

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



## **TESIS**

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO: AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO CERÁMICO RECICLADO Y (0.5 % HIDRÓXIDO DE SODIO + 1 % ADITIVO SIKA ANTISOL)”.

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

**AUTOR:**

Bach. CHAVARRÍA CASTAÑEDA, ROBER IROITO

**ASESOR:**

Dr. Ing. MOSQUEIRA MORENO, MIGUEL ANGEL

CAJAMARCA – PERÚ

2025

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

### - FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** ROBER IROITO CHAVARRÍA CASTAÑEDA  
**DNI:** 72736093  
**Escuela Profesional:** INGENIERÍA CIVIL
- Asesor:** Dr. Ing. MIGUEL MOSQUEIRA MORENO  
**Facultad:** DE INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
- Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**  
"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO: AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO CERÁMICO REICLADO Y (0.5 % HIDRÓXIDO DE SODIO + 1 % ADITIVO SIKA ANTISOL)".
- Fecha de evaluación:** 29/05/2025
- Software antiplagio:**       TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 20%
- Código Documento: Oid:** 3117:463024377
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 29/05/2025



**FIRMA DEL ASESOR**

Dr. Ing. MIGUEL MOSQUEIRA MORENO  
DNI: 26733060



Firmado digitalmente por:  
BAZAN DIAZ Laura Sofia  
FAU 20148258601 soft  
Motivo: En señal de  
conformidad

Fecha: 29/05/2025 09:25:37-0500

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO: AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO CERÁMICO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL).

ASESOR : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0258-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 02 de junio de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **seis días del mes de junio de 2025**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidenta : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.  
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO: AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO CERÁMICO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL)*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil *ROBER IROITO CHAVARRÍA CASTAÑEDA*, asesorado por el Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : .....07..... PTS.  
EVALUACIÓN PÚBLICA : .....11..... PTS.  
EVALUACIÓN FINAL : .....18..... PTS. *aprobado* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *18 (aprobado)*. acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *10:00 am* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

  
Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.  
Presidente

  
Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.  
Vocal

  
M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.  
Secretario

  
Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.  
Asesor

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre por su apoyo incondicional en toda mi formación.

De manera especial a mi asesor el Dr. Miguel Angel Mosqueira Moreno, por sus conocimientos y orientación en esta investigación.

A mis familiares y amigos que me apoyaron durante el proceso de formación universitaria y la realización de esta investigación.

A la Universidad Nacional de Cajamarca y a los docentes, que me guiaron y compartieron sus conocimientos durante mi formación profesional.

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme salud y sabiduría para poder lograr este objetivo.

A mi madre y familiares que siempre me apoyaron.

## CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO .....  | i    |
| DEDICATORIA .....   | ii   |
| CONTENIDO .....   | iii  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | v    |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | viii |
| RESUMEN.....  | ix   |
| ABSTRACT.....   | x    |
| CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....  | 1    |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 1    |
| 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....   | 2    |
| 1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....   | 2    |
| 1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....  | 2    |
| 1.5 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....   | 2    |
| 1.6 LIMITACIONES .....  | 2    |
| 1.7 OBJETIVOS .....   | 3    |
| 1.8 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO.....  | 3    |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....   | 5    |
| 2.1 ANTECEDENTES REFERENTES A LA INVESTIGACIÓN .....  | 5    |
| 2.2 BASES TEÓRICAS .....  | 5    |
| 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....   | 20   |
| CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 21   |
| 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....  | 21   |
| 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS .....  | 22   |
| 3.3 METODOLOGÍA.....  | 22   |
| 3.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO .....  | 23   |
| 3.5 MUESTRA.....  | 23   |
| 3.6 UNIDAD DE ANÁLISIS.....   | 24   |
| 3.7 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS .....  | 24   |
| 3.8 PROPIEDADES DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR<br>AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO |      |

|   |    |
|---|----|
| CERÁMICO RECICLADO Y (0.5 % HIDROXIDO DE SODIO + 1 % ADITIVO SIKA ANTISOL)..... | 30 |
| 3.9 PROCEDIMIENTO EN LA ELABORACIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO.....               | 31 |
| 3.10 CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO VIBRADO.....                  | 32 |
| 3.11 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....   | 34 |
| CAPITULO IV:ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                             | 38 |
| 4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....                                    | 38 |
| CAPITULO V:CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                 | 40 |
| 5.1 CONCLUSIONES.....   | 40 |
| 5.2 RECOMENDACIONES.....  | 41 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 42 |
| ANEXOS.....   | 46 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1: Rango de densidades de diferentes agregados .....  | 7  |
| Tabla 2: Requisitos de resistencia y absorción .....  | 8  |
| Tabla 4: Detalle del número de ladrillos de concreto por tipo y edad. ....                                | 24 |
| Tabla 7: Propiedades físicas del agregado fino.....   | 34 |
| Tabla 8: Propiedades físicas del agregado grueso (confitillo). ....                                       | 34 |
| Tabla 9: Propiedades físicas del ladrillo reciclado triturado. ....                                       | 35 |
| Tabla 10: Variación dimensional de los tipos de ladrillo de concreto. ....                                | 35 |
| Tabla 11: Alabeo de los tipos de ladrillo de concreto. ....   | 36 |
| Tabla 12: Peso de los tipos de ladrillo de concreto. ....   | 36 |
| Tabla 13: Absorción de los tipos de ladrillo de concreto.....   | 36 |
| Tabla 14: Succión de los tipos de ladrillo de concreto.....   | 36 |
| Tabla 15: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad de cada tipo de<br>ladrillo de concreto. ....  | 37 |
| Tabla 16: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad de cada tipo de<br>ladrillo de concreto. .... | 37 |
| Tabla 17: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad de cada tipo de<br>ladrillo de concreto. .... | 37 |
| Tabla 18: Análisis granulométrico del agregado fino, ensayo N°1.....                                      | 47 |
| Tabla 19: Análisis granulométrico del agregado fino, ensayo N°2.....                                      | 48 |
| Tabla 20: Análisis granulométrico del agregado fino, ensayo N°3.....                                      | 49 |
| Tabla 21: Contenido de humedad del agregado fino.....   | 50 |
| Tabla 22: Peso Unitario .....   | 50 |
| Tabla 23: Factor de corrección .....  | 50 |
| Tabla 24: Peso unitario suelto del agregado fino. ....  | 51 |
| Tabla 25: Peso unitario compactado del agregado fino.....   | 51 |
| Tabla 26: Peso específico del agredo fino. ....   | 51 |
| Tabla 27: Granulometría del confitillo ensayo N°1. ....   | 52 |
| Tabla 28: Granulometría del confitillo ensayo N°2. ....   | 53 |
| Tabla 29: Granulometría del confitillo ensayo N°3. ....   | 54 |
| Tabla 30: Contenido de humedad del confitillo.....  | 55 |
| Tabla 31: Peso unitario del confitillo.....   | 55 |
| Tabla 32: Factor f.....   | 55 |
| Tabla 33: Peso unitario suelto del confitillo. ....   | 56 |
| Tabla 34: Peso unitario compactado del confitillo. ....   | 56 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 35: Peso específico del confitillo. ....   | 56 |
| Tabla 36: Granulometría del ladrillo reciclado ensayo N°1. ....  | 57 |
| Tabla 37: Granulometría del ladrillo reciclado ensayo N°2. ....  | 58 |
| Tabla 38: Granulometría del ladrillo reciclado ensayo N°3. ....  | 59 |
| Tabla 39: Contenido de humedad del ladrillo reciclado. ....  | 60 |
| Tabla 40: Peso específico del ladrillo reciclado. ....   | 60 |
| Tabla 41: Peso unitario suelto. ....   | 60 |
| Tabla 42: Peso unitario compactado. ....   | 60 |
| Tabla 42: Diseño de mezcla del ladrillo patrón. ....   | 61 |
| Tabla 43: Diseño de mezcla del ladrillo patrón. ....   | 62 |
| Tabla 44: Diseño de mezcla con (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol). ....                             | 63 |
| Tabla 45: Diseño de mezcla con 5% de ladrillo reciclado y (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol). ....  | 64 |
| Tabla 46: Diseño de mezcla con 10% de ladrillo reciclado y (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol). .... | 65 |
| Tabla 47: Diseño de mezcla con 15% de ladrillo reciclado y (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol). .... | 66 |
| Tabla 48: Variación dimensional del ladrillo patrón. ....  | 67 |
| Tabla 49: Variación dimensional con aditivo 0.5% hidroxido de sodio y 1% de sika antisol. ....                       | 67 |
| Tabla 50: Variación dimensional con aditivo y 5% de ladrillo cerámico. ....  | 68 |
| Tabla 51: Variación dimensional con aditivo y 10% de ladrillo cerámico. ....   | 68 |
| Tabla 52: Variación dimensional con aditivo y 15 % de ladrillo cerámico. ....  | 68 |
| Tabla 53: Succión del ladrillo patrón. ....  | 69 |
| Tabla 54: Succión del ladrillo con aditivos. ....  | 69 |
| Tabla 55: Succión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico. ....  | 69 |
| Tabla 56: Succión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico. ....   | 69 |
| Tabla 57: Succión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico. ....   | 70 |
| Tabla 58: Absorción del ladrillo patrón. ....  | 70 |
| Tabla 59: Absorción del ladrillo con aditivos. ....  | 70 |
| Tabla 60: Absorción del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico. ....  | 70 |
| Tabla 61: Absorción del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico. ....   | 71 |
| Tabla 62: Absorción del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico. ....   | 71 |
| Tabla 63: Alabeo de unidades de ladrillo patrón. ....  | 71 |
| Tabla 64: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivos. ....  | 71 |
| Tabla 65: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico. ....                                    | 72 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 66: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivo y 10% de ladrillo cerámico. .                          | 72 |
| Tabla 67: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico. ....                          | 72 |
| Tabla 68: Peso de unidades de ladrillo de concreto vibrado. ....  | 72 |
| Tabla 69: Resistencia a la compresión del ladrillo patrón, a los 7 días.....                                | 73 |
| Tabla 70: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivos, a los 7 días. ....                         | 73 |
| Tabla 71: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico, a los 7 días. ....   | 73 |
| Tabla 72: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico, a los 7 días. ....  | 74 |
| Tabla 73: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico, a los 7 días. ....  | 74 |
| Tabla 74: Resistencia a la compresión del ladrillo patrón, a los 14 días.....                               | 74 |
| Tabla 75: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivos, a los 14 días. ....                        | 75 |
| Tabla 76: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico, a los 14 días. ....  | 75 |
| Tabla 77: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico, a los 14 días.....  | 75 |
| Tabla 78: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico, a los 14 días. .... | 76 |
| Tabla 79: Resistencia a la compresión del ladrillo patrón, a los 28 días.....                               | 76 |
| Tabla 80: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivos, a los 28 días.....                         | 76 |
| Tabla 81: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico, a los 28 días. ....  | 77 |
| Tabla 82: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico, a los 28 días. .... | 77 |
| Tabla 83: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico, a los 28 días. .... | 77 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino, ensayo N°1.....                           | 47 |
| Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino, ensayo N°2.....                           | 48 |
| Figura 3. Curva granulométrica del agregado fino, ensayo N°3.....                           | 49 |
| Figura 4. Curva granulométrica del confitillo, ensayo N°1. ....                             | 52 |
| Figura 5. Curva granulométrica del confitillo, ensayo N°2 .....                             | 53 |
| Figura 6. Curva granulométrica del confitillo, ensayo N°3. ....                             | 54 |
| Figura 7. Curva granulométrica del ladrillo cerámico triturado, ensayo N°1 .....            | 57 |
| Figura 8. Curva granulométrica del ladrillo reciclado triturado, ensayo N°2 .....           | 58 |
| Figura 9. Curva granulométrica del ladrillo reciclado triturado, ensayo N°3. ....           | 59 |
| Figura 10.Obteniendo agregados de la cantera chiclayito.....                                | 81 |
| Figura 11.Obteniendo material reciclado de ladrillo cerámico. ....                          | 81 |
| Figura 12.Granulometría del confitillo .....  | 82 |
| Figura 13.Peso unitario compactado del confitillo. ....                                     | 82 |
| Figura 14.Peso de fiola con muestra y agua hasta menisco, ensayo de peso<br>específico..... | 83 |
| Figura 15.Peso de molde más agua, ensayo de peso unitario. ....                             | 83 |
| Figura 16.Ensayo de peso unitario compactado, agregado fino. ....                           | 84 |
| Figura 17.Elaboración de ladrillos de concreto.....   | 84 |
| Figura 18.Ladrillos refrendados para ensayo a compresión.....                               | 85 |
| Figura 19.Ensayo a compresión a los 14 días de edad.....                                    | 85 |
| Figura 20.Ensayo de succión de ladrillo de concreto. ....                                   | 86 |
| Figura 21.Ensayo a compresión a los 28 días de edad.....                                    | 86 |

## RESUMEN

Los ladrillos están dentro de los elementos que más se utiliza en la industria de la construcción, ante el aumento de este sector, por ende, la escases de materia prima y los grandes volúmenes de residuos generados a diario se busca la incorporación de nuevos materiales en la elaboración de ladrillos de concreto, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo determinar la variación de la resistencia a compresión del ladrillo de concreto: al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol). Para tal propósito se elaboró 90 ladrillos de concreto los cuales 30 fueron ensayados a los 7 días, 30 fueron ensayados a los 14 días y 30 fueron ensayados a los 28 días; dividiéndose en ladrillos de concreto patrón y ladrillos de concreto al sustituir agregado fino por ladrillo cerámico del 5%, 10% y 15% con el 0.5% de hidróxido de sodio más 1% de aditivo sika antisol. La resistencia a compresión promedio a los 28 días de edad del ladrillo patrón es 200.88 kg/cm<sup>2</sup>, al sustituir agregado fino por ladrillo cerámico del 5%, 10% y 15% con el 0.5% de hidróxido de sodio + 1% de aditivo sika antisol es 230.01 kg/cm<sup>2</sup>, 205.98 kg/cm<sup>2</sup>, 200.80 kg/cm<sup>2</sup>, 191.41 kg/cm<sup>2</sup>. Según los resultados obtenidos se concluye que la resistencia a compresión para la sustitución de agregado fino por ladrillo cerámico reciclado del 5%, 10% y 15% con hidróxido de sodio y sika antisol varía en menos del 10%, solo cuando se utiliza hidróxido de sodio y sika antisol varía en más del 10% en comparación con el ladrillo de concreto patrón.

**Palabras clave:** ladrillo, concreto, hidróxido de sodio, sika antisol, reciclado, compresión.

## ABSTRACT

Bricks are among the most used elements in the construction industry, given the increase in this sector, therefore, the scarcity of raw materials and the large volumes of waste generated daily, the incorporation of new materials in the production of concrete bricks is sought, so the present investigation had the objective of determining the variation of the compressive strength of the concrete brick: when replacing fine aggregate with different percentages of recycled ceramic brick and (0.5% sodium hydroxide + 1% sika antisol additive). For this purpose, 90 concrete bricks were made, of which 30 were tested at 7 days, 30 were tested at 14 days and 30 were tested at 28 days; divided into pattern concrete bricks and concrete bricks by replacing fine aggregate with 5%, 10% and 15% ceramic brick with 0.5% sodium hydroxide plus 1% sika antisol additive. The average compressive strength at 28 days of age of the pattern brick is 200.88 kg / cm<sup>2</sup>, when replacing fine aggregate with 5%, 10% and 15% ceramic brick with 0.5% sodium hydroxide + 1% sika antisol additive is 230.01 kg / cm<sup>2</sup>, 205.98 kg / cm<sup>2</sup>, 200.80 kg / cm<sup>2</sup>, 191.41 kg / cm<sup>2</sup>. According to the results obtained, it is concluded that the compressive strength for the replacement of fine aggregate with recycled ceramic brick of 5%, 10% and 15% with sodium hydroxide and sika antisol varies by less than 10%, only when sodium hydroxide and sika antisol are used it varies by more than 10% compared to the pattern concrete brick.

**keywords:** brick, concrete, sodium hydroxide, sika antisol, recycled, compressive.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante el crecimiento de la población mundial la necesidad de contar con una vivienda se ha incrementado, buscando tener seguridad y una rápida construcción, lo cual permite la búsqueda de nuevos métodos y tecnologías para la construcción. Durante los últimos años la albañilería se ha convertido en el sistema constructivo más utilizado, siendo parte de este sistema los ladrillos de concreto por su buena capacidad estructural y su bajo costo. (Zanabria & Infantes, 2023)

En el Perú el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) dio a conocer que el 55,8% de las viviendas con ocupantes presentes tienen paredes de ladrillo o bloque de cemento, esto pone en evidencia la gran cantidad de materia prima que se emplea para satisfacer la demanda de ladrillos. (INEI, 2017)

El progreso en el desarrollo de nuevas fórmulas para el concreto va en múltiples direcciones desde la utilización de bacterias que permiten al concreto repararse solo, hasta incluir en los diseños de mezcla materiales que incrementen su capacidad de resistencia. El desarrollo de un nuevo tipo de ladrillo de concreto representa un avance sostenible, ya que incorpora material proveniente de residuos o demoliciones y, por otro lado, incorpora tecnología al añadir materiales no tradicionales. (Hormigón al día, 2024)

La búsqueda constante en la evolución de la industria de la construcción permite impulsar métodos más sostenibles y resistentes. Como los materiales con la incorporación de álcali que a partir de residuos sólidos de la construcción que tienen un valor económico como es el caso del ladrillo cerámico pueden ser reutilizados. Los materiales con la incorporación de álcalis son aglutinantes emergentes que han despertado un gran interés debido a mejoras en sus propiedades como baja permeabilidad, resistencia a la compresión, térmica, corrosión y durabilidad. (García, & Ramírez, 2023).

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿En cuánto varía la resistencia a compresión del ladrillo de concreto al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol)?

## **1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

La resistencia a compresión del ladrillo de concreto, varía en más de un 10% al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) respecto al ladrillo de concreto patrón.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se justifica por brindar nueva información de la variación de la resistencia a compresión de un ladrillo de concreto al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol). En la que cumpla la resistencia mínima establecida por la norma NTP 399.601 debido a que el ladrillo cerámico con el hidróxido de sodio y sika antisol mejoran sus propiedades.

Esta investigación tiene el propósito de fomentar el uso de materiales nuevos como el ladrillo cerámico reciclado con hidróxido de sodio y sika antisol para aumentar la resistencia a la compresión en ladrillos de concreto.

## **1.5 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación se delimitará a evaluar la variación de la resistencia a compresión, en ladrillos de concreto: al sustituir agregado fino por ladrillo cerámico reciclado en porcentajes del 5%, 10% y 15% con (0.5% hidróxido de sodio + 1% Sika antisol).

La evaluación de la resistencia a la compresión se realizará en unidades de ladrillo de concreto a los 7, 14 y 28 días de curado.

## **1.6 LIMITACIONES**

- No se realizaron ensayos químicos del ladrillo cerámico reciclado, Sika Antisol, Hidróxido de sodio.

## **1.7 OBJETIVOS**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la resistencia a compresión del ladrillo de concreto: al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) comparado con el ladrillo de concreto patrón.

### **1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la resistencia a compresión del ladrillo de concreto: al sustituir agregado fino por 5% de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) en comparación con el ladrillo de concreto patrón a los 7, 14, 28 días.
- Determinar la resistencia a compresión del ladrillo de concreto: al sustituir agregado fino por 10% de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) en comparación con el ladrillo de concreto patrón a los 7, 14, 28 días.
- Determinar la resistencia a compresión del ladrillo de concreto: al sustituir agregado fino por 15% de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) en comparación con el ladrillo de concreto patrón a los 7, 14, 28 días.

## **1.8 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO**

La presente investigación abarca los siguientes capítulos:

- Capítulo I: Introducción  
Comprende el planteamiento del problema, formulación del problema, hipótesis de la investigación, justificación de la investigación, delimitación de la investigación, objetivos de la investigación y descripción de contenido.
- Capítulo II: Marco teórico  
Contiene antecedentes, bases teóricas y términos básicos.
- Capítulo III: Ubicación, Materiales y métodos.  
Indica la ubicación geográfica donde se realizó la investigación, metodología, caracterización y descripción de las propiedades de los materiales, procedimientos donde se describe de manera ordenada el proceso de la investigación, procesamiento de datos y presentación de resultados.

- Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados.  
Se realiza el análisis y discusión de resultados.
- Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones  
Se presenta la parte más importante como son las conclusiones en función a los objetivos y se indica algunas recomendaciones.
- Referencias bibliográficas  
Incluye citas bibliográficas que han sido parte de la investigación.
- Anexos

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 ANTECEDENTES REFERENTES A LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

Bravo et al. (2024) realizaron una investigación titulada “Uso del ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino en diseño de hormigón de 21 MPa” en esta investigación analiza la sustitución de agregado fino por ladrillo cerámico reciclado triturado en porcentajes de 15, 20, 25 y 30% con un aditivo súper plastificante. En esta investigación se contrasta la resistencia de un concreto patrón y un concreto con la sustitución. Según sus resultados obtuvieron una mejor resistencia al sustituir agregado fino por ladrillo reciclado triturado en un 15% teniendo una resistencia a compresión de 29.3 MPa.

Veerakumar & Saravanakumar. (2018) realizaron “un estudio detallado sobre la sustitución parcial de agregado fino con escombros de ladrillo”. Donde su objetivo fue investigar si es conveniente el uso de escombros de ladrillo en el concreto al sustituirlo por agregado fino, en la cual compararon cuatro grupos con la sustitución de arena fina por ladrillo cerámico triturado del 5%, 10%, 15% y 20% a edades de 7, 14 y 28 días de curado, se elaboraron de 12 bloques de concreto en forma de cubo con medidas de 150 milímetros por lado. Como resultados obtuvieron que la resistencia a la compresión del concreto que contenía restos de ladrillos del 10% de reemplazo era la más favorable, también concluyen que se obtiene una mayor resistencia a edades tempranas y un significativo ahorro en el costo de materiales.

#### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Vilca (2017) en su investigación “Influencia del porcentaje de ladrillo reciclado como agregado fino sobre el asentamiento, peso unitario resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento tipo MS.” Realizo el reemplazo de agregado fino por ladrillo triturado con los siguientes porcentajes 10, 20, 30, 40 y 50%. Según sus resultados la resistencia a la compresión a los 28 días de curado se incrementó moderadamente hasta un 20% de reemplazo, mientras el peso unitario y el asentamiento fueron decayendo.

Chavarría et al. (2021) en su estudio “Arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón estructural” investigaron la sustitución de agregado fino por arcilla cocida en proporciones de 15, 20 y 25%. Realizaron un diseño de mezcla para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . De sus resultados dan a conocer que a medida que incrementan a un 25% la sustitución la resistencia a compresión del concreto aumenta comparando con el 15 y 20%. Del estudio concluyen que con un reemplazo del 25% de arcilla cocida por agregado fino mejora la resistencia a compresión en 8.6% comparada con la muestra patrón.

Zamora (2023) en su investigación “Efecto de la resistencia y durabilidad del concreto al reemplazar ladrillo triturado” para un concreto de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  utilizó un reemplazo parcial de agregado fino por ladrillo cerámico triturado de 10, 20 y 30% comparando con un concreto patrón. Del estudio concluye que un reemplazo óptimo de ladrillo triturado por agregado fino es del 10% para un concreto de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  incrementando la resistencia en un 4.11% a los 28 días.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Unidades de albañilería de concreto**

Ladrillo de concreto fabricado con cemento portland, agua y agregados. (Norma Técnica Peruana NTP 399. 601-2015).

#### **2.2.1.1 Materia prima**

Los ladrillos de concreto están compuestos principalmente por cemento portland, agregados graduados y agua. Según los requerimientos también pueden tener otros materiales, tales como pigmentos y agregados especiales. De acuerdo a la densidad de sus agregados se pueden fabricar de peso normal y de peso liviano. En la siguiente tabla se indica diferentes tipos de agregados con el rango de su densidad. (Bardales,2019)

Tabla 1: Rango de densidades de agregados

| <b>Agregado</b>   | <b>Densidad (Kg/m3)</b> |
|-------------------|-------------------------|
| Arena y piedra    | 2000 - 2350             |
| Escorias          | 1600 - 2200             |
| Arcilla expandida | 1200 - 1500             |
| Piedra pómez      | 950 - 1300              |
| Concreto celular  | 400 - 700               |

Fuente: Bardales,2019.

### **2.2.1.2 Clasificación del ladrillo**

Bardales (2019) clasifica a los ladrillos de la siguiente manera:

#### **De acuerdo a la sección con la superficie de asiento.**

- **Ladrillo macizo**

Es el ladrillo cuya sección neta paralela a la superficie de asiento, es igual o superior al 75% medido en el mismo plano. (Bardales, 2019)

- **Ladrillo hueco**

Es aquel ladrillo donde su sección transversal paralela a la superficie de asiento representa un área menor o igual que 75% del área bruta. (Bardales, 2019)

#### **De acuerdo a su resistencia**

Según la Norma Técnica Peruana NTP 339. 601-2015 los ladrillos de concreto se clasifican de la manera siguiente:

**Tipo 24:** Se utiliza para obtener una alta resistencia a la compresión, ante exposición de la humedad y climas muy fríos.

**Tipo 17:** Se utiliza para obtener resistencias de 17 a 24 Mpa, para climas fríos y exposiciones a la humedad.

**Tipo 14:** Se usa para resistencias que están entre 14 y 17 Mpa.

**Tipo 10:** Se usa en resistencias promedio comprendidas entre 10 y 14 Mpa.

Tabla 2: Valores establecidos de sus principales características.

| Resistencia a la compresión, min, MPa, respecto al área bruta promedio. |                        |                   | Absorción de agua, máx., % (Promedio de 3 unidades) |
|---|------------------------|-------------------|---|
| Tipo  | Promedio de 3 unidades | Unidad Individual |   |
| 24  | 24                     | 21                | 8   |
| 17  | 17                     | 14                | 10  |
| 14  | 14                     | 10                | 12  |
| 10  | 10                     | 8                 | 12  |

Fuente: NTP 399.601,2016

### 2.2.1.3 Propiedades de las unidades de albañilería

Según Bardales (2019), las propiedades de los ladrillos están relacionadas con la resistencia estructural las cuales son:

- **Resistencia a la compresión**

Es la carga aplicada hacia un área específica de su sección transversal. Ante una alta resistencia a la compresión indican un buen comportamiento para fines estructurales y de exposición, de lo contrario indicaría unidades de albañilería poco resistente y durable. (Bardales, 2019).

- **Alabeo**

Es la distorsión de las caras que se contraponen del ladrillo de concreto, pueden ser elevaciones sobresalientes como también partes cóncavas.

Un mayor alabeo produce un mayor espesor de junta, produciéndose fallas por tracción ya que se forman vacíos y debilita la unión de las unidades. (Bardales, 2019)

- **Variabilidad dimensional**

Es la diferencia de las medidas entre las caras opuestas del ladrillo. Es una propiedad física que ante una mayor diferencia dimensional mayor será el espesor de junta y por ende tendrá una menor resistencia a la compresión y la fuerza cortante del muro de albañilería. (Bardales, 2019)

### - **Absorción**

Es la diferencia de peso del ladrillo saturado y el ladrillo secado en el horno expresada en porcentaje del peso del ladrillo seco. (Bardales, 2019)

### - **Succión**

Es la medida de la rapidez con la que absorbe el agua el ladrillo en la cara de asiento, esta es una propiedad muy importante para la relación mortero-unidad debido a que si la succión es muy alta el mortero perderá agua y endurece, perdiendo contacto completo con la cara superior de la otra unidad. Se debe tener en cuenta que para una succión mayor a 20 gramos por minuto en un área de 200 cm<sup>2</sup> se debe saturar el ladrillo antes de ser usado. (Bardales, 2019)

## **2.2.2 Componentes del ladrillo de concreto con material reciclado de ladrillo.**

### **2.2.2.1 Ladrillo**

La Norma NTP 331.017 (2018) define al ladrillo como la unidad de albañilería elaborada con arcilla, realizada en moldes, prensado o extrusión y tratada con calor en hornos a temperaturas elevadas.

### **2.2.2.2 Cemento portland**

Según la NTP 334.009 (2016), refiere que en su fabricación está hecho a través de la pulverización del Clinker asimismo presenta sulfato de calcio y en el transcurso del molido a veces se utiliza caliza.

**Tipos de cemento Portland:** Según la norma técnica peruana existe cinco tipos de cementos portland (NTP 334.009:2016):

- **Tipo I:** Este cemento es de uso común y libera mayor calor de hidratación.
- **Tipo II:** Se usa de manera normal, posee un moderado calor de hidratación y resistencia a los sulfatos.
- **Tipo III:** Se utiliza para cuando se va desencofrar a los pocos días o que reciba carga en corto tiempo.

- **Tipo IV:** Se usa cada vez que se demande bajo calor de hidratación, en su fraguado no debe presentar dilataciones.
- **Tipo V:** Usado siempre que se quiere proteger de los sulfatos.

## **Propiedades del cemento**

- **Finura o superficie específica**

Propiedad física elemental del cemento. De manera que, cuanto más fino sea el cemento el tiempo de fraguado será menor por ende aumentara el calor de hidratación y la susceptibilidad a la fisuración, entonces se deduce cuanto mayor el tamaño del grano la exudación disminuye y la absorción aumenta. (Blácido & Mallqui, 2019).

- **Hidratación del cemento**

Es el resultado de procesos químicos y físicos entre el cemento portland y el agua que al mezclarse reacciona y se forma estructuras cristalinas, que luego se convierte en un material aglutinante. (Blácido & Mallqui, 2019).

- **Fraguado**

Tiempo de fraguado inicial comienza cuando se añade el agua hasta que la pasta está semidura indicando que el cemento está parcialmente hidratado y fraguado final es el tiempo transcurrido desde que la pasta sigue endureciendo hasta que deja de ser deformable ante pequeñas cargas, el cual evidencia que el cemento está aún más hidratado y la pasta ya esta dura. (Blácido & Mallqui, 2019).

- **Calor de hidratación**

Durante el proceso de hidratación se libera calor haciendo que aumente su temperatura; la cantidad de calor generado principalmente depende de la composición química del cemento, la finura del cemento y la temperatura de curado. (Blácido & Mallqui, 2019).

### 2.2.2.3 Agua de mezcla

Cumple con un rol básico en el proceso de la elaboración de la mezcla de concreto, donde se produce reacciones y crean redes cristalinas, que forman un compuesto aglutinante. Por tanto, no puede presentar agentes extraños en su composición ya que puede inhibir o disminuir el desarrollo de sus propiedades. (Martínez & Meléndez, 2020)

### 2.2.2.4 Agregados

Material granular que están conformados por grava, arena, piedra triturada que sirven para mezclas de concreto o mortero. (Norma E 0.60).

#### 2.2.2.4.1 Tipos de agregados

Bazalar & Cadenillas, (2019): indica que el tipo de agregado depende del lugar de procedencia y la forma utilizada en su aprovechamiento. Se tienen los siguientes tipos de agregados.

- **Agregados Marginales:** Son los que no están conforme a las especificaciones que indican las normas establecidas para materiales de construcción.
- **Agregados Naturales:** Son agregados que sufren una modificación para adaptarse con los requerimientos.
- **Agregados de Trituración:** Este tipo de agregado es obtenido de las chancadoras de rocas de cantera, con propiedades adecuadas que permitan elaborar mezclas de concreto.
- **Agregados Reciclados:** De acuerdo con la NTP (400.011:2008) son agregados que se obtienen a partir de un tratamiento de materiales inorgánicos procedentes de la construcción y demolición.

## 2.2.2.4.2 Clasificación de los agregados

### Clasificación por su densidad

Según Bazalar & Cadenillas, (2019) hacen la siguiente clasificación:

- **Normales:** Tienen un uso general son los más recurrentes en la construcción, el rango de su peso unitario varía de 1000-1800 kg/m<sup>3</sup>.
- **Livianos:** Son los agregados con un peso unitario que se encuentran comprendidos entre 700-800 kg/m<sup>3</sup> y son usados para obtener concretos livianos.
- **Pesados:** Son aquellos agregados que se utilizan para concretos pesados ya que tienen un peso unitario mayor que 2000 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.2.2.4.2.1 Por su composición granulométrica

#### A. Agregado fino

Conforme a la NTP 400.037 este agregado pasa por el tamiz 3/8 pulg y se retiene en el tamiz N° 200.

Morillos (2021), realiza un resumen de la clasificación de los agregados.

- **Arena fina:** Es aquel agregado fino con un diámetro entre los 0.25 mm y 1 mm.
- **Arena media:** Es aquel agregado con un diámetro entre los 1 mm a 2.5 mm no se utiliza en obras.
- **Arena Gruesa:** Es aquel agregado con diámetros que van de 2.5 mm a 5 mm, y forma parte de una gran cantidad de mezclas de concreto.

#### B. Agregado grueso

Según la NTP 400.037 cuando el agregado es retenido en el tamiz estandarizado N°4.

Morillos (2021), realiza un resumen de la clasificación de los agregados:

- **Grava:** Según su procedencia pueden ser de ríos o canteras se clasifican según su tamaño:
  - **Gravilla:** comprende un tamaño entre 5mm a 10mm.
  - **Grava fina:** Tiene un tamaño de 10 mm a 20mm, también conocida como gravilla de 1/2".
  - **Grava media:** Tiene un tamaño de 20mm a 40mm, también conocida como gravilla de 3/4".

- **Grava gruesa:** Tiene un tamaño de 40mm a 75mm, comercialmente llamada gravilla de 1 ½" y 2".
- **Canto rodado:** tienen un tamaño que va de 75mm a más, tienen su origen en los ríos, se usa en acabados remplazando a cerámicos.
- **Piedra chancada o piedra triturada:** Según Morillos (2021), son producto de la trituración de rocas grandes en partes pequeñas, se clasifican en:
  - **Piedra grande:** Tienen un tamaño mayor a 10", son utilizadas en la elaboración de concreto ciclópeo.
  - **Piedra Media:** Compreendida entre 4" a 6", son utilizadas en sobrecimientos.
  - **Piedra chancada:** Es la piedra grande triturada por una máquina, para generar partes más pequeñas.
  - **Confitillo:** Son restos de la trituración de la piedra chancada, su tamaño oscila entre 1.5cm y 2.5cm, son utilizados en pavimentos, ladrillos de concreto.

### 2.2.3 Residuos de construcción y demolición

Los residuos de construcción y demolición (RCD), también llamados residuos inertes y conocidos habitualmente como escombros, son aquellos que se generan en las actividades propias de construcción y esencialmente durante la rehabilitación, reforma, demolición y mantenimiento de edificios o infraestructuras en general. (Santos, 2018)

- **Tipología de residuos**

Los componentes de los residuos de construcción son diferentes pueden proceder de procesos constructivos, remodelamientos o demoliciones. También depende de la actividad para la que se ha diseñado el edificio, así como la zona donde se haya realizado la obra y la edad de la misma, ya que los materiales una vez utilizados van sufriendo variaciones importantes en el tiempo. (Santos, 2018)

Se tratan de residuos constituidos básicamente por tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, ladrillos, vidrios, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, plásticos, yesos y maderas. (Santos, 2018)

#### 2.2.4 El reciclaje de residuos cerámicos

Según Santos (2018) indica que los restos de ladrillo cerámico son reutilizables de manera directa o sufrir una transformación y pasar al reemplazo de materias primas no renovables como agregados reciclados. Los residuos cerámicos se pueden utilizar en los siguientes casos.

Cuando se tenga ladrillos de arcilla y tejas de cerámica en grandes cantidades, estos se triturarán para formar parte de sub-bases con buenos resultados en carreteras con tráficos menores, cada vez que las propiedades químicas y físicas lo permitan. Santos (2018)

Fabricación de hormigones y morteros. Por sus propiedades físicas los cerámicos triturados estarían conformando los agregados de bajo peso, esta propiedad permite elaborar concretos ligeros. Santos (2018)

El concreto fabricado con ladrillo triturado con una densidad adecuada también nos permite utilizar en la construcción de estructuras de concreto simple y concreto armado, tales como: muros, chimeneas, concreto armado prefabricado, tejas de concreto. Asimismo, los residuos cerámicos son utilizados como agregado grueso en la preparación de mezcla de concreto para elementos prefabricados como los ladrillos de concreto y elementos para la pavimentación de calles con tránsito peatonal. Santos (2018)

#### 2.2.5 Propiedades de los agregados de ladrillo cerámico reciclado

Dependen del material de origen y del proceso de molienda de los residuos de arcilla, la microestructura de los agregados de los ladrillos de arcilla porosa y su absorción de agua influyen notablemente en la durabilidad, las propiedades físicas y la trabajabilidad del concreto resultante. (Mimbela, Muñoz & Rodriguez, 2021).

- **Peso unitario suelto seco:** El peso unitario suelto seco de arena fina es mayor en comparación a la del ladrillo reciclado molido. (Bocanegra & Espejo, 2018)
- **Absorción:** A medida que el tamaño de partícula disminuye, mayor es la superficie específica del material, por lo tanto, va requerir mayor cantidad de agua para el mojado de los granos de árido, lo que hace que su absorción aumente. (Bocanegra & Espejo, 2018)

- **Peso específico:** El peso específico es menor que 2.50 g/cm<sup>3</sup> y a medida que disminuye el tamaño de partícula disminuye su peso específico. (Bocanegra & Espejo, 2018)

Según la investigación de Hernández (2021) sostiene que entre los principales componentes químicos de polvo de ladrillo cerámico reciclado son: sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), en mayor porcentaje, siendo la sílice la que favorece la reacción puzolánica.

### 2.2.6 Activadores alcalinos

Los activadores alcalinos son muy importantes en el desarrollo de los cementos alcalinos. Estos activadores se suelen incorporar en la mezcla como una disolución, o también se pueden adicionar en estado sólido. (Torres & Puertas, 2017).

Torres & Puertas, (2017), También nos dice que generalmente, los activadores más empleados suelen ser hidróxidos y silicatos alcalinos.

- **Hidróxido de sodio.** Tiene un buen comportamiento en la formación de gopolímeros, aumentando la resistencia a la compresión y reduciendo la porosidad en las muestras ensayadas. Dando mayor resistencia ante una mayor concentración de hidróxido de sodio a edades tempranas, pero a edades mayores se ve afectada por el exceso de solución OH<sup>-</sup> y falta de uniformidad en productos finales. (Torres & Puertas, 2017).
- **Silicato de sodio.** Es el más empleado en la activación alcalina, la disponibilidad de la sílice es de mucha importancia, ya que brinda una mejor trabajabilidad y permite incrementar la resistencia mecánica, modificando la composición del gel y la microestructura del material formado. (Torres & Puertas, 2017).

### 2.2.7 Propiedades químicas de las materias primas

#### - Ladrillo cerámico reciclado

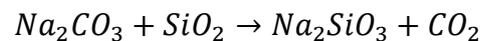
Los desechos de ladrillo cerámico contienen principalmente SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y FeO conforme a los estudios de difracción de rayos x clasificándolo como un material puzolánico debido a la gran cantidad de sílice, alúmina y óxidos de hierro que forman parte de más del 85% dentro del material cerámico se encuentra el metacaolín con la siguiente fórmula Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 2SiO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O (Torres, 2015)

- **Cemento**

El Clinker de cemento Portland contiene los siguientes compuestos químicos, que provienen de los minerales de Clinker, que son:  $Ca_3SiO_5$  = silicato tricálcico aporta mayor resistencia,  $Ca_2Si$  = silicato dicálcico desarrolla la resistencia lentamente,  $Al_2Ca_3O_6$  = aluminato tricálcico. (Blácido & Mallqui, 2019).

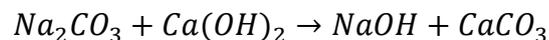
- **Sika Antisol**

Es un líquido incoloro que tiene una concentración del 20 al 50% de silicato de sodio, una densidad a 20°C de 1.10 - 1.12 g/cm<sup>3</sup>, un pH de 10 a 11 y es soluble en agua. El silicato de sodio es fabricado por fusión en un horno a 1200°C compuesto de ceniza de soda o carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ) y sílice ( $SiO_2$ ) cuya fórmula química es  $Na_2SiO_3$ . (Apablaza, 2015).



- **Hidroxido de sodio**

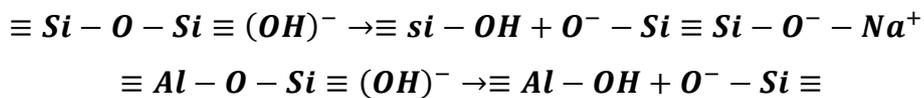
Conocido como sosa cáustica cuya fórmula es ( $NaOH$ ) a un 50% de concentración se encuentra en estado sólido de color blanco, un pH de 14 una densidad de 2.13 g/cm<sup>3</sup>, soluble en agua. Se obtiene mediante la separación por electrólisis del cloruro de sodio ( $NaCl$ ), por reacción del hidróxido de calcio  $Ca(OH)_2$  y carbonato de sodio  $Na_2CO_3$ . (Apablaza, 2015).



- **Geopolimerización.** Este término hace referencia a la reacción química al mezclar aluminosilicatos con activadores alcalinos, frecuentemente hidróxidos y silicatos alcalinos, obteniendo una nueva red molecular polimérica formando geopolimeros. el cual consta de tres pasos, primero la disolución de materiales, esta solución proporciona aluminato y silicato a la reacción, estas se reorganizan en la solución finalmente se poilcondenzan formando el geopolimero endurecido. (Hernández,2021)

Según Hernández (2021) este proceso implica tres etapas principales:

- **Etapas de disolución.** Las partículas compuestas por aluminosilicatos liberan  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , etc. (según su composición), al entrar en contacto con una solución activadora alcalina. Cuanto menor es el tamaño de la partícula aumenta la probabilidad de un mayor efecto del activador alcalino.
- **Etapas de despolimerización.** La incorporación de hidróxidos alcalinos produce un cambio en la fuerza iónica, los aniones  $\text{OH}^-$  reaccionan con la superficie de las partículas de la puzolana haciendo que la estructura de la red de aluminosilicatos se rompa y forman diferentes complejos ( $\text{Si-OH}$ ) y ( $\text{Si-O}^-$ ), estos dependerán de la concentración del activador alcalino en la solución. La presencia del catión alcalino ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{k}^+$ , etc.) neutraliza el exceso de carga mediante los enlaces  $\text{Si-O-Na}^+$ ,  $\text{Si-O-K}^+$ , etc.

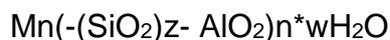


- **Etapas de policondensación y formación del gel polimérico.**

En esta etapa se da por catálisis de  $\text{OH}^-$  con los iones activos de  $\text{Al}^{3+}$   $\text{Si}^{4+}$ . Se unen entre sí por la atracción entre los grupos hidroxilo de los monómeros de aluminio y silicato. Posteriormente el catión alcalino ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{k}^+$ , etc.) se policondensa formando un gel de aluminosilicatos que se acumula gradualmente.

- **Estructura química de los geopolímeros**

La formación del geopolimero se da al poner en contacto el material puzolánico con la solución alcalina, en la estructura principal de los geopolimeros, se encuentra el silicio y aluminio, produciendo enlaces tetraédricos por el intercambio de átomos de oxígeno, la reacción tiene como base un monómero silicato ( $\text{O-Si-O-Al-O}$ ), con la siguiente fórmula empírica. (Apablaza, 2015).



Donde:

M: catión monovalente como el potasio, calcio, sodio.

n: es el grado de policondensación

z: 1,2 o 3. relación molar Si/Al.

w: número de moléculas de agua asociadas.

#### - **Ventajas de los geopolímeros**

Según Apablaza, (2015) se tiene.

Aumenta la capacidad del cemento cuando se reemplaza en un 10% a 90%.

Presenta similares o mejores propiedades mecánicas que el cemento portland.

Tiene una alta resistencia y durabilidad en ambientes agresivos.

#### **2.2.8 Concreto vibrado**

El concreto vibrado permite minimizar el aire atrapado o vacíos mejorando las propiedades físicas como la densidad, resistencia mecánica, durabilidad, compacidad. (Morillos, 2021).

El tiempo de vibrado es muy importante en la compacidad del elemento, la consistencia también es muy importante a tener en cuenta con una consistencia seca se tiene una mayor resistencia. (Echeverría, 2017)

- **Principios fundamentales de la vibración.** Está determinada por la frecuencia, la frecuencia es el número de impulsiones a que se somete el concreto en un minuto, existen dos tipos de vibración de baja frecuencia con 3000 vibraciones por minuto y de alta frecuencia cuando son iguales o mayores a 6000 vibraciones por minuto, con vibraciones de alta frecuencia se obtiene una mejor compactación. (Martínez & Meléndez, 2020)

- **Proceso de la vibración.** El proceso del concreto vibrado consiste en someter a una serie de vibraciones al concreto haciendo que las partículas se junten y el agua ascienda a la superficie. (Morillos, 2021).

Este proceso consiste en realizar vibraciones de 90 Hz, disminuyendo la fricción en el interior de la superficie de las partículas de los agregados. El concreto abarca todo el espacio del molde, mientras el aire atrapado se elimina hacia la superficie. Culminada la vibración se restablece la fricción interna entre las partículas del concreto. (Echeverría, 2017)

Se presentan dos etapas simultáneas fundamentalmente durante el proceso de vibrado. La primera etapa se llena de concreto los vacíos generados por los agregados de mayor tamaño, pese a esto aún se presenta burbujas de aire atrapado. Mientras tanto en la siguiente etapa se produce el ascenso de burbujas

a la superficie del concreto, dando paso a la liberación de una gran cantidad del aire atrapado. (Echeverría, 2017)

- **Ladrillos de concreto vibrado.** Hoy en día existen industrias ladrilleras que utilizan grandes máquinas vibratoras, sin embargo, en algunos lugares aún no se cuenta con estas máquinas siendo necesario realizar una vibración manual, es por esto que se está utilizando mesas vibratoras pequeñas. (Echeverría, 2017)  
Para obtener un ladrillo de calidad depende principalmente de los agregados que la componen y de un correcto proceso de fabricación, una perfecta determinación de la dosificación, así como un buen proceso de elaboración y un buen curado. (Echeverría, 2017)
- **Utilización de los ladrillos de concreto.** Son fabricados para la albañilería confinada y armada. Se pueden utilizar en la construcción de muros, parapetos, sobrecimientos, etc. (Echeverría, 2017)

#### **Propiedades del concreto vibrado:**

- **Resistencia mecánica.** Es la propiedad más importante respecto al concreto vibrado, la resistencia aumenta considerablemente ante una vibración de alta frecuencia. (Morillos, 2021).
- **Compacidad.** Es la propiedad que permite disminuir el volumen de vacíos y el aire atrapado en el concreto permitiendo mejorar sus propiedades físicas. (Morillos, 2021).
- **Resistencia a la abrasión, congelamiento.** Esta propiedad le permite tener una mayor resistencia frente al desgaste, climas agresivos (heladas), está directamente ligada a la compacidad. (Morillos, 2021).
- **Desmolde rápido.** El desmolde en el concreto vibrado es inmediato siempre y cuando cumpla con una granulometría adecuada y la mezcla presente una consistencia seca. (Morillos, 2021).

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Ladrillo cerámico.** Son elementos cerámicos que tienen forma de paralelepípedo, elaborados con tierras arcillosas, moldeados. Comprimidos y sometidos a cocción en hornos. (Bocanegra & Espejo, 2018).
- **Ladrillo cerámico reciclado.** Inicia con la recolección de los materiales desechados por diferentes razones como defectos en la fabricación, defectos en la cocción, roturas frágiles, demoliciones y otros casos donde los materiales son apilados durante largos periodos de tiempo. (Romero & Salguero, 2020).
- **Ladrillos de concreto.** Son unidades de albañilería con medidas modulares elaborado con cemento portland, agregados y agua; tienen un ancho máximo de cuatro pulgadas. (NTP 399. 601 - 2016).
- **Resistencia a la compresión.** Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un ladrillo y su sección bruta. (NTP 399. 601 - 2016).
- **Sika antisol.** Es un agente de curado el cual mantiene el agua dentro de la superficie del concreto recién vaciado formando una capa microcristalina que evita la evaporación de humedad por los poros del concreto.
- **Hidróxido de sodio.** Es el hidróxido comúnmente más empleado como activador en la síntesis de geopolímeros y como un acelerador en el proceso de hidratación del cemento. (Torres, 2015)
- **Silicato de sodio.** Los silicatos de sodio, también conocidos como "vidrios solubles" son compuestos químicos inorgánicos producidos de la combinación, en variadas proporciones, de arenas de sílice de alta pureza ( $\text{SiO}_2$ ) y carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). (Torres, 2015)
- **Álcali:** Solución acuosa que tiene un pH mayor que 7.

## CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

#### 3.1.1 Ubicación geográfica de la investigación

La presente investigación se desarrollará en el laboratorio de ensayo de materiales “Carlos Esparza Días” de la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional, Ubicado en el distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca, cuyas coordenadas UTM son 776604 E, 9207012 N zona 17 de acuerdo a DATUM WGS 84.

#### 3.1.2 Ubicación geográfica de la cantera

Los agregados para esta investigación pertenecen a la cantera “El chiclayito” de propiedad del señor Enrique Rimache ubicada en la provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca.

Figura 1. Ubicación geográfica de la cantera.



Fuente: Google maps

## 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

### 3.2.1 Materiales

- Cemento Portland Tipo I de la marca Pacasmayo.
- Agregados de la cantera Chiclayito de la provincia de San Marcos.
- Ladrillo cerámico reciclado procedente de la ciudad de Chiclayo.
- Hidróxido de sodio.
- Sika Antisol.
- Agua potable.

### 3.2.2 Equipos

- Juego de tamices de 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4 para el agregado grueso.
- Juego de tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 para el agregado fino.
- Estufa a temperatura constante de 110 °C ± 5°C.
- Balanza con aproximación de 0.5 g y capacidad de 30 kg.
- Regla metálica graduada.
- Canastilla con malla menor al tamiz N°4.
- Fiola con capacidad de 500 cm<sup>3</sup>.
- Molde metálico para elaboración de ladrillo de concreto.
- Mesa vibratoria para elaboración de ladrillos de concreto.
- Prensa Universal de compresión Axial.

## 3.3 METODOLOGÍA

### 3.3.1 Tipo, Nivel, Diseño y Método de la Investigación

- **Tipo.** La investigación es del tipo aplicada ya que los resultados nos permitirán sustituir el agregado natural por ladrillo cerámico reciclado para elaborar ladrillos de concreto.
- **Nivel.** El nivel de la investigación es exploratorio porque no existen antecedentes de investigación que involucraran sustitución en porcentaje de agregado fino por ladrillo cerámico reciclado con hidróxido de sodio y silicato de sodio.

- **Diseño.** El diseño de la prueba es experimental porque se evaluó la resistencia a compresión de ladrillos de concreto al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5 % hidróxido de sodio + 1 % aditivo Sika antisol).
- **Método.** El método es hipotético deductivo y experimental porque se plantea una hipótesis y a través del ensayo experimental se puede confirmar.

### 3.4 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Ladrillos de concreto: al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol).

### 3.5 MUESTRA

Para obtener el tamaño de la muestra se realizó con la siguiente fórmula

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{E^2}$$

Donde:

$n$ : tamaño de la muestra

$z$ : valor de distribución del nivel de confianza

$p$ : probabilidad de que ocurra el evento

$E$ : margen de error

Se propone los siguientes valores para un nivel de confianza del 90%.

$$Z = 1.645 \quad p = 91\% \quad E = 5\%$$

$$n = \frac{1.645^2 * 0.91 * (1 - 0.91)}{0.05^2}$$

$$n = 88.65$$

Se aproxima a un total de 90 ladrillos de concreto, de los cuales se distribuye según la NTP 399.604.

Tabla 4: Detalle del número de ladrillos de concreto por tipo y edad.

| Detalle del número de ladrillos de concreto por tipo y edad.   |  |         |         |
|--|--|---------|---------|
| Tipo   | Resistencia a la compresión $f'_{b}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |         |         |
|  | 7 días   | 14 días | 28 días |
| Ladrillo de concreto vibrado - patrón  | 6  | 6       | 6       |
| Ladrillo de concreto vibrado: al adicionar (0.5 hidroxido de sodio + 1% aditivo sika antisol)  | 6  | 6       | 6       |
| Ladrillo de concreto vibrado: al adicionar (0.5 hidroxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) con 5% de ladrillo cerámico reciclado.   | 6  | 6       | 6       |
| Ladrillo de concreto vibrado: al adicionar (0.5 hidroxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) con 10 % de ladrillo cerámico reciclado. | 6  | 6       | 6       |
| Ladrillo de concreto vibrado: al adicionar (0.5 hidroxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) con 15 % de ladrillo cerámico reciclado. | 6  | 6       | 6       |
| Sub total  | 30   | 30      | 30      |
| TOTAL  |  | 90      |         |

### 3.6 UNIDAD DE ANÁLISIS

Resistencia a compresión del ladrillo de concreto al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5 % hidróxido de sodio + 1 % aditivo sika antisol).

### 3.7 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

#### 3.7.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Según las normas ASTM C33 y NTP 400.012 indican los requerimientos de granulometría y calidad de agregados finos y gruesos.

#### Procedimiento

- Para obtener una muestra totalmente seca se utilizó una estufa.
- Por consiguiente, de acuerdo al tamaño de la abertura en forma decreciente se ordenaron los tamices, para seguidamente realizar el tamizado.
- Registrando los pesos retenidos en cada tamiz.
- Finalmente se calcula los porcentajes y se reemplaza en las formulas correspondientes.

➤ **Módulo de finura**

Se calcula con las siguientes fórmulas que aparecen a continuación.

Para el agregado fino

$$M_f = \frac{(\sum \% \text{ retenidos acumulados de } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100)}{100}$$

Para el agregado grueso

$$M_G = \frac{(\sum \% \text{ retenidos acumulados de } 3", 1 \frac{1}{2}", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100)}{100}$$

### **3.7.2 ENSAYO PARA DETERMINAR TAMAÑO MÁXIMO (T.M.) Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (T.M.N.)**

La NTP 400.018 indica que el tamaño máximo es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso y el tamaño máximo nominal es el menor tamiz que produce el primer retenido entre el 5 y 10%.

### **3.7.3 ENSAYO PARA CALCULAR DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

Según las normas ASTM C 128 NTP 400.022 indican el procedimiento.

➤ **Procedimiento gravimétrico**

- Se saturó la muestra, luego se procedió a realizar la prueba del cono para obtener una muestra saturada superficialmente seca para luego agregar una cantidad de agua a la fiola y 500 g de agregado fino.
- Seguidamente se agrega un poco más de agua y se agita de manera que eliminen las burbujas y finalmente se agrega agua hasta el menisco.
- Se registra el peso y obtenemos el material que luego se tiene que secar en el horno.
- Pasado 24 horas se deja enfriar la muestra y procedemos a pesar y registrar estos valores que peritan seguir con los cálculos.

## Formulas

- Peso específico (Pe)

$$Pe = \frac{A}{B + S - C}$$

- Peso específico saturado superficialmente seco (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{S}{B + S - C}$$

- Peso específico aparente

$$Pea = \frac{A}{B + A - C}$$

- Absorción

$$Abs \% = 100 \times \frac{(S - A)}{A}$$

Donde

A: masa de la muestra seca al horno (g)

B: masa del picnómetro llenado con agua hasta la marca de calibración (g)

C: masa del picnómetro lleno con la muestra y el agua hasta la marca de calibración (g)

S: masa de la muestra saturada superficialmente seca (g)

### **3.7.4 ENSAYO PARA CALCULAR DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

Según las normas ASTM C 127 NTP 400.021 describen el proceso a seguir.

## Procedimiento

- Primeramente, se obtiene un agregado completamente seco para luego ser sumergido durante un día en agua.
- A continuación, retiramos los agregados del agua y hacemos rodar sobre una franela para absorber el agua superficial de los agregados. Pesamos la muestra en condición de saturada superficialmente seca.
- Luego hallamos el peso de la canastilla sumergida en agua con y sin agregados, seguidamente ponemos en el horno a secar los agregados.
- Finalmente se procede a registrar los nuevos pesos.

## Formulas

- Peso específico.

$$Pe = \frac{A}{B - C}$$

- Peso específico saturado superficialmente seco. (PeSSS)

$$PeSSS = \frac{B}{B - C}$$

- Peso específico aparente.

$$Pea = \frac{A}{A - C}$$

- Absorción.

$$Abs \% = 100 \times \frac{(B - A)}{A}$$

## Donde

A: masa de la muestra secada al horno (g)

B: masa de la muestra de superficie saturada seca al aire (g)

C: masa aparente de la muestra saturada en agua (g)

### 3.7.5 ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

Según las normas ASTM C 129 y NTP 400.017 indican los siguientes procedimientos

#### Procedimiento

- Para la obtención del material completamente seco se puso la muestra en el horno durante un día.

#### Peso suelto:

- Con un cucharón dejamos caer los agregados de manera que al caer queden de una manera uniforme hasta que el recipiente se encuentra lleno.
- Luego se empareja al ras del borde del recipiente con una regla tratando que todos los espacios sean ocupados.
- Finalmente se pesa en la balanza y se toma nota.

#### Peso compactado

- Con un cucharón se deja caer los agregados de manera uniforme hasta completar un tercio del total del recipiente y se apisona veinticinco veces.
- Seguimos llenando hasta los dos tercios y se apisona, se repite este proceso una vez más.
- Emparejamos los agregados con la superficie del molde y obtenemos el peso.

#### Formulas

Peso específico del agua (Pe)

$$Pe = \frac{A - B}{C}$$

Factor del recipiente

$$f = \frac{Pe}{W - M}$$

Peso unitario

$$PU = (G - M)xf$$

Donde

A: peso de la fiola con agua (g)

B: peso de la fiola vacía (g)

C: Volumen de la fiola (cm<sup>3</sup>)

W: Peso del recipiente lleno de agua (g)

M: Peso del recipiente vacío (g)

f: Factor del recipiente (1/m<sup>3</sup>)

G: Peso del recipiente con agredo (g)

### **3.7.6 ENSAYO PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y GRUESO**

Según las normas ASTM C 566 y NTP 339.185 establecen el procedimiento a seguir.

Procedimiento

- Realizamos el pesado de la muestra.
- Para la obtención del agregado completamente seco se pone en el horno durante un día.
- Se retira y deja enfriar para volver a pesar.

Contenido de humedad (w%):

$$w(\%) = 100x \frac{M - D}{D}$$

Donde

M: Masa de la muestra húmeda original (g)

D: Masa de la muestra secada (g)

### **3.8 PROPIEDADES DEL LADRILLO DE CONCRETO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO CERÁMICO RECICLADO Y (0.5 % HIDROXIDO DE SODIO + 1 % ADITIVO SIKA ANTISOL).**

#### **3.8.1 DIMENSIONES DE LOS LADRILLOS**

Las dimensiones de los ladrillos de concreto son 23.0 cm, 12.0 cm, 9.0 cm, son la más usadas en el mercado.

#### **3.8.2 PROPORCIÓN DE LADRILLO VIBRADO PATRÓN**

Se realizó el diseño por el método módulo de fineza por combinación de agregados resultando una mezcla sobregravosa y no lo suficientemente seca como para la elaboración de ladrillos vibrados de concreto; por lo que para obtener una mezcla con buena trabajabilidad y obtener una resistencia mínima de 17 MPa correspondiente al ladrillo de concreto tipo 17 y según la proporción de la ladrillera se escogió la siguiente proporción.

La proporción en volumen 1 de cemento, 5 de arena y 2 de confitillo.

#### **3.8.3 PROPORCIÓN DE LADRILLO VIBRADO AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO CERÁMICO RECICLADO Y (0.5 % HIDRÓXIDO DE SODIO + 1 % ADITIVO SIKA ANTISOL).**

- Del diseño de mezcla patrón se tomó los volúmenes absolutos.
- Se calculó los pesos secos de los materiales y se reemplazó el agregado fino por ladrillo cerámico triturado manualmente, en los siguientes porcentajes.
  - 1 de cemento, 5 de arena, 2 de confitillo y 0.5 % hidróxido de sodio + 1 % aditivo Sika antisol
  - 1 de cemento, 5 de arena (se reemplazó el 5% por ladrillo reciclado triturado), 2 de confitillo y 0.5 % hidróxido de sodio + 1 % aditivo Sika antisol
  - 1 de cemento, 5 de arena (se reemplazó el 10% por ladrillo reciclado triturado), 2 de confitillo y 0.5 % hidróxido de sodio + 1 % aditivo Sika antisol

- 1 de cemento, 5 de arena (se reemplazó el 15% por ladrillo reciclado triturado), 2 de confitillo y 0.5 % hidróxido de sodio + 1 % aditivo Sika antisol
- Se realizó la corrección por humedad de los materiales.
- Se obtuvo la proporción en peso de la mezcla.

### **3.9 PROCEDIMIENTO EN LA ELABORACIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO**

#### **3.9.1.1 FABRICACIÓN**

Se calculó los pesos de los materiales

Se pesó los materiales, cemento, agregado fino, confitillo, ladrillo cerámico triturado, se midió el volumen de el aditivo y el agua.

Del volumen de agua se separó un litro y se mezcló los aditivos descontando ese volumen.

Se dispuso de los materiales uno sobre otro primero el agregado fino seguido del confitillo, ladrillo reciclado triturado y cemento, se realizó la mezcla con una palana hasta quedar uniforme. Se agregó el agua y los aditivos de una manera conveniente que sature los materiales y quede una mezcla uniforme.

Una vez que se obtuvo una mezcla uniforme se colocó la mezcla dentro del molde metálico colocado sobre la mesa vibratoria, se prosiguió con el vibrado y enrasado.

Se retiró el molde de la mesa y se llevó al área donde fue desmoldado.

#### **3.9.1.2 CURADO**

Después de 24 horas de haber elaborado los ladrillos de concreto se inició con el curado.

Se regó 3 veces al día durante 4 días para mantener húmedos los ladrillos de concreto.

#### **3.9.1.3 ACOPIO**

Los ladrillos se acopiaron en un máximo de 4 unidades

### 3.10 CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO VIBRADO

La norma NTP 399.604: 2002 (revisada el 2015) indica los ensayos y procedimientos que se deben seguir.

#### 3.10.1 VARIACIÓN DIMENSIONAL

- Los ladrillos fueron medidos por la mitad de cada cara y por sus tres lados.
- De estas medidas se le sacó un promedio.
- Los valores se remplazan en la formula.

$$V(\%) = \frac{(De - Dp)}{De} \times 100$$

Donde:

V: Variación dimensional (%)

De: Dimensión prevista para su elaboración (mm)

Dp: Dimensión promedio (mm)

#### 3.10.2 ALABEO

- Para realizar este ensayo se necesita una superficie plana.
- Con una regla ubicada de manera diagonal se puede apreciar si el ladrillo es cóncavo y medir la distancia hacia la regla.
- Si el ladrillo es convexo se coloca sobre la superficie y se mide por las esquinas.
- Se mide con una cuña en milímetros dependiendo el caso y se saca el promedio.

#### 3.10.3 ABSORCIÓN

- Se puso en agua para saturar el ladrillo durante un día luego se colocó sobre una superficie que permita drenar el agua superficial para luego registrar el peso.
- Se lleva a secar en la estufa a  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$
- Se anotó el peso secado en la estufa de las unidades de ladrillo
- La absorción se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$Ab = \frac{Ws - Wd}{Wd} \times 100$$

Donde:

Ab = absorción (%)

Ws = Peso saturado del espécimen (kg).

Wd = Peso secado al horno (kg).

### 3.10.4 SUCCIÓN

- Para tener ladrillos completamente secos se pone en la estufa durante un día.
- En un recipiente se puso 2 barras de acero de 1/4 “.
- Después vertimos agua alcanzando 3 milímetros sobre las barras.
- Se tomó las medidas de la cara que entraría en contacto con el agua y colocamos el ladrillo sobre los soportes de acero durante un minuto.
- Se lleva a pesar el ladrillo de ensayo y se registra.
- La succión del ladrillo se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$Succión = \frac{200x(P2 - P1)}{A}$$

Donde

S: succión ( $\frac{gr}{200} \text{ cm}^2 - \text{min}$ )

P2: Peso de la unidad después de la inmersión hasta los 3 mm.

P1: Peso seco (g)

A: Área en contacto con el agua (cm<sup>2</sup>)

### 3.10.5 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- Se realizaron las medidas para encontrar el área de las caras de asiento para luego realizar el refrendado de ambas caras.
- Se centra el ladrillo sobre las placas de la máquina.
- Se aplica la carga inicialmente a una velocidad de 0.1 Mpa/seg 25 Tn, luego a una velocidad de 0.06 Mpa/seg
- Tomándose nota de la carga máxima.

$$A_g = L_g \times W_g \qquad f_b = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_g}$$

Donde

A<sub>g</sub> = Área bruta (mm<sup>2</sup>).

f<sub>b</sub> = Esfuerzo a compresión (Mpa).

P<sub>máx</sub> = Carga de compresión máxima (N).

L<sub>g</sub> = Longitud promedio (mm).

W<sub>g</sub> = Anchura promedio (mm).

### 3.11 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.11.1 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO

##### FINO

Tabla 7: Propiedades físicas del agregado fino

| <b>Propiedades del agregado fino</b> | <b>Resultados</b> | <b>Unidad</b>     |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Peso unitario seco compactado        | 1855.68           | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso unitario suelto seco            | 1715.09           | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico de masa              | 2.59              | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico de masa (SSS)        | 2.62              | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico aparente             | 2.68              | g/cm <sup>3</sup> |
| Contenido de humedad                 | 0.38              | %                 |
| Absorción                            | 1.21              | %                 |
| Modulo de fineza                     | 2.87              |                   |

#### 3.11.2 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO

##### GRUESO: CONFITILLO

Tabla 8: Propiedades físicas del agregado grueso (confitillo).

| <b>Propiedades del agregado grueso</b> | <b>Resultados</b> | <b>Unidad</b>     |
|--|-------------------|-------------------|
| Peso unitario seco compactado          | 1366.32           | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso unitario suelto seco              | 1214.99           | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico de masa                | 2.58              | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico de masa (SSS)          | 2.60              | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico aparente               | 2.65              | g/cm <sup>3</sup> |
| Contenido de humedad                   | 0.20              | %                 |
| Absorción                              | 1.12              | %                 |
| Modulo de fineza                       | 5.88              |                   |

### 3.11.3 RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL LADRILLO

#### RECICLADO TRITURADO

Tabla 9: Propiedades físicas del ladrillo reciclado triturado.

| Propiedades del ladrillo reciclado triturado | Resultados | Unidad            |
|--|------------|-------------------|
| Peso unitario seco compactado                | 1458.83    | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso unitario suelto seco                    | 1251.03    | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico de masa                      | 2.00       | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico de masa (SSS)                | 2.25       | g/cm <sup>3</sup> |
| Peso específico aparente                     | 2.69       | g/cm <sup>3</sup> |
| Contenido de humedad                         | 0.00       | %                 |
| Absorción                                    | 12.89      | %                 |
| Modulo de fineza                             | 2.74       |                   |

### 3.11.4 RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS DE

#### CONCRETO VIBRADO

### 3.11.5 VARIACIÓN DIMENSIONAL

Tabla 10: Variación dimensional de los tipos de ladrillo de concreto.

| Tipo         | Largo promedio (cm) | Variación Lp (%) | Ancho promedio | Variación Ap (%) | Altura promedio | Variación hp (%) |
|--------------|---------------------|------------------|----------------|------------------|-----------------|------------------|
| LV-P         | 23.17               | -0.74            | 12.20          | -1.63            | 9.10            | -1.06            |
| LV-ADT       | 23.16               | -0.69            | 12.20          | -1.67            | 9.12            | -1.34            |
| LV-ADT-5%LR  | 23.19               | -0.82            | 12.17          | -1.42            | 9.13            | -1.44            |
| LV-ADT-10%LR | 23.15               | -0.65            | 12.15          | -1.28            | 9.13            | -1.44            |
| LV-ADT-15%LR | 23.16               | -0.69            | 12.15          | -1.22            | 9.14            | -1.57            |

Donde:

Lv: Ladrillo vibrado.

ADT: Aditivo.

LR: Ladrillo reciclado.

Lp: Largo promedio.

Ap: Ancho promedio.

Hp: altura promedio.

### 3.11.6 ALABEO

Tabla 11: Alabeo de los tipos de ladrillo de concreto.

| <b>Tipo</b>  | <b>Alabeo (mm)</b> |
|--------------|--------------------|
| LV-P         | 0.90               |
| LV-ADT       | 0.80               |
| LV-ADT-5%LR  | 1.20               |
| LV-ADT-10%LR | 1.20               |
| LV-ADT-15%LR | 1.00               |

### 3.11.7 PESO

Tabla 12: Peso de los tipos de ladrillo de concreto.

| <b>Tipo</b>  | <b>Peso (g)</b> |
|--------------|-----------------|
| LV-P         | 5.16            |
| LV-ADT       | 5.35            |
| LV-ADT-5%LR  | 5.12            |
| LV-ADT-10%LR | 5.07            |
| LV-ADT-15%LR | 4.99            |

### 3.11.8 ABSORCIÓN

Tabla 13: Absorción de los tipos de ladrillo de concreto

| <b>Tipo</b>      | <b>Absorción (%)</b> |
|------------------|----------------------|
| LV - P           | 6.33                 |
| LV- ADT          | 6.31                 |
| LV- ADT - 5% LR  | 6.48                 |
| LV- ADT - 10% LR | 6.52                 |
| LV- ADT - 15% LR | 6.95                 |

### 3.11.9 SUCCIÓN

Tabla 14: Succión de los tipos de ladrillo de concreto

| <b>Tipo</b>      | <b>Succión (%)</b> |
|------------------|--------------------|
| LV - P           | 7.63               |
| LV- ADT          | 9.41               |
| LV- ADT - 5% LR  | 9.00               |
| LV- ADT - 10% LR | 10.27              |
| LV- ADT - 15% LR | 10.42              |

### 3.11.10 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 15: Resistencia a la compresión a los 7 días de edad de cada tipo de ladrillo de concreto.

| <b>Tipo</b>  | <b>fb<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b><math>\sigma</math></b> | <b>f'b<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| LV-P         | 186.75                            | 9.72                       | 177.03                             |
| LV-ADT       | 212.55                            | 9.81                       | 202.74                             |
| LV-ADT-5%LR  | 195.65                            | 9.89                       | 185.77                             |
| LV-ADT-10%LR | 189.84                            | 8.81                       | 181.02                             |
| LV-ADT-15%LR | 178.77                            | 4.82                       | 173.95                             |

Tabla 16: Resistencia a la compresión a los 14 días de edad de cada tipo de ladrillo de concreto.

| <b>Tipo</b>  | <b>fb<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b><math>\sigma</math></b> | <b>f'b<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| LV-P         | 188.53                            | 5.02                       | 183.52                             |
| LV-ADT       | 227.68                            | 8.21                       | 219.47                             |
| LV-ADT-5%LR  | 204.31                            | 9.04                       | 195.28                             |
| LV-ADT-10%LR | 196.80                            | 9.98                       | 186.82                             |
| LV-ADT-15%LR | 190.28                            | 9.09                       | 181.18                             |

Tabla 17: Resistencia a la compresión a los 28 días de edad de cada tipo de ladrillo de concreto.

| <b>Tipo</b>  | <b>fb<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> | <b><math>\sigma</math></b> | <b>f'b<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| LV-P         | 200.88                            | 6.25                       | 194.63                             |
| LV-ADT       | 230.01                            | 9.82                       | 220.19                             |
| LV-ADT-5%LR  | 205.98                            | 9.07                       | 196.91                             |
| LV-ADT-10%LR | 200.80                            | 7.32                       | 193.49                             |
| LV-ADT-15%LR | 191.41                            | 5.84                       | 185.57                             |

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1.1 Agregados**

- Según la Tabla 7 y 8 se muestra las propiedades del agregado fino y grueso respectivamente.
- La distribución granulométrica del agregado fino no se encuentra dentro de los parámetros de la gradación especificada en la norma NTP 400.037 pero la norma permite su utilización si cumple con la resistencia requerida. En cambio, la granulometría del confitillo está dentro de los parámetros establecidos.
- De los ensayos se obtuvo para el agregado fino un módulo de finura de 2.87 el cual se encuentra en el rango de 2 a 3 clasificándola como una arena media y de 5.88 para el confitillo según la norma NTP 400.012.
- El peso específico y absorción se encuentran dentro de lo establecido por la norma NTP 400.022.
- En la Tabla 9 se da a conocer las propiedades del ladrillo reciclado triturado, de los cuales se tiene un análisis granulométrico dentro de los límites de la gradación especificada para agregado fino según la norma NTP 400.037.
- Presenta una absorción de 12.89% debido a que es un material cerámico en comparación con los agregados naturales utilizados.

#### **4.1.2 Ladrillos de concreto**

- Los ladrillos de concreto fueron diseñados según la norma NTP 399 601 para un ladrillo tipo 17 cumpliendo con la resistencia indicada en la tabla 2, la cual sirvió como base para el análisis de la resistencia que se estudió, el estudio de sus propiedades se siguió según la norma NTP 399 604.
- La variación dimensional de los ladrillos de concreto en la Tabla 10 y el alabeo en la Tabla 11 tienen una diferencia mínima debido a que en su fabricación se mantuvo constante el tiempo de vibración, molde y mano de obra.
- En la Tabla 12 se da a conocer los pesos de los ladrillos de concreto mientras aumenta la sustitución el peso disminuye llegando hasta un 3.3% menos que el ladrillo patrón.

- En la Tabla 13 se puede observar que al incrementar la sustitución de agregado fino por ladrillo cerámico la absorción aumenta llegando a tener un 9.79% más que la absorción del ladrillo patrón.
- En la Tabla 14 al incrementar la sustitución de agregado fino por ladrillo cerámico la succión aumenta de manera directa llegando a tener un 36.56% más que la succión del ladrillo patrón.
- En la Tabla 15, 16 y 17 se muestra los resultados de resistencia a la compresión para un ladrillo de concreto de 180 Mpa, a edad de 7,14 y 28 días en la cual la resistencia a compresión se incrementa con los aditivos utilizados y al remplazar el agregado fino por ladrillo cerámico.
- De la tabla 15 podemos apreciar la resistencia a la compresión a los 7 días de edad donde hay un incremento de resistencia en los ladrillos con hidróxido de sodio y sika antisol hasta en un 13% respecto al ladrillo patrón, al aumentar la sustitución de agregado fino por ladrillo cerámico en un 5% va disminuyendo la resistencia a la compresión en aproximadamente un 3%.
- En la Tabla 16 se muestra la resistencia a la compresión a los 14 días donde hay un incremento de hasta un 20.76% en el ladrillo de concreto con hidróxido de sodio y sika Antisol comparado con la resistencia del ladrillo de concreto patrón.
- De la Tabla 17 se puede observar que la resistencia a la compresión a los 28 días sufre una ligera variación en comparación con la edad de 14 días, alcanzando una resistencia de 14% mayor que la del ladrillo patrón, cumpliendo con la resistencia requerida para el ladrillo de concreto Tipo 17.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- La resistencia a compresión del ladrillo de concreto, varió en 4.65% al sustituir agregado fino por diferentes porcentajes de ladrillo cerámico reciclado y (0.5% hidróxido de sodio + 1% aditivo sika antisol) respecto al ladrillo de concreto patrón.
- La variación de resistencia a compresión promedio de los ladrillos de concreto con el 0.5% de hidróxido de sodio más 1% de sika antisol a edades de 7, 14 y 28 días aumento en 14.52%, 19.58% y 13.13% respectivamente en comparación con el ladrillo de concreto patrón obteniéndose altas resistencias a temprana edad.
- La variación de la resistencia a compresión promedio de los ladrillos de concreto con el 0.5% de hidróxido de sodio más 1% de sika antisol con la sustitución del 5% de ladrillo cerámico reciclado a edades de 7, 14 y 28 días se incrementó en 4.9%, 6.41% y 1.17% comparándolo con el ladrillo de concreto patrón.
- La variación de la resistencia a compresión promedio de los ladrillos de concreto con el 0.5% de hidróxido de sodio más 1% de sika antisol con la sustitución del 10% de ladrillo cerámico reciclado a edades de 7, 14 y 28 días se incrementó en las dos primeras edades en 2.25% y 1.79% y a los 28 días baja su resistencia en 0.59% respecto al ladrillo de concreto patrón, se tiene alta resistencia a temprana edad y este porcentaje de sustitución resulta el más favorable por la cantidad de sustitución de agregado fino por ladrillo cerámico y la obtención de una buena resistencia.
- La variación de la resistencia a compresión promedio de los ladrillos de concreto con el 0.5% de hidróxido de sodio más 1% de sika antisol con la sustitución del 15% de ladrillo cerámico reciclado a edades de 7, 14 y 28 días decreció en 1.74%, 1.28% y 4.65% en comparación con el ladrillo de concreto patrón, se llega a concluir que al sustituir un 15% no se obtiene resultados favorables en la resistencia a la compresión.
- De acuerdo a su resistencia de los 5 tipos de ladrillo de concreto se clasifican como clase 17 según la norma NTP 399.601.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones entre la adherencia entre este nuevo tipo de ladrillo y mortero para la formación de muros de albañilería. Ya que la adherencia del mortero permite que los ladrillos trabajen como una unidad.
- Variar los porcentajes de hidróxido de sodio y sika antisol en los diseños de mezcla y su evaluación en las propiedades de los ladrillos de concreto, para cuando se desee obtener diferentes resistencias porque estos materiales mejoran las propiedades mecánicas del concreto.
- Adicionar ladrillo cerámico triturado con tamaños de partículas menores para obtener mejores resultados en la formación del aglutinante.
- Analizar el comportamiento de las unidades de ladrillo de concreto con el acero y con otros materiales, por las propiedades químicas del hidróxido de sodio y sika antisol.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apablaza, J. (2015). “caracterización de polimeros naturales fosfo-siliciclásticos para aplicaciones en la industria de la construcción”. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Bardales, B. (2019). “Comparación de las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales de concreto y arcilla”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Bazalar, L. & Cadenillas, M. (2019). “Propuesta de agregado reciclado para la elaboración de concreto estructural con  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> en estructuras aporricadas en la ciudad de lima para reducir la contaminación”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Bocanegra M. & Espejo Y. (2018). “Influencia de la granulometría y el porcentaje de reemplazo de ladrillo reciclado sobre la resistencia a la compresión, absorción y capilaridad en la fabricación de morteros para enlucidos de albañilería”. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Blácido, R. & Mallqui, M. (2019). “Propuesta de un bloque de concreto con áridos reciclados procedentes del hormigón para la albañilería confinada en Lima Metropolitana”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Bravo, C., Lugo, y. & Guerra, J.(2024). Uso del ladrillo reciclado triturado como sustituto del agregado fino en diseño de hormigón de 21 MPa. Obtenido de <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/220/318>
- Calderón, J., Rosell, J. & Avellaneda, J. (2018). “Materiales de arcilla geopolimerizada: Tecnologías para la arquitectura del futuro”. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Castillo, M. & Hernández K. (2020). “Propuesta de concreto de baja permeabilidad con adición de polvo de ladrillo de arcilla para la construcción de viviendas en ambientes marinos, Cerro Azul Cañete”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Chavarría, L., Chavarry, C. & Valencia, A.(2021). Arcilla cocida como agregado fino para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón estructural. [https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino/article/view/759/95](https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/759/95)

- Echeverría, E. (2017). “Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- El Naggar, KAM, Abd El-Razik, MM, Kuku, M., Arishi, M., Maafa, IM, Yousef, A. y Abdel Hamid, EM (2024). Rendimiento de ladrillos de aislamiento de geopolímeros sintetizados a partir de desechos industriales. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2075-163X/14/10/977>
- García, T & Ramírez, R. (2023). “Activación alcalina de residuos industriales. Una alternativa para su reutilización en la construcción”. Instituto de Ingeniería, Coordinación de Ingeniería Ambiental, Mexico.
- Hernández, C. & Acevedo, S. (2021). “Influencia del porcentaje en peso de reemplazo de polvo de ladrillo reciclado sobre la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción de agua en un mortero de cemento”. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Hormigón al día (2024). Japón: Fabrican ladrillos de hormigón reciclado y CO2 capaces de construir casas y pavimentos. <https://hormigonaldia.ich.cl/smartconcrete/japon-fabrican-ladrillos-de-hormigon-reciclado-y-co2-capaces-de-construir-casas-y-pavimentos/>
- INEI, (2017). “Características de las viviendas particulares y los hogares - Acceso a Servicios Básicos”, Lima, Perú.
- Martínez, J. & Meléndez, I. (2020). “Influencia de la variación de la geometría interna en bloques de concreto tipo 14 sobre su absorción y resistencia a la compresión”. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Mimbela F., Muñoz S. & Rodriguez E. (2021). “Uso de ladrillos triturados en concreto: una revisión literaria” Revista Politécnica. 82-100.
- Morillos, J. (2021) “Influencia de la adición de cenizas de cascarilla de arroz en la resistencia mecánica de los ladrillos de concreto”. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Romero, M. & Salguero, D. (2020). “Métodos para el manejo y la mitigación ambiental generada por residuos de la industria de la arcilla y su posible aplicación en materiales de construcción en Colombia”. Universidad Militar de Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Santos, R. (2018). “Reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) de tipo cerámico para nuevos materiales de construcción sostenibles”. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

- Torres, M. (2015). “Reutilización de residuos vítreos urbanos e industriales en la fabricación de cementos alcalinos. activación, comportamiento y durabilidad” Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid, España.
- Torres, M. & Puertas, F. (2017). “La activación alcalina de diferentes aluminosilicatos como una alternativa al Cemento Portland: cementos activados alcalinamente o geopolímeros”. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Madrid, España.
- Valenzuela, J. (2019). “Evaluación de arcilla caolín para incrementar la resistencia a la corrosión por emisiones gaseosas con ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).” Universidad autónoma de baja california, Mexicali, México.
- Veerakumar, R. & Saravanakumar R. (2018). “Un estudio detallado sobre la sustitución parcial de agregado fino con escombros de ladrillo.” Instituto de ciencia y tecnología, Avadi, Chennai, India.
- Vilca, k. (2017). “Influencia del porcentaje de ladrillo reciclado como agregado fino sobre el asentamiento, peso unitario resistencia a la compresión de un concreto elaborado con cemento tipo MS.” Universidad Nacional de Trujillo, Perú.
- Zamora, I., (2023). “Efecto de la resistencia y durabilidad del concreto al reemplazar ladrillo triturado”. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú.
- Zanabria, L. & Infantes, J. (2023). “Diseño de bloques de concreto para uso estructural que cumplan las características mecánicas en productores artesanales de la provincia de Arequipa, 2023.” Universidad Continental, Arequipa, Perú.

## NORMAS

- ASTM C 33 Especificación estándar para agregados para concreto.
- ASTM C117 Método de ensayo normalizado para determinar la cantidad de material mas fino que el tamiz N°200 de los áridos por el método de lavado.
- ASTM C 131 Método de Ensayo Normalizado para la resistencia a la degradación de los áridos gruesos de tamaño pequeño por el método de abrasión e impacto en la Máquina Los Angeles.
- ASTM C 128 Método de prueba estándar para determinar la densidad, densidad relativa y absorción de agregado fino.
- ASTM C 127 Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, la densidad relativa y la absorción de los áridos gruesos.
- ASTM C 29 Método de Ensayo Normalizado para determinar la densidad aparente ("peso unitario") e Índice de Huecos en los Áridos.
- ASTM C 566 Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Contenido de Humedad Total Evaporable de los Áridos por Secado.
- NTP 331.017 (2018). Unidades de albañilería (Ladrillos de Arcilla).
- NTP 400.037 (2014). Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.
- NTP 400.017 (2011). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.
- NTP 400.037 (2018). Agregados. Agregados para concreto Requisitos.
- NTP 399.601 (2015). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de concreto. Requisitos. INACAL
- NTP 400.012 (2018). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. INACAL
- NTP 339.185 (2018). Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. INACAL

## ANEXOS.

### ANEXO 1. Constancia de laboratorio



Universidad Nacional de Cajamarca  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
*Laboratorio de Ensayo de Materiales*



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

### CONSTANCIA

A nombre del Bach. CHAVARRÍA CASTAÑEDA ROBER IROITO, Exalumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, con la cual se da constancia que se han realizado las siguientes actividades:

| ÍTEM | DETALLE                                  |
|------|--|
| 01   | Ensayo contenido de humedad              |
| 02   | Ensayo análisis granulométrico           |
| 03   | Ensayo peso unitario suelto y compactado |
| 04   | Ensayo peso específico                   |
| 05   | Ensayo de absorción y succión            |
| 06   | Variabilidad dimensional                 |
| 07   | Alabeo en unidades                       |
| 08   | Compresión axial en unidades             |

Para la Tesis Titulada: "RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO: AL SUSTITUIR AGREGADO FINO POR DIFERENTES PORCENTAJES DE LADRILLO CERÁMICO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL)". Las actividades se desarrollaron del 05 de febrero al 18 de setiembre de 2024.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 28 de octubre de 2024.

Atentamente:

c.c. a:  
\_Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
  
Ing. Master Carolina Vargas  
JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

## ANEXO 2. ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla 18: Análisis granulométrico del agregado fino, ensayo N°1.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 3/8"     | 9.50          | 18                | 1.50                            | 1.50                              | 98.50                   | 100                              | 100 |
| N°4      | 4.76          | 161               | 13.42                           | 14.92                             | 85.08                   | 95                               | 100 |
| N°8      | 2.36          | 126               | 10.50                           | 25.42                             | 74.58                   | 80                               | 100 |
| N°16     | 1.19          | 101               | 8.42                            | 33.83                             | 66.17                   | 50                               | 85  |
| N°30     | 0.60          | 140               | 11.67                           | 45.50                             | 54.50                   | 25                               | 60  |
| N°50     | 0.30          | 324               | 27.00                           | 72.50                             | 27.50                   | 5                                | 30  |
| N°100    | 0.15          | 230               | 19.17                           | 91.67                             | 8.33                    | 0                                | 10  |
| Cazoleta |               | 100               | 8.33                            | 100.00                            | 0.00                    |                                  |     |
| Total    |               | 1200              | 100.00                          | M.f =                             | 2.85                    |                                  |     |

Figura 1. Curva granulométrica del agregado fino, ensayo N°1.

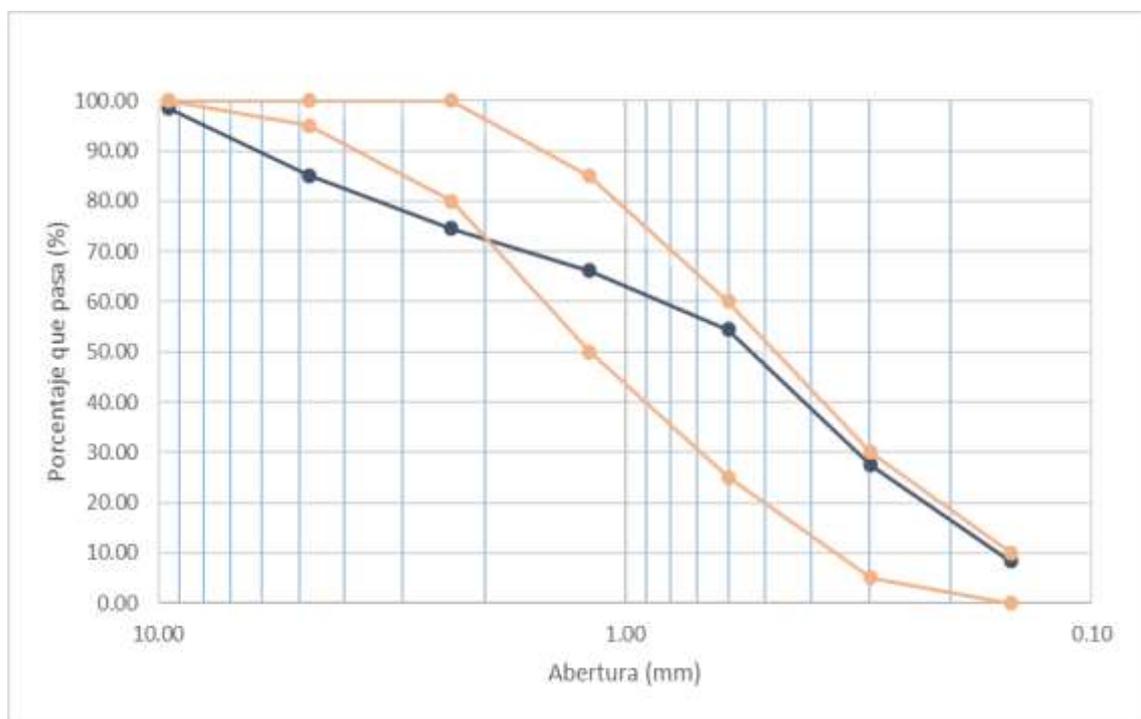


Tabla 19: Análisis granulométrico del agregado fino, ensayo N°2.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 3/8"     | 9.50          | 5                 | 0.45                            | 0.45                              | 99.55                   | 100                              | 100 |
| N°4      | 4.76          | 132               | 12.00                           | 12.45                             | 87.55                   | 95                               | 100 |
| N°8      | 2.36          | 129               | 11.73                           | 24.18                             | 75.82                   | 80                               | 100 |
| N°16     | 1.19          | 103               | 9.36                            | 33.55                             | 66.45                   | 50                               | 85  |
| N°30     | 0.60          | 139               | 12.64                           | 46.18                             | 53.82                   | 25                               | 60  |
| N°50     | 0.30          | 304               | 27.64                           | 73.82                             | 26.18                   | 5                                | 30  |
| N°100    | 0.15          | 209               | 19.00                           | 92.82                             | 7.18                    | 0                                | 10  |
| Cazoleta |               | 79                | 7.18                            | 100.00                            | 0.00                    |                                  |     |
| Total    |               | 1100              | 100.00                          | M.f =                             | 2.83                    |                                  |     |

Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino, ensayo N°2.

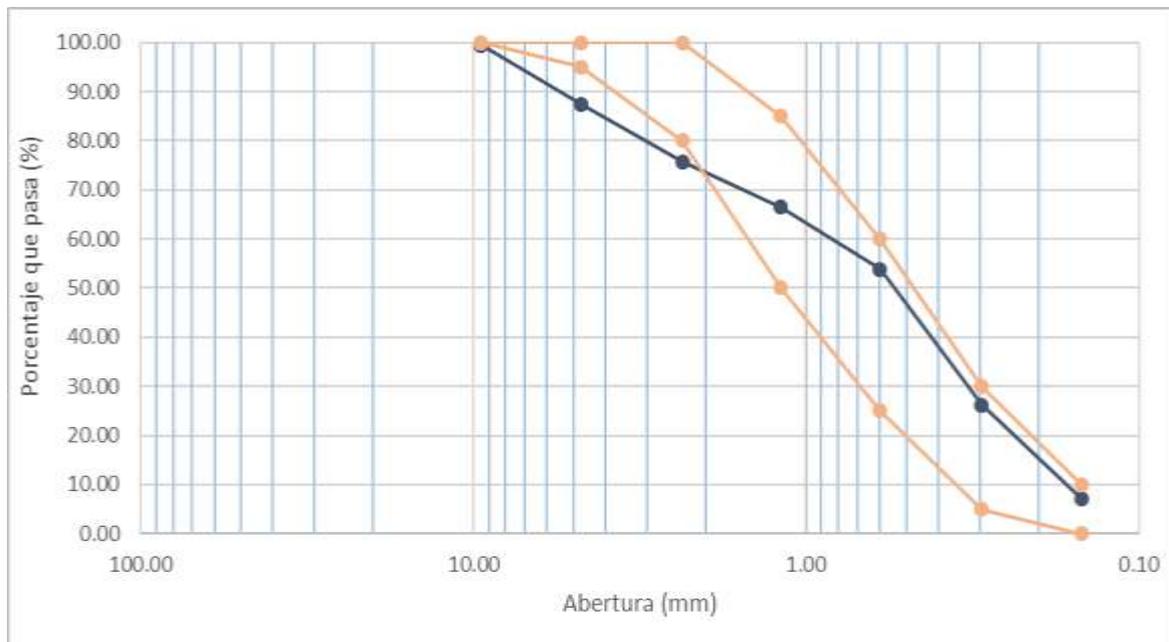


Tabla 20: Análisis granulométrico del agregado fino, ensayo N°3.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 3/8"     | 9.50          | 12                | 1.20                            | 1.20                              | 98.80                   | 100                              | 100 |
| N°4      | 4.76          | 144               | 14.40                           | 15.60                             | 84.40                   | 95                               | 100 |
| N°8      | 2.36          | 105               | 10.50                           | 26.10                             | 73.90                   | 80                               | 100 |
| N°16     | 1.19          | 86                | 8.60                            | 34.70                             | 65.30                   | 50                               | 85  |
| N°30     | 0.60          | 114               | 11.40                           | 46.10                             | 53.90                   | 25                               | 60  |
| N°50     | 0.30          | 282               | 28.20                           | 74.30                             | 25.70                   | 5                                | 30  |
| N°100    | 0.15          | 189               | 18.90                           | 93.20                             | 6.80                    | 0                                | 10  |
| Cazoleta |               | 68                | 6.80                            | 100.00                            | 0.00                    |                                  |     |
| Total    |               | 1000              | 100.00                          | M.f =                             | 2.91                    |                                  |     |

Figura 3. Curva granulométrica del agregado fino, ensayo N°3.

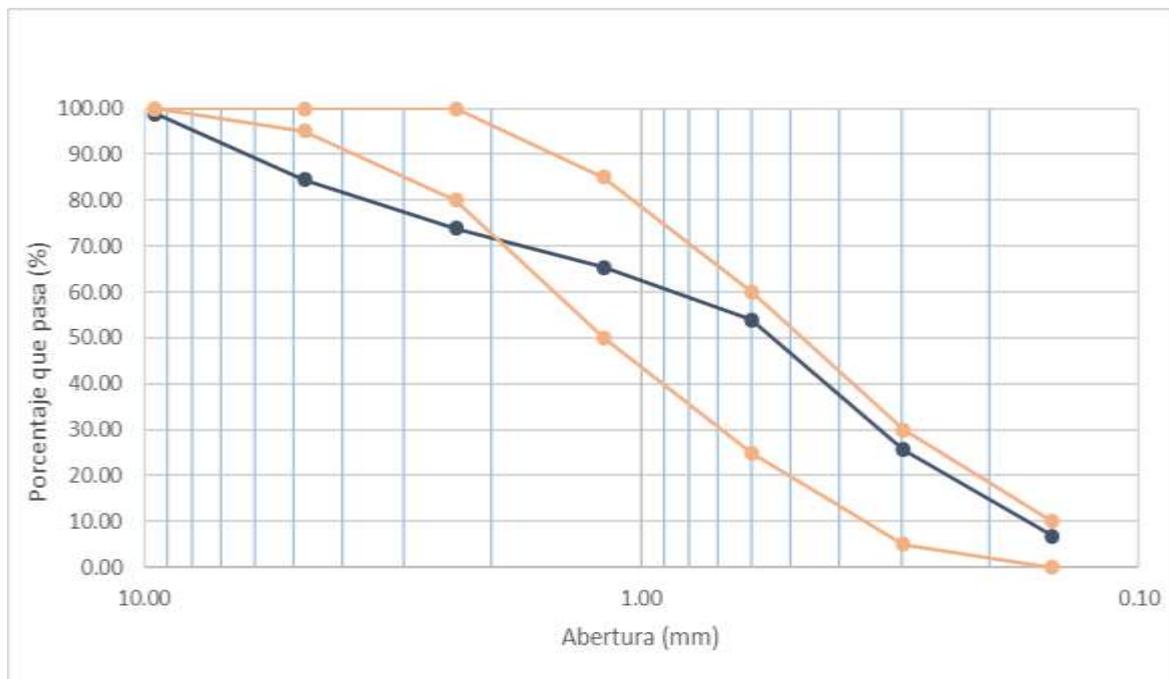


Tabla 21: Contenido de humedad del agregado fino

| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD | E-1  | E-2  | E-3  | PROMEDIO |
|--------------------------------------|--------|------|------|------|----------|
| Peso del recipiente                  | g      | 124  | 132  | 70   |          |
| Peso del recipiente + Muestra húmeda | g      | 1624 | 1732 | 1770 |          |
| Peso del recipiente + Muestra seca   | g      | 1619 | 1725 | 1764 |          |
| Contenido de humedad (W)             | %      | 0.33 | 0.44 | 0.35 | 0.38     |

Tabla 22: Peso Unitario

| DESCRIPCIÓN              | UNIDAD            | E-1    |
|--------------------------|-------------------|--------|
| Peso de la fiola         | g                 | 167    |
| Peso de la fiola + Agua  | g                 | 665    |
| Volumen de la fiola      | g                 | 500    |
| Peso específico del agua | g/cm <sup>3</sup> | 0.996  |
| Peso específico del agua | kg/m <sup>3</sup> | 996.00 |

Tabla 23: Factor de corrección

| DESCRIPCIÓN                | UNIDAD            | E-1    | E-2    | E-3    | PROMEDIO |
|----------------------------|-------------------|--------|--------|--------|----------|
| Peso del recipiente        | g                 | 3876   | 3876   | 3876   |          |
| Peso del recipiente + Agua | g                 | 6835   | 6835   | 6835   |          |
| Peso del Agua              | g                 | 2.959  | 2.959  | 2.959  |          |
| Peso específico del agua   | kg/m <sup>3</sup> | 996.0  | 996.0  | 996.0  |          |
| Factor de corrección f     | 1/m <sup>3</sup>  | 336.60 | 336.60 | 336.60 | 336.60   |

Tabla 24: Peso unitario suelto del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN                           | UNIDAD | E-1     | E-2     | E-3     | PROMEDIO |
|---------------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente                   | g      | 3876    | 3876    | 3876    |          |
| Peso del recipiente + Agregado suelto | g      | 8972    | 8969    | 8973    |          |
| Peso del Agregado suelto              | g      | 5096    | 5093    | 5097    |          |
| Factor de correccion f                | 1/m3   | 336.60  | 336.60  | 336.60  |          |
| Peso Unitario Suelto                  | kg/m3  | 1715.31 | 1714.30 | 1715.65 | 1715.09  |

Tabla 25: Peso unitario compactado del agregado fino.

| DESCRIPCIÓN                    | UNIDAD | E-1     | E-2     | E-3     | PROMEDIO |
|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente            | g      | 3876    | 3876    | 3876    |          |
| Peso del recipiente + Agregado | g      | 9383    | 9372    | 9412    |          |
| Peso del Agregado              | g      | 5507    | 5496    | 5536    |          |
| Factor de correccion f         | 1/m3   | 336.60  | 336.60  | 336.60  |          |
| Peso Unitario Compactado       | kg/m3  | 1853.66 | 1849.95 | 1863.42 | 1855.68  |

Tabla 26: Peso específico del agredo fino.

| DESCRIPCIÓN                              | UNIDAD | E-1    | E-2    | E-3    | Promedio |
|--|--------|--------|--------|--------|----------|
| Peso de la fiola                         | g      | 167    | 167    | 167    |          |
| Peso de la fiola + agua                  | g      | 665    | 665    | 665    |          |
| Peso de la fiola + agua + muestra        | g      | 975    | 975    | 973    |          |
| Peso de la muestra superficialmente seca | g      | 500    | 500    | 500    |          |
| Peso de la muestra secada al homo        | g      | 494    | 495    | 493    |          |
| Volumen de agua añadida                  | g      | 310.00 | 313.00 | 314.00 |          |
| Peso específico de masa                  | g/cm3  | 2.60   | 2.61   | 2.57   | 2.59     |
| Peso específico de masa (S.S.S)          | g/cm3  | 2.63   | 2.63   | 2.60   | 2.62     |
| Peso Especifico nominal o aparente       | g/cm3  | 2.68   | 2.68   | 2.66   | 2.68     |
| Absorción                                | %      | 1.21   | 1.01   | 1.42   | 1.21     |

Tabla 27: Granulometría del confitillo ensayo N°1.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulométrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 1/2      | 12.70         | 0                 | 0.00                            | 0.00                              | 100.00                  | 100                              | 100 |
| 3/8      | 9.50          | 70                | 2.43                            | 2.43                              | 97.57                   | 85                               | 100 |
| N°4      | 4.76          | 2436              | 84.67                           | 87.10                             | 12.90                   | 10                               | 30  |
| N°8      | 2.36          | 335               | 11.64                           | 98.75                             | 1.25                    | 0                                | 5   |
| N°16     | 1.19          | 23                | 0.80                            | 99.55                             | 0.45                    | 0                                | 5   |
| N°30     | 0.60          | 4                 | 0.14                            | 99.69                             | 0.31                    | 0                                | 0   |
| N°50     | 0.30          | 3                 | 0.10                            | 99.79                             | 0.21                    | 0                                | 0   |
| N°100    | 0.15          | 3                 | 0.10                            | 99.90                             | 0.10                    | 0                                | 0   |
| Cazoleta |               | 3                 | 0.10                            | 100.00                            | 0.00                    | 0                                | 0   |
| Total    |               | 2877              | 100.00                          | M.g =                             | 5.87                    |                                  |     |

Figura 4. Curva granulométrica del confitillo, ensayo N°1.

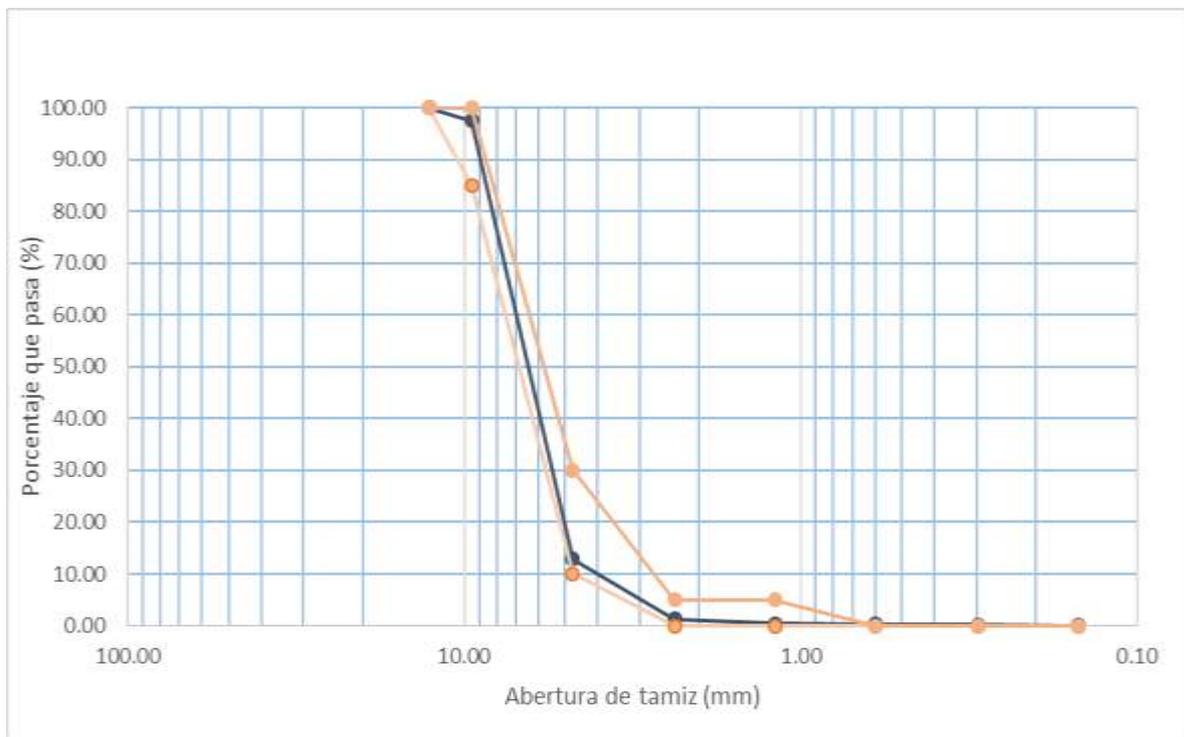


Tabla 28: Granulometría del confitillo ensayo N°2.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 1/2      | 12.70         | 0                 | 0.00                            | 0.00                              | 100.00                  | 100                              | 100 |
| 3/8      | 9.50          | 88                | 2.93                            | 2.93                              | 97.07                   | 85                               | 100 |
| N°4      | 4.76          | 2512              | 83.73                           | 86.67                             | 13.33                   | 10                               | 30  |
| N°8      | 2.36          | 378               | 12.60                           | 99.27                             | 0.73                    | 0                                | 5   |
| N°16     | 1.19          | 15                | 0.50                            | 99.77                             | 0.23                    | 0                                | 5   |
| N°30     | 0.60          | 1                 | 0.03                            | 99.80                             | 0.20                    | 0                                | 0   |
| N°50     | 0.30          | 1                 | 0.03                            | 99.83                             | 0.17                    | 0                                | 0   |
| N°100    | 0.15          | 2                 | 0.07                            | 99.90                             | 0.10                    | 0                                | 0   |
| Cazoleta |               | 3                 | 0.10                            | 100.00                            | 0.00                    | 0                                | 0   |
| Total    |               | 3000              | 100.00                          | M.g =                             | 5.88                    |                                  |     |

Figura 5. Curva granulométrica del confitillo, ensayo N°2

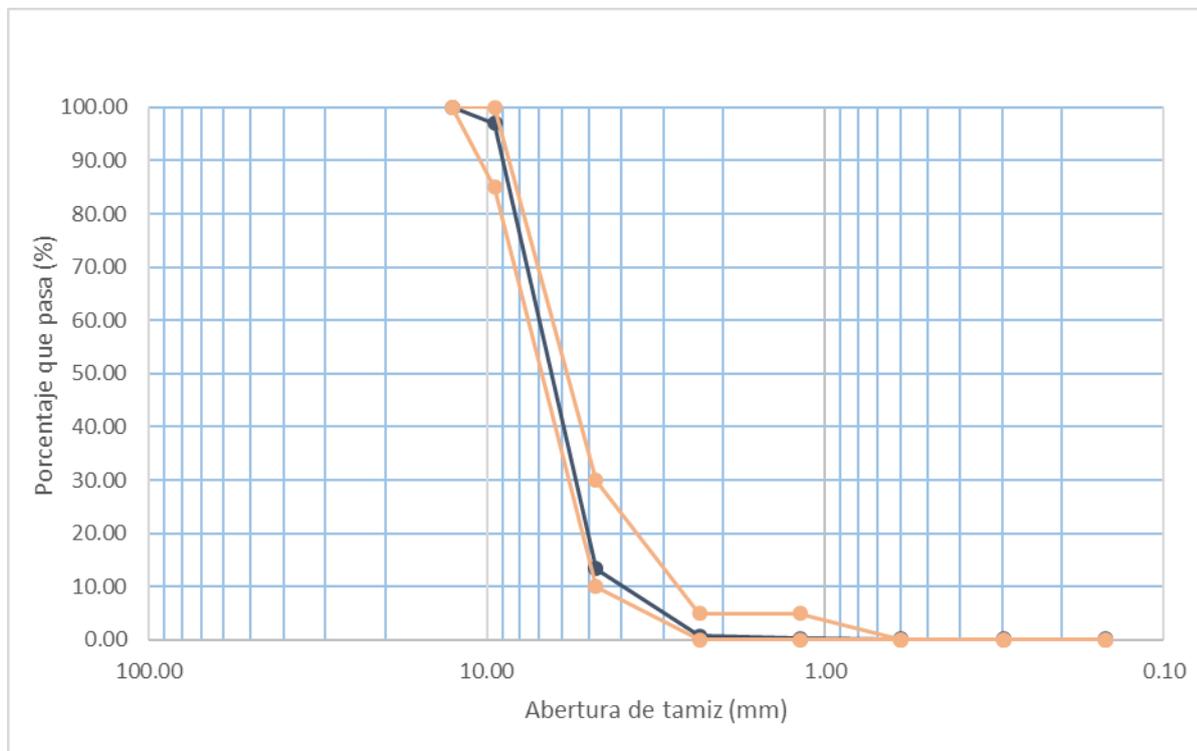


Tabla 29: Granulometría del confitillo ensayo N°3.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 1/2      | 12.70         | 0                 | 0.00                            | 0.00                              | 100.00                  | 100                              | 100 |
| 3/8      | 9.50          | 85                | 3.40                            | 3.40                              | 96.60                   | 85                               | 100 |
| N°4      | 4.76          | 2108              | 84.32                           | 87.72                             | 12.28                   | 10                               | 30  |
| N°8      | 2.36          | 258               | 10.32                           | 98.04                             | 1.96                    | 0                                | 5   |
| N°16     | 1.19          | 33                | 1.32                            | 99.36                             | 0.64                    | 0                                | 5   |
| N°30     | 0.60          | 8                 | 0.32                            | 99.68                             | 0.32                    | 0                                | 0   |
| N°50     | 0.30          | 2                 | 0.08                            | 99.76                             | 0.24                    | 0                                | 0   |
| N°100    | 0.15          | 3                 | 0.12                            | 99.88                             | 0.12                    | 0                                | 0   |
| Cazoleta |               | 3                 | 0.12                            | 100.00                            | 0.00                    | 0                                | 0   |
| Total    |               | 2500              | 100.00                          | M.g =                             | 5.88                    |                                  |     |

Figura 6. Curva granulométrica del confitillo, ensayo N°3.

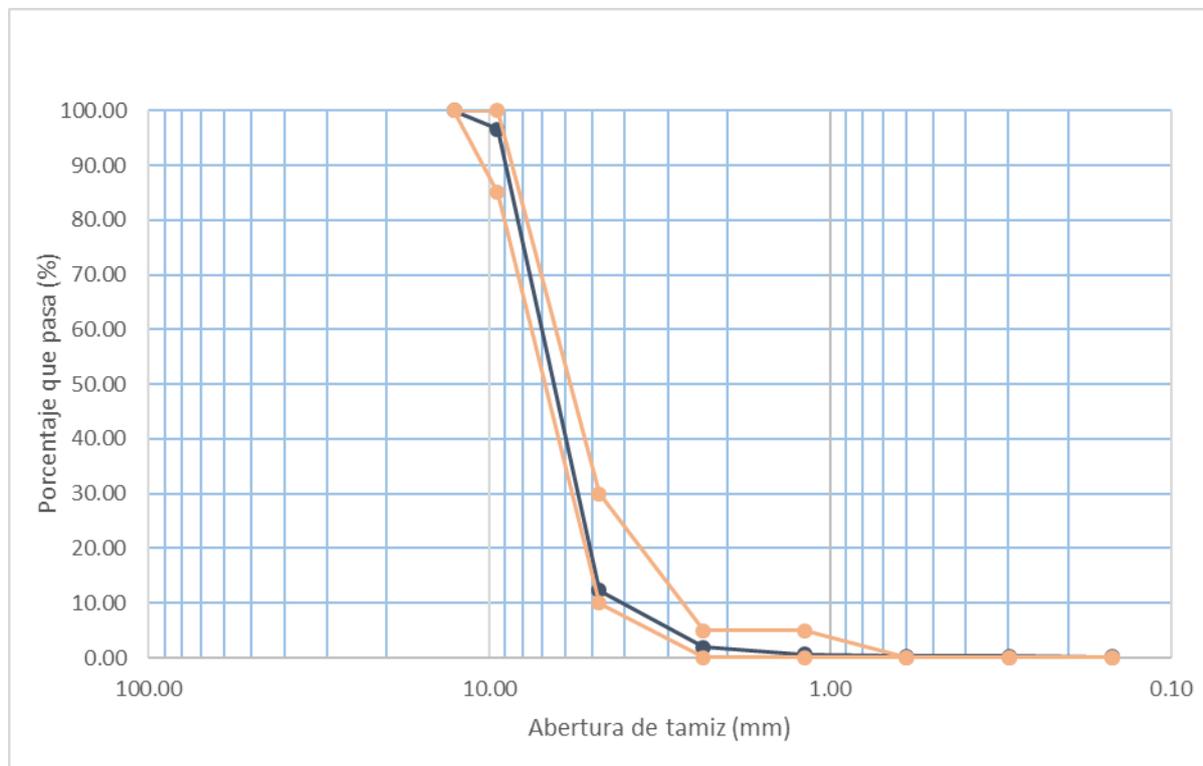


Tabla 30: Contenido de humedad del confitillo.

| DESCRIPCIÓN                          | UNIDAD | E-1  | E-2  | E-3  | PROMEDIO |
|--------------------------------------|--------|------|------|------|----------|
| Peso del recipiente                  | g      | 124  | 131  | 374  |          |
| Peso del recipiente + Muestra húmeda | g      | 2140 | 2185 | 2880 |          |
| Peso del recipiente + Muestra seca   | g      | 2136 | 2181 | 2875 |          |
| Contenido de humedad (W)             | %      | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.20     |

Tabla 31: Peso unitario del confitillo.

| DESCRIPCIÓN              | UNIDAD | E-1    |
|--------------------------|--------|--------|
| Peso de la fiola         | g      | 167    |
| Peso de la fiola + Agua  | g      | 665    |
| Volumen de la fiola      | g      | 500    |
| Peso específico del agua | g/cm3  | 0.996  |
| Peso específico del agua | kg/m3  | 996.00 |

Tabla 32: Factor f

| DESCRIPCIÓN                | UNIDAD | E-1    | E-2    | E-3    | PROMEDIO |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Peso del recipiente        | g      | 4200   | 4200   | 4200   |          |
| Peso del recipiente + Agua | g      | 13964  | 13965  | 13966  |          |
| Peso del Agua              | g      | 9.764  | 9.765  | 9.766  |          |
| Peso específico del agua   | kg/m3  | 996.0  | 996.0  | 996.0  |          |
| Factor de corrección f     | 1/m3   | 102.01 | 102.00 | 101.99 | 102.00   |

Tabla 33: Peso unitario suelto del confitillo.

| DESCRIPCIÓN                           | UNIDAD | E-1     | E-2     | E-3     | PROMEDIO |
|---------------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente                   | g      | 4199    | 4199    | 4199    |          |
| Peso del recipiente + Agregado suelto | g      | 16114   | 16138   | 16081   |          |
| Peso del Agregado suelto              | g      | 11915   | 11939   | 11882   |          |
| Factor de correccion f                | 1/m3   | 102.00  | 102.00  | 102.00  |          |
| Peso Unitario Suelto                  | kg/m3  | 1215.29 | 1217.74 | 1211.93 | 1214.99  |

Tabla 34: Peso unitario compactado del confitillo.

| DESCRIPCIÓN                    | UNIDAD | E-1     | E-2     | E-3     | PROMEDIO |
|--------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente            | g      | 4199    | 4199    | 4199    |          |
| Peso del recipiente + Agregado | g      | 17498   | 17592   | 17694   |          |
| Peso del Agregado              | g      | 13299   | 13393   | 13495   |          |
| Factor de correccion f         | 1/m3   | 102.00  | 102.00  | 102.00  |          |
| Peso Unitario Compactado       | kg/m3  | 1356.46 | 1366.04 | 1376.45 | 1366.32  |

Tabla 35: Peso específico del confitillo.

| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD | E-1  | E-2    | E-3  | Promedio |
|--|--------|------|--------|------|----------|
| Peso en el aire de la muestra secada en el horno (A)           | g      | 2967 | 2966.5 | 1978 |          |
| Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (B) | g      | 3000 | 3000   | 2000 |          |
| Peso en el agua de la muestra saturada (C )                    | g      | 1851 | 1839   | 1236 |          |
| Peso de la canastilla sumergida                                | g      | 1928 | 1928   | 1928 |          |
| Peso en el agua de la muestra saturada + Canastilla            | g      | 3779 | 3767   | 3164 |          |
| Peso específico de masa  | g/cm3  | 2.58 | 2.56   | 2.59 | 2.58     |
| Peso específico de masa (S.S.S)                                | g/cm3  | 2.61 | 2.58   | 2.62 | 2.60     |
| Peso específico nominal o aparente                             | g/cm3  | 2.66 | 2.63   | 2.67 | 2.65     |
| Absorción  | %      | 1.11 | 1.13   | 1.11 | 1.12     |

Tabla 36: Granulometría del ladrillo reciclado ensayo N°1.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 3/8"     | 9.50          | 0                 | 0.00                            | 0.00                              | 100.00                  | 100                              | 100 |
| N°4      | 4.76          | 29                | 5.80                            | 5.80                              | 94.20                   | 95                               | 100 |
| N°8      | 2.36          | 49                | 9.80                            | 15.60                             | 84.40                   | 80                               | 100 |
| N°16     | 1.19          | 88                | 17.60                           | 33.20                             | 66.80                   | 50                               | 85  |
| N°30     | 0.60          | 103               | 20.60                           | 53.80                             | 46.20                   | 25                               | 60  |
| N°50     | 0.30          | 111               | 22.20                           | 76.00                             | 24.00                   | 5                                | 30  |
| N°100    | 0.15          | 58                | 11.60                           | 87.60                             | 12.40                   | 0                                | 10  |
| Cazoleta |               | 62                | 12.40                           | 100.00                            | 0.00                    |                                  |     |
| Total    |               | 500               | 100.00                          | M.f =                             | 2.72                    |                                  |     |

Figura 7. Curva granulométrica del ladrillo cerámico triturado, ensayo N°1

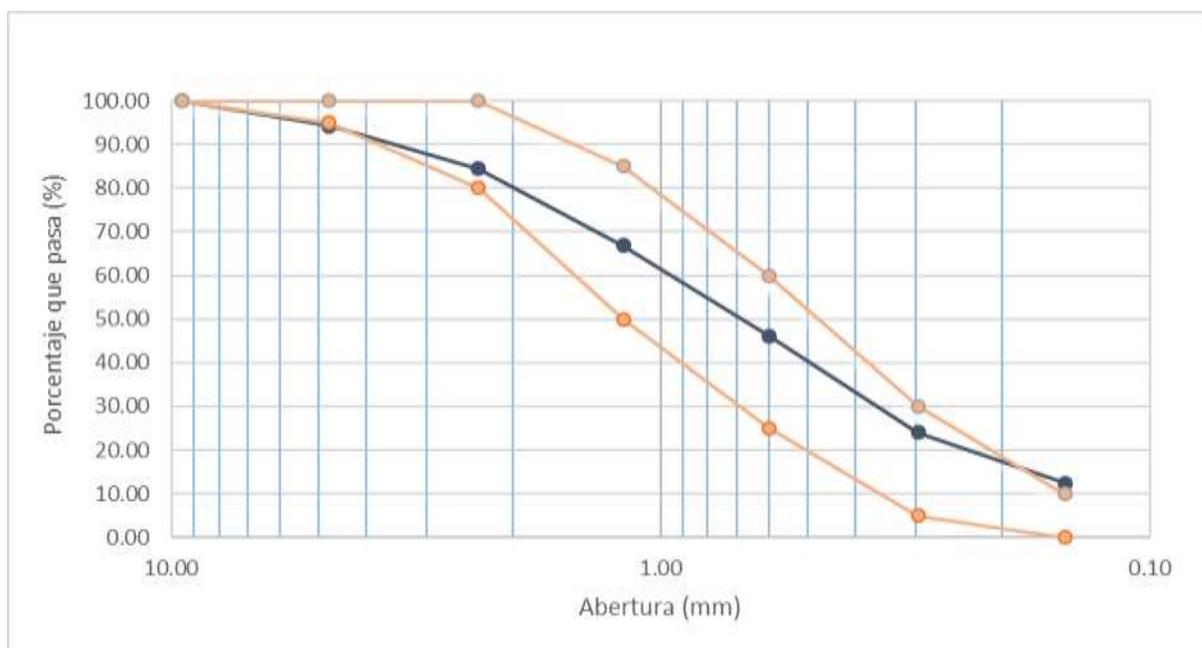


Tabla 37: Granulometría del ladrillo reciclado ensayo N°2.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 3/8"     | 9.50          | 0                 | 0.00                            | 0.00                              | 100.00                  | 100                              | 100 |
| N°4      | 4.76          | 31                | 6.20                            | 6.20                              | 93.80                   | 95                               | 100 |
| N°8      | 2.36          | 61                | 12.20                           | 18.40                             | 81.60                   | 80                               | 100 |
| N°16     | 1.19          | 89                | 17.80                           | 36.20                             | 63.80                   | 50                               | 85  |
| N°30     | 0.60          | 93                | 18.60                           | 54.80                             | 45.20                   | 25                               | 60  |
| N°50     | 0.30          | 105               | 21.00                           | 75.80                             | 24.20                   | 5                                | 30  |
| N°100    | 0.15          | 57                | 11.40                           | 87.20                             | 12.80                   | 0                                | 10  |
| Cazoleta |               | 64                | 12.80                           | 100.00                            | 0.00                    |                                  |     |
| Total    |               | 500               | 100.00                          | M.f =                             | 2.79                    |                                  |     |

Figura 8. Curva granulométrica del ladrillo reciclado triturado, ensayo N°2

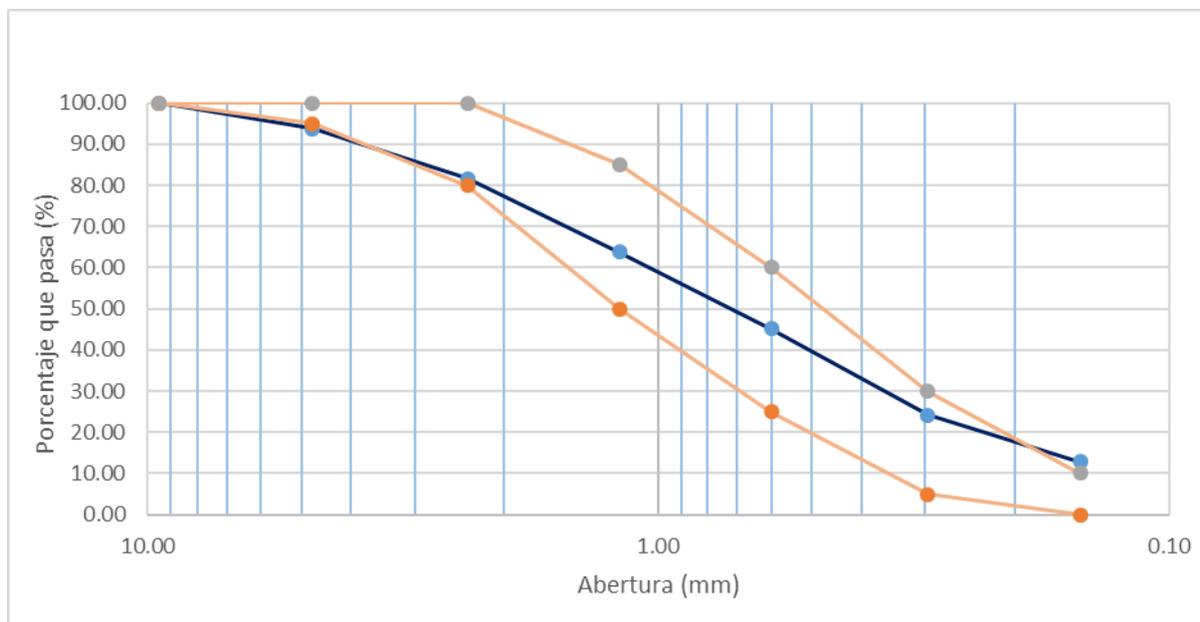


Tabla 38: Granulometría del ladrillo reciclado ensayo N°3.

| Tamiz    | Abertura (mm) | Peso Retenido (g) | Porcentaje Retenido Parcial (%) | Porcentaje Retenido Acumulado (%) | Porcentaje que pasa (%) | Uso Granulometrico A.S.T.M. C 33 |     |
|----------|---------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----|
| 3/8"     | 9.50          | 0                 | 0.00                            | 0.00                              | 100.00                  | 100                              | 100 |
| N°4      | 4.76          | 28                | 5.60                            | 5.60                              | 94.40                   | 95                               | 100 |
| N°8      | 2.36          | 54                | 10.80                           | 16.40                             | 83.60                   | 80                               | 100 |
| N°16     | 1.19          | 87                | 17.40                           | 33.80                             | 66.20                   | 50                               | 85  |
| N°30     | 0.60          | 95                | 19.00                           | 52.80                             | 47.20                   | 25                               | 60  |
| N°50     | 0.30          | 115               | 23.00                           | 75.80                             | 24.20                   | 5                                | 30  |
| N°100    | 0.15          | 62                | 12.40                           | 88.20                             | 11.80                   | 0                                | 10  |
| Cazoleta |               | 59                | 11.80                           | 100.00                            | 0.00                    |                                  |     |
| Total    |               | 500               | 100.00                          | M.f =                             | 2.73                    |                                  |     |

Figura 9. Curva granulométrica del ladrillo reciclado triturado, ensayo N°3.

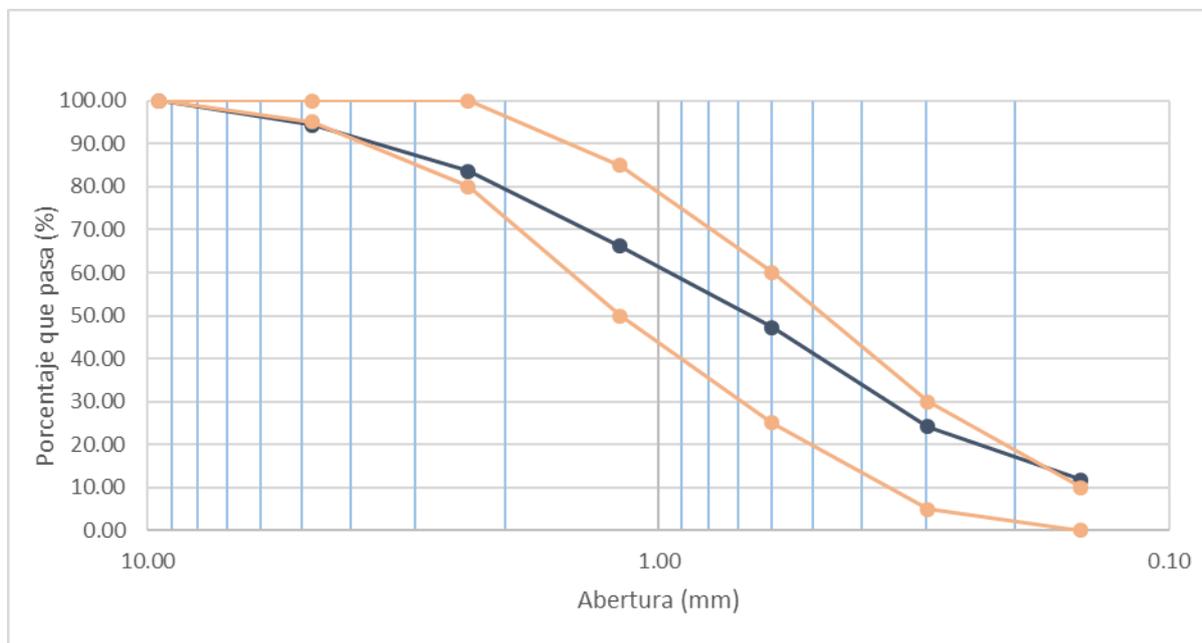


Tabla 39: Contenido de humedad del ladrillo reciclado.

| DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD | E-1  | E-2  | E-3  | PROMEDIO |
|------------------------------------|--------|------|------|------|----------|
| Peso del recipiente                | g      | 124  | 130  | 70   |          |
| Peso de Muestra húmeda             | g      | 1000 | 1100 | 1200 |          |
| Peso del recipiente + Muestra seca | g      | 1124 | 1230 | 1270 |          |
| Contenido de humedad (W)           | %      | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0        |

Tabla 40: Peso específico del ladrillo reciclado.

| DESCRIPCIÓN                        | UNIDAD            | E-1   | E-2   | E-3   | PROMEDIO |
|------------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|----------|
| Peso de la fiola                   | g                 | 175   | 175   | 242   |          |
| Peso de la fiola + agua            | g                 | 675   | 675   | 1237  |          |
| Peso del ladrillo molido sss       | g                 | 500   | 500   | 500   |          |
| Peso de la fiola + agua+ ladrillo  | g                 | 954   | 951   | 1516  |          |
| Peso específico de masa            | g/cm <sup>3</sup> | 2     | 2     | 2     | 2        |
| Peso específico de masa sss        | g/cm <sup>3</sup> | 2.26  | 2.23  | 2.26  | 2.25     |
| Peso específico nominal            | g/cm <sup>3</sup> | 2.63  | 2.64  | 2.79  | 2.69     |
| Peso del ladrillo seco en el horno | g                 | 450   | 444   | 435   | 443      |
| Absorción                          | %                 | 11.11 | 12.61 | 14.94 | 12.89    |

Tabla 41: Peso unitario suelto.

| DESCRIPCIÓN                           | UNIDAD            | E-1     | E-2     | E-3     | PROMEDIO |
|---------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente                   | g                 | 3876    | 3876    | 3876    |          |
| Peso del recipiente + Agregado suelto | g                 | 7546    | 7600    | 7632    |          |
| Peso del Agregado suelto              | g                 | 3670    | 3724    | 3756    |          |
| Factor de correccion f                | 1/m <sup>3</sup>  | 336.60  | 336.60  | 336.60  |          |
| Peso Unitario Suelto                  | kg/m <sup>3</sup> | 1235.32 | 1253.50 | 1264.27 | 1251.03  |

Tabla 42: Peso unitario compactado.

| DESCRIPCIÓN                    | UNIDAD            | E-1     | E-2     | E-3     | PROMEDIO |
|--------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|
| Peso del recipiente            | g                 | 3876    | 3876    | 3876    |          |
| Peso del recipiente + Agregado | g                 | 8158    | 8242    | 8230    |          |
| Peso del Agregado              | g                 | 4282    | 4366    | 4354    |          |
| Factor de correccion f         | 1/m <sup>3</sup>  | 336.60  | 336.60  | 336.60  |          |
| Peso Unitario Compactado       | kg/m <sup>3</sup> | 1441.32 | 1469.60 | 1465.56 | 1458.83  |

## ANEXO 3: DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

Tabla 42: Diseño de mezcla del ladrillo patrón.

| DISEÑO DE MEZCLA POR MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS |             |             |                   |                       |
|--|-------------|-------------|-------------------|-----------------------|
| RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA   |             |             |                   |                       |
| f'c  | =           | 170         | kg/cm2            |                       |
| F'CR   | =           | 1.2*f'c     |                   |                       |
| F'CR   | =           | 1.2*170     |                   |                       |
| F'CR   | =           | 204         | kg/cm2            |                       |
| TMN  | =           | 3/8"        |                   |                       |
| SLUMP  | =           | 0"-1"       | Consistencia Seca |                       |
| DISEÑO   |             |             |                   |                       |
| Contenido de aire  |             |             | 1%                |                       |
| Volumen de agua de mezcla  |             |             | 205 lts           |                       |
| Relación agua cemento  |             |             | 0.76              |                       |
| Factor cemento   |             |             | 268.32 kg         |                       |
| Factor cemento   |             |             | 6.31 bolsas/m3    |                       |
| MÓDULO DE FINEZA DE COMBINACIÓN DE AGREGADOS                             |             |             |                   |                       |
| mc   | =           | 4.0         |                   |                       |
| DETERMINACIÓN DE VOLUMENES ABSOLUTOS                                     |             |             |                   |                       |
| Cemento  |             |             | 0.08600 m3        |                       |
| Agua   |             |             | 0.20582 m3        |                       |
| Aire   |             |             | 0.01              |                       |
| Volumen de pasta   |             |             | 0.3018 m3         |                       |
| Volumen absoluto de agregados  |             |             | 0.6982 m3         |                       |
| Porcentaje de agregados  |             |             |                   |                       |
| rf   |             | 62.69%      | rg                | 37.31%                |
| Volumen de agregados   |             |             |                   |                       |
| Agregado fino seco   |             |             | 0.44 m3           |                       |
| Agregado grueso seco   |             |             | 0.26 m3           |                       |
| Peso secos de los agregados  |             |             |                   |                       |
| Agregado fino  |             |             | 1170.82 kg        |                       |
| Agregado grueso  |             |             | 690.80 kg         |                       |
| VALORES DE DISEÑO  |             |             |                   |                       |
| Cemento  |             |             | 268.32 kg         |                       |
| Agua de diseño   |             |             | 205 lt            |                       |
| Agregado fino seco   |             |             | 1170.82 kg        |                       |
| Agregado grueso seco   |             |             | 690.80 kg         |                       |
| VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD                                 |             |             |                   |                       |
| Cemento  |             | 268.32 kg   |                   |                       |
| Agregado fino  |             | 1175.22 kg  |                   |                       |
| Agregado grueso  |             | 692.17 kg   |                   |                       |
| Agua efectiva  |             | 221.18 lts  |                   |                       |
| Proporción   |             |             |                   |                       |
| <b>En peso</b>   | <b>1.00</b> | <b>4.38</b> | <b>2.58</b>       | <b>0.82</b>           |
| <b>En volumen</b>  | <b>1.00</b> | <b>3.8</b>  | <b>3.18</b>       | <b>35.03 lt/bolsa</b> |

Tabla 43: Diseño de mezcla del ladrillo patrón.

| <b>LADRILLO DE CONCRETO VIBRADO PATRÓN</b> |               |                      |                        |                |             |
|--|---------------|----------------------|------------------------|----------------|-------------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>    | <b>UNIDAD</b> | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>CEMENTO</b> | <b>AGUA</b> |
| Tamaño máximo nominal                      | pul           | -                    | 3/8"                   | -              | -           |
| Peso específico de masa                    | gr/cm3        | 2.59                 | 2.58                   | 3.12           | 0.996       |
| Peso específico de masa sss                | gr/cm3        | 2.62                 | 2.60                   | -              | -           |
| Peso específico aparente                   | gr/cm3        | 2.68                 | 2.65                   | -              | -           |
| Peso unitario suelto                       | kg/m3         | 1715.09              | 1214.99                | -              | -           |
| Peso unitario compactado                   | kg/m3         | 1855.68              | 1366.32                | -              | -           |
| Contenido de humedad                       | %             | 0.38                 | 0.20                   | -              | -           |
| Absorción                                  | %             | 1.21                 | 1.12                   | -              | -           |
| Módulo de finura                           | -             | 2.87                 | 5.88                   | -              | -           |

| <b>DISEÑO DE MEZCLA</b>      |      |  |  |  |  |
|------------------------------|------|--|--|--|--|
| <b>DOSIFICACIÓN 1: 5 : 2</b> |      |  |  |  |  |
| <b>Relacion Agua/Cemento</b> |      |  |  |  |  |
| Por resistencia              | 0.76 |  |  |  |  |

| <b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b> |      |      | <b>PESOS SECOS DE TANDA DE UN SACO</b> |        |    |
|------------------------------|------|------|--|--------|----|
| Cemento                      | 1    | pie3 | Cemento                                | 42.5   | kg |
| A. Fino                      | 5    | pie3 | A. Fino                                | 242.83 | kg |
| Confitillo                   | 2    | pie3 | Confitillo                             | 68.81  | kg |
| Agua                         | 32.3 | pie3 | Agua                                   | 32.3   | kg |

| <b>MATERIALES POR M3</b> |          |    | <b>FACTOR CEMENTO</b>    |      |           |
|--------------------------|----------|----|--------------------------|------|-----------|
| Cemento                  | 0.013622 | m3 | Volumen absoluto de aire |      | 1%        |
| A. Fino                  | 0.09372  | m3 | Fc =                     | 5.95 | bolsas/m3 |
| Confitillo               | 0.026717 | m3 |                          |      |           |
| Agua                     | 0.0323   | m3 |                          |      |           |
| Volumen de Pasta         | 0.166359 | m3 |                          |      |           |

| <b>MATERIALES DE DISEÑO</b> |          |     | <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |             |     |
|-----------------------------|----------|-----|--|-------------|-----|
| Cemento                     | 252.9173 | kg  | Cemento                                  | 252.9172762 | kg  |
| A. Fino                     | 1445.065 | kg  | A. Fino                                  | 1450.498579 | kg  |
| Confitillo                  | 409.4795 | kg  | Confitillo                               | 410.2900307 | kg  |
| Agua efectiva               | 192.2171 | lts | Agua                                     | 208.11      | lts |

Tabla 44: Diseño de mezcla con (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol).

| <b>LADRILLO DE CONCRETO CON (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL).</b> |               |                      |                        |                |             |
|--|---------------|----------------------|------------------------|----------------|-------------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>  | <b>UNIDAD</b> | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>CEMENTO</b> | <b>AGUA</b> |
| Tamaño máximo nominal  | pul           | -                    | 3/8"                   | -              | -           |
| Peso específico de masa  | gr/cm3        | 2.59                 | 2.58                   | 3.12           | 0.996       |
| Peso específico de masa sss  | gr/cm3        | 2.62                 | 2.60                   | -              | -           |
| Peso específico aparente   | gr/cm3        | 2.68                 | 2.65                   | -              | -           |
| Peso unitario suelto   | kg/m3         | 1715.09              | 1214.99                | -              | -           |
| Peso unitario compactado   | kg/m3         | 1855.68              | 1366.32                | -              | -           |
| Contenido de humedad   | %             | 0.38                 | 0.20                   | -              | -           |
| Absorción  | %             | 1.21                 | 1.12                   | -              | -           |
| Módulo de finura   | -             | 2.87                 | 5.88                   | -              | -           |

| <b>DISEÑO DE MEZCLA</b>       |      |
|-------------------------------|------|
| <b>DOSIFICACIÓN 1 : 5 : 2</b> |      |
| <b>Relacion Agua/Cemento</b>  |      |
| Por resistencia               | 0.76 |

| <b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b> |      |      | <b>PESOS SECOS DE TANDA DE UN SACO</b> |        |    |
|------------------------------|------|------|--|--------|----|
| Cemento                      | 1    | pie3 | Cemento                                | 42.5   | kg |
| A. Fino                      | 5    | pie3 | A. Fino                                | 242.83 | kg |
| Confitillo                   | 2    | pie3 | Confitillo                             | 68.81  | kg |
| Agua                         | 32.3 | pie3 | Agua                                   | 32.3   | kg |

| <b>MATERIALES POR M3</b> |          |    | <b>FACTOR CEMENTO</b>    |      |           |
|--------------------------|----------|----|--------------------------|------|-----------|
| Cemento                  | 0.013622 | m3 | Volumen absoluto de aire | 1%   |           |
| A. Fino                  | 0.09372  | m3 | Fc =                     | 5.95 | bolsas/m3 |
| Confitillo               | 0.026717 | m3 |                          |      |           |
| Agua                     | 0.0323   | m3 |                          |      |           |
| Volumen de Pasta         | 0.166359 | m3 |                          |      |           |

| <b>MATERIALES DE DISEÑO</b> |          |     | <b>CANTIDAD DE ADITIVO</b> |      |        |
|-----------------------------|----------|-----|----------------------------|------|--------|
| Cemento                     | 252.9173 | kg  | Sika Antisol               | 1.0% |        |
| A. Fino                     | 1445.065 | kg  | Sosa Caustica              | 0.5% |        |
| Confitillo                  | 409.4795 | kg  |                            |      |        |
| Agua efectiva               | 192.2171 | lts | Sika Antisol               | 2.28 | lts/m3 |
|                             |          |     | Sosa Caustica              | 0.59 | gr/m3  |

| <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |          |     |
|--|----------|-----|
| Cemento                                  | 252.9173 | kg  |
| A. Fino                                  | 1450.499 | kg  |
| Confitillo                               | 410.29   | kg  |
| Agua                                     | 205.23   | lts |
| Sika Antisol                             | 2.28     | lts |
| Sosa Caustica                            | 0.59     | gr  |

Tabla 45: Diseño de mezcla con 5% de ladrillo reciclado y (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol).

| <b>LADRILLO DE CONCRETO CON 5% DE LADRILLO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL).</b> |               |                      |                        |                           |                |             |
|---|---------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------|-------------|
| <b>CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS</b>   | <b>UNIDAD</b> | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>LADRILLO RECICLADO</b> | <b>CEMENTO</b> | <b>AGUA</b> |
| Tamaño máximo nominal   | pul           | -                    | 3/8"                   | -                         | -              | -           |
| Peso específico de masa   | gr/cm3        | 2.59                 | 2.58                   | 2.00                      | 3.12           | 0.996       |
| Peso específico de masa sss   | gr/cm3        | 2.62                 | 2.60                   | 2.25                      | -              | -           |
| Peso específico aparente  | gr/cm3        | 2.68                 | 2.65                   | 2.69                      | -              | -           |
| Peso unitario suelto  | kg/m3         | 1715.09              | 1214.99                | 1251.03                   | -              | -           |
| Peso unitario compactado  | kg/m3         | 1855.68              | 1366.32                | 1458.83                   | -              | -           |
| Contenido de humedad  | %             | 0.38                 | 0.20                   | 0.00                      | -              | -           |
| Absorción   | %             | 1.21                 | 1.12                   | 12.89                     | -              | -           |
| Módulo de finura  | -             | 2.87                 | 5.88                   | 2.74                      | -              | -           |

| <b>DISEÑO DE MEZCLA</b>                  |          |      |  |            |      |           |
|--|----------|------|--|------------|------|-----------|
| <b>DOSIFICACIÓN 1: 5 : 2</b>             |          |      |  |            |      |           |
| <b>Relacion Agua/Cemento</b>             |          |      |  |            |      |           |
| Por resistencia                          | 0.76     |      |  |            |      |           |
| <b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b>             |          |      | <b>PESOS SECOS DE TANDA DE UN SACO</b>   |            |      |           |
| Cemento                                  | 1        | pie3 | Cemento                                  | 42.5       | kg   |           |
| A. Fino                                  | 5        | pie3 | A. Fino                                  | 242.83     | kg   |           |
| Confitillo                               | 2        | pie3 | Confitillo                               | 68.81      | kg   |           |
| Agua                                     | 32.3     | pie3 | Agua                                     | 32.3       | kg   |           |
| <b>MATERIALES POR M3</b>                 |          |      | <b>FACTOR CEMENTO</b>                    |            |      |           |
| Cemento                                  | 0.013622 | m3   | Volumen absoluto de aire                 |            | 1%   |           |
| A. Fino                                  | 0.09372  | m3   | Fc =                                     |            | 5.95 | bolsas/m3 |
| Confitillo                               | 0.026717 | m3   |  |            |      |           |
| Agua                                     | 0.0323   | m3   |  |            |      |           |
| Volumen de Pasta                         | 0.166359 | m3   |  |            |      |           |
| <b>MATERIALES DE DISEÑO</b>              |          |      | <b>CANTIDAD DE ADITIVO</b>               |            |      |           |
| Cemento                                  | 252.9173 | kg   | Sika Antisol                             |            | 1.0% |           |
| A. Fino                                  | 1445.065 | kg   | Sosa Caustica                            |            | 0.5% |           |
| Confitillo                               | 409.4795 | kg   |  |            |      |           |
| Agua efectiva                            | 192.2171 | lts  | Sika Antisol                             |            | 2.28 | lts/m3    |
|  |          |      | Sosa Caustica                            |            | 0.59 | gr/m3     |
| <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |          |      | <b>VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES</b>    |            |      |           |
| Cemento                                  | 252.9173 | kg   | Cemento                                  | 0.08106323 |      | m3        |
| A. Fino                                  | 1450.499 | kg   | A. Fino                                  | 0.55979591 |      | m3        |
| Confitillo                               | 410.29   | kg   | Ladrillo T                               | 0.07268644 |      | m3        |
| Agua                                     | 208.11   | lts  | Confitillo                               | 0.15930757 |      | m3        |
| Sika Antisol                             | 2.28     | lts  | Agua                                     | 0.21       |      | m3        |
| Sosa Caustica                            | 0.59     | gr   | Sika Antisol                             | 2.28       |      | lts       |
|  |          |      | Sosa Caustica                            | 0.59       |      | gr        |
| <b>CANTIDAD DE MATERIALES CON LR</b>     |          |      | <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |            |      |           |
| Cemento                                  | 252.9173 | m3   | Cemento                                  | 252.917276 |      | m3        |
| A. Fino                                  | 1377.974 | m3   | A. Fino                                  | 1377.97365 |      | m3        |
| Ladrillo T                               | 72.52493 | m3   | Ladrillo T                               | 72.524929  |      | m3        |
| Confitillo                               | 410.29   | m3   | Confitillo                               | 410.290031 |      | m3        |
| Agua                                     | 205.23   | m3   | Agua                                     | 214.58     |      | m3        |
| Sika Antisol                             | 2.28     | lts  | Sika Antisol                             | 2.28       |      | lts       |
| Sosa Caustica                            | 0.59     | gr   | Sosa Caustica                            | 0.59       |      | gr        |

Tabla 46: Diseño de mezcla con 10% de ladrillo reciclado y (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol).

| <b>LADRILLO DE CONCRETO CON 10% DE LADRILLO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL).</b> |               |                      |                        |                           |                |             |
|--|---------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------|-------------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>  | <b>UNIDAD</b> | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>LADRILLO RECICLADO</b> | <b>CEMENTO</b> | <b>AGUA</b> |
| Tamaño máximo nominal  | pul           | -                    | 3/8"                   | -                         | -              | -           |
| Peso específico de masa  | gr/cm3        | 2.59                 | 2.58                   | 2.00                      | 3.12           | 0.996       |
| Peso específico de masa sss  | gr/cm3        | 2.62                 | 2.60                   | 2.25                      | -              | -           |
| Peso específico aparente   | gr/cm3        | 2.68                 | 2.65                   | 2.69                      | -              | -           |
| Peso unitario suelto   | kg/m3         | 1715.09              | 1214.99                | 1251.03                   | -              | -           |
| Peso unitario compactado   | kg/m3         | 1855.68              | 1366.32                | 1458.83                   | -              | -           |
| Contenido de humedad   | %             | 0.38                 | 0.20                   | 0.00                      | -              | -           |
| Absorción  | %             | 1.21                 | 1.12                   | 12.89                     | -              | -           |
| Módulo de finura   | -             | 2.87                 | 5.88                   | 2.74                      | -              | -           |

| <b>DISEÑO DE MEZCLA</b>                  |          |      |  |            |           |  |
|--|----------|------|--|------------|-----------|--|
| <b>DOSIFICACIÓN 1: 5 : 2</b>             |          |      |  |            |           |  |
| <b>Relacion Agua/Cemento</b>             |          |      |  |            |           |  |
| Por resistencia                          | 0.76     |      |  |            |           |  |
| <b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b>             |          |      | <b>PESOS SECOS DE TANDA DE UN SACO</b>   |            |           |  |
| Cemento                                  | 1        | pie3 | Cemento                                  | 42.5       | kg        |  |
| A. Fino                                  | 5        | pie3 | A. Fino                                  | 242.83     | kg        |  |
| Confitillo                               | 2        | pie3 | Confitillo                               | 68.81      | kg        |  |
| Agua                                     | 32.3     | pie3 | Agua                                     | 32.3       | kg        |  |
| <b>MATERIALES POR M3</b>                 |          |      | <b>FACTOR CEMENTO</b>                    |            |           |  |
| Cemento                                  | 0.013622 | m3   | Volumen absoluto de aire                 | 1%         |           |  |
| A. Fino                                  | 0.09372  | m3   | Fc =                                     | 5.95       | bolsas/m3 |  |
| Confitillo                               | 0.026717 | m3   |  |            |           |  |
| Agua                                     | 0.0323   | m3   |  |            |           |  |
| Volumen de Pasta                         | 0.166359 | m3   |  |            |           |  |
| <b>MATERIALES DE DISEÑO</b>              |          |      | <b>CANTIDAD DE ADITIVO</b>               |            |           |  |
| Cemento                                  | 252.9173 | kg   | Sika Antisol                             | 1.0%       |           |  |
| A. Fino                                  | 1445.065 | kg   | Sosa Caustica                            | 0.5%       |           |  |
| Confitillo                               | 409.4795 | kg   |  |            |           |  |
| Agua efectiva                            | 192.2171 | lts  | Sika Antisol                             | 2.28       | lts/m3    |  |
|  |          |      | Sosa Caustica                            | 0.59       | gr/m3     |  |
| <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |          |      | <b>VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES</b>    |            |           |  |
| Cemento                                  | 252.9173 | kg   | Cemento                                  | 0.08106323 | m3        |  |
| A. Fino                                  | 1450.499 | kg   | A. Fino                                  | 0.55979591 | m3        |  |
| Confitillo                               | 410.29   | kg   | Ladrillo T                               | 0.07268644 | m3        |  |
| Agua                                     | 208.11   | lts  | Confitillo                               | 0.15930757 | m3        |  |
| Sika Antisol                             | 2.28     | lts  | Agua                                     | 0.21       | m3        |  |
| Sosa Caustica                            | 0.59     | gr   | Sika Antisol                             | 2.28       | lts       |  |
|  |          |      | Sosa Caustica                            | 0.59       | gr        |  |
| <b>CANTIDAD DE MATERIALES CON LR</b>     |          |      | <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |            |           |  |
| Cemento                                  | 252.9173 | m3   | Cemento                                  | 252.917276 | m3        |  |
| A. Fino                                  | 1305.449 | m3   | A. Fino                                  | 1305.44872 | m3        |  |
| Ladrillo T                               | 145.0499 | m3   | Ladrillo T                               | 145.049858 | m3        |  |
| Confitillo                               | 410.29   | m3   | Confitillo                               | 410.290031 | m3        |  |
| Agua                                     | 205.23   | m3   | Agua                                     | 223.93     | m3        |  |
| Sika Antisol                             | 2.28     | lts  | Sika Antisol                             | 2.28       | lts       |  |
| Sosa Caustica                            | 0.59     | gr   | Sosa Caustica                            | 0.59       | gr        |  |

Tabla 47: Diseño de mezcla con 15% de ladrillo reciclado y (0.5% hidroxido de sodio + 1% aditivo Sika antisol).

| <b>LADRILLO DE CONCRETO CON 15% DE LADRILLO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL).</b> |               |                      |                        |                           |                |             |
|--|---------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------|-------------|
| <b>CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS</b>  | <b>UNIDAD</b> | <b>AGREGADO FINO</b> | <b>AGREGADO GRUESO</b> | <b>LADRILLO RECICLADO</b> | <b>CEMENTO</b> | <b>AGUA</b> |
| Tamaño máximo nominal  | pul           | -                    | 3/8"                   | -                         | -              | -           |
| Peso específico de masa  | gr/cm3        | 2.59                 | 2.58                   | 2.00                      | -              | -           |
| Peso específico de masa sss  | gr/cm3        | 2.62                 | 2.60                   | 2.25                      | 3.12           | 0.996       |
| Peso específico aparente   | gr/cm3        | 2.68                 | 2.65                   | 2.69                      | -              | -           |
| Peso unitario suelto   | kg/m3         | 1715.09              | 1214.99                | 1251.03                   | -              | -           |
| Peso unitario compactado   | kg/m3         | 1855.68              | 1366.32                | 1458.83                   | -              | -           |
| Contenido de humedad   | %             | 0.38                 | 0.20                   | 0.00                      | -              | -           |
| Absorción  | %             | 1.21                 | 1.12                   | 12.89                     | -              | -           |
| Módulo de finura   | -             | 2.87                 | 5.88                   | 2.74                      | -              | -           |

| <b>DISEÑO DE MEZCLA</b>                  |          |      |  |            |           |  |
|--|----------|------|--|------------|-----------|--|
| <b>DOSIFICACIÓN 1: 5 : 2</b>             |          |      |  |            |           |  |
| <b>Relacion Agua /Cemento</b>            |          |      |  |            |           |  |
| Por resistencia                          | 0.76     |      |  |            |           |  |
| <b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b>             |          |      | <b>PESOS SECOS DE TANDA DE UN SACO</b>   |            |           |  |
| Cemento                                  | 1        | pie3 | Cemento                                  | 42.5       | kg        |  |
| A. Fino                                  | 5        | pie3 | A. Fino                                  | 242.83     | kg        |  |
| Confitillo                               | 2        | pie3 | Confitillo                               | 68.81      | kg        |  |
| Agua                                     | 32.3     | pie3 | Agua                                     | 32.3       | kg        |  |
| <b>MATERIALES POR M3</b>                 |          |      | <b>FACTOR CEMENTO</b>                    |            |           |  |
| Cemento                                  | 0.013622 | m3   | Volumen absoluto de aire                 | 1%         |           |  |
| A. Fino                                  | 0.09372  | m3   | Fc =                                     | 5.95       | bolsas/m3 |  |
| Confitillo                               | 0.026717 | m3   |  |            |           |  |
| Agua                                     | 0.0323   | m3   |  |            |           |  |
| Volumen de Pasta                         | 0.166359 | m3   |  |            |           |  |
| <b>MATERIALES DE DISEÑO</b>              |          |      | <b>CANTIDAD DE ADITIVO</b>               |            |           |  |
| Cemento                                  | 252.9173 | kg   | Sika Antisol                             | 1.0%       |           |  |
| A. Fino                                  | 1445.065 | kg   | Sosa Caustica                            | 0.5%       |           |  |
| Confitillo                               | 409.4795 | kg   |  |            |           |  |
| Agua efectiva                            | 192.2171 | lts  | Sika Antisol                             | 2.28       | lts/m3    |  |
|  |          |      | Sosa Caustica                            | 0.59       | gr/m3     |  |
| <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |          |      | <b>VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES</b>    |            |           |  |
| Cemento                                  | 252.9173 | kg   | Cemento                                  | 0.08106323 | m3        |  |
| A. Fino                                  | 1450.499 | kg   | A. Fino                                  | 0.55979591 | m3        |  |
| Confitillo                               | 410.29   | kg   | Ladrillo T                               | 0.07268644 | m3        |  |
| Agua                                     | 208.11   | lts  | Confitillo                               | 0.15930757 | m3        |  |
| Sika Antisol                             | 2.28     | lts  | Agua                                     | 0.21       | m3        |  |
| Sosa Caustica                            | 0.59     | gr   | Sika Antisol                             | 2.28       | lts       |  |
|  |          |      | Sosa Caustica                            | 0.59       | gr        |  |
| <b>CANTIDAD DE MATERIALES CON LR</b>     |          |      | <b>MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD</b> |            |           |  |
| Cemento                                  | 252.9173 | m3   | Cemento                                  | 252.917276 | m3        |  |
| A. Fino                                  | 1232.924 | m3   | A. Fino                                  | 1232.92379 | m3        |  |
| Ladrillo T                               | 217.5748 | m3   | Ladrillo T                               | 217.574787 | m3        |  |
| Confitillo                               | 410.29   | m3   | Confitillo                               | 410.290031 | m3        |  |
| Agua                                     | 205.23   | m3   | Agua                                     | 233.28     | m3        |  |
| Sika Antisol                             | 2.28     | lts  | Sika Antisol                             | 2.28       | lts       |  |
| Sosa Caustica                            | 0.59     | gr   | Sosa Caustica                            | 0.59       | gr        |  |

## ANEXO 4: PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO VIBRADO

Tabla 48: Variación dimensional del ladrillo patrón.

| VARIACIÓN DIMENCIONAL DE LADRILLOS DE CONCRETO PATRÓN |                          |       |       |       |          |                          |       |       |       |          |                          |      |      |      |          |
|---|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|------|------|------|----------|
| Espécimen   | Largo (cm)               |       |       |       |          | Ancho (cm)               |       |       |       |          | Alto (cm)                |      |      |      |          |
|   | L1                       | L2    | L3    | L4    | Promedio | A1                       | A2    | A3    | A4    | Promedio | H1                       | H2   | H3   | H4   | Promedio |
| LV-P1   | 23.30                    | 23.20 | 23.20 | 23.20 | 23.23    | 12.20                    | 12.20 | 12.20 | 12.20 | 12.20    | 9.20                     | 9.00 | 9.10 | 9.10 | 9.10     |
| LV-P2   | 23.20                    | 23.20 | 23.00 | 23.10 | 23.13    | 12.30                    | 12.10 | 12.30 | 12.00 | 12.18    | 9.00                     | 9.00 | 9.20 | 9.00 | 9.05     |
| LV-P3   | 23.30                    | 23.30 | 23.20 | 23.00 | 23.20    | 12.30                    | 12.20 | 12.20 | 12.20 | 12.23    | 9.20                     | 9.20 | 9.10 | 9.10 | 9.15     |
| LV-P4   | 23.10                    | 23.40 | 23.10 | 23.10 | 23.18    | 12.40                    | 12.30 | 12.10 | 12.00 | 12.20    | 9.00                     | 9.20 | 9.10 | 9.00 | 9.08     |
| LV-P5   | 23.20                    | 23.30 | 23.20 | 22.90 | 23.15    | 12.20                    | 12.40 | 12.20 | 12.10 | 12.23    | 9.10                     | 9.00 | 9.20 | 9.20 | 9.13     |
| LV-P6   | 23.10                    | 23.30 | 23.00 | 23.20 | 23.15    | 12.30                    | 12.20 | 12.00 | 12.10 | 12.15    | 9.00                     | 9.20 | 9.00 | 9.10 | 9.08     |
|   | Largo fabricación L:     |       |       |       | 23.00    | Ancho fabricación A:     |       |       |       | 12.00    | Altura fabricación H:    |      |      |      | 9.00     |
|   | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.12     | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.11     | Des. Estándar $\sigma$ : |      |      |      | 0.09     |
|   | Largo promedio Lp:       |       |       |       | 23.17    | Ancho promedio Ap:       |       |       |       | 12.20    | Alto promedio Hp:        |      |      |      | 9.10     |
|   | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -0.74    | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -1.63    | Var.Dimencinal V%:       |      |      |      | -1.06    |

Tabla 49: Variación dimensional con aditivo 0.5% hidroxido de sodio y 1% de sika antisol.

| VARIACIÓN DIMENCIONAL DE LADRILLO DE CONCRETO CON (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL). |                          |       |       |       |          |                          |       |       |       |          |                          |      |      |      |          |
|--|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|------|------|------|----------|
| Espécimen  | Largo (cm)               |       |       |       |          | Ancho (cm)               |       |       |       |          | Alto (cm)                |      |      |      |          |
|  | L1                       | L2    | L3    | L4    | Promedio | A1                       | A2    | A3    | A4    | Promedio | H1                       | H2   | H3   | H4   | Promedio |
| LV-ADT1  | 23.20                    | 23.20 | 23.10 | 23.20 | 23.18    | 12.30                    | 12.20 | 12.20 | 12.20 | 12.23    | 9.10                     | 9.20 | 9.10 | 9.00 | 9.10     |
| LV-ADT2  | 23.20                    | 23.10 | 23.20 | 23.00 | 23.13    | 12.40                    | 12.20 | 12.10 | 12.10 | 12.20    | 9.10                     | 9.00 | 9.20 | 9.00 | 9.08     |
| LV-ADT3  | 23.30                    | 23.30 | 23.10 | 23.20 | 23.23    | 12.30                    | 12.20 | 12.20 | 12.00 | 12.18    | 9.20                     | 9.10 | 9.10 | 9.10 | 9.13     |
| LV-ADT4  | 23.10                    | 23.20 | 23.00 | 23.10 | 23.10    | 12.20                    | 12.30 | 12.10 | 12.10 | 12.18    | 9.00                     | 9.20 | 9.10 | 9.10 | 9.10     |
| LV-ADT5  | 23.30                    | 23.30 | 23.20 | 23.00 | 23.20    | 12.30                    | 12.40 | 12.20 | 12.20 | 12.28    | 9.10                     | 9.20 | 9.20 | 9.20 | 9.18     |
| LV-ADT6  | 23.20                    | 23.20 | 23.00 | 23.10 | 23.13    | 12.20                    | 12.30 | 12.00 | 12.10 | 12.15    | 9.10                     | 9.20 | 9.20 | 9.10 | 9.15     |
|  | Largo fabricación L:     |       |       |       | 23.00    | Ancho fabricación A:     |       |       |       | 12.00    | Altura fabricación H:    |      |      |      | 9.00     |
|  | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.10     | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.11     | Des. Estándar $\sigma$ : |      |      |      | 0.07     |
|  | Largo promedio Lp:       |       |       |       | 23.16    | Ancho promedio Ap:       |       |       |       | 12.20    | Alto promedio Hp:        |      |      |      | 9.12     |
|  | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -0.69    | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -1.67    | Var.Dimencinal V%:       |      |      |      | -1.34    |

Tabla 50: Variación dimensional con aditivo y 5% de ladrillo cerámico.

| VARIACIÓN DIMENCIONAL DE LADRILLO DE CONCRETO CON 5% DE LADRILLO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL). |                          |       |       |       |          |                          |       |       |       |          |                          |      |      |      |          |
|---|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|------|------|------|----------|
| Especimen   | Largo (cm)               |       |       |       |          | Ancho (cm)               |       |       |       |          | Alto (cm)                |      |      |      |          |
|   | L1                       | L2    | L3    | L4    | Promedio | A1                       | A2    | A3    | A4    | Promedio | H1                       | H2   | H3   | H4   | Promedio |
| LV-ADT-5%LR1  | 23.30                    | 23.20 | 23.20 | 23.20 | 23.23    | 12.20                    | 12.20 | 12.10 | 12.20 | 12.18    | 9.20                     | 9.10 | 9.20 | 9.10 | 9.15     |
| LV-ADT-5%LR2  | 23.40                    | 23.20 | 23.20 | 23.00 | 23.20    | 12.20                    | 12.20 | 12.10 | 12.00 | 12.13    | 9.20                     | 9.00 | 9.20 | 9.10 | 9.13     |
| LV-ADT-5%LR3  | 23.20                    | 23.40 | 23.00 | 23.10 | 23.18    | 12.30                    | 12.20 | 12.00 | 12.20 | 12.18    | 9.20                     | 9.10 | 9.10 | 9.10 | 9.13     |
| LV-ADT-5%LR4  | 23.20                    | 23.30 | 23.10 | 23.10 | 23.18    | 12.20                    | 12.30 | 12.20 | 12.20 | 12.23    | 9.00                     | 9.10 | 9.00 | 9.00 | 9.03     |
| LV-ADT-5%LR5  | 23.30                    | 23.20 | 23.20 | 23.10 | 23.20    | 12.20                    | 12.30 | 12.20 | 12.00 | 12.18    | 9.10                     | 9.20 | 9.20 | 9.20 | 9.18     |
| LV-ADT-5%LR6  | 23.20                    | 23.20 | 23.00 | 23.20 | 23.15    | 12.30                    | 12.20 | 12.00 | 12.10 | 12.15    | 9.20                     | 9.20 | 9.10 | 9.20 | 9.18     |
|   | Largo fabricación L:     |       |       |       | 23.00    | Ancho fabricación A:     |       |       |       | 12.00    | Altura fabricación H:    |      |      |      | 9.00     |
|   | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.11     | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.10     | Des. Estándar $\sigma$ : |      |      |      | 0.08     |
|   | Largo promedio Lp:       |       |       |       | 23.19    | Ancho promedio Ap:       |       |       |       | 12.17    | Alto promedio Hp:        |      |      |      | 9.13     |
|   | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -0.82    | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -1.42    | Var.Dimencinal V%:       |      |      |      | -1.44    |

Tabla 51: Variación dimensional con aditivo y 10% de ladrillo cerámico.

| VARIACIÓN DIMENCIONAL DE LADRILLO DE CONCRETO CON 10% DE LADRILLO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL). |                          |       |       |       |          |                          |       |       |       |          |                          |      |      |      |          |
|--|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|------|------|------|----------|
| Especimen  | Largo (cm)               |       |       |       |          | Ancho (cm)               |       |       |       |          | Alto (cm)                |      |      |      |          |
|  | L1                       | L2    | L3    | L4    | Promedio | A1                       | A2    | A3    | A4    | Promedio | H1                       | H2   | H3   | H4   | Promedio |
| LV-ADT-10%LR1  | 23.20                    | 23.30 | 23.10 | 23.20 | 23.20    | 12.20                    | 12.30 | 12.20 | 12.20 | 12.23    | 9.10                     | 9.10 | 9.00 | 9.20 | 9.10     |
| LV-ADT-10%LR2  | 23.20                    | 23.20 | 23.00 | 23.10 | 23.13    | 12.10                    | 12.10 | 12.20 | 12.00 | 12.10    | 9.10                     | 9.20 | 9.20 | 9.20 | 9.18     |
| LV-ADT-10%LR3  | 23.20                    | 23.30 | 23.10 | 23.00 | 23.15    | 12.20                    | 12.30 | 12.10 | 12.10 | 12.18    | 9.20                     | 9.10 | 9.20 | 9.20 | 9.18     |
| LV-ADT-10%LR4  | 23.10                    | 23.20 | 23.20 | 23.10 | 23.15    | 12.10                    | 12.20 | 12.10 | 12.00 | 12.10    | 9.20                     | 9.10 | 9.10 | 9.10 | 9.13     |
| LV-ADT-10%LR5  | 23.30                    | 23.20 | 23.00 | 23.10 | 23.15    | 12.30                    | 12.20 | 12.00 | 12.20 | 12.18    | 9.00                     | 9.20 | 9.10 | 9.10 | 9.10     |
| LV-ADT-10%LR6  | 23.30                    | 23.20 | 23.00 | 23.00 | 23.13    | 12.20                    | 12.30 | 12.00 | 12.10 | 12.15    | 9.10                     | 9.10 | 9.10 | 9.10 | 9.10     |
|  | Largo fabricación L:     |       |       |       | 23.00    | Ancho fabricación A:     |       |       |       | 12.00    | Altura fabricación H:    |      |      |      | 9.00     |
|  | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.10     | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.10     | Des. Estándar $\sigma$ : |      |      |      | 0.06     |
|  | Largo promedio Lp:       |       |       |       | 23.15    | Ancho promedio Ap:       |       |       |       | 12.15    | Alto promedio Hp:        |      |      |      | 9.13     |
|  | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -0.65    | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -1.28    | Var.Dimencinal V%:       |      |      |      | -1.44    |

Tabla 52: Variación dimensional con aditivo y 15 % de ladrillo cerámico.

| VARIACIÓN DIMENCIONAL DE LADRILLO DE CONCRETO CON 15% DE LADRILLO RECICLADO Y (0.5% HIDRÓXIDO DE SODIO + 1% ADITIVO SIKA ANTISOL). |                          |       |       |       |          |                          |       |       |       |          |                          |      |      |      |          |
|--|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|------|------|------|----------|
| Especimen  | Largo (cm)               |       |       |       |          | Ancho (cm)               |       |       |       |          | Alto (cm)                |      |      |      |          |
|  | L1                       | L2    | L3    | L4    | Promedio | A1                       | A2    | A3    | A4    | Promedio | H1                       | H2   | H3   | H4   | Promedio |
| LV-ADT-15%LR1  | 23.20                    | 23.20 | 23.10 | 23.10 | 23.15    | 12.30                    | 12.20 | 12.10 | 12.00 | 12.15    | 9.20                     | 9.20 | 9.10 | 9.10 | 9.15     |
| LV-ADT-15%LR2  | 23.20                    | 23.40 | 23.10 | 23.00 | 23.18    | 12.20                    | 12.20 | 12.10 | 12.00 | 12.13    | 9.10                     | 9.20 | 9.20 | 9.10 | 9.15     |
| LV-ADT-15%LR3  | 23.30                    | 23.30 | 23.00 | 23.10 | 23.18    | 12.10                    | 12.10 | 12.20 | 12.20 | 12.15    | 9.10                     | 9.20 | 9.20 | 9.20 | 9.18     |
| LV-ADT-15%LR4  | 23.20                    | 23.20 | 23.20 | 23.10 | 23.18    | 12.20                    | 12.30 | 12.00 | 12.20 | 12.18    | 9.10                     | 9.10 | 9.20 | 9.10 | 9.13     |
| LV-ADT-15%LR5  | 23.30                    | 23.20 | 23.00 | 23.10 | 23.15    | 12.20                    | 12.10 | 12.20 | 12.00 | 12.13    | 9.00                     | 9.20 | 9.10 | 9.20 | 9.13     |
| LV-ADT-15%LR6  | 23.20                    | 23.20 | 23.10 | 23.00 | 23.13    | 12.10                    | 12.30 | 12.10 | 12.10 | 12.15    | 9.10                     | 9.10 | 9.20 | 9.10 | 9.13     |
|  | Largo fabricación L:     |       |       |       | 23.00    | Ancho fabricación A:     |       |       |       | 12.00    | Altura fabricación H:    |      |      |      | 9.00     |
|  | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.11     | Des. Estándar $\sigma$ : |       |       |       | 0.09     | Des. Estándar $\sigma$ : |      |      |      | 0.06     |
|  | Largo promedio Lp:       |       |       |       | 23.16    | Ancho promedio Ap:       |       |       |       | 12.15    | Alto promedio Hp:        |      |      |      | 9.14     |
|  | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -0.69    | Var.Dimencinal V%:       |       |       |       | -1.22    | Var.Dimencinal V%:       |      |      |      | -1.57    |

Tabla 53: Succión del ladrillo patrón.

| SUCCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |                 |             |            |                         |             |          |             |                  |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-------------------------|-------------|----------|-------------|------------------|
| Especímen                       | Peso seco (g) | Peso de succión | Dimensiones |            | Área (cm <sup>2</sup> ) | X (g/200cm) | Promedio | Des. Estánd | Coef.de variació |
|                                 |               |                 | Largo (cm)  | Ancho (cm) |                         |             |          |             |                  |
| LV-P1                           | 4975.00       | 4988.00         | 23.10       | 12.30      | 284.13                  | 9.15        | 7.63     | 1.08        | 14.11%           |
| LV-P2                           | 4984.00       | 4994.00         | 23.30       | 12.20      | 284.26                  | 7.04        |          |             |                  |
| LV-P3                           | 4979.00       | 4990.00         | 23.10       | 12.30      | 284.13                  | 7.74        |          |             |                  |
| LV-P4                           | 5008.00       | 5017.00         | 23.20       | 12.10      | 280.72                  | 6.41        |          |             |                  |
| LV-P5                           | 4985.00       | 4996.00         | 23.10       | 12.20      | 281.82                  | 7.81        |          |             |                  |

Tabla 54: Succión del ladrillo con aditivos.

| SUCCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |                 |             |            |                         |             |          |             |                  |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-------------------------|-------------|----------|-------------|------------------|
| Especímen                       | Peso seco (g) | Peso de succión | Dimensiones |            | Área (cm <sup>2</sup> ) | X (g/200cm) | Promedio | Des. Estánd | Coef.de variació |
|                                 |               |                 | Largo (cm)  | Ancho (cm) |                         |             |          |             |                  |
| LV-ADT1                         | 5179.00       | 5191.00         | 23.20       | 12.20      | 283.04                  | 8.48        | 9.41     | 1.26        | 13.36%           |
| LV-ADT2                         | 5064.00       | 5077.00         | 23.30       | 12.10      | 281.93                  | 9.22        |          |             |                  |
| LV-ADT3                         | 5173.00       | 5185.00         | 23.20       | 12.20      | 283.04                  | 8.48        |          |             |                  |
| LV-ADT4                         | 5082.00       | 5098.00         | 23.10       | 12.00      | 277.20                  | 11.54       |          |             |                  |
| LV-ADT5                         | 5149.00       | 5162.00         | 23.00       | 12.10      | 278.30                  | 9.34        |          |             |                  |

Tabla 55: Succión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico.

| SUCCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |                 |             |            |                         |             |          |             |                  |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-------------------------|-------------|----------|-------------|------------------|
| Especímen                       | Peso seco (g) | Peso de succión | Dimensiones |            | Área (cm <sup>2</sup> ) | X (g/200cm) | Promedio | Des. Estánd | Coef.de variació |
|                                 |               |                 | Largo (cm)  | Ancho (cm) |                         |             |          |             |                  |
| LV-ADT-5%LR1                    | 5026.00       | 5039.00         | 23.10       | 12.20      | 281.82                  | 9.23        | 9.00     | 0.40        | 4.50%            |
| LV-ADT-5%LR2                    | 5085.00       | 5097.00         | 23.30       | 12.00      | 279.60                  | 8.58        |          |             |                  |
| LV-ADT-5%LR3                    | 5076.00       | 5089.00         | 23.10       | 12.20      | 281.82                  | 9.23        |          |             |                  |
| LV-ADT-5%LR4                    | 5039.00       | 5051.00         | 23.20       | 12.10      | 280.72                  | 8.55        |          |             |                  |
| LV-ADT-5%LR5                    | 5068.00       | 5081.00         | 23.00       | 12.00      | 276.00                  | 9.42        |          |             |                  |

Tabla 56: Succión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico.

| SUCCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |                 |             |            |                         |             |          |             |                  |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-------------------------|-------------|----------|-------------|------------------|
| Especímen                       | Peso seco (g) | Peso de succión | Dimensiones |            | Área (cm <sup>2</sup> ) | X (g/200cm) | Promedio | Des. Estánd | Coef.de variació |
|                                 |               |                 | Largo (cm)  | Ancho (cm) |                         |             |          |             |                  |
| LV-ADT-10%LR1                   | 4913.00       | 4928.00         | 23.30       | 12.20      | 284.26                  | 10.55       | 10.27    | 1.47        | 14.35%           |
| LV-ADT-10%LR2                   | 4979.00       | 4990.00         | 23.10       | 12.10      | 279.51                  | 7.87        |          |             |                  |
| LV-ADT-10%LR3                   | 4946.00       | 4960.00         | 23.10       | 12.10      | 279.51                  | 10.02       |          |             |                  |
| LV-ADT-10%LR4                   | 4927.00       | 4943.00         | 23.20       | 12.00      | 278.40                  | 11.49       |          |             |                  |
| LV-ADT-10%LR5                   | 4919.00       | 4935.00         | 23.00       | 12.20      | 280.60                  | 11.40       |          |             |                  |

Tabla 57: Succión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico.

| SUCCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |                 |             |            |                         |             |          |             |                  |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-------------------------|-------------|----------|-------------|------------------|
| Espécimen                       | Peso seco (g) | Peso de succión | Dimensiones |            | Área (cm <sup>2</sup> ) | X (g/200cm) | Promedio | Des. Estánd | Coef.de variació |
|                                 |               |                 | Largo (cm)  | Ancho (cm) |                         |             |          |             |                  |
| LV-ADT-15%LR1                   | 4867.00       | 4882.00         | 23.20       | 12.10      | 280.72                  | 10.69       |          |             |                  |
| LV-ADT-15%LR2                   | 4969.00       | 4979.00         | 23.30       | 12.10      | 281.93                  | 7.09        |          |             |                  |
| LV-ADT-15%LR3                   | 4959.00       | 4973.00         | 23.30       | 12.10      | 281.93                  | 9.93        | 10.42    | 3.00        | 28.75%           |
| LV-ADT-15%LR4                   | 4875.00       | 4896.00         | 23.00       | 12.00      | 276.00                  | 15.22       |          |             |                  |
| LV-ADT-15%LR5                   | 4948.00       | 4961.00         | 23.20       | 12.20      | 283.04                  | 9.19        |          |             |                  |

Tabla 58: Absorción del ladrillo patrón.

| ABSORCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |               |               |              |               |                   |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Espécimen                         | Peso seco (g) | Peso saturado | Absorción (%) | Promedio (%) | Des. Estándar | Coef.de variación |
| LV-P1                             | 4969.00       | 5290.00       | 6.46          |              |               |                   |
| LV-P2                             | 4948.00       | 5255.00       | 6.20          |              |               |                   |
| LV-P3                             | 4962.00       | 5275.00       | 6.31          | 6.33         | 0.10          | 1.62%             |
| LV-P4                             | 4957.00       | 5268.00       | 6.27          |              |               |                   |
| LV-P5                             | 4964.00       | 5282.00       | 6.41          |              |               |                   |

Tabla 59: Absorción del ladrillo con aditivos.

| ABSORCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |               |               |              |               |                   |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Espécimen                         | Peso seco (g) | Peso saturado | Absorción (%) | Promedio (%) | Des. Estándar | Coef.de variación |
| LV-ADT1                           | 4987.00       | 5297.00       | 6.22          |              |               |                   |
| LV-ADT2                           | 4985.00       | 5296.00       | 6.24          |              |               |                   |
| LV-ADT3                           | 4968.00       | 5289.00       | 6.46          | 6.31         | 0.10          | 1.60%             |
| LV-ADT4                           | 4978.00       | 5294.00       | 6.35          |              |               |                   |
| LV-ADT5                           | 4983.00       | 5295.00       | 6.26          |              |               |                   |

Tabla 60: Absorción del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico.

| ABSORCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |               |               |              |               |                   |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Espécimen                         | Peso seco (g) | Peso saturado | Absorción (%) | Promedio (%) | Des. Estándar | Coef.de variación |
| LV-ADT-5%LR1                      | 4825.00       | 5123.00       | 6.18          |              |               |                   |
| LV-ADT-5%LR2                      | 4954.00       | 5281.00       | 6.60          |              |               |                   |
| LV-ADT-5%LR3                      | 4874.00       | 5198.00       | 6.65          | 6.48         | 0.19          | 2.86%             |
| LV-ADT-5%LR4                      | 4869.00       | 5183.00       | 6.45          |              |               |                   |
| LV-ADT-5%LR5                      | 4927.00       | 5248.00       | 6.52          |              |               |                   |

Tabla 61: Absorción del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico.

| ABSORCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |               |               |              |               |                   |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Espécimen                         | Peso seco (g) | Peso saturado | Absorción (%) | Promedio (%) | Des. Estándar | Coef.de variación |
| LV-ADT-10%LR1                     | 4899.00       | 5208.00       | 6.31          |              |               |                   |
| LV-ADT-10%LR2                     | 4867.00       | 5178.00       | 6.39          |              |               |                   |
| LV-ADT-10%LR3                     | 4863.00       | 5202.00       | 6.97          | 6.52         | 0.28          | 4.32%             |
| LV-ADT-10%LR4                     | 4864.00       | 5186.00       | 6.62          |              |               |                   |
| LV-ADT-10%LR5                     | 4862.00       | 5169.00       | 6.31          |              |               |                   |

Tabla 62: Absorción del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico.

| ABSORCIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO |               |               |               |              |               |                   |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|
| Espécimen                         | Peso seco (g) | Peso saturado | Absorción (%) | Promedio (%) | Des. Estándar | Coef.de variación |
| LV-ADT-15%LR1                     | 4878.00       | 5204.00       | 6.68          |              |               |                   |
| LV-ADT-15%LR2                     | 4793.00       | 5134.00       | 7.11          |              |               |                   |
| LV-ADT-15%LR3                     | 4821.00       | 5165.00       | 7.14          | 6.95         | 0.20          | 2.87%             |
| LV-ADT-15%LR4                     | 4853.00       | 5183.00       | 6.80          |              |               |                   |
| LV-ADT-15%LR5                     | 4849.00       | 5189.00       | 7.01          |              |               |                   |

Tabla 63: Alabeo de unidades de ladrillo patrón.

| ALABEO DE UNIDADES DE LADRILLO DE CONCRETO |         |         |         |         |             |
|--|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Espécimen                                  | Cara A  |         | Cara B  |         | Alabeo (mm) |
|  | Cóncavo | Convexo | Cóncavo | Convexo |             |
| LV-P1                                      | 0       | 1       | 0       | 1.5     | 1.5         |
| LV-P2                                      | 0       | 0.5     | 0.5     | 0       | 0.5         |
| LV-P3                                      | 0       | 0.5     | 1       | 0       | 1           |
| LV-P4                                      | 0       | 0       | 0.5     | 1       | 1           |
| LV-P5                                      | 0.5     | 0       | 0.5     | 0.5     | 0.5         |
| Promedio del alabeo (mm)                   |         |         |         |         | 0.90        |

Tabla 64: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivos.

| Espécimen                | Cara A  |         | Cara B  |         | Alabeo (mm) |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
|                          | Cóncavo | Convexo | Cóncavo | Convexo |             |
| LV-ADT1                  | 0       | 1       | 0       | 0.5     | 1           |
| LV-ADT2                  | 0       | 0       | 0       | 1       | 1           |
| LV-ADT3                  | 0       | 0.5     | 0       | 0.5     | 0.5         |
| LV-ADT4                  | 0       | 0.5     | 0       | 0.5     | 0.5         |
| LV-ADT5                  | 1       | 0       | 0.5     | 0.5     | 1           |
| Promedio del alabeo (mm) |         |         |         |         | 0.80        |

Tabla 65: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico.

| Especimen                | Cara A  |         | Cara B  |         | Alabeo (mm) |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
|                          | Cóncavo | Convexo | Cóncavo | Convexo |             |
| LV-ADT-5%LR1             | 0       | 0.5     | 0       | 0.5     | 0.5         |
| LV-ADT-5%LR2             | 0       | 1.5     | 0       | 0.5     | 1.5         |
| LV-ADT-5%LR3             | 0       | 0.5     | 0       | 0       | 0.5         |
| LV-ADT-5%LR4             | 0       | 3       | 0       | 0.5     | 3           |
| LV-ADT-5%LR5             | 0       | 0.5     | 0       | 0       | 0.5         |
| Promedio del alabeo (mm) |         |         |         |         | 1.20        |

Tabla 66: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivo y 10% de ladrillo cerámico.

| Especimen                | Cara A  |         | Cara B  |         | Alabeo (mm) |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
|                          | Cóncavo | Convexo | Cóncavo | Convexo |             |
| LV-ADT-10%LR1            | 0       | 2       | 0       | 1       | 2           |
| LV-ADT-10%LR2            | 0       | 1       | 0       | 1.5     | 1.5         |
| LV-ADT-10%LR3            | 0       | 0       | 0       | 0.5     | 0.5         |
| LV-ADT-10%LR4            | 0       | 0.5     | 0       | 0       | 0.5         |
| LV-ADT-10%LR5            | 0       | 1.5     | 0       | 0       | 1.5         |
| Promedio del alabeo (mm) |         |         |         |         | 1.20        |

Tabla 67: Alabeo de unidades de ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico.

| Especimen                | Cara A  |         | Cara B  |         | Alabeo (mm) |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------|
|                          | Cóncavo | Convexo | Cóncavo | Convexo |             |
| LV-ADT-15%LR1            | 0       | 1       | 0       | 0.5     | 1           |
| LV-ADT-15%LR2            | 0       | 1.5     | 0       | 2       | 2           |
| LV-ADT-15%LR3            | 0       | 0.5     | 0       | 0.5     | 0.5         |
| LV-ADT-15%LR4            | 0       | 0.5     | 0       | 0       | 0.5         |
| LV-ADT-15%LR5            | 0       | 0.5     | 0       | 1       | 1           |
| Promedio del alabeo (mm) |         |         |         |         | 1.00        |

Tabla 68: Peso de unidades de ladrillo de concreto vibrado.

| Especimen                     | Peso (g) |       |       |       |       | Promedio |
|-------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|
|                               | L1       | L2    | L3    | L4    | L5    |          |
| LV-P                          | 5.11     | 5.24  | 5.21  | 5.06  | 5.18  | 5.16     |
| LV-ADT                        | 5.40     | 5.33  | 5.31  | 5.32  | 5.41  | 5.35     |
| LV-ADT-5%LR3                  | 5.14     | 5.11  | 5.09  | 5.14  | 5.10  | 5.12     |
| LV-ADT-10%LR4                 | 5.05     | 5.06  | 5.07  | 5.08  | 5.09  | 5.07     |
| LV-ADT-15%LR5                 | 5.04     | 4.96  | 4.95  | 5.00  | 5.00  | 4.99     |
| Peso promedio (g)             | 5.15     | 5.14  | 5.13  | 5.12  | 5.15  | 5.14     |
| Des. Estándar ( $\sigma$ )    | 0.14     | 0.15  | 0.14  | 0.12  | 0.16  | 0.14     |
| Coefficiente de variación (%) | 2.80%    | 2.82% | 2.65% | 2.41% | 3.03% | 2.63%    |

Tabla 69: Resistencia a la compresión del ladrillo patrón, a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 7 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|---|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Especímen   | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|   | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-P1   | 23.3             | 12.2  | 9.1  | 284.26                  | 54783.44   | 192.72                | 18.90 |
| LV-P2   | 23.2             | 12.4  | 9.2  | 287.68                  | 50446.57   | 175.36                | 17.20 |
| LV-P3   | 23.4             | 12.3  | 9.1  | 287.82                  | 52830.67   | 183.55                | 18.00 |
| LV-P4   | 23.2             | 12.1  | 9.1  | 280.72                  | 57009.49   | 203.08                | 19.92 |
| LV-P5   | 23.3             | 12.2  | 9.2  | 284.26                  | 51938.42   | 182.71                | 17.92 |
| LV-P6   | 23.2             | 12.3  | 9.1  | 285.36                  | 52242.30   | 183.08                | 17.95 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                      |                  |       |      |                         |            | 186.75                | 18.31 |
| Desviación estándar ( $\sigma$ )                                  |                  |       |      |                         |            | 9.72                  | 0.95  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)               |                  |       |      |                         |            | 177.03                | 17.36 |
| Coeficiente de variación (%)                                      |                  |       |      |                         |            | 5.20%                 | 5.20% |

Tabla 70: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivos, a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 7 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|---|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Especímen   | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|   | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT1   | 23.2             | 12.2  | 9.2  | 283.04                  | 62654.66   | 221.36                | 21.71 |
| LV-ADT2   | 23.1             | 12.1  | 9.2  | 279.51                  | 54573.37   | 195.25                | 19.15 |
| LV-ADT3   | 23.2             | 12.3  | 9.2  | 285.36                  | 62709.72   | 219.76                | 21.55 |
| LV-ADT4   | 23.2             | 12.2  | 9.1  | 283.04                  | 61753.22   | 218.18                | 21.40 |
| LV-ADT5   | 23.2             | 12.3  | 9.1  | 285.36                  | 60725.35   | 212.80                | 20.87 |
| LV-ADT6   | 23.2             | 12.2  | 9.1  | 283.04                  | 58866.40   | 207.98                | 20.40 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                      |                  |       |      |                         |            | 212.55                | 20.84 |
| Desviación estándar ( $\sigma$ )                                  |                  |       |      |                         |            | 9.81                  | 0.96  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)               |                  |       |      |                         |            | 202.74                | 19.88 |
| Coeficiente de variación (%)                                      |                  |       |      |                         |            | 4.62%                 | 4.62% |

Tabla 71: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico, a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 7 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|---|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Especímen   | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|   | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-5%LR1  | 23.1             | 12.1  | 9.1  | 279.51                  | 52549.23   | 188.00                | 18.44 |
| LV-ADT-5%LR2  | 23.3             | 12.1  | 9.2  | 281.93                  | 58783.80   | 208.50                | 20.45 |
| LV-ADT-5%LR3  | 23.2             | 12    | 9.1  | 278.4                   | 54347.00   | 195.21                | 19.14 |
| LV-ADT-5%LR4  | 23.2             | 12.2  | 9.2  | 283.04                  | 58359.60   | 206.19                | 20.22 |
| LV-ADT-5%LR5  | 23.1             | 12.1  | 9.2  | 279.51                  | 53747.40   | 192.29                | 18.86 |
| LV-ADT-5%LR6  | 23               | 12.1  | 9.2  | 278.3                   | 51127.74   | 183.71                | 18.02 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                      |                  |       |      |                         |            | 195.65                | 19.19 |
| Desviación estándar ( $\sigma$ )                                  |                  |       |      |                         |            | 9.89                  | 0.97  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)               |                  |       |      |                         |            | 185.77                | 18.22 |
| Coeficiente de variación (%)                                      |                  |       |      |                         |            | 5.05%                 | 5.05% |

Tabla 72: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico, a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 7 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|---|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Especímen   | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|   | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-10%LR1   | 23.2             | 12.2  | 9.1  | 283.04                  | 56587.32   | 199.93                | 19.61 |
| LV-ADT-10%LR2   | 23.3             | 12.2  | 9.2  | 284.26                  | 51707.96   | 181.90                | 17.84 |
| LV-ADT-10%LR3   | 23.2             | 12.2  | 9.1  | 283.04                  | 56113.15   | 198.25                | 19.44 |
| LV-ADT-10%LR4   | 23.1             | 12.1  | 9.2  | 279.51                  | 50900.34   | 182.11                | 17.86 |
| LV-ADT-10%LR5   | 23.1             | 12.2  | 9.2  | 281.82                  | 51219.52   | 181.75                | 17.82 |
| LV-ADT-10%LR6   | 23.4             | 12.1  | 9.2  | 283.14                  | 55235.17   | 195.08                | 19.13 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                      |                  |       |      |                         |            | 189.84                | 18.62 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                  |                  |       |      |                         |            | 8.81                  | 0.86  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)               |                  |       |      |                         |            | 181.02                | 17.75 |
| Coeficiente de variación (%)                                      |                  |       |      |                         |            | 4.64%                 | 4.64% |

Tabla 73: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico, a los 7 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 7 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|---|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Especímen   | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|   | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-15%LR1   | 23.2             | 12.1  | 9.1  | 280.72                  | 51335.76   | 182.87                | 17.93 |
| LV-ADT-15%LR2   | 23.1             | 12.1  | 9.2  | 279.51                  | 47701.48   | 170.66                | 16.74 |
| LV-ADT-15%LR3   | 23.3             | 12.3  | 9.1  | 286.59                  | 51833.39   | 180.86                | 17.74 |
| LV-ADT-15%LR4   | 23.2             | 12.2  | 9.2  | 283.04                  | 49892.86   | 176.27                | 17.29 |
| LV-ADT-15%LR5   | 23.3             | 12.3  | 9.2  | 286.59                  | 52600.22   | 183.54                | 18.00 |
| LV-ADT-15%LR6   | 23.2             | 12.2  | 9.2  | 283.04                  | 50495.51   | 178.40                | 17.50 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                      |                  |       |      |                         |            | 178.77                | 17.53 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                  |                  |       |      |                         |            | 4.82                  | 0.47  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)               |                  |       |      |                         |            | 173.95                | 17.06 |
| Coeficiente de variación (%)                                      |                  |       |      |                         |            | 2.69%                 | 2.69% |

Tabla 74: Resistencia a la compresión del ladrillo patrón, a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 14 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Especímen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-P1  | 23.20            | 12.20 | 9.10 | 283.04                  | 56184.53   | 198.50                | 19.47 |
| LV-P2  | 23.10            | 12.10 | 9.10 | 279.51                  | 52008.78   | 186.07                | 18.25 |
| LV-P3  | 23.20            | 12.00 | 9.20 | 278.4                   | 52414.63   | 188.27                | 18.46 |
| LV-P4  | 23.10            | 12.10 | 9.20 | 279.51                  | 51912.93   | 185.73                | 18.21 |
| LV-P5  | 23.10            | 12.20 | 9.10 | 281.82                  | 52191.31   | 185.19                | 18.16 |
| LV-P6  | 23.20            | 12.30 | 9.20 | 285.36                  | 53486.35   | 187.43                | 18.38 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 188.53                | 18.49 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 5.02                  | 0.49  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)                |                  |       |      |                         |            | 183.52                | 18.00 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 2.66%                 | 2.66% |

Tabla 75: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivos, a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 14 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT1  | 23.10            | 12.10 | 9.20 | 279.51                  | 65333.46   | 233.74                | 22.92 |
| LV-ADT2  | 23.10            | 12.30 | 9.10 | 284.13                  | 63272.61   | 222.69                | 21.84 |
| LV-ADT3  | 23.30            | 12.20 | 9.10 | 284.26                  | 60836.50   | 214.02                | 20.99 |
| LV-ADT4  | 23.30            | 12.20 | 9.10 | 284.26                  | 66873.24   | 235.25                | 23.07 |
| LV-ADT5  | 23.10            | 12.30 | 9.20 | 284.13                  | 64540.12   | 227.15                | 22.28 |
| LV-ADT6  | 23.20            | 12.10 | 9.10 | 280.72                  | 65468.06   | 233.21                | 22.87 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 227.68                | 22.33 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 8.21                  | 0.80  |
| Resistencia característica a compresión axial (f' b)               |                  |       |      |                         |            | 219.47                | 21.52 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 3.60%                 | 3.60% |

Tabla 76: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico, a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 14 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-5%LR1   | 23.10            | 12.30 | 9.20 | 284.13                  | 55503.36   | 195.34                | 19.16 |
| LV-ADT-5%LR2   | 23.20            | 12.40 | 9.10 | 287.68                  | 61693.06   | 214.45                | 21.03 |
| LV-ADT-5%LR3   | 23.30            | 12.20 | 9.20 | 284.26                  | 60206.31   | 211.80                | 20.77 |
| LV-ADT-5%LR4   | 23.20            | 12.10 | 9.20 | 280.72                  | 59214.12   | 210.94                | 20.69 |
| LV-ADT-5%LR5   | 23.10            | 12.10 | 9.00 | 279.51                  | 54391.86   | 194.60                | 19.08 |
| LV-ADT-5%LR6   | 23.30            | 12.20 | 9.10 | 284.26                  | 58514.59   | 198.76                | 19.49 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 204.31                | 20.04 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 9.04                  | 0.89  |
| Resistencia característica a compresión axial (f' b)               |                  |       |      |                         |            | 195.28                | 19.15 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 4.42%                 | 4.42% |

Tabla 77: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico, a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 14 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-10%LR1  | 23.10            | 12.30 | 9.10 | 284.13                  | 50193.68   | 176.66                | 17.32 |
| LV-ADT-10%LR2  | 23.20            | 12.10 | 9.10 | 280.72                  | 56961.56   | 202.91                | 19.90 |
| LV-ADT-10%LR3  | 23.30            | 12.10 | 9.00 | 281.93                  | 56064.21   | 198.86                | 19.50 |
| LV-ADT-10%LR4  | 23.30            | 12.10 | 9.20 | 281.93                  | 56992.15   | 202.15                | 19.82 |
| LV-ADT-10%LR5  | 23.30            | 12.40 | 9.10 | 288.92                  | 57887.46   | 200.36                | 19.65 |
| LV-ADT-10%LR6  | 23.10            | 12.20 | 9.10 | 281.82                  | 56329.33   | 199.88                | 19.60 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 196.80                | 19.30 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 9.98                  | 0.98  |
| Resistencia característica a compresión axial (f' b)               |                  |       |      |                         |            | 186.82                | 18.32 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 5.07%                 | 5.07% |

Tabla 78: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico, a los 14 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 14 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-15%LR1  | 23.10            | 12.20 | 9.20 | 281.82                  | 56218.18   | 199.48                | 19.56 |
| LV-ADT-15%LR2  | 23.20            | 12.30 | 9.10 | 285.36                  | 55301.46   | 193.80                | 19.00 |
| LV-ADT-15%LR3  | 23.20            | 12.20 | 9.20 | 283.04                  | 53514.91   | 189.07                | 18.54 |
| LV-ADT-15%LR4  | 23.10            | 12.30 | 9.20 | 284.13                  | 56787.19   | 199.86                | 19.60 |
| LV-ADT-15%LR5  | 23.10            | 12.10 | 9.00 | 279.51                  | 50150.85   | 179.42                | 17.60 |
| LV-ADT-15%LR6  | 23.30            | 12.10 | 9.20 | 281.93                  | 50751.46   | 180.01                | 17.65 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 190.28                | 18.66 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 9.09                  | 0.89  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)                |                  |       |      |                         |            | 181.18                | 17.77 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 4.78%                 | 4.78% |

Tabla 79: Resistencia a la compresión del ladrillo patrón, a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-P1  | 23.2             | 12.3  | 9    | 285.36                  | 58223.97   | 204.04                | 20.01 |
| LV-P2  | 23.1             | 12.3  | 9.2  | 284.13                  | 58355.52   | 205.38                | 20.14 |
| LV-P3  | 23.2             | 12.1  | 9.3  | 280.72                  | 58604.33   | 208.76                | 20.47 |
| LV-P4  | 23.2             | 12.3  | 9.1  | 285.36                  | 55889.83   | 195.86                | 19.21 |
| LV-P5  | 23               | 12.2  | 9.1  | 280.6                   | 53950.33   | 192.27                | 18.86 |
| LV-P6  | 23.2             | 12.2  | 9.2  | 283.04                  | 56321.18   | 198.99                | 19.51 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 200.88                | 19.70 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 6.25                  | 0.61  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)                |                  |       |      |                         |            | 194.63                | 19.09 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 3.11%                 | 3.11% |

Tabla 80: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivos, a los 28 días

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT1  | 23.3             | 12.1  | 9.3  | 281.93                  | 66733.54   | 236.70                | 23.21 |
| LV-ADT2  | 23.1             | 12.1  | 9.3  | 279.51                  | 60691.69   | 217.14                | 21.29 |
| LV-ADT3  | 23.3             | 12.1  | 9.1  | 281.93                  | 68828.04   | 244.13                | 23.94 |
| LV-ADT4  | 23.3             | 12.2  | 9.2  | 284.26                  | 63384.78   | 222.98                | 21.87 |
| LV-ADT5  | 23.3             | 12.3  | 9.2  | 286.59                  | 66741.69   | 232.88                | 22.84 |
| LV-ADT6  | 23.1             | 12.2  | 9.1  | 281.82                  | 63746.78   | 226.20                | 22.18 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 230.01                | 22.56 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 9.82                  | 0.96  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)                |                  |       |      |                         |            | 220.19                | 21.59 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 4.27%                 | 4.27% |

Tabla 81: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 5% ladrillo cerámico, a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-5%LR1   | 23.2             | 12.2  | 9.2  | 283.04                  | 56631.17   | 200.08                | 19.62 |
| LV-ADT-5%LR2   | 23.3             | 12.2  | 9.1  | 284.26                  | 62897.35   | 221.27                | 21.70 |
| LV-ADT-5%LR3   | 23.1             | 12.2  | 9.3  | 281.82                  | 57404.12   | 203.69                | 19.98 |
| LV-ADT-5%LR4   | 23.1             | 12.3  | 9.1  | 284.13                  | 60404.13   | 212.59                | 20.85 |
| LV-ADT-5%LR5   | 23.3             | 12    | 9.1  | 279.6                   | 55783.78   | 199.51                | 19.57 |
| LV-ADT-5%LR6   | 23.3             | 12.1  | 9.3  | 281.93                  | 53166.16   | 198.76                | 19.49 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 205.98                | 20.20 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 9.07                  | 0.89  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)                |                  |       |      |                         |            | 196.91                | 19.31 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 4.40%                 | 4.40% |

Tabla 82: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 10% ladrillo cerámico, a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-10%LR1  | 23.1             | 12.1  | 9.2  | 279.51                  | 59646.48   | 213.40                | 20.93 |
| LV-ADT-10%LR2  | 23.1             | 12    | 9.2  | 277.2                   | 54767.12   | 197.57                | 19.38 |
| LV-ADT-10%LR3  | 23.2             | 12.2  | 9.3  | 283.04                  | 58152.59   | 205.46                | 20.15 |
| LV-ADT-10%LR4  | 23.1             | 12.1  | 9.1  | 279.51                  | 54775.28   | 195.97                | 19.22 |
| LV-ADT-10%LR5  | 23.2             | 12    | 9.2  | 278.4                   | 53962.56   | 193.83                | 19.01 |
| LV-ADT-10%LR6  | 23               | 12.1  | 9.2  | 278.3                   | 55265.76   | 198.58                | 19.47 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 200.80                | 19.69 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 7.32                  | 0.72  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)                |                  |       |      |                         |            | 193.49                | 18.97 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 3.64%                 | 3.64% |

Tabla 83: Resistencia a la compresión del ladrillo con aditivo y 15% ladrillo cerámico, a los 28 días.

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL LADRILLO DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS |                  |       |      |                         |            |                       |       |
|--|------------------|-------|------|-------------------------|------------|-----------------------|-------|
| Espécimen  | Dimensiones (cm) |       |      | Área (cm <sup>2</sup> ) | Carga (kg) | Resistencia           |       |
|  | Largo            | Ancho | Alto |                         |            | (kg/cm <sup>2</sup> ) | MPa   |
| LV-ADT-15%LR1  | 23.3             | 12.3  | 9.2  | 286.59                  | 56453.74   | 196.98                | 19.32 |
| LV-ADT-15%LR2  | 23.1             | 12.1  | 9.1  | 279.51                  | 53815.72   | 192.54                | 18.88 |
| LV-ADT-15%LR3  | 23.2             | 12.2  | 9.1  | 283.04                  | 52832.71   | 186.66                | 18.31 |
| LV-ADT-15%LR4  | 23.1             | 12.1  | 9.3  | 279.51                  | 53359.91   | 190.91                | 18.72 |
| LV-ADT-15%LR5  | 23.2             | 12.1  | 9.1  | 280.72                  | 55651.22   | 198.24                | 19.44 |
| LV-ADT-15%LR6  | 23.2             | 12.1  | 9.1  | 280.72                  | 51409.18   | 183.13                | 17.96 |
| Promedio de la resistencia a compresión (fb)                       |                  |       |      |                         |            | 191.41                | 18.77 |
| Desviación estandar ( $\sigma$ )                                   |                  |       |      |                         |            | 5.84                  | 0.57  |
| Resistencia característica a compresión axial (f'b)                |                  |       |      |                         |            | 185.57                | 18.20 |
| Coeficiente de variación (%)                                       |                  |       |      |                         |            | 3.05%                 | 3.05% |

## ANEXO 5: ficha técnica del Cemento Portland Tipo I



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**

Calle La Colonia Nro. 190 Urb. El Vivero de Monterico Barrio de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 0000



SGC-REG-06-G0002  
Versión 01

### Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

| COMPOSICIÓN QUÍMICA  |   | CPSAA | Requisito<br>NTP 334.009 / ASTM C150 |
|----------------------|---|-------|--------------------------------------|
| MgO                  | % | 2.2   | Máximo 6.0                           |
| SO3                  | % | 2.8   | Máximo 3.0                           |
| Pérdida por Ignición | % | 3.0   | Máximo 3.5                           |
| Residuo Insoluble    | % | 0.73  | Máximo 1.5                           |

| PROPIEDADES FÍSICAS    |                    | CPSAA | Requisito<br>NTP 334.009 / ASTM C150 |
|------------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|
| Contenido de Aire      | %                  | 8     | Máximo 12                            |
| Expansión en Autoclave | %                  | 0.10  | Máximo 0.80                          |
| Superficie Específica  | cm <sup>2</sup> /g | 3770  | Mínimo 2800                          |
| Densidad               | g/ml               | 3.12  | NO ESPECÍFICA                        |

**Resistencia Compresión :**

|                                     |                              |               |                             |
|-------------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Resistencia Compresión a 3días      | MPa<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | 31.7<br>(323) | Mínimo 12.0<br>(Mínimo 122) |
| Resistencia Compresión a 7días      | MPa<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | 38.5<br>(392) | Mínimo 19.0<br>(Mínimo 194) |
| Resistencia Compresión a 28días (*) | MPa<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | 46.5<br>(474) | Mínimo 28.0<br>(Mínimo 286) |

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

|                  |     |     |            |
|------------------|-----|-----|------------|
| Fraguado Inicial | min | 132 | Mínimo 45  |
| Fraguado Final   | min | 289 | Máximo 375 |

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016  
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016  
(\*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

## ANEXO 6: certificado de calidad de sika antisol.

### CERTIFICADO DE CALIDAD



El presente documento presenta el Estado Permisible de las especificaciones técnicas de nuestro producto **Sika® Antisol® S.**

#### 1. ESTADO PERMISIBLE

|                               |                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Aspecto                       | : Líquido incoloro - transparente |
| Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) | : 1.11 +/- 0.01                   |
| pH al 10%                     | : 10.5 +/- 0.5                    |
| Sólidos por Desecación (%)    | : 15.0 +/- 2.0                    |
| Fecha de Vencimiento          | : 02 años                         |

#### 2. REFERENCIA:

NICC : 1423000  
Edición : 5

Atentamente,



Claudia Vargas  
Gerente de Laboratorio  
Sika Perú S.A.C.

Lurin, Mayo de 2024

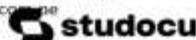
Formato CC-F 12  
Autorizado por: GMS  
Fecha: 05/07/13  
Edición: 5

LA INFORMACIÓN Y EN PARTICULAR LAS RECOMENDACIONES DE ESTA INSTRUCCIÓN DE USO ESTÁN BASADAS EN LOS ACTUALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA, Y EN PRUEBAS QUE CONSIDERAMOS SEGURAS SOBRE LOS PRODUCTOS APROPIADAMENTE ALMACENADOS, MANIPULADOS Y UTILIZADOS EN LAS CONDICIONES NORMALES DESCRITAS. EN LA PRÁCTICA, Y NO PUDIENDO CONTROLAR LAS CONDICIONES DE APLICACIÓN (TEMPERATURA, ESTADO DE LOS SUSTRATOS, ETC.), NO NOS RESPONSABILIZAMOS POR NINGÚN DAÑO, PERJUICIO O PÉRDIDA OCASIONADAS POR EL USO INADECUADO DEL PRODUCTO. ACONSEJAMOS AL USUARIO QUE PREVIAMENTE DETERMINE SI EL MISMO ES APROPIADO PARA EL USO PARTICULAR PROPUESTO. TODOS LOS PEIDIDOS ESTÁN SUJETOS A NUESTROS TÉRMINOS CORRIENTES DE VENTA Y ENTREGA. LOS USUARIOS SIEMPRE DEBEN REMITIRSE A LA ÚLTIMA EDICIÓN DE LAS HOJAS TÉCNICAS DE LOS PRODUCTOS; CUYAS COPIAS SE ENTREGARÁN A SOLICITUD DEL INTERESADO O A LAS QUE PUEDEN ACCEDER EN INTERNET A TRAVÉS DE NUESTRA PÁGINA WEB [WWW.SIKA.COM.PE](http://WWW.SIKA.COM.PE)

#### SIKA PERU S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. "B" Lote 6, Lurin - L3 Lima - Perú  
Telf: +51 1 618 6060 - Fax: +51 1 618 6070 - [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

This document is available on



Descargado por Rober Chavarria Castañeda (roberito0@live.com)

## ANEXO 7: ficha técnica de sosa cáustica



### FICHA TÉCNICA SOSA CÁUSTICA

Tipo: Hidróxido de Sodio  
Serie: SOSA - X

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El hidróxido de sodio (NaOH) también conocido como sosa cáustica a temperatura ambiente es un sólido blanco cristalino que absorbe la humedad del aire (higroscópico) en forma de escamas. Es altamente corrosivo.

#### USOS

El hidróxido de sodio se usa para fabricar jabones, crayón, papel, explosivos, pinturas, productos de petróleo, procesamiento de textiles de algodón, lavanderías y blanqueado.

Revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica, elaboración de limpiadores de desagüe y hornos, el hidróxido de sodio es muy corrosivo, generalmente se usa en forma sólida como una solución de 50% de concentración.

#### PRESENTACIÓN DE ENVASADO

- Bolsa de 1 kg y 25 kg.

#### ALMACENAMIENTO

Sosa Cáustica deberá almacenarse en lugares secos, con buena ventilación manteniendo el envase bien cerrado y debidamente identificado. Mantenerlo fuera del alcance de los niños.

#### INFLAMABILIDAD

Material no inflamable.

#### 2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| APARIENCIA                  | Sólido en forma de escamas de color blanco.                       |
| TOXICIDAD                   | Si  |
| CONCENTRACIÓN (COMO % NaOH) | Mínimo 98%  |
| INFLAMABILIDAD              | No  |
| VIDA DE ANAQUEL RECOMENDADA | 2 años posterior a su fecha de elaboración                        |
| SOLUBILIDAD EN AGUA         | 111 g / 100 ml (@20°)<br>13.89 g / 100 ml (alcohol etílico @ 20°) |
| DENSIDAD                    | 2100 hg / m3  |

#### 3. APLICACIÓN

Como desatascador de tuberías: Verter una cucharada sopera de producto y a continuación un vaso de agua caliente.

Como decapante de pinturas: Preparar una pasta con agua caliente y sosa, aplicar con una brocha, una vez reblandecida la pintura retirar con espátula metálica.

Para limpiar y desengrasar: Diluir sosa cáustica PintoLux de 5 a 10% con agua limpia.

#### PRECAUCIONES

INGESTIÓN: Puede causar graves daños, permanentes al sistema gastrointestinal fatales para la persona (intoxicación y/o quemaduras internas).

INHALACIÓN: Irritación con pequeñas exposiciones puede ser dañino o mortal en altas dosis.

PIEL: Peligroso: Los síntomas van desde irritaciones leves, corrosión a nivel cutáneo hasta úlceras graves.

OJOS: Peligroso. Puede causar quemaduras e incluso ceguera.

## PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 10. Obteniendo agregados de la cantera chiclayito.



Figura 11. Obteniendo material reciclado de ladrillo cerámico.



Figura 12. Granulometría del confitillo



Figura 13. Peso unitario compactado del confitillo.



Figura 14. Peso de fiola con muestra y agua hasta menisco, ensayo de peso específico.



Figura 15. Peso de molde más agua, ensayo de peso unitario.



Figura 16. Ensayo de peso unitario compactado, agregado fino.



Figura 17. Elaboración de ladrillos de concreto.



Figura 18. Ladrillos refrendados para ensayo a compresión.



Figura 19. Ensayo a compresión a los 14 días de edad.



Figura 20. Ensayo de succión de ladrillo de concreto.



Figura 21. Ensayo a compresión a los 28 días de edad.

