05	8750	79.72	49.39	123.48	2533.73	0.97
3	3.996	10.100	20.30	7500	80.12	42.13	105.31	2456.95	0.99
4	4.050	10.075	20.10	8250	79.72	46.57	116.42	2527.42	0.97
5	4.048	10.100	20.20	7750	80.12	43.53	108.82	2501.24	0.98
6	3.998	10.075	20.00	9750	79.72	55.03	137.59	2507.45	0.97
7	4.054	10.050	20.10	8500	79.33	48.22	120.54	2542.52	0.97
8	3.992	10.125	20.15	9750	80.52	54.49	136.23	2460.56	0.98
9	4.018	10.175	20.05	8500	81.31	47.04	117.60	2464.56	0.99
10	4.125	10.175	20.15	8250	81.31	45.66	114.14	2517.61	0.99
11	4.107	10.125	20.10	8750	80.52	48.90	122.26	2537.75	0.98
12	4.110	10.100	20.00	9500	80.12	53.36	133.40	2564.95	0.97
13	4.155	10.050	20.05	8500	79.33	48.22	120.54	2612.25	0.97
14	4.038	10.100	20.10	9750	80.12	54.76	136.91	2507.48	0.98
15	4.015	10.075	20.00	8250	79.72	46.57	116.42	2518.11	0.97
16	4.120	10.150	20.05	8500	80.91	47.27	118.18	2539.57	0.98
17	4.025	10.100	20.10	8250	80.12	46.34	115.84	2499.40	0.98
18	4.030	10.100	20.15	9500	80.12	53.36	133.40	2496.30	0.98
19	4.025	10.200	20.20	10000	81.71	55.07	137.68	2438.50	1
20	4.000	10.075	20.10	8750	79.72	49.39	123.48	2496.28	0.97
21	3.998	10.050	20.15	9250	79.33	52.47	131.18	2501.47	0.97
22	3.995	10.125	20.00	7500	80.52	41.92	104.79	2480.88	0.98
23	3.997	10.075	20.05	8250	79.72	46.57	116.42	2500.57	0.97
24	3.994	10.150	20.10	8500	80.91	47.27	118.18	2455.51	0.99
25	4.052	10.125	20.15	9500	80.52	53.10	132.74	2497.55	0.98
26	4.005	10.075	20.20	9750	79.72	55.03	137.59	2486.97	0.98
27	4.085	10.125	20.20	10250	80.52	57.29	143.22	2511.65	0.99
28	3.994	10.100	20.15	7500	80.12	42.13	105.31	2474.00	0.98
29	4.000	10.100	20.15	8750	80.12	49.15	122.86	2477.71	0.98
30	4.018	10.100	20.10	9500	80.12	53.36	133.40	2495.06	0.98
Promedio:						49.37	123.42	2502.62	0.98
Ss:						4.35			

Anexo 17 Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto-Caucho del diseño D-4 (15% caucho) para su análisis estadístico.

Relación a/c:		0.89		Fecha de Moldeo:		12/08/2015			
% Agregado Grueso:		100%		Fecha de Ensayo:		02/09/2015		Edad: 28 días	
% Agregado Fino:		80%		Resistencia a Alcanzar:		40 kg/cm ²			
% Caucho:		15%		Módulo de Finura del A.F.:		2.77			
N°	Peso (kg)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Área en (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/cm ³)	% De Vacíos del concreto
1	3.601	10.13	20.00	7500	80.52	41.92	104.79	2236.21	0.98
2	3.597	10.05	20.10	7500	79.33	42.55	106.36	2255.91	0.97
3	3.586	10.05	20.00	7750	79.33	43.96	109.91	2260.25	0.96
4	3.559	10.08	19.95	6250	79.72	35.28	88.20	2237.71	0.97
5	3.583	10.15	20.00	7000	80.91	38.93	97.33	2214.08	0.98
6	3.595	10.08	20.05	6750	79.72	38.10	95.25	2249.07	0.97
7	3.599	10.10	20.00	7750	80.12	43.53	108.82	2246.04	0.97
8	3.577	10.18	20.10	7500	81.31	41.51	103.77	2188.58	0.99
9	3.565	10.25	20.05	7250	82.52	39.54	98.84	2154.80	1
10	3.568	10.08	20.05	7750	79.72	43.75	109.36	2232.18	0.97
11	3.566	10.08	20.05	8500	79.72	47.98	119.95	2230.93	0.97
12	3.571	10.15	20.10	8250	80.91	45.88	114.71	2195.69	0.99
13	3.577	10.18	20.20	7750	81.31	42.89	107.22	2177.75	1
14	3.578	10.18	20.10	8750	81.31	48.42	121.06	2189.20	0.99
15	3.587	10.03	20.00	6500	78.93	37.06	92.64	2272.17	0.96
16	3.576	10.10	20.10	6500	80.12	36.51	91.27	2220.59	0.98
17	3.597	10.05	20.05	8250	79.33	46.80	117.00	2261.53	0.97
18	3.579	10.05	20.10	7250	79.33	41.13	102.82	2244.62	0.97
19	3.587	10.10	20.10	7500	80.12	42.13	105.31	2227.42	0.98
20	3.605	10.15	20.00	9000	80.91	50.05	125.13	2227.68	0.98
21	3.591	10.23	19.95	8250	82.11	45.21	113.03	2192.07	0.99
22	3.584	10.03	20.10	7250	78.93	41.33	103.33	2258.98	0.96
23	3.534	10.15	20.05	8500	80.91	47.27	118.18	2178.36	0.98
24	3.578	10.18	20.10	7500	81.31	41.51	103.77	2189.20	0.99
25	3.598	10.08	20.05	7750	79.72	43.75	109.36	2250.95	0.97
26	3.595	10.18	20.00	8250	81.31	45.66	114.14	2210.59	0.99
27	3.609	10.25	20.00	7750	82.52	42.26	105.66	2186.85	1
28	3.598	10.03	19.90	9000	78.93	51.31	128.27	2290.60	0.95
29	3.607	10.18	20.00	7500	81.31	41.51	103.77	2217.97	0.99
30	3.595	10.05	20.05	6750	79.33	38.29	95.73	2260.28	0.97
Promedio:						42.87	107.17	2225.28	0.98
Ss:						3.96			

Anexo 18 Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto-Caucho del diseño D-5 (20% caucho) para su análisis estadístico.

Relación a/c:		0.89		Fecha de Moldeo:		12/08/2015			
% Agregado Grueso:		100%		Fecha de Ensayo:		02/09/2015		Edad: 28 días	
% Agregado Fino:		80%		Resistencia a Alcanzar:		40 kg/cm2			
% Caucho:		20%		Módulo de Finura del A.F.:		2.77			
N°	Peso (kg)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Área en (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario (kg/m ³)	% de Vacíos del concreto
1	3.578	10.125	20.00	5750	80.52	32.14	80.34	2221.92	0.98
2	3.562	10.05	20.10	5500	79.33	31.20	78.00	2233.96	0.97
3	3.546	10.05	20.25	4750	79.33	26.95	67.36	2207.45	0.98
4	3.550	10.075	20.15	6250	79.72	35.28	88.20	2209.90	0.98
5	3.582	10.15	20.00	5000	80.91	27.81	69.52	2213.46	0.98
6	3.580	10.075	20.15	6750	79.72	38.10	95.25	2228.57	0.98
7	3.564	10.1	20.00	7250	80.12	40.72	101.80	2224.20	0.97
8	3.570	10.175	20.15	7000	81.31	38.74	96.85	2178.88	0.99
9	3.561	10.25	20.05	6500	82.52	35.45	88.62	2152.38	1
10	3.556	10.075	20.25	6250	79.72	35.28	88.20	2202.70	0.98
11	3.546	10.075	20.10	5250	79.72	29.63	74.09	2212.90	0.97
12	3.576	10.15	20.10	6500	80.91	36.15	90.37	2198.76	0.99
13	3.536	10.175	20.20	6250	81.31	34.59	86.47	2152.79	1
14	3.548	10.175	20.10	6750	81.31	37.36	93.39	2170.84	0.99
15	3.560	10.025	20.20	6250	78.93	35.63	89.08	2232.74	0.97
16	3.576	10.1	20.10	6500	80.12	36.51	91.27	2220.59	0.98
17	3.545	10.05	20.05	5000	79.33	28.36	70.91	2228.84	0.97
18	3.561	10.05	20.10	6500	79.33	36.87	92.18	2233.33	0.97
19	3.567	10.1	20.10	5500	80.12	30.89	77.23	2215.00	0.98
20	3.574	10.15	20.20	4250	80.91	23.64	59.09	2186.65	0.99
21	3.582	10.225	20.10	6500	82.11	35.62	89.05	2170.26	1
22	3.541	10.025	20.10	6500	78.93	37.06	92.64	2231.88	0.96
23	3.538	10.15	20.05	6750	80.91	37.54	93.85	2180.82	0.98
24	3.566	10.175	20.30	5000	81.31	27.67	69.18	2160.36	1
25	3.572	10.075	20.10	5250	79.72	29.63	74.09	2229.12	0.97
26	3.545	10.175	20.10	4250	81.31	23.52	58.80	2169.00	0.99
27	3.539	10.25	20.20	5250	82.52	28.63	71.58	2123.20	1.01
28	3.588	10.025	20.15	4750	78.93	27.08	67.70	2255.89	0.97
29	3.574	10.175	20.10	6000	81.31	33.21	83.01	2186.75	0.99
30	3.565	10.05	20.10	5500	79.33	31.20	78.00	2235.84	0.97
Promedio:						32.75	81.87	2202.30	0.98
Ss:						4.63			

Anexo 19: Ensayo a compresión axial de treinta testigos cilíndricos de Concreto-Caucho del D-6 (25% caucho) para su análisis estadístico.

Relación a/c:		0.89		Fecha de Moldeo:		12/08/2015			
% Agregado Grueso:		100%		Fecha de Ensayo:		02/09/2015		Edad: 28 días	
% Agregado Fino:		75%		Resistencia a Alcanzar:		40 kg/cm2			
% Caucho:		25%		Módulo de Finura del A.F.:		2.77			
N°	Peso (kg)	Diámetro promedio (cm)	Altura (cm)	Resistencia (lb)	Area en (cm2)	Resistencia (kg/cm2)	%	Peso Unitario (kg/m3)	% de Vacíos del concreto
1	3.452	10	20.20	4250	78.54	24.35	60.88	2175.85	0.96
2	3.584	10.025	20.10	4500	78.93	25.65	64.14	2258.98	0.96
3	3.465	10.075	20.20	5000	79.72	28.22	70.56	2151.65	0.98
4	3.455	10.125	20.10	4250	80.52	23.75	59.38	2134.87	0.98
5	3.482	10.125	20.10	4750	80.52	26.55	66.37	2151.55	0.98
6	3.448	10.075	20.20	4500	79.72	25.40	63.50	2141.09	0.98
7	3.524	10.125	20.15	5250	80.52	29.34	73.36	2172.10	0.98
8	3.521	10.15	20.10	5000	80.91	27.81	69.52	2164.95	0.99
9	3.572	10.075	20.10	5000	79.72	28.22	70.56	2229.12	0.97
10	3.458	10.125	20.15	4250	80.52	23.75	59.38	2131.42	0.98
11	3.484	10.1	20.15	4500	80.12	25.28	63.19	2158.09	0.98
12	3.524	10.125	20.10	4250	80.52	23.75	59.38	2177.50	0.98
13	3.542	10.225	20.00	5000	82.11	27.40	68.50	2156.76	1
14	3.558	10.075	20.10	4500	79.72	25.40	63.50	2220.39	0.97
15	3.425	10.05	20.05	5250	79.33	29.78	74.45	2153.39	0.97
16	3.442	10.125	20.10	4750	80.52	26.55	66.37	2126.84	0.98
17	3.465	10.15	20.05	5000	80.91	27.81	69.52	2135.83	0.98
18	3.452	10.025	20.05	4250	78.93	24.23	60.57	2181.21	0.96
19	3.421	10.125	20.15	4250	80.52	23.75	59.38	2108.61	0.98
20	3.508	10.05	20.20	4500	79.33	25.53	63.82	2189.20	0.97
21	3.492	10.125	20.10	4250	80.52	23.75	59.38	2157.73	0.98
22	3.454	10.025	20.05	5000	78.93	28.51	71.26	2182.47	0.96
23	3.568	10.075	20.05	4500	79.72	25.40	63.50	2232.18	0.97
24	3.498	10.05	20.10	5000	79.33	28.36	70.91	2193.82	0.97
25	3.488	10.1	20.00	4750	80.12	26.68	66.70	2176.77	0.97
26	3.510	10.175	20.15	4750	81.31	26.29	65.72	2142.26	0.99
27	3.524	10.15	20.10	5000	80.91	27.81	69.52	2166.79	0.99
28	3.502	10.125	20.10	5250	80.52	29.34	73.36	2163.91	0.98
29	3.454	10.05	20.00	4750	79.33	26.95	67.36	2177.05	0.96
30	3.468	10.025	20.05	5000	78.93	28.51	71.26	2191.32	0.96
Promedio:						26.47	66.18	2170.12	0.98
Ss:						1.90			

Anexo 20 Ensayo de vigas de concreto- caucho para obtener el módulo de rigidez dinámico. D-1(0% caucho), D-4(15% caucho), D-5(20% caucho).

Diseño D-1 (0% caucho)

Deformación (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
0	0	0.000	0.000
0.42	0	0.000	0.000
0.42	1	0.018	11.049
0.44	1	0.018	10.547
0.44	3	0.054	31.640
0.45	3	0.054	30.937
0.45	5	0.090	51.562
0.46	5	0.090	50.441
0.46	6	0.107	60.529
0.5	6	0.107	55.687
0.5	7	0.125	64.968
0.68	7	0.125	47.771
0.69	9	0.161	60.529
0.7	9	0.161	59.665
0.7	11	0.197	72.923
0.71	11	0.197	71.896
0.72	18	0.322	116.015
0.73	18	0.322	114.425
0.73	29	0.519	184.352
0.74	29	0.519	181.861
0.74	45	0.806	282.198
0.75	46	0.824	284.622
0.75	62	1.110	383.621
0.76	63	1.128	384.680
0.76	83	1.486	506.800
0.77	84	1.504	506.245
0.77	97	1.737	584.593
0.78	98	1.755	583.048
0.78	119	2.131	707.986
0.79	120	2.149	704.899
0.79	142	2.543	834.130
0.8	143	2.561	829.504
0.8	182	3.259	1055.732
0.81	185	3.313	1059.886
0.81	220	3.939	1260.405
0.82	224	4.011	1267.671
0.82	262	4.691	1482.723

Deformación (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
0.83	295	5.282	1649.364
0.84	300	5.372	1657.351
0.84	318	5.694	1756.792
0.85	322	5.766	1757.962
0.85	331	5.927	1807.097
0.86	333	5.963	1796.877
0.86	343	6.142	1850.837
0.87	345	6.178	1840.231
0.87	369	6.607	1968.247
0.88	368	6.589	1940.607
0.88	382	6.840	2014.435
0.89	388	6.948	2023.085
0.89	393	7.037	2049.156
0.9	394	7.055	2031.544
0.9	422	7.556	2175.918
0.91	427	7.646	2177.504
0.91	444	7.950	2264.196
0.92	449	8.040	2264.806
0.92	467	8.362	2355.600
0.93	470	8.416	2345.241
0.93	491	8.792	2450.028
0.94	494	8.846	2438.774
0.94	513	9.186	2532.573
0.95	519	9.293	2535.223
0.95	532	9.526	2598.726
0.97	585	10.475	2798.702
0.97	618	11.066	2956.577
0.98	621	11.120	2940.614
0.98	651	11.657	3082.673
0.99	656	11.746	3074.972
0.99	673	12.051	3154.659
1	673	12.051	3123.112
1	756	13.537	3508.280
1.01	759	13.591	3487.329
1.01	763	13.662	3505.707
1.01	650	11.639	2986.513
1.02	644	11.532	2929.936
1.02	494	8.846	2247.498
1.03	490	8.774	2207.656
1.03	384	6.876	1730.081

Deformación (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
1.04	381	6.822	1700.060
1.04	309	5.533	1378.788
1.05	308	5.515	1361.237
1.05	265	4.745	1171.195
1.06	265	4.745	1160.146
1.06	233	4.172	1020.053
1.07	232	4.154	1006.182
1.07	205	3.671	889.084
1.08	205	3.671	880.851
1.08	185	3.313	794.915
1.09	185	3.313	787.622
1.09	166	2.972	706.731
1.1	166	2.972	700.306
1.1	152	2.722	641.244
1.11	152	2.722	635.467
1.11	142	2.543	593.660
1.12	142	2.543	588.360
1.12	133	2.382	551.069
1.13	132	2.364	542.086
1.13	122	2.185	501.019
1.14	122	2.185	496.624
1.14	112	2.005	455.917
1.15	112	2.005	451.952
1.15	104	1.862	419.670
1.16	104	1.862	416.052
1.16	97	1.737	388.049
1.17	97	1.737	384.732
1.17	89	1.594	353.002
1.18	88	1.576	346.077
1.18	83	1.486	326.414
1.19	83	1.486	323.671
1.19	77	1.379	300.273
1.2	77	1.379	297.771
1.2	76	1.361	293.904

Diseño D-4 (15% caucho)

Deformación (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
0	0	0.000	0.000
0.18	1	0.018	25.764
0.19	1	0.018	24.408
0.2	2	0.036	46.375
0.3	2	0.036	30.917
0.3	3	0.054	46.375
0.32	3	0.054	43.477
0.32	4	0.072	57.969
0.39	4	0.072	47.564
0.39	5	0.090	59.455
0.4	5	0.090	57.969
0.4	6	0.108	69.563
0.43	6	0.108	64.709
0.43	7	0.126	75.494
0.56	7	0.126	57.969
0.56	8	0.144	66.250
0.63	8	0.144	58.889
0.63	9	0.162	66.250
0.68	9	0.162	61.379
0.68	10	0.180	68.199
0.69	10	0.180	67.210
0.69	11	0.198	73.931
0.71	11	0.198	71.849
0.71	13	0.235	84.912
0.72	13	0.235	83.733
0.72	14	0.253	90.174
0.74	14	0.253	87.737
0.74	15	0.271	94.003
0.75	15	0.271	92.750
0.75	16	0.289	98.933
0.77	16	0.289	96.364
0.77	17	0.307	102.386
0.78	17	0.307	101.074
0.78	18	0.325	107.019
0.8	18	0.325	104.344
0.81	20	0.361	114.506
0.81	23	0.415	131.682
0.82	23	0.415	130.076
0.82	24	0.433	135.732
0.83	24	0.433	134.096
0.83	25	0.451	139.684

Deformación (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
0.84	26	0.469	143.542
0.84	27	0.487	149.063
0.85	27	0.487	147.309
0.85	28	0.505	152.765
0.86	28	0.505	150.988
0.87	29	0.523	154.583
0.87	31	0.559	165.244
0.88	31	0.559	163.367
0.88	35	0.631	184.446
0.88	35	0.631	184.446
0.89	35	0.631	182.374
0.89	37	0.668	192.795
0.89	40	0.722	208.427
0.9	40	0.722	206.111
0.9	45	0.812	231.875
0.91	45	0.812	229.327
0.91	51	0.920	259.904
0.92	52	0.938	262.120
0.92	63	1.137	317.568
0.93	64	1.155	319.140
0.93	81	1.461	403.912
0.94	82	1.479	404.548
0.94	106	1.912	522.953
0.95	107	1.930	522.329
0.95	135	2.436	659.014
0.96	136	2.454	656.980
0.96	170	3.067	821.225
0.97	172	3.103	822.320
0.97	211	3.807	1008.777
0.98	212	3.825	1003.215
0.98	255	4.601	1206.697
0.99	257	4.637	1203.877
0.99	300	5.412	1405.304
1	302	5.448	1400.526
1	350	6.314	1623.126
1.01	353	6.369	1620.831
1.01	404	7.289	1855.002
1.02	406	7.325	1845.908
1.02	464	8.371	2109.610
1.03	467	8.425	2102.635
1.03	528	9.526	2377.283
1.04	531	9.580	2367.802
1.04	571	10.302	2546.168

Deformación (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
1.04	578	10.428	2577.382
1.04	580	10.464	2586.300
1.04	579	10.446	2581.841
1.04	575	10.374	2564.005
1.05	573	10.338	2530.752
1.05	343	6.188	1514.918
1.06	339	6.116	1483.126
1.06	261	4.709	1141.876
1.07	260	4.691	1126.870
1.07	209	3.771	905.830
1.08	208	3.753	893.149
1.08	173	3.121	742.859
1.09	172	3.103	731.790
1.09	150	2.706	638.189
1.1	149	2.688	628.171
1.1	132	2.381	556.500
1.11	131	2.363	547.309
1.11	120	2.165	501.352
1.12	119	2.147	492.735
1.12	115	2.075	476.172

Diseño D-5 (20% caucho)

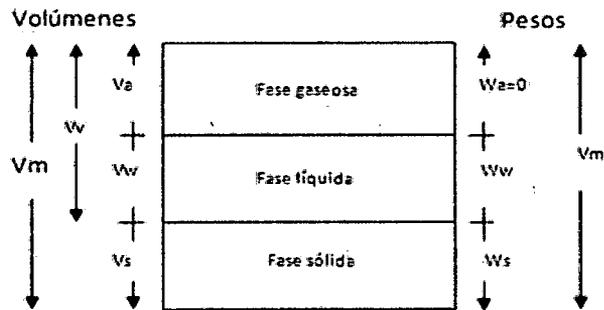
Deflexión (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
0.11	1	0.018	40.747
0.15	1	0.018	29.881
0.17	1	0.018	26.365
0.19	1	0.018	23.590
0.2	2	0.036	44.821
0.21	2	0.036	42.687
0.21	3	0.054	64.030
0.23	3	0.054	58.463
0.23	4	0.072	77.950
0.33	4	0.072	54.329
0.33	5	0.090	67.911
0.4	5	0.090	56.027
0.4	6	0.108	67.232
0.43	6	0.108	62.541
0.43	7	0.126	72.965
0.44	7	0.126	71.307
0.5	7	0.126	62.750
0.54	7	0.126	58.102
0.54	8	0.144	66.402
0.55	8	0.144	65.195
0.6	8	0.144	59.762
0.63	8	0.144	56.916
0.63	9	0.162	64.030
0.64	9	0.162	63.030
0.68	9	0.162	59.322
0.68	10	0.180	65.914
0.69	10	0.180	64.958
0.69	11	0.198	71.454
0.7	11	0.198	70.434
0.71	11	0.198	69.441
0.71	13	0.234	82.067
0.72	13	0.234	80.927
0.72	14	0.252	87.153
0.74	14	0.252	84.797
0.74	15	0.270	90.854
0.75	15	0.270	89.643
0.75	16	0.288	95.619
0.77	16	0.288	93.135
0.77	17	0.306	98.956
0.78	17	0.306	97.688
0.78	18	0.324	103.434

Deflexión (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
0.79	19	0.342	107.798
0.8	19	0.342	106.451
0.81	19	0.342	105.136
0.81	23	0.414	127.270
0.82	23	0.414	125.718
0.82	24	0.432	131.184
0.83	24	0.432	129.604
0.83	25	0.450	135.004
0.84	25	0.450	133.397
0.84	27	0.486	144.069
0.85	27	0.486	142.374
0.85	28	0.504	147.647
0.86	28	0.504	145.930
0.87	29	0.522	149.404
0.87	31	0.559	159.708
0.88	31	0.559	157.893
0.88	35	0.631	178.267
0.89	35	0.631	176.264
0.89	40	0.721	201.444
0.9	40	0.721	199.206
0.9	45	0.811	224.107
0.91	45	0.811	221.644
0.91	52	0.937	256.122
0.92	52	0.937	253.338
0.92	63	1.135	306.929
0.93	64	1.153	308.448
0.93	81	1.459	390.379
0.94	82	1.477	390.995
0.94	106	1.910	505.432
0.95	107	1.928	504.830
0.95	135	2.432	636.935
0.96	136	2.450	634.969
0.96	170	3.063	793.711
0.97	172	3.099	794.770
0.97	211	3.802	974.979
0.98	212	3.820	969.604
0.98	255	4.594	1166.269
0.99	257	4.630	1163.544
0.99	300	5.405	1358.222
1	302	5.441	1353.604
1	350	6.306	1568.746
1.01	353	6.360	1566.528
1.01	404	7.279	1792.853

Deflexión (mm)	Carga (kg)	σ (kg/cm ²)	Es corregido (kg/cm ²)
1.02	406	7.315	1784.065
1.02	464	8.360	2038.931
1.03	467	8.414	2032.190
1.03	528	9.513	2297.637
1.04	531	9.567	2288.474
1.04	542	9.765	2335.881
1.04	549	9.891	2366.049
1.04	552	9.945	2378.978
1.04	561	10.108	2417.766
1.04	571	10.288	2460.863
1.04	578	10.414	2491.031
1.04	580	10.450	2499.651
1.04	579	10.432	2495.341
1.04	575	10.360	2478.102
1.05	573	10.324	2445.964
1.05	343	6.180	1464.163
1.06	339	6.108	1433.437
1.06	261	4.702	1103.619
1.07	260	4.684	1089.116
1.07	209	3.766	875.482
1.08	208	3.748	863.226
1.08	173	3.117	717.971
1.09	172	3.099	707.272
1.09	150	2.703	616.807
1.1	149	2.685	607.125
1.11	120	2.162	484.555
1.12	120	2.162	480.229
1.12	115	2.072	460.219

Anexo 21: Relación de vacíos o índice de poros.

- $S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_0} = \frac{W_s}{V_s \gamma_0}$
- $e = \frac{V_v}{V_s}$
- $V_m = V_s + V_v$
- $V_v = V_m - V_s$
- $e = \frac{V_m - V_s}{V_s} = \frac{V_m}{V_s} - 1$
- $e = \frac{V_m \times S_s \times \gamma_0}{W_s} - 1$
- $n = \frac{e}{1+e}$

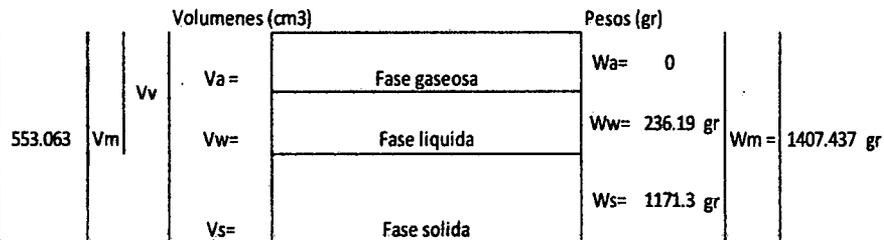


Donde:

- Vm: Volumen total de la muestra
- Vv: Volumen de los vacíos de la muestra
- Vs: Volumen de la fase sólida de la muestra
- Ws: Peso de la fase líquida contenida en la muestra
- e: Se denomina Relación de vacíos o índice de poros a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos
- S_s : peso específico relativo de la fase sólida
- γ_0 : Peso específico del agua destilada a 4 °C de temperatura y a la presión atmosférica correspondiente al nivel del mar. En sistemas derivados del métrico, es igual a 1.

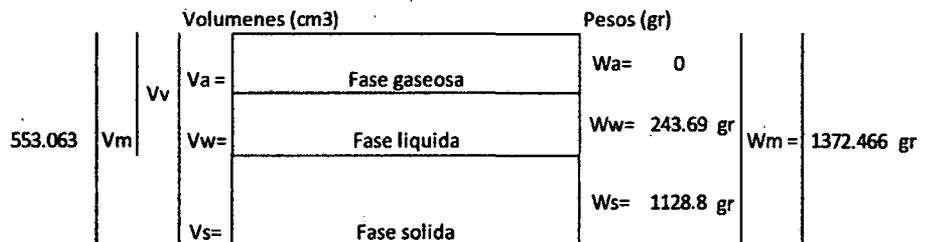
Para el Diseño D-1(0% de caucho)

Ss	2.3285
Vm	553.06 cm³
Ws	1171.25 gr
γ_0	1 gr/cm³
e	9.95%
n	9.05%



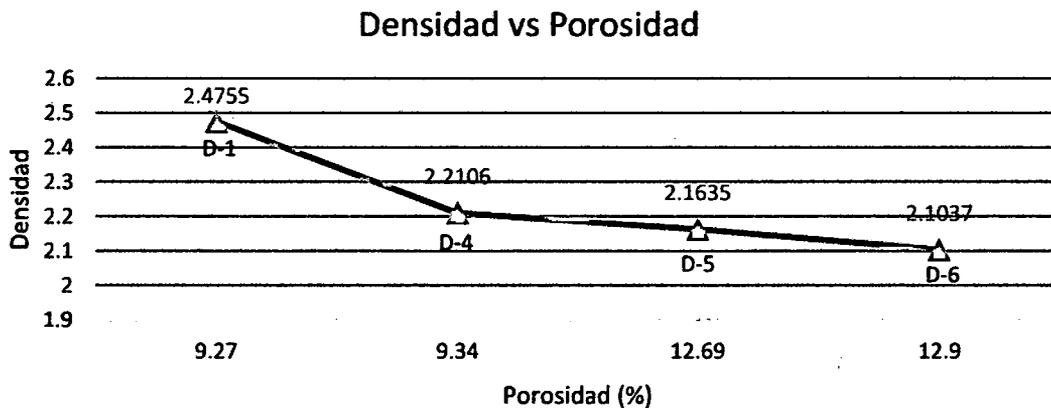
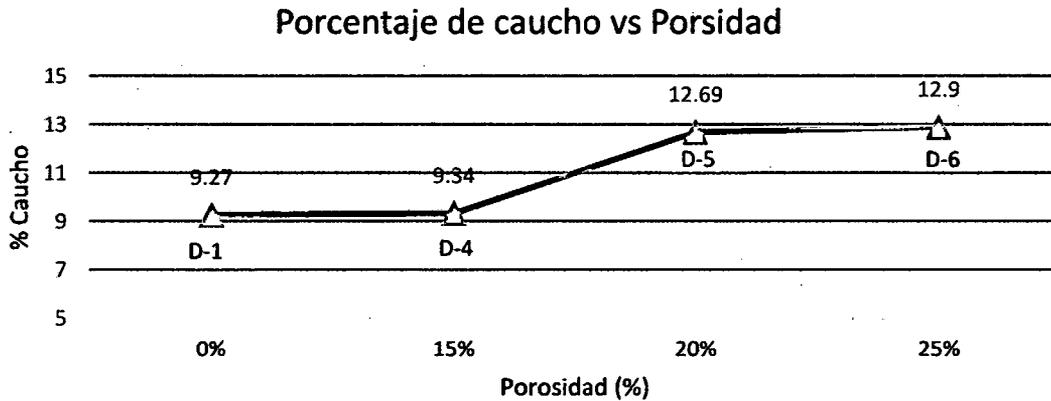
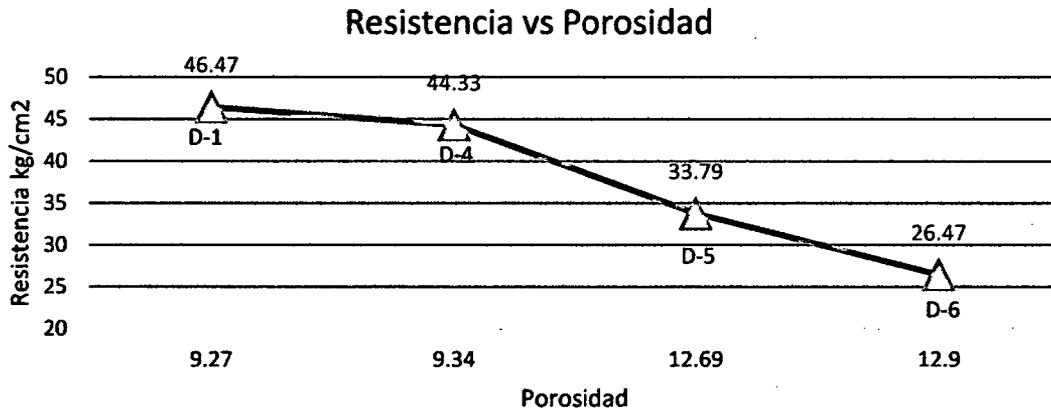
Para el diseño D-4(15% de caucho)

Ss	2.2725
Vm	553.06 cm³
Ws	1128.78 gr
γ_0	1 gr/cm³
e	11.34%
n	10.19%



Resumen de los Diseños D-1, D-4, D-5 y D-6 comparando con la porosidad, resistencia a la compresión axial y la densidad de dichos diseños.

	P	R	Ds gr/cm ³
D1 (0% caucho)	9.27	46.47	2.4755
D4 (15% caucho)	9.34	44.33	2.2106
D5 (20% caucho)	12.69	33.79	2.1635
D6 (25% caucho)	12.9	26.47	2.1037



Anexo 22: Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – Caucho D-1, ficha recolección de datos diseño D-1 (0% caucho)

NTP 399.613.2005 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA: Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla y concreto usados en albañilería

TESISTA: Issel Suarez Jimenez Edgar A. Mujica Nuñez		Fecha de moldeo: 04/09/2015	Hoja N°: 1
		Lugar: Lab. de Mecanica de Suelos-UNSAAC	
		Edad:	7 días
Relacion a/c:	0.89	Resistencia a alcanzar:	40 kg/cm ²
% de agregado fino:	100%	% de agregado grueso:	100%
% de caucho triturado:	0%	Módulo de finura de la arena:	2.71

Testigo N°:	D1-Bloq-01-07		
Peso del Bloque (kg):	14.95	Altura:	20.03
Largo promedio (cm):	40.05	Resistencia Alcanzada:	29.14 kg/cm ²
Ancho promedio (cm):	12.05	% de Resistencia Alcanzada:	72.85%

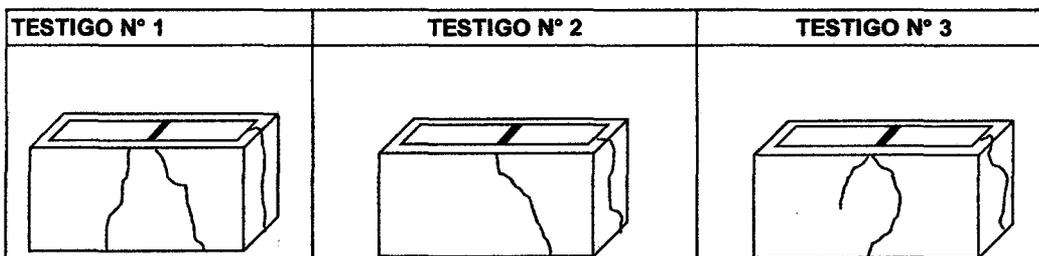
Testigo N°:	D1-Bloq-02-07		
Peso del Bloque (kg):	14.95	Altura:	20.03
Largo promedio (cm):	40.04	Resistencia Alcanzada:	29.68 kg/cm ²
Ancho promedio (cm):	12.03	% de Resistencia Alcanzada:	74.19%

Testigo N°:	D1-Bloq-03-07		
Peso del Bloque (kg):	14.95	Altura:	12.03
Largo promedio (cm):	40.08	Resistencia Alcanzada:	26.85 kg/cm ²
Ancho promedio (cm):	12.03	% de Resistencia Alcanzada:	67.12%

Promedio de Resistencias:	28.55	kg/cm ²
----------------------------------	-------	--------------------

Observaciones:	El testigo N°1 resiste una carga de 14062.50 kg, N°2 resiste una carga de 14287.50 kg y el testigo N°3 resiste una carga de 12937.50 kg. Cumple con mas del 70% de la resistencia final.
-----------------------	--

Tipo de Ruptura de los Testigos:



Anexo 23: Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – caucho ficha resumen diseño D-1 (0% caucho)

DISEÑO 1 cero % de caucho granulado

EDAD	Peso (kg)	L1 Superior (cm)	L2 Superior (cm)	L1 Inferior (cm)	L2 Inferior (cm)	A1 Superior (cm)	A2 Superior (cm)	A1 Inferior (cm)	A2 Inferior (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	L promedio	A promedio	Altura promedio	Area en (cm2)	Resistencia (lb)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm2)	%	Peso Unitario
7	14.95	40.10	40.00	40.00	40.10	12.00	12.00	12.10	12.10	20.05	20.00	40.05	12.05	20.03	482.60	31250.00	14062.50	29.14	72.85	2502.60
7	14.85	40.00	40.10	40.00	40.05	12.00	12.05	12.05	12.00	20.05	20.00	40.04	12.03	20.03	481.45	31750.00	14287.50	29.68	74.19	2485.86
7	14.95	40.15	40.10	40.05	40.00	12.00	12.00	12.10	12.00	20.30	20.00	40.08	12.03	20.15	481.90	28750.00	12937.50	26.85	67.12	2502.60
14	14.80	40.00	40.05	40.05	40.00	12.00	12.10	12.05	12.05	20.10	20.05	40.03	12.05	20.08	482.30	44750.00	20137.50	41.75	104.38	2477.49
14	14.92	40.05	40.05	40.00	40.05	12.10	12.05	12.00	12.00	20.05	20.10	40.04	12.04	20.08	481.95	43750.00	19687.50	40.85	102.12	2497.58
14	14.82	40.15	40.00	40.00	40.00	12.00	12.10	12.00	12.00	20.00	20.00	40.04	12.03	20.00	481.45	46250.00	20812.50	43.23	108.07	2480.84
28	14.76	40.00	40.05	40.05	40.10	12.00	12.05	12.00	12.10	20.10	20.05	40.05	12.04	20.08	482.10	51250.00	23062.50	47.84	119.59	2470.80
28	14.78	40.05	40.10	40.00	40.00	12.00	12.00	12.10	12.05	20.00	20.05	40.04	12.04	20.03	481.95	48250.00	21712.50	45.05	112.63	2474.15
28	14.68	40.00	40.00	40.05	40.05	12.00	12.00	12.05	12.00	20.05	20.10	40.03	12.01	20.08	480.80	52750.00	23737.50	49.37	123.43	2457.41
28	14.87	40.10	40.05	40.05	40.00	12.00	12.10	12.00	12.00	20.10	20.15	40.05	12.03	20.13	481.60	47250.00	21262.50	44.15	110.37	2489.21
28	14.83	40.15	40.05	40.10	40.05	12.00	12.05	12.05	12.05	20.10	20.00	40.09	12.04	20.05	482.55	49250.00	22162.50	45.93	114.82	2482.52
28	14.85	40.00	40.05	40.05	40.00	12.00	12.00	12.10	12.05	20.10	20.00	40.03	12.04	20.05	481.80	49750.00	22387.50	46.47	116.17	2485.86
																		Promedio Resistencia	46.47	kg/cm2
																		Desviación σ	1.90	kg/cm2
																		Resistencia D	44.57	kg/cm2

Anexo 24: Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – Caucho ficha resumen diseño D-4(15% caucho)

DISEÑO 4 15% de caucho granulado

EDAD	Peso (kg)	L1 Superior (cm)	L2 Superior (cm)	L1 Inferior (cm)	L2 Inferior (cm)	A1 Superior (cm)	A2 Superior (cm)	A1 Inferior (cm)	A2 Inferior (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	L promedio	A promedio	Altura promedio	Area en (cm2)	Resistencia (lb)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm2)	%	Peso Unitario
7	13.90	40.05	40.05	40.05	40.05	12.10	12.00	12.10	12.10	20.00	20.10	40.05	12.08	20.05	483.60	33000.00	14850.00	30.71	76.77	2326.83
7	13.80	40.05	40.10	40.00	40.10	12.00	12.05	12.05	12.05	20.05	20.05	40.06	12.04	20.05	482.25	32250.00	14512.50	30.09	75.23	2310.09
7	14.05	40.05	40.10	40.05	40.00	12.15	12.00	12.10	12.10	20.10	20.00	40.05	12.09	20.05	484.10	32750.00	14737.50	30.44	76.11	2351.94
14	13.92	40.00	40.00	40.05	40.10	12.10	12.10	12.05	12.05	20.05	20.05	40.04	12.08	20.05	483.45	40000.00	18000.00	37.23	93.08	2330.18
14	13.86	40.05	40.05	40.05	40.05	12.10	12.05	12.00	12.00	20.05	20.10	40.05	12.04	20.08	482.10	40750.00	18337.50	38.04	95.09	2320.14
14	14.10	40.15	40.00	40.10	40.00	12.00	12.10	12.10	12.00	20.00	20.00	40.06	12.05	20.00	482.75	40250.00	18112.50	37.52	93.80	2360.31
28	13.95	40.00	40.05	40.05	40.10	12.00	12.05	12.00	12.10	20.00	20.10	40.05	12.04	20.05	482.10	43250.00	19462.50	40.37	100.93	2335.20
28	13.87	40.05	40.10	40.10	40.00	12.00	12.00	12.10	12.05	20.00	20.05	40.06	12.04	20.03	482.25	42750.00	19237.50	39.89	99.73	2321.81
28	13.88	40.00	40.05	40.05	40.05	12.00	12.00	12.05	12.10	20.05	20.10	40.04	12.04	20.08	481.95	43750.00	19687.50	40.85	102.12	2323.48
28	13.90	40.10	40.05	40.05	40.05	12.00	12.10	12.00	12.00	20.05	20.15	40.06	12.03	20.10	481.75	43000.00	19350.00	40.17	100.41	2326.83
28	13.95	40.15	40.00	40.15	40.05	12.00	12.05	12.05	12.05	20.10	20.00	40.09	12.04	20.05	482.55	43750.00	19687.50	40.80	102.00	2335.20
28	13.95	40.00	40.05	40.05	40.00	12.00	12.00	12.10	12.05	20.10	20.05	40.03	12.04	20.08	481.80	42750.00	19237.50	39.93	99.82	2335.20
																		Promedio Resistencia	40.33	kg/cm2
																		Desviación σ	0.42	kg/cm2
																		Resistencia D	39.92	kg/cm2

Anexo 25: Resistencias a la compresión axial de bloques huecos de Concreto – Caucho ficha resumen diseño D-5(20% caucho)

DISEÑO 5 20% de caucho granulado

EDAD	Peso (kg)	L1 Superior (cm)	L2 Superior (cm)	L1 Inferior (cm)	L2 Inferior (cm)	A1 Superior (cm)	A2 Superior (cm)	A1 Inferior (cm)	A2 Inferior (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	L promedio	A promedio	Altura promedio	Area en (cm ²)	Resistencia (lb)	Resistencia (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	%	Peso Unitario
7	13.20	40.05	40.00	40.10	40.05	12.10	12.10	12.10	12.10	20.15	20.00	34.46	12.10	20.08	416.97	18750.00	8437.50	20.24	50.59	2209.65
7	13.05	40.10	40.05	40.00	40.10	12.00	12.05	12.00	12.00	20.05	21.00	34.45	12.01	20.53	413.83	17250.00	7762.50	18.76	46.89	2184.54
7	13.10	40.05	40.00	40.15	40.00	12.15	12.10	12.00	12.00	20.30	20.00	34.47	12.06	20.15	415.79	17750.00	7987.50	19.21	48.03	2192.91
14	13.18	40.05	40.10	40.00	40.10	12.10	12.05	12.05	12.05	20.10	20.05	34.47	12.06	20.08	415.79	23250.00	10462.50	25.16	62.91	2206.31
14	13.10	40.00	40.15	40.05	40.05	12.10	12.00	12.00	12.00	20.20	20.10	34.47	12.03	20.15	414.50	24750.00	11137.50	26.87	67.17	2192.91
14	13.15	40.05	40.00	40.15	40.00	12.00	12.00	12.00	12.00	20.00	21.00	34.44	12.00	20.50	413.28	23750.00	10687.50	25.86	64.65	2201.28
28	13.08	40.00	40.05	40.10	40.05	12.05	12.00	12.10	12.00	20.10	20.05	34.45	12.04	20.08	414.69	31750.00	14287.50	34.45	86.13	2189.57
28	13.15	40.05	40.00	40.00	40.00	12.00	12.00	12.05	12.10	20.15	20.30	34.41	12.04	20.23	414.21	30250.00	13612.50	32.86	82.16	2201.28
28	13.20	40.00	40.05	40.05	40.00	12.00	12.00	12.10	12.05	20.05	20.10	34.42	12.04	20.08	414.33	31750.00	14287.50	34.48	86.21	2209.65
28	13.17	40.10	40.05	40.05	40.05	12.10	12.00	12.05	12.00	20.15	20.30	34.47	12.04	20.23	414.93	31000.00	13950.00	33.62	84.05	2204.63
28	13.19	40.15	40.00	40.05	40.00	12.05	12.00	12.00	12.05	20.10	20.15	34.45	12.03	20.13	414.26	30750.00	13837.50	33.40	83.51	2207.98
28	13.12	40.00	40.10	40.00	40.05	12.00	12.00	12.10	12.10	20.10	20.30	34.43	12.05	20.20	414.88	31250.00	14062.50	33.90	84.74	2196.26
																		Promedio Resistencia	33.79	kg/cm ²
																		Desviacion	0.63	kg/cm ²
																		Resistencia D	33.16	kg/cm ²

Anexo 26: Cálculo de resistencias a la compresión de pilas de bloques huecos de Concreto – Caucho prueba de resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería diseño D-1 (0% caucho).

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE ALBAÑILERÍA (NORMA E.70.)

TESISTA: Israel Suarez Jimenez Edgar A. Mujica Nuñez		Fecha de moido: Lugar: Lab. de Mecanica de Suelos-UNSAAC	Hoja N°: Edad: 28 días
Relacion a/c: % de agregado fino: % de caucho triturado:	0.88 100% 0%	% de agregado grueso: Módulo de fluira de la arena:	100% 2.71

La resistencia individual a la compresión axial de una pila (Fm) se obtiene dividiendo la carga máxima entre el área bruta de la sección transversal. Este valor se corrige por el factor de esbeltez establecido en la Tabla 10 de la Norma E.70.

$$f_m = \frac{P_{max}}{Area}$$

Donde:

f_m = Resistencia a compresión axial $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$ o MPa
 P_{max} = Fuerza máxima que resiste la pila (kg)
 $Area$ = Área bruta transversal (cm²)

Factores de corrección según la Norma E.070 (Tabla 10 de la Norma E.070)

Esbeltez	Factores de corrección de fm por esbeltez.					
	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Una vez ensayadas todas las pilas se obtiene para cada pila la resistencia a compresión axial (fm), se calcula el promedio y la desviación estándar (σ) de la muestra ensayada. Luego se halla, según la Norma E.070, la resistencia característica (f'm), al valor promedio se le resta la desviación estándar

$$f'm = f_m - \sigma$$

Donde:

$f'm$ = Resistencia característica a compresión axial
 f_m = Resistencia a compresión axial $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$ o MPa
 σ = Desviación estándar

DATOS:

Pila 1-1	LARGO 1 (cm)	LARGO 2 (cm)	ALTURA 1 (cm)	ALTURA 2 (cm)	Espesor 1 (cm)	Espesor 2 (cm)
	40.1	40	42.85	42.7	12.2	12

Largo (prom) =	40.05
Altura (prom) =	42.775
Espesor (prom) =	12.1
Area bruta (cm ²) =	484.605

Pmax (kg) =	27000
-------------	-------

Factor de Corrección

Esbeltez	
Altura =	42.775 cm
Espesor (menor dimencior) =	12 cm
Esbeltez	3.56

Esbeltez	Factores de corrección de fm por esbeltez.					
	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Interpolando

Para:	3.56	Factor	0.93
-------	------	--------	------

Correccion (fm*factor) =	# REF kg/cm ²
--------------------------	---------------------------

DATOS:

Pila 1-2	LARGO 1 (cm)	LARGO 2 (cm)	ALTURA 1 (cm)	ALTURA 2 (cm)	Espesor 1 (cm)	Espesor 2 (cm)
	41	41	41.5	41.8	12.1	12

Largo (prom) =	41
Altura (prom) =	41.65
Espesor (prom) =	12.05
Area bruta (cm ²) =	494.05

Pmax (kg) =	25500
-------------	-------

f _m =	51.61 kg/cm ²
------------------	--------------------------

Factor de Corrección

Esbeltez	
Altura =	41.65 cm
Espesor (menor dimencior) =	12 cm
Esbeltez	3.47

Esbeltez	Factores de corrección de fm por esbeltez.					
	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Interpolando

Para:	3.47	Factor	0.93
-------	------	--------	------

Correccion (fm*factor) =	47.94 kg/cm ²
--------------------------	--------------------------

DATOS:

Pila 1-2	LARGO 1 (cm)	LARGO 2 (cm)	ALTURA 1 (cm)	ALTURA 2 (cm)	Espesor 1 (cm)	Espesor 2 (cm)
	40.05	41	42.5	42.35	12.1	12

Largo (prom) =	40.525
Altura (prom) =	42.425
Espesor (prom) =	12.05
Area bruta (cm ²) =	488.33

Pmax (kg) =	26500
-------------	-------

f _m =	54.27 kg/cm ²
------------------	--------------------------

Factor de Corrección

Esbeltez	
Altura =	42.425 cm
Espesor (menor dimencior) =	12 cm

Esbeltez	3.54
----------	------

Esbeltez	Factores de corrección de fm por esbeltez.					
	2.00	2.50	3.00	4.00	4.50	5.00
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Interpolando

Para:	3.54	Factor	0.93
-------	------	--------	------

Correccion (fm*factor) =	50.55 kg/cm ²
--------------------------	--------------------------

Resistencia a la compresión de pilas de bloques huecos de concreto						
N° Pila	P max (kg)	Area bruta (cm ²)	f _m (kg/cm ²)	Esbeltez	Factor de correccion	f _m corregido (kg/cm ²)
D1-1-1	27000	484.605	55.72	3.56	0.933	51.96
D1-1-2	25500	494.05	51.61	3.47	0.929	47.94
D1-1-3	26500	488.33	54.27	3.54	0.931	50.55

Siendo la desviacion estandar σ:	2.04 kg/cm ²
f _m (promedio) =	50.15 kg/cm ²

$$f'm = f_m - \sigma$$

f _m =	48.11 kg/cm ²
------------------	--------------------------

Anexo 28: Datos registrados de variación de niveles de ruido (bajo, medio y alto) de cajas de concreto - Caucho para los diseños D-1(0% caucho) D-4 (15% de caucho)

Diseño N° 1 (0% de caucho)								
Nivel de Ruido Bajo			Nivel de Ruido Medio			Nivel de Ruido Alto		
	Caja	Ambiente		Caja	Ambiente		Caja	Ambiente
N° de dato	Dato (dB)	Dato (dB)	N° de dato	Dato (dB)	Dato (dB)	N° de dato	Dato (dB)	Dato (dB)
1	37.1	49	1	62.3	82.7	1	37.1	49
2	34.5	47.4	2	60.8	81.8	2	34.5	47.4
3	36.9	48.2	3	60	78.8	3	36.9	48.2
4	46.9	55.6	4	59	77.4	4	46.9	55.6
5	44.4	52.1	5	58.9	77.7	5	44.4	52.1
6	46.8	52.9	6	58.6	77.8	6	46.8	52.9
7	38.1	49.4	7	64.4	80.9	7	38.1	49.4
8	45.9	52	8	62.2	79.4	8	45.9	52
9	39.9	49.3	9	62.5	80	9	39.9	49.3
10	45.5	51	10	64.3	81.6	10	45.5	51
11	37.6	48.4	11	61.5	80.5	11	37.6	48.4
12	47.8	55.8	12	61.6	78.2	12	47.8	55.8
13	47.2	55.7	13	58.3	76.6	13	47.2	55.7
14	60.6	65.1	14	59.4	77.3	14	60.6	65.1
15	47.4	54.1	15	60.2	77.8	15	47.4	54.1
16	50.5	57.2	16	58.7	74.8	16	50.5	57.2
17	56.4	60	17	60.7	76	17	56.4	60
18	54.9	49.8	18	58.5	70.3	18	54.9	49.8
19	43.2	51.5	19	58.7	73.4	19	43.2	51.5
20	51.1	57.9	20	54.1	69.8	20	51.1	57.9
21	41	49.9	21	54.8	70.8	21	41	49.9
22	42.8	53.8	22	50.1	63.4	22	42.8	53.8
23	44.8	52.8	23	59.2	68.7	23	44.8	52.8
24	41	50.3	24	61.7	79.2	24	41	50.3
25	51.2	58.9	25	54.8	75.4	25	51.2	58.9
26	41.6	49.9	26	56.2	71.6	26	41.6	49.9
27	45.1	53	27	53.5	70.8	27	45.1	53
28	52.1	59.9	28	55.1	78.3	28	52.1	59.9
29	57.5	64	29	57.5	76.4	29	57.5	64
30	44.7	58.2	30	60.7	81.3	30	44.7	58.2
31	39.1	49.4	31	61.5	74.2	31	39.1	49.4
32	40.5	52.8	32	54	69.4	32	40.5	52.8
33	44.7	52.4	33	56.5	69.8	33	44.7	52.4
34	54.5	60.6	34	54.1	69.9	34	54.5	60.6
35	49	52.5	35	54	70.3	35	49	52.5
36	51.5	59.6	36	59.4	74	36	51.5	59.6
37	48.3	54.3	37	59.2	77.7	37	48.3	54.3
38	43.9	53.4	38	60	80.3	38	43.9	53.4
39	49.5	59.4	39	62.4	82.3	39	49.5	59.4
40	53.5	58.8	40	61.6	81.5	40	53.5	58.8

Diseño N°4 (15% de caucho)

N° de dato	Nivel de Ruido Bajo		N° de dato	Nivel de Ruido Medio		N° de dato	Nivel de Ruido Alto	
	Caja	Ambiente		Caja	Ambiente		Caja	Ambiente
	Dato (dB)	Dato (dB)		Dato (dB)	Dato (dB)		Dato (dB)	Dato (dB)
1	46.8	57.6	1	62.3	79	1	78	89.2
2	50.3	66.5	2	63	79.1	2	77.8	88.8
3	46.6	57.5	3	62.2	78.5	3	78.6	89.1
v4	50.1	64.6	4	63.1	81.2	4	78.5	91.4
5	50.8	67.8	5	61.9	78.1	5	77.6	88.9
6	50.3	64	6	63.2	81.1	6	78.4	90
7	54.1	70.1	7	59.9	74.7	7	78.9	89.7
8	49.9	65.5	8	67.2	84.4	8	78.2	88.5
9	62.5	68.4	9	64.7	83.8	9	79	88.7
10	58.1	68.6	10	65.2	83.1	10	78.9	89.5
11	51.3	70.3	11	65.1	79.2	11	79.1	89.9
12	52.5	68.8	12	66.1	81.9	12	78.9	89.8
13	48.8	64.4	13	66.6	82.4	13	79.4	89.5
14	50.5	66.4	14	66.9	87.1	14	74.3	84.4
15	50.9	64.1	15	65.5	82.3	15	78	88.3
16	48.2	60.1	16	67.5	84	16	83.1	92.5
17	51.3	67.1	17	65.4	81.8	17	84.2	93.6
18	56.6	72.7	18	64.1	80.2	18	83.4	93
19	56.3	73.3	19	67.4	87	19	80	87.1
20	56.6	74.4	20	64.9	84	20	81.3	90.3
21	58.7	77.2	21	66.5	82.3	21	84.5	94.3
22	56.7	73.6	22	65.2	81.2	22	82.9	89.1
23	55.3	71.1	23	59.9	76.8	23	84	90.3
24	53.2	69.2	24	60.5	79.1	24	82.6	89.6
25	51.4	69	25	64.2	83	25	78.5	87.5
26	52.1	68.9	26	66.2	84.1	26	81.5	92.6
27	54.1	68.1	27	63.6	79.4	27	78.8	90.1
28	51.8	67.8	28	63.2	79.3	28	80	91.7
29	53.6	69.9	29	61.5	76.8	29	80.5	92.5
30	54.3	72.3	30	61.1	79	30	80.9	92.7
31	55.8	72.3	31	66.6	83.7	31	80.7	91.9
32	55.5	72.2	32	61.3	90.3	32	82.2	93.9
33	54.5	70.8	33	64	84.2	33	82	89
34	54.6	70.9	34	62.1	79.6	34	78.9	88.1
35	54.5	71.1	35	63.6	80.9	35	78.2	90.2
36	54.9	72	36	64.5	81.5	36	80	91.4
37	48.8	65.9	37	64.4	81.5	37	81.9	94.5
38	47.9	63.3	38	64.5	81.3	38	79	90.7
39	45.6	60.6	39	65.8	82.6	39	81.5	93.4
40	46.9	62.2	40	66.7	82.9	40	80.4	90.9

Anexo 29: Registro de las temperaturas en el ambiente y la caja del diseño D-1 y D-4.

DISEÑO D-1 (0% CAUCHO)															
HORA	T° Dentro	T° Afuera	ΔT°	HORA	T° Dentro	T° Afuera	ΔT°	HORA	T° Dentro	T° Afuera	ΔT°	HORA	T° Dentro	T° Afuera	ΔT°
10/11/2015 00:00	9.93	4.57	5.36	11/11/2015 00:00	10.5	5.39	5.11	12/11/2015 00:00	9.95	5.08	4.87	13/11/2015 00:00	11.46	6.85	4.61
10/11/2015 01:00	9.38	4.48	4.9	11/11/2015 01:00	10.69	5.32	5.37	12/11/2015 01:00	9.47	4.97	4.5	13/11/2015 01:00	11.55	6.26	5.29
10/11/2015 02:00	9.68	4.17	5.51	11/11/2015 02:00	10.62	5.64	4.98	12/11/2015 02:00	9.72	5.71	4.01	13/11/2015 02:00	11.29	6.27	5.02
10/11/2015 03:00	9	4.13	4.87	11/11/2015 03:00	10.28	5.67	4.61	12/11/2015 03:00	9.61	5.56	4.05	13/11/2015 03:00	10.91	6.5	4.41
10/11/2015 04:00	8.42	4.62	3.8	11/11/2015 04:00	10.11	5.27	4.84	12/11/2015 04:00	9.41	5.44	3.97	13/11/2015 04:00	10.48	5.56	4.92
10/11/2015 05:00	8.25	4.29	3.96	11/11/2015 05:00	9.92	5.82	4.1	12/11/2015 05:00	9.35	4.63	4.72	13/11/2015 05:00	10.41	5.03	5.38
10/11/2015 06:00	8.15	4.57	3.58	11/11/2015 06:00	9.71	5.15	4.56	12/11/2015 06:00	9.36	5.07	4.29	13/11/2015 06:00	10.34	4.37	5.97
10/11/2015 07:00	8.16	6.39	1.77	11/11/2015 07:00	9.49	6.16	3.33	12/11/2015 07:00	8.93	5.3	3.63	13/11/2015 07:00	9.77	5.54	4.23
10/11/2015 08:00	9.11	7.83	1.28	11/11/2015 08:00	9.83	8.8	1.03	12/11/2015 08:00	8.47	6.25	2.22	13/11/2015 08:00	9.56	8.5	1.06
10/11/2015 09:00	10.51	8.56	1.95	11/11/2015 09:00	10.74	7.51	3.23	12/11/2015 09:00	9.42	7.77	1.65	13/11/2015 09:00	10.43	9.11	1.32
10/11/2015 10:00	11.35	8.87	2.48	11/11/2015 10:00	11.29	8.36	2.93	12/11/2015 10:00	9.57	8.36	1.21	13/11/2015 10:00	11.72	10.14	1.58
10/11/2015 11:00	12.16	10.46	1.7	11/11/2015 11:00	12.42	9.91	2.51	12/11/2015 11:00	9.47	8.39	1.08	13/11/2015 11:00	12.4	10.44	1.96
10/11/2015 12:00	12.47	10.27	2.2	11/11/2015 12:00	12.49	10.41	2.08	12/11/2015 12:00	9.6	8.64	0.96	13/11/2015 12:00	12.64	11.08	1.56
10/11/2015 13:00	13.47	7.92	5.55	11/11/2015 13:00	11.65	10.27	1.38	12/11/2015 13:00	9.33	8.63	0.7	13/11/2015 13:00	13.82	11.46	2.36
10/11/2015 14:00	13.15	9.09	4.06	11/11/2015 14:00	13.15	10.09	3.06	12/11/2015 14:00	11.14	8.57	2.57	13/11/2015 14:00	13.81	11.45	2.36
10/11/2015 15:00	12.78	8.34	4.44	11/11/2015 15:00	13.18	8.14	5.04	12/11/2015 15:00	11.52	9.75	1.77	13/11/2015 15:00	14.42	11.26	3.16
10/11/2015 16:00	12.79	10.62	2.17	11/11/2015 16:00	13.62	6.38	7.24	12/11/2015 16:00	12.32	9.39	2.93	13/11/2015 16:00	14.27	12.08	2.19
10/11/2015 17:00	13.3	8.4	4.9	11/11/2015 17:00	12.94	5.96	6.98	12/11/2015 17:00	12.85	8.61	4.24	13/11/2015 17:00	14.57	10.62	3.95
10/11/2015 18:00	13.29	7.6	5.69	11/11/2015 18:00	12.53	6.18	6.35	12/11/2015 18:00	12.72	7.72	5	13/11/2015 18:00	14.54	9.57	4.97
10/11/2015 19:00	12.53	6.61	5.92	11/11/2015 19:00	11.39	6.79	4.6	12/11/2015 19:00	12.43	7.04	5.39	13/11/2015 19:00	14.8	8.4	6.4
10/11/2015 20:00	12.73	6.75	5.98	11/11/2015 20:00	11.78	6.36	5.42	12/11/2015 20:00	11.91	6.64	5.27	13/11/2015 20:00	13.86	8.27	5.59
10/11/2015 21:00	11.89	5.42	6.47	11/11/2015 21:00	11.16	5.67	5.49	12/11/2015 21:00	11.29	6.05	5.24	13/11/2015 21:00	13.76	8.59	5.17
10/11/2015 22:00	11.89	5.1	6.79	11/11/2015 22:00	10.62	5.5	5.12	12/11/2015 22:00	11.48	5.22	6.26	13/11/2015 22:00	13.09	7.87	5.22
10/11/2015 23:00	11.17	5.27	5.9	11/11/2015 23:00	10.06	5.4	4.66	12/11/2015 23:00	10.69	5.08	5.61				

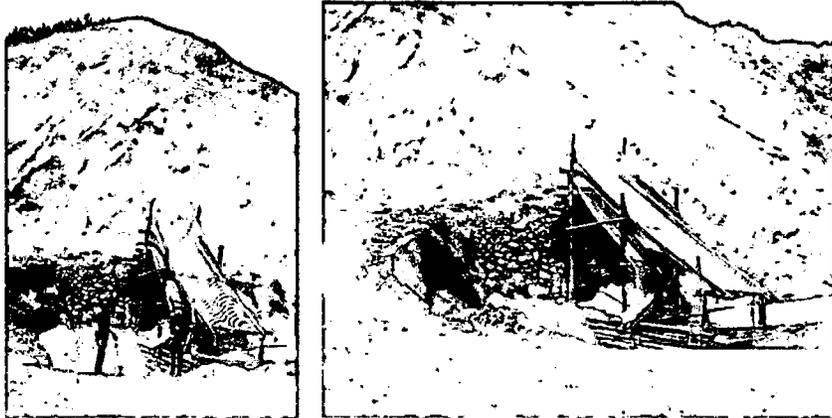
DISEÑO D-4 (15% CAUCHO)

HORA	T°														
	Dentro	Afuera	ΔT°												
23/11/2015 00:00	13.65	5.74	7.91	24/11/2015 00:00	12.7	7.81	4.89	25/11/2015 00:00	12.97	5.29	7.68	26/11/2015 00:00	12.8	6.36	6.44
23/11/2015 01:00	13.77	5.51	8.26	24/11/2015 01:00	13.22	7.03	6.19	25/11/2015 01:00	12.34	5.75	6.59	26/11/2015 01:00	12.78	6.13	6.65
23/11/2015 02:00	12.78	5.73	7.05	24/11/2015 02:00	13.42	6.99	6.43	25/11/2015 02:00	12.58	4.99	7.59	26/11/2015 02:00	12.6	6.71	5.89
23/11/2015 03:00	12.84	4.9	7.94	24/11/2015 03:00	13.62	6.1	7.52	25/11/2015 03:00	11.85	4.15	7.7	26/11/2015 03:00	12.34	6.68	5.66
23/11/2015 04:00	12.08	4.76	7.32	24/11/2015 04:00	13.05	6.1	6.95	25/11/2015 04:00	11.18	4.25	6.93	26/11/2015 04:00	12.09	6.13	5.96
23/11/2015 05:00	11.28	4.21	7.07	24/11/2015 05:00	12.52	6.07	6.45	25/11/2015 05:00	11.47	4.52	6.95	26/11/2015 05:00	11.66	6.05	5.61
23/11/2015 06:00	11.56	5.01	6.55	24/11/2015 06:00	12.72	6.1	6.62	25/11/2015 06:00	10.77	4.12	6.65	26/11/2015 06:00	11.35	6.8	4.55
23/11/2015 07:00	11.08	6.56	4.52	24/11/2015 07:00	12.37	7.06	5.31	25/11/2015 07:00	10.64	6.6	4.04	26/11/2015 07:00	11.17	7.87	3.3
23/11/2015 08:00	11.56	8.04	3.52	24/11/2015 08:00	12.13	8.63	3.5	25/11/2015 08:00	10.51	8.56	1.95	26/11/2015 08:00	11.88	9.5	2.38
23/11/2015 09:00	11.78	9.43	2.35	24/11/2015 09:00	12.33	9.72	2.61	25/11/2015 09:00	11.09	9.79	1.3	26/11/2015 09:00	12.8	10.59	2.21
23/11/2015 10:00	12.04	10.77	1.27	24/11/2015 10:00	12.2	10.32	1.88	25/11/2015 10:00	12.64	10.66	1.98	26/11/2015 10:00	13.45	10.88	2.57
23/11/2015 11:00	13.36	11.6	1.76	24/11/2015 11:00	13.22	10.77	2.45	25/11/2015 11:00	12.99	11.29	1.7	26/11/2015 11:00	14.67	11.18	3.49
23/11/2015 12:00	13.61	12.59	1.02	24/11/2015 12:00	13.15	11.45	1.7	25/11/2015 12:00	13.22	12.58	0.64	26/11/2015 12:00	14.53	12.59	1.94
23/11/2015 13:00	14.73	12.05	2.68	24/11/2015 13:00	14.1	12.18	1.92	25/11/2015 13:00	14.22	12.6	1.62	26/11/2015 13:00	15.32	12.6	2.72
23/11/2015 14:00	14.84	11.2	3.64	24/11/2015 14:00	14.07	10.7	3.37	25/11/2015 14:00	14.36	11.89	2.47	26/11/2015 14:00	15.11	9.95	5.16
23/11/2015 15:00	15.59	12.06	3.53	24/11/2015 15:00	14.83	8.93	5.9	25/11/2015 15:00	15.29	12.16	3.13	26/11/2015 15:00	15.48	8.73	6.75
23/11/2015 16:00	15.13	11.49	3.64	24/11/2015 16:00	15.11	8.04	7.07	25/11/2015 16:00	15.79	11.62	4.17	26/11/2015 16:00	15.32	8.59	6.73
23/11/2015 17:00	15.4	10.66	4.74	24/11/2015 17:00	14.84	8.13	6.71	25/11/2015 17:00	15.12	10.72	4.4	26/11/2015 17:00	15.86	8.81	7.05
23/11/2015 18:00	15.4	9.19	6.21	24/11/2015 18:00	14.42	7.84	6.58	25/11/2015 18:00	15.14	9.61	5.53	26/11/2015 18:00	15.39	7.58	7.81
23/11/2015 19:00	15.19	9.11	6.08	24/11/2015 19:00	14.81	7.52	7.29	25/11/2015 19:00	15.67	8.95	6.72	26/11/2015 19:00	14.65	7.59	7.06
23/11/2015 20:00	15.64	7.92	7.72	24/11/2015 20:00	14.19	7.61	6.58	25/11/2015 20:00	15.25	8.13	7.12	26/11/2015 20:00	14.85	6.93	7.92
23/11/2015 21:00	15.04	7.23	7.81	24/11/2015 21:00	13.73	6.77	6.96	25/11/2015 21:00	14.69	8.19	6.5	26/11/2015 21:00	14.14	6.38	7.76
23/11/2015 22:00	14.17	6.57	7.6	24/11/2015 22:00	13.08	6.16	6.92	25/11/2015 22:00	14.22	7.38	6.84	26/11/2015 22:00	13.47	6.16	7.31
23/11/2015 23:00	14.29	6.48	7.81	24/11/2015 23:00	13.52	5.88	7.64	25/11/2015 23:00	14.68	6.76	7.92	26/11/2015 23:00	13.81	6.65	7.16

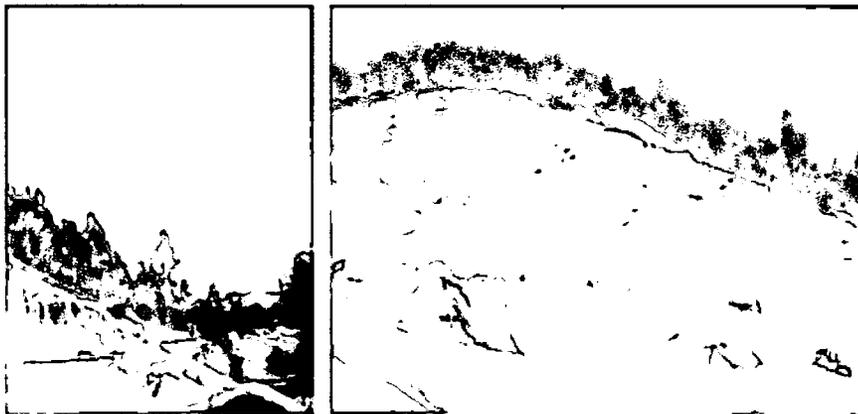
DISEÑO D-4 (15% CAUCHO)			
HORA	T° Dentro	T° Afuera	ΔT°
27/11/2015 00:00	13.12	6.61	6.51
27/11/2015 01:00	12.63	6.34	6.29
27/11/2015 02:00	12.35	6.51	5.84
27/11/2015 03:00	12.58	6.37	6.21
27/11/2015 04:00	12.65	6.13	6.52
27/11/2015 05:00	12.27	5.77	6.5
27/11/2015 06:00	11.97	6.2	5.77
27/11/2015 07:00	11.62	7.73	3.89
27/11/2015 08:00	11.72	8.62	3.1
27/11/2015 09:00	12.59	10.35	2.24
27/11/2015 10:00	13.05	10.83	2.22
27/11/2015 11:00	13.35	12.92	0.43
27/11/2015 12:00	14.45	13.19	1.26
27/11/2015 13:00	14.63	10.06	4.57
27/11/2015 14:00	15.45	11.64	3.81
27/11/2015 15:00	15.85	11.06	4.79
27/11/2015 16:00	15.18	11.74	3.44
27/11/2015 17:00	15.48	11.29	4.19
27/11/2015 18:00	15.62	10.83	4.79
27/11/2015 19:00	15.45	9.66	5.79
27/11/2015 20:00	15.16	7.6	7.56
27/11/2015 21:00	15.58	7.56	8.02
27/11/2015 22:00	14.87	7.13	7.74
27/11/2015 23:00	14.23	6.73	7.5

PANEL
FOTOGRAFÍCO

MUESTREO DE LOS AGREGADOS:

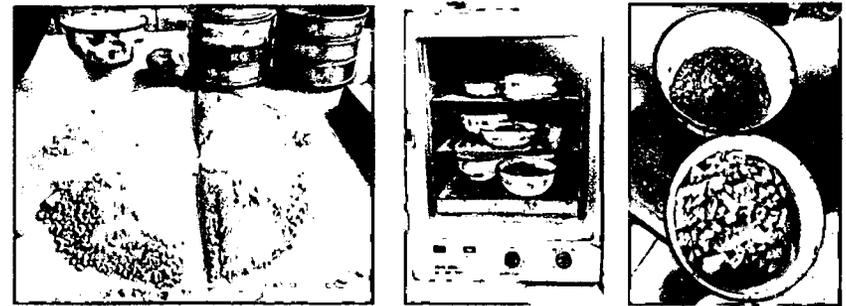


CANtera DE ZURITE



CANtera DE HUILLQUE

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS



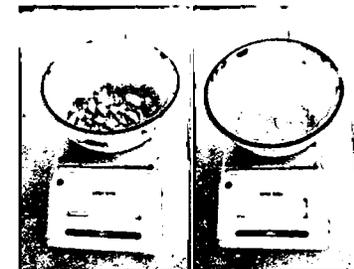
Cuarteo Del Agregado

Agregado Seco Al Horno



Peso Inicial del Agregado

Proceso de Tamizado



Peso del agregado retenido en cada tamiz

DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO



Cuarteo del agregado



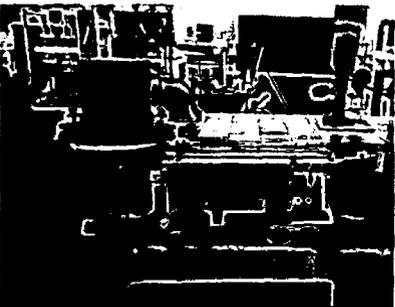
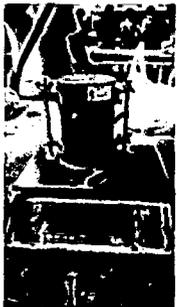
Peso de los moldes



Compactado del agregado



Enrasado del agregado

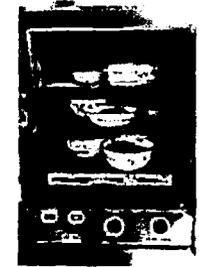


Peso del agregado +molde

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO



Cuarteo Del Agregado



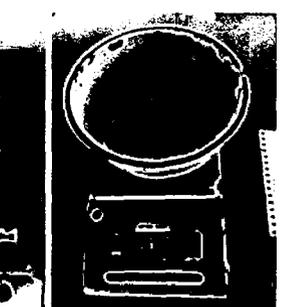
Agregado Seco Al Horno



Secado del material hasta obtener agregado con superficie seca



Material al interior del matraz y pesado



secado al horno y pesado

TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL CAUCHO GRANULADO CON HIDRÓXIDO DE SODIO.

1. Ponerse guantes de lates y cubrirse la boca ya que el hidróxido de sodio es tóxico.



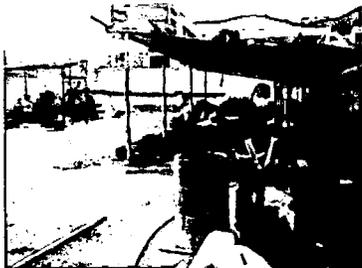
2. Preparación de la solución con hidróxido de sodio (relación en volumen agua: soda caustica 1:6).



3. Adición del caucho en la solución por 10 minutos.



4. extracción del material de la solución de hidróxido de sodio.

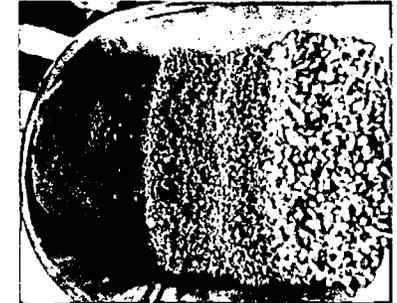
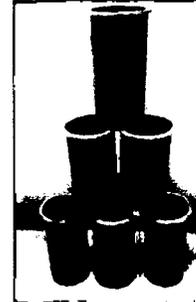


5. enjuague y secado del caucho granulado.



ELABORACIÓN, CURADO Y ENSAYO DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO – CAUCHO Y VIGAS.

1. Limpieza y engrasado de moldes. 2. Dosificación de la mezcla.



3. Mezclado de agregados.



4. Medición de trabajabilidad.



5. Llenado del concreto en las probetas.



6. Almacenamiento de probetas de concreto.

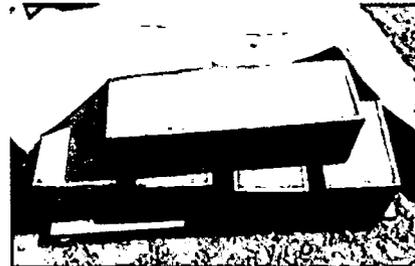


ELABORACIÓN DE VIGAS:

1. Limpieza y engrasado de moldes prismáticos.



2. Llenado de moldes de vigas y almacenamiento.



3. Ensayo a compresión de testigos de concreto



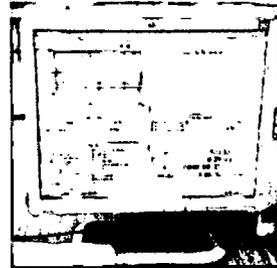
4. Ensayo de vigas de concreto.



5. Ensayos de vigas en la máquina universal.

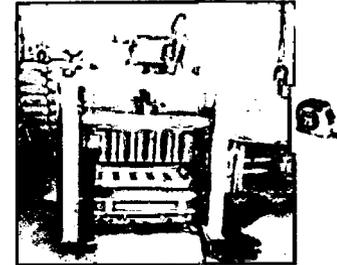


5. Recolección de datos de los ensayos.



ELABORACIÓN Y CURADO DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO - CAUCHO:

1. Determinar la altura.



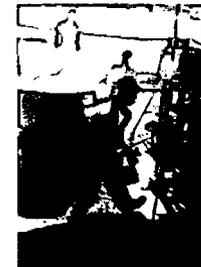
2. Colocación de agregados en la cubeta.



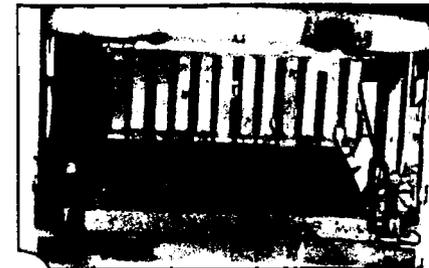
3. Elaboración de la mezcla.



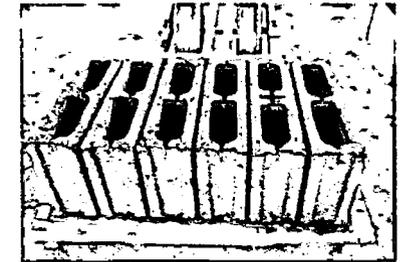
4. Colocación del concreto en la maquina semi-industrial.



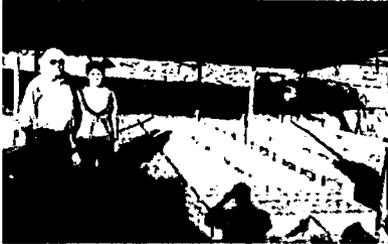
5. Vibrado



6. Obtención de bloques.



7. Curado

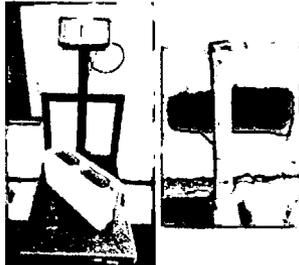


8. Apilado

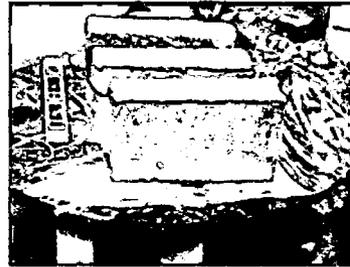


**ENSAYO A COMPRESIÓN DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO
- CAUCHO:**

1. Pesar y medir los bloques de concreto-caucho.



2. Refrentado de bloques.



3. Ensayo a compresión axial de bloques.



4. Modo de falla de bloques.



**ENSAYOS DE CALIDAD A LOS BLOQUES HUECOS DE
CONCRETO:**

VARIACIÓN DIMENSIONAL:

- 1) toma de medidas del bloque de concreto con caucho (longitud, ancho y largo).



ABSORCIÓN:

1. Se pesa el bloque concreto caucho.



2. Se sumerge durante 24 horas.



3. Se pesa la muestra saturada superficialmente seca.



ELABORACIÓN, CURADO Y ENSAYO DE CUBOS DE MORTERO.

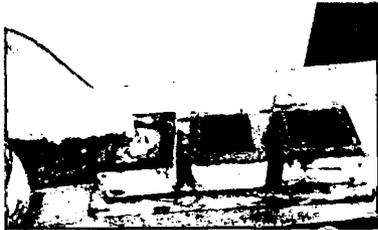
1. Cuarteo de la arena de Zurite.



2. Prueba de fluidez para calcular la cantidad de agua necesaria.



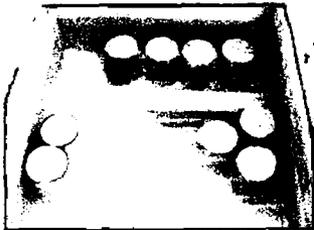
3. Llenar el mortero al molde con la cantidad diseñada.



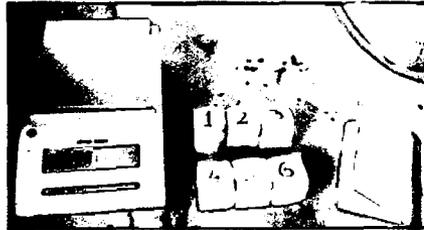
4. Pasado 24 horas se procede al desmoldado.



5. Curado de cubos de mortero.



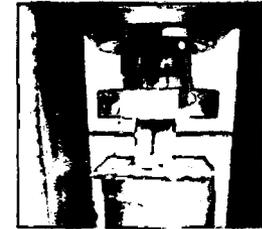
6. Ensayo y toma de datos.



7. Refrentado de los cubos.



8. Ensayo de compresión axial.



9. Observa tipo de falla.



10. Registrar de datos.



ELABORACIÓN Y CURADO DE PILAS CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO- CAUCHO:

1. Bloques huecos de concreto – caucho



2. Preparación del mortero.



3 Se procede el asentado del bloque hueco de concreto caucho con nivel y plomada.



4 Almacenado de pilas (bloques huecos de concreto)



ENSAYO DE PILAS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO-CAUCHO:

1. Refrentado de las pilas.



2. Ensayo de compresión de las pilas.



3. Observación del tipo de falla.



4. Recopilación de datos.

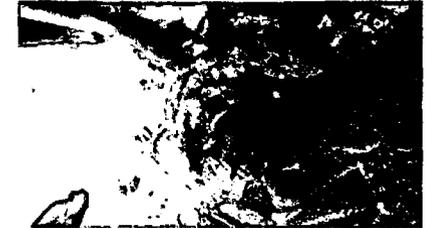


ELABORACIÓN Y CURADO DE MUROS CON BLOQUES HUECOS DE CONCRETO- CAUCHO:

1. Bloques huecos de concreto – caucho.



2. Preparación del mortero.



3. Se procede el asentado del bloque hueco de concreto caucho con nivel y plomada.



4. Curado de pilas y muretes.



5. Almacenado de pilas (bloques huecos de concreto)



ENSAYO DE MURETES DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO-CAUCHO.

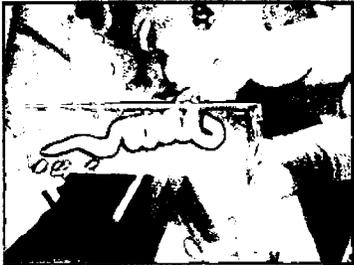
1. Traslado del murete hasta la máquina de compresión.



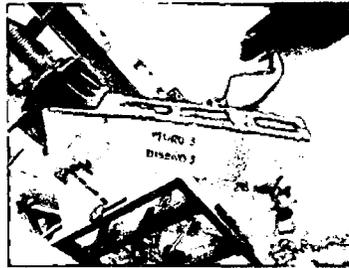
2. Refrentado de los muros en las esquinas en diagonal.



3. Uso de pegamento para adherir angulares al muro para puesta de sensores



4. Colocación de diales electrónicos.



5. Ensayo de Muretes.

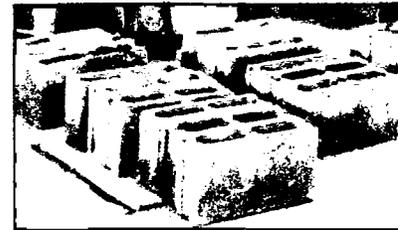


6. Observación de la falla de mures.



ELABORACIÓN, CAJAS CON BLOQUES DE CONCRETO PARA COMPARAR EL AISLAMIENTO TÉRMICO.

1. Bloques de concreto-caucho



2. Lana de vidrio



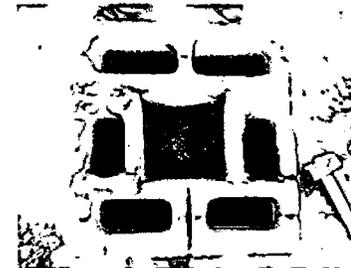
3. Planchas de poliestireno.



4. Mortero



5 Construcción de la caja.



6. Aislamiento de las paredes de la caja



7. Colocado del sensor de temperatura.



8. Cerrado de la caja con el sensor dentro.



3. Planchas de poliestireno.



4. Mortero



9. Toma de datos diario.



5. Uso de sonómetros



6. Aislamiento de las paredes de la caja



ELABORACIÓN DE CAJAS CON BLOQUES DE CONCRETO PARA COMPARAR EL AISLAMIENTO ACÚSTICO-AMBIENTE.

1. Bloques de concreto-caucho



2. Lana de vidrio



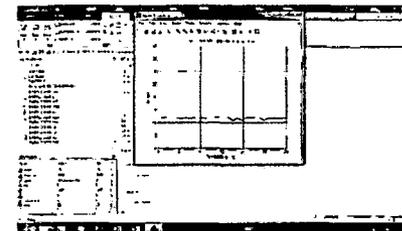
7. Fabricación de la Caja con lana de vidrio y poliestireno.



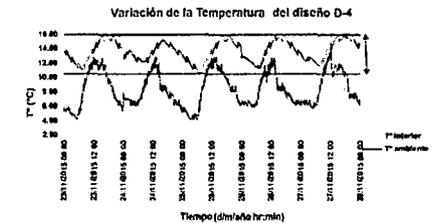
8. Cerrado de la caja con el sensor dentro.



9. Toma de datos a tiempo real.



10. Resultados de los datos tomados.



**PRUEBA DE RESISTENCIA AL FUEGO DE MUROS DE CONCRETO
- CAUCHO.**

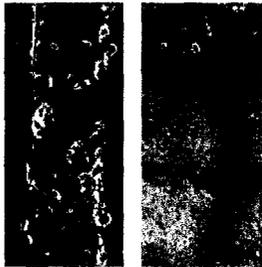
1. Humedecimiento del muro de concreto - caucho.



2. Primer encendido del fuego para simular un incendio común de 500°C a 600°C.



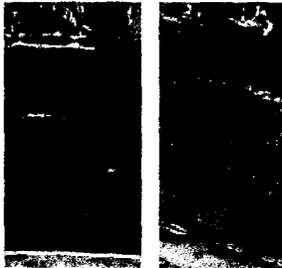
3. Quemado superficial del muro D-1 y caucho superficial derretido D-4.



4. Segundo encendido de fuego.



5. Desprendimiento superficial del concreto en D-1 y D-4.

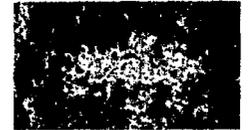


6. Tercer encendido de fuego.



Desprendimiento superficial del concreto D-1 y D-4

Vacíos por pulverización del caucho granulado.



**PRUEBA DE RESISTENCIA AL FUEGO DE UNIDADES DE
CONCRETO - CAUCHO.**

PRIMER ENCENDIDO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO - CAUCHO
D-1 Quemado superficial D-4 Caucho superficial derretido.



SEGUNDO Y TERCER ENCENDIDO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO - CAUCHO
D-1 Desprendimiento superficial del concreto. D-4 Vacíos por la pulverización del caucho.

