

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**ELABORACIÓN DE CONCRETO ECONÓMICO UTILIZANDO
CASCODE CERÁMICO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL
CEMENTO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

ELISA ODALIS BENAVIDES ALTAMIRANO

ASESOR

CARLOS RAFAEL TAFUR JIMÉNEZ

<https://orcid.org/0000-0003-0119-8234>

Chiclayo, 2021

**ELABORACIÓN DE CONCRETO ECONÓMICO UTILIZANDO
CASCOTE CERÁMICO COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL
CEMENTO**

PRESENTADA POR:

ELISA ODALIS BENAVIDES ALTAMIRANO

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Cesar Eduardo Cachay Lazo

PRESIDENTE

Wilson Martin García Vera

SECRETARIO

Carlos Rafael Tafur Jiménez

VOCAL

Dedicatoria

A Dios, porque me dio la fuerza necesaria para levantarme cada día a luchar por cada uno de mis objetivos.

A mis padres y hermanos, por enseñarme el valor de las cosas y que puedo lograr lo que me proponga con mucho esfuerzo y dedicación.

Agradecimientos

Al Ing. Eduardo Larrea Wong por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme en el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos, por su gran apoyo, motivación y comprensión.

Índice

Resumen	12
Abstract	13
I. Introducción	14
II. Marco teórico	17
2.1. Antecedentes del problema	17
2.2. Bases teórico científicas	21
2.2.1. Norma de concreto armado – Perú, E. 060, 2009.	21
2.2.2. Ley general del ambiente – Perú, ley N° 28611, 2005.....	21
2.2.3. Ley de gestión integral de residuos sólidos– Perú, D.L. N° 1278, 2016.....	22
2.2.4. Normas Técnicas Peruanas (NTP)	22
2.2.4.1. Cementos portland. Requisitos, NTP 334.009, 2013.	22
2.2.4.2. Agregados. Agregados para concreto, NTP 400.037, 2013.	23
2.2.4.3. Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos, NTP 339.088, 2014.	23
2.2.4.4. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, NTP 400.022, 2013.....	23
2.2.4.5. Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, NTP 339.185, 2013.	23
2.2.4.6. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, NTP 339.034, 2015.	24
2.2.5. El Concreto.....	24
2.2.6. Componentes Del Concreto	25
2.2.6.1. Cemento Portland.....	25
2.2.6.2. Agregados.....	28
2.2.6.2.1. Agregado fino.....	28
2.2.6.2.2. Agregado grueso	28
2.2.6.2.3. Características de los agregados.....	28
2.2.7. Agua	34
2.2.8. Método del Comité American Concrete Institute	34
2.2.9. Principales Propiedades Del Concreto Fresco	38
2.2.9.1. Trabajabilidad.....	38
2.2.9.2. Consistencia	39
2.2.9.3. Segregación	40

2.2.9.4.	Exudación.....	40
2.2.9.5.	Contracción	40
2.2.9.6.	Temperatura del concreto.....	41
2.2.10.	Principales propiedades del concreto endurecido	41
2.2.10.1.	Resistencia a la compresión	41
2.2.10.2.	Tiempo de fraguado	42
2.2.10.3.	Contenido de aire	43
2.2.10.4.	Peso unitario.....	43
2.2.10.5.	Elasticidad	44
2.2.10.6.	Durabilidad.....	44
2.2.10.7.	Permeabilidad.....	45
2.2.10.8.	Carbonatación.....	45
2.2.11.	Materiales Puzolánicos.....	46
2.2.12.	Clasificación De Las Puzolanas	46
2.2.13.	Actividad Puzolánica En El Concreto	49
2.2.14.	Nuevos materiales puzolánicos	50
2.2.15.	Cascote cerámico o cascote de ladrillo	51
III.	Metodología	52
3.1.	Tipo y nivel de investigación	52
3.2.	Diseño de investigación	52
3.2.1.	Hipótesis.....	52
3.2.2.	VARIABLES.....	52
3.3.	Población, muestra y muestreo.....	52
3.4.	Criterios de selección	54
3.5.	Operacionalización de variables.....	56
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
3.6.1.	Técnica	57
3.6.2.	Fuentes	57
3.6.3.	Ensayos de los materiales.....	57
3.6.3.1.	Ensayo de granulometría de agregado grueso y fino	57
3.6.3.2.	Peso específico y absorción del agregado fino.....	60
3.6.3.3.	Peso específico y absorción del agregado grueso	62
3.6.3.4.	Ensayo de humedad del agregado fino y grueso	63
3.6.3.5.	Peso unitario del agregado fino y grueso	64

3.6.4.	Ensayos del concreto en estado endurecido	66
3.6.4.1.	Asentamiento.....	66
3.6.4.2.	Peso unitario	68
3.6.4.3.	Exudación del concreto	70
3.6.4.4.	Contenido de aire	73
3.6.4.5.	Tiempo de fraguado	76
3.6.5.	Concreto en estado endurecido	79
3.6.5.1.	Resistencia a la compresión	79
3.7.	Plan de procesamiento y análisis de datos	82
3.8.	Matriz de consistencia	85
3.9.	Consideraciones éticas	86
IV.	Resultados	87
4.1.	Ensayos de concreto fresco	88
4.1.1.	Ensayo de Asentamiento	88
4.1.2.	Ensayo de peso unitario.....	89
4.1.3.	Tiempo de fraguado por penetración	90
4.1.4.	Contenido de Aire	95
4.1.5.	Exudación.....	95
4.2.	Ensayos de concreto endurecido	96
4.2.1.	Resistencia a la compresión	96
V.	Discusión.....	99
5.1.	Trabajos preliminares	99
5.2.	Concreto con adiciones	99
5.2.1.	Trabajabilidad.....	99
5.2.2.	Peso unitario	101
5.2.3.	Tiempo de fraguado	101
5.2.4.	Contenido de aire	104
5.2.5.	Exudación del concreto	105
5.2.6.	Resistencia a la compresión	105
VI.	Conclusiones	110
VII.	Recomendaciones	112
VIII.	Lista de referencias	113
IX.	Anexos	115
	Anexo nº1: empresa mochica ladrillos y agregados	115

Anexo n°2: estudio de canteras	117
Anexo n° 03: ensayos del concreto	120
Evaluación de impacto ambiental	131
Evaluación económica del concreto	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino, agregado grueso.	24
Fig. 2. Composición del concreto.....	25
Fig. 3. Clasificación del concreto según su consistencia	39
Fig. 4. Tamices utilizados para la granulometría del agregado grueso	59
Fig. 5. Lavado de agregado fino utilizando el tamiz N° 200.	60
Fig. 6. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.....	61
Fig. 7. Agregado grueso saturado superficialmente seco.....	63
Fig. 8. Peso unitario compactado del agregado grueso	66
Fig. 9. Asentamiento de la mezcla.	68
Fig. 10. Peso unitario del concreto fresco.	69
Fig. 11. Medidor Tipo A	74
Fig. 12. Medidor de tipo B	75
Fig. 13. Medidor de tipo B - Olla Washington.....	76
Fig. 14. Tamizado de la muestra por el tamiz N°4.....	77
Fig. 15. Penetración de la muestra para determinar el tiempo de fraguado	78
Fig. 16. Máquina de compresión axial	79
Fig. 17. Patrones típicos de fractura adoptados en la norma ASTM C39	81
Fig. 18. Departamento de Lambayeque-Perú.....	135
Fig. 19. Área de influencia directa	136
Fig. 20. Ubicación de la empresa Ladrillos y Agregados E.I.R.L.	136
Fig. 21. Trayecto del centro de realización de los ensayos a la Empresa Ladrillos y Agregados E.I.R.L.	137
Fig. 22. Climatología de Chiclayo	138
Fig. 23. Velocidad promedio del viento	139
Fig. 24. Ropa de trabajo	151
Fig. 25. Casco de seguridad	151
Fig. 26. Botas de seguridad con punta de acero	152
Fig. 27. Tapones auditivos	152
Fig. 28. Lentes de seguridad.....	153
Fig. 29. Mascarilla con filtro P100.....	154
Fig. 30. Guantes de seguridad	154

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resistencia a la compresión del concreto con incorporación de CCA de 10%, 20% y 30%.....	18
Gráfico 2. Límites granulométricos del agregado fino	30
Gráfico 3. Variación del asentamiento según porcentajes de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.	88
Gráfico 4. Tiempo de fraguado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	91
Gráfico 5. Tiempo de fraguado $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 +5\%$	92
Gráfico 6. Tiempo de fraguado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 +10\%$	93
Gráfico 7. Tiempo de fraguado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$	94
Gráfico 8. Resultados de la resistencia a la compresión $f'c 210 \text{ kg/cm}^2 - 0\%, 5\%, 10\%$ y 15% de residuo de Empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.	98
Gráfico 9. Variación de la trabajabilidad de acuerdo a los porcentajes de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L	100
Gráfico 10. Variación del peso unitario del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	101
Gráfico 11. Tiempo de fraguado por medio de su resistencia a la penetración.	102
Gráfico 12. Variación del tiempo de fraguado de las muestras patrón, con 5%, 10% y 15% de adición.....	103
Gráfico 13. Contenido de aire un situ de las diferentes tipos mezclas.....	104
Gráfico 14. Exudación de los diseños de mezcla de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0%, 5%, 10% y 15% de adición.	105
Gráfico 15. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 7 días.	106
Gráfico 16. Comparacion de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 28 días.	107
Gráfico 17. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 56 días.	108
Gráfico 18. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 90 días.	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Resistencia mecánica a la compresión del concreto de f_c 210 kg/cm ² con ceniza de paja de trigo a 7, 14 y 28 días.....	17
Tabla II. Trabajabilidad del concreto con diversos porcentajes de puzolana artificial.	18
Tabla III. Tiempo de fraguado del concreto con adiciones de CCA.....	19
Tabla IV. Resistencia a la compresión con adición de arcillas activadas.	20
Tabla V. Óxidos del cemento y su procedencia usual.....	25
Tabla VI Componentes del clinker.....	26
Tabla VII. Características de los componentes	27
Tabla VIII. Requisitos granulométricos para el agregado fino.....	29
Tabla IX. Husos granulométricos para el agregado grueso	31
Tabla X. Valores permisibles del agua para la mezcla.....	34
Tabla XI: Asentamientos recomendados según el tipo de estructuras	35
Tabla XII: Contenido de aire atrapado	36
Tabla XIII: Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada.....	36
Tabla XIV: Relación agua/cemento por resistencia	37
Tabla XV: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto	37
Tabla XVI. Influencia de los óxidos del cemento en el tiempo de fraguado.	43
Tabla XVII. Requerimientos químicos de las puzolanas	49
Tabla XVIII. Número de probetas f_c 210 kg/cm ²	53
Tabla XIX. Composición química del cemento tipo I Pacasmayo	54
Tabla XX. Composición química de los residuos de Empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.....	55
Tabla XXI. Porcentaje de componentes con la adición de 15% de adición.....	55
Tabla XXII. Tolerancias permisibles para el ensayo de resistencia a la compresión	80
Tabla XXIII. Verificación de los requerimientos químicos de la ASTM C618 con los componentes químicos obtenidos del residuo	87
Tabla XXIV. Asentamientos obtenidos de los diseños de mezcla con incorporación de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.....	88
Tabla XXV. Peso unitario del diseño patrón.....	89
Tabla XXVI. Peso unitario de concreto con 5% de adición.....	89

Tabla XXVII. Peso unitario de concreto con 10% de adición	90
Tabla XXVIII. Peso unitario de concreto con 15% de adición	90
Tabla XXIX. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	91
Tabla XXX. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$	92
Tabla XXXI. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$	93
Tabla XXXII. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$	94
Tabla XXXIII. Contenido de aire del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 - 0\%, 5\%, 10\%$ y 15%	95
Tabla XXXIV. Tiempo de fraguado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 - 0\%, 5\%, 10\%$ y 15%	95
Tabla XXXV. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón.	96
Tabla XXXVI. Resistencia a la compresión del concreto con adición del 5%	96
Tabla XXXVII. Resistencia a la compresión del concreto con adición del 10%	97
Tabla XXXVIII. Resistencia a la compresión del concreto con adición del 15%	97
Tabla XXXIX. Equipo multidisciplinario para la elaboración de impacto ambiental	134
Tabla XL. Entidad autorizada para la elaboración de impacto ambiental	134
Tabla XLI. Análisis de costo unitario por selección de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados	156
Tabla XLII. Análisis de costos unitarios del transporte de los residuos al lugar de molienda	157
Tabla XLIII. Análisis de costos unitarios de la molienda primaria del residuo.....	157
Tabla XLIV. Análisis de costos unitarios de la molienda secundaria del residuo	158
Tabla XLV. Análisis de costos unitarios de tamizado de vía húmeda.....	158
Tabla XLVI. Análisis de costos unitarios de secado en horno.....	158
Tabla XLVII. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla patrón.....	159
Tabla XLVIII. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla con 5% de adición.	160
Tabla XLIX. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla con 10% de adición.	160
Tabla L. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla con 15% de adición.	161

Resumen

En los últimos años, los residuos generados por el sector de la construcción se han convertido en un tema muy preocupante; son residuos inertes que, a pesar de no tener un valor contaminante, suponen un problema en el impacto visual. La integración de estos residuos al entorno requiere de un período de tiempo indeterminado, por ello, este trabajo de investigación tiene el propósito de reutilizar residuos provenientes de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados, denominado también cascote cerámico o cascote de ladrillo, para mejorar las características de resistencia a la compresión del concreto. El residuo ha sido pulverizado y mezclado en la relación de 5%, 10% y 15% con respecto al peso del cemento en el diseño de la mezcla de concreto con $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$. Después de haberse llevado a cabo los ensayos, se concluyó que la resistencia a la compresión del hormigón es menor en la etapa inicial, pero aumenta con el paso del tiempo. Sin embargo, el concreto resultante presenta características un tanto negativas debido a la disminución de la trabajabilidad y aceleramiento en el tiempo de fraguado.

Palabras clave: reciclaje, resistencia a la compresión, concreto, arcilla cocida, cascote cerámico.

Abstract

The generation of waste in the construction sector has become a very worrying problem in recent years, it is inert waste that, despite not having a polluting value, poses a problem in visual impact. The integration of this waste into the environment requires an indeterminate period of time. For this reason, this research work has the purpose of using residues from the Mochica Ladrillos y Agregados company, also called ceramic rubble or brick rubble, to improve the compressive strength characteristics of concrete. For this, the residues have been pulverized and incorporated in proportions of 5%, 10% and 15% of the weight of the cement in the mix design to produce a concrete with $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$. After having carried out the tests, it was concluded that the compressive strength of concrete is lower at early ages but increases with the passage of time. However, the resulting concrete presents somewhat negative characteristics due to the decrease in workability and acceleration in the setting time.

Keywords: recycling, compressive strength, concrete, cooked clay, brick rubble, ceramic rubble.

I. Introducción

En el Perú, la construcción es uno de los sectores más influyentes, muchas veces se le asocia con el desarrollo de la economía del país. Este sector se encuentra vinculado estrechamente con otras industrias que le proveen insumos como: la industria del cemento, ladrillo, asfalto, acero, etc. De acuerdo con el ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS), para el mes de febrero del año pasado, se observó un incremento de 2.62%, registrándose así, 119 meses de progresión continua.

En [1], estudio diagnóstico elaborado por el MVCS sobre la obtención de residuos provenientes de la construcción y demolición indica que el departamento de Lambayeque se generó 222 mil toneladas de RCD. Dichos residuos, por sus características, son considerados como materiales inertes, y sus niveles de contaminación son relativamente bajos. Sin embargo, debido a su volumen y el poco control ambiental para su disposición final causan un alto impacto visual.

Los RCD no reciben una debida atención por parte de las autoridades, es decir, no se elaboran planes para su gestión y aprovechamiento, a esto se le suma la inexistencia de botaderos no autorizados. En el departamento de Lambayeque, no existen escombreras que cumplen con los requisitos establecidos. Los RCD no solo son producto de las construcciones y demoliciones, sino también de industrias directamente relacionadas, tales como las ladrilleras.

Como todos los materiales que se utilizan en la construcción, los ladrillos también deberán regirse bajo las especificaciones técnicas de la normativa peruana; durante el proceso de fabricación, muchos de estos son desechados por no cumplir con los controles de calidad. Las principales causas del rechazo pueden ser roturas y por defectos de cocción que pueden afectar sus características físicas y químicas. Desde una perspectiva medioambiental, el reciclaje del cascote cerámico es muy atractivo, esta actividad ayuda a reducir los grandes volúmenes de residuos que terminan en botaderos informales.

La materia prima para los ladrillos, debido a su naturaleza, contiene una elevada proporción de minerales arcillosos, los cuales, a través de un proceso de cocción a temperaturas entre 700 y 1000 °C obtienen propiedades puzolánicas, de esta manera, al ser mezcladas con cal y agua tienden a desarrollar resistencia. La arcilla cocida, debido a

su alta composición en sílice y alúmina, puede reutilizarse como sustituto parcial del cemento en la preparación de hormigón, permiten obtener buenos resultados técnicos porque las adicciones confieren a los elementos mejores características de resistencia a medio y largo plazo. En consecuencia, este residuo se puede utilizar para elaborar un concreto más económico con el medio ambiente.

A lo largo de la historia, el concreto ha sido el componente con mayor uso en la construcción de edificios, viviendas e infraestructuras; sin embargo, la sobreexplotación de los recursos naturales para su producción viene afectando la geomorfología del suelo y emitiendo grandes cantidades de gases contaminantes. Por esta razón, se están fomentando nuevas investigaciones que permitan incorporar residuos generados en otras industrias para lograr concretos con mejores desempeños y amigable por el medio ambiente. La reutilización de los residuos producidos en Mochica Ladrillos y Agregados, empresa dedicada a la fabricación de ladrillos, se considera poco rentable porque se requiere de ciertos procedimientos un poco costosos para la obtención de la adición a incorporar en el concreto.

En el aspecto científico, esta investigación permite la reutilización de residuos generados durante la elaboración de ladrillos como puzolanas en el concreto, esto permite dotar de mejores características de resistencia a la compresión. En el aspecto tecnológico, la utilización de esta adición representa una innovación en el reciclaje de residuos inertes, pues a pesar de su bajo valor de contaminación, genera un gran problema a largo plazo debido a la sobreexplotación de los recursos y la acumulación de residuos en terrenos no acondicionados para tales fines. En el aspecto social, el proceso para la obtención de esta adición genera fuentes de trabajo para la población cercana, con esto, se mejoraría la calidad de vida y el aumento de ingresos económicos.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el aporte técnico y económico de la elaboración de concreto incorporando partículas de cascote cerámico. Con este fin, se realizó un diseño de mezcla óptimo para la elaboración de concreto incorporando partículas de cascote cerámico para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando residuos de la empresa Mochica Ladrillo y Agregados; además, se analizó la influencia de los residuos cerámicos en la resistencia a la compresión del concreto simple a diferentes edades; se determinó el porcentaje óptimo de partículas cerámicas para el desarrollo normal del concreto sin alterar las propiedades mecánicas del concreto.

Se analizó el costo-beneficio de elaborar concreto simple en comparación con un concreto con adición de puzolanas. Y finalmente, se elaboró un estudio de impacto ambiental para determinar los probables impactos sobre los medios

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes del problema

Existen muchas investigaciones que intentan incorporar residuos en el concreto que permitan reducir costos y mejorar sus propiedades, entre estos tenemos:

F. Lencinas Valeriano y B. Incahuanaco Callata, “Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP en la Zona Altiplánica”, tesis de Pregrado, Univ. Nac. Del Altiplano, Puno, Perú, 2017.

Este estudio se desarrolló para diagnosticar toda aquella influencia física y mecánica de la incorporación de la ceniza obtenida de la calcinación de la paja del trigo como reemplazo del cemento puzolánico Ip en porcentajes de 2.5%, 5%, 7.5% y 10%. Para ello, se identificaron las propiedades fisicoquímicas que poseen la ceniza de la región y se verificó el cumplimiento de las recomendaciones y normativa ambientales para emplear en la elaboración de concreto. De acuerdo con los resultados del análisis químico de la ceniza de trigo y los requisitos químicos especificados en la norma ASTM C618, este residuo se denomina "ceniza volcánica".

Además, se determinaron las propiedades mecánicas y la trabajabilidad del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco y endurecido. Los resultados fueron contrastados con un concreto normal, sin ningún tipo de adición.

Tabla I. Resistencia mecánica a la compresión del concreto de $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ con ceniza de paja de trigo a 7, 14 y 28 días.

Concreto con:		Resistencia a la compresión con respecto a 210 kg/cm^2					
Cemento	Ceniza de Paja de Trigo	7 días		14 días		28 días	
		kg/cm^2	%	kg/cm^2	%	kg/cm^2	%
Resistencia teórica ->		140.70	67.00%	180.60	86.00%	210.00	100.00%
100%	0%	132.67	63.18%	164.01	78.10%	219.82	104.68%
97.5%	2.5%	116.96	55.69	151.66	72.22%	220.96	105.22%
95%	5%	106.67	50.80	146.75	69.88%	218.04	103.83%
92.5%	7.5%	101.51	48.34%	127.21	60.57%	199.94	95.21%
90%	10%	89.04	42.40%	106.48	50.70%	189.11	90.05%

Fuente: [2]

La incorporación de esta puzolana artificial en relación de 2.5% a 5% incrementan ligeramente las resistencias mecánicas a la compresión a los 28 días. Sin embargo, la ceniza de trigo influye de manera negativa trabajabilidad a la mezcla, se reduce significativamente a medida que el porcentaje de puzolana artificial aumenta.

Tabla II. Trabajabilidad del concreto con diversos porcentajes de puzolana artificial.

Cemento	Ceniza de paja de Trigo	Asentamiento Promedio (pulg.)	% de trabajabilidad	% disminución de trabajabilidad
100%	0%	3.2 "	100.00%	0.00%
97.5%	2.5%	2.6 "	85.25%	14.75%
95%	5%	2.1 "	65.63%	34.37%
92.5%	7.5%	1.1 "	34.38%	65.62%
90%	70%	0.5 "	15.63%	84.37%

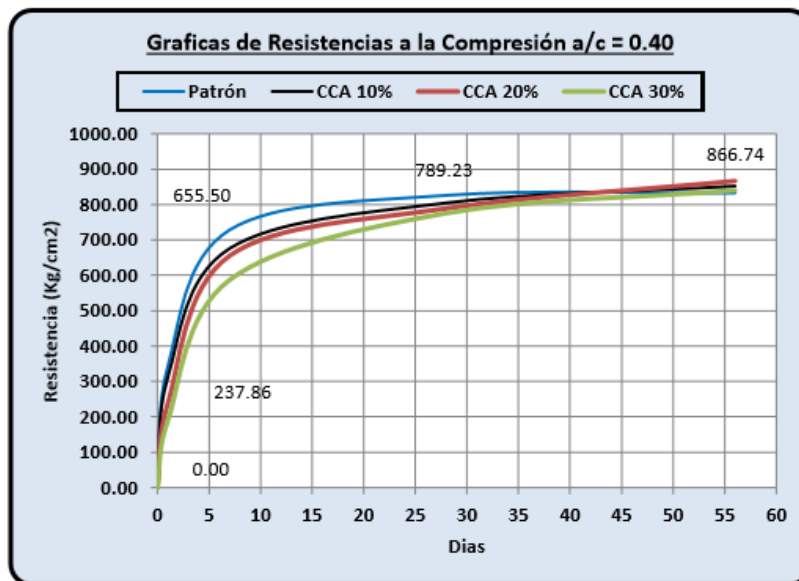
Fuente: [2]

K. Beltrán Taipe, Karen Jennifer, “Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), fly ash y puzolana natural”, tesis de pregrado, Univ. Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú, 2017.

En [3], se utilizó ceniza obtenida de la calcinación de cascarilla de arroz (CCA) como sustituto parcial del material cementante para mejorar las propiedades mecánicas. Para ello, se utilizó la ceniza de cascarilla de arroz en diversas relaciones (10%, 20% y 30%). Con esta investigación se concluye que: la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en el concreto dota de mejores propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto. Sin embargo, la trabajabilidad del concreto se reduce mientras aumenta la relación de adición, debido a esto, se utilizó un aditivo plastificante.

La resistencia a la compresión a los 7 días fue inferior a la requerida, pero la resistencia a la compresión a los 56 días superó la de la muestra estándar. Además, se realizó un análisis de costos y factibilidad del proyecto. En la siguiente figura, podemos observar la resistencia a la compresión del hormigón con una relación agua-cemento de 0.40.

Gráfico 1. Resistencia a la compresión del concreto con incorporación de CCA de 10%, 20% y 30%.



Fuente: [3]

Tabla III. Tiempo de fraguado del concreto con adiciones de CCA.

N°	TIPO DE CEMENTO	FRAGUA	RESISTENCIA	FRAGUA	RESISTENCIA	TIEMPO DE FRAGUA
		INICIAL (hrs)	INICIAL (lb/plg ²)	FINAL (hrs)	FINAL (lb/plg ²)	
1	CEMENTO IP	3:42	500.00	5:03	4000.00	5:03
2	CEMENTO HE	2:19	500.00	4:36	4000.00	4:36
3	CEMENTO TIPO I	2:07	500.00	4:20	4000.00	4:20
4	FLY ASH 5%	2:03	500.00	4:16	4000.00	4:16
5	FLY ASH 10%	1:43	500.00	4:17	4000.00	4:17
6	FLY ASH 15%	1:44	500.00	4:05	4000.00	4:05
7	FLY ASH 25%	1:15	500.00	3:31	4000.00	3:31
8	CCA 10%	2:16	500.00	3:54	4000.00	3:54
9	CCA 20%	2:05	500.00	3:38	4000.00	3:38
10	CCA 30%	2:07	500.00	3:55	4000.00	3:55

Fuente: [3]

Se puede observar en la Tabla III que a medida que incorpora mayor porcentaje de ceniza de cáscara de arroz, el tiempo de fraguado inicial y final disminuye. Las mezclas son más secas y pierden trabajabilidad con mucha más rapidez.

H. Nieto Aguirre, “Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4, 6 y 8% por arcilla activada de Yacya-Huari”, tesis de pregrado, Univ. San Pedro, Huaraz, Perú, 2018.

Según los antecedentes presentados en esta investigación, consideraron un máximo de 8% de arcillas activadas como reemplazo del cemento. Las arcillas fueron extraídas de Yacya, secadas al sol y posteriormente calcinadas a una temperatura de 550° C. Mediante el análisis de fluorescencia de rayos x, las arcillas activadas tiene altas propiedades puzolánicas debido al alto contenido de sílice.

Se elaboró concreto de f'c de 210 kg/cm², al cual, se adicionó arcillas activadas en porcentaje de 4%, 6% y 8%. Los resultados de la mezcla con 8% de adición son muy satisfactorio, supera en un 13% a la mezcla patrón. Asimismo, recomienda evaluar la resistencia con mayores porcentajes de adiciones.

Tabla IV. Resistencia a la compresión con adición de arcillas activadas.

DIAS	RESISTENCIA PATRON (Kg/cm²)	RESISTENCIA EXPERIMENTAL 4 % (Kg/cm²)	RESISTENCIA EXPERIMENTAL 6 % (Kg/cm²)	RESISTENCIA EXPERIMENTAL 8 % (Kg/cm²)
7	152.81	165.06	174.74	182.72
14	176.46	192.42	193.86	214.32
28	219.45	225.79	238.28	248.33

Fuente: [4]

P. Viera y C. Chicaiza, “Uso de los residuos cerámicos como sustituto del cemento para la fabricación de morteros”, *Ciencia*, vol. 20, pp. 35-44, feb. 2018.

Este proyecto tiene como objetivo el uso de los productos cerámicos procedentes de la industria sanitaria como reemplazo de los materiales cementantes para la elaboración de morteros, para ello, se utilizaron mezclas con porcentajes de 3%, 5%, 7%, 10% y 15 % del peso del cemento. Los residuos fueron triturados en la máquina de los ángeles y, posteriormente, se tamizó por la malla n° 200. De acuerdo con los análisis químicos, los residuos cerámicos tienen propiedades puzolánicas. De los resultados: los morteros con adiciones entre 3-10% tienen resistencia inicial menor en comparación a la muestra

patrón. A los 28 días, se alcanza una resistencia ligeramente mayor, sin embargo, cuando se reemplaza un 15%, la resistencia disminuye.

M. Frías e I. Sánchez de Rojas, “Sostenibilidad en construcción a través de los materiales”, presentado en el curso de estudios mayores de la construcción, Madrid, 2014.

En este libro hay varios estudios sobre la reutilización de los residuos de construcción, se estudiaron las propiedades y características para buscar nuevas aplicaciones. Una de las opciones que presenta es reutilizar el cascote cerámico (arcilla cocida) para la elaboración de concreto. Por eso, mediante análisis químicos, se determinó las propiedades puzolánicas y, mediante la disolución saturada de cal, se estudió la reacción del residuo con cal en el tiempo.

Después de los ensayos pertinentes, se concluyó que, en comparación con otros subproductos industriales del sector de la construcción, los materiales arcillosos calcinados tienen una importante actividad puzolánica. Además, en comparación con el cemento base, tienen una mayor actividad puzolánica que las cenizas volantes y reducen el calor de hidratación hasta en un 20%. La reducción de calor es directamente proporcional al grado de incorporación de los residuos cerámicos.

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Norma de concreto armado – Perú, E. 060, 2009

Esta norma especifica los requisitos mínimos y los requisitos para la investigación, el análisis y el diseño, y considera materiales de estructura de concreto simple, reforzado y pretensado, métodos de construcción, control de calidad y supervisión. Además, establece el muestreo y los ensayos que deben de realizarse de acuerdo con las normas técnicas peruanas correspondientes.

2.2.2. Ley general del ambiente – Perú, ley N° 28611, 2005

Esta ley trata temas de gestión ambiental en el país y establece principios y estándares básicos para asegurar el establecimiento de un ambiente más saludable, equilibrado y apropiado para promover el desarrollo de la vida y asegurar una adecuada gestión ambiental para proteger el medio ambiente y sus componentes Parte a mejorar

el medio ambiente. La calidad de vida de los ciudadanos para lograr el desarrollo sostenible del país.

En [5], el objetivo principal de la gestión ambiental es prevenir, vigilar y evitar la degradación del medio ambiente. Si la causa de la misma no se puede eliminar, se toman medidas de mitigación, restauración, restauración o compensación final según corresponda.

2.2.3. Ley de gestión integral de residuos sólidos– Perú, D.L. N° 1278, 2016

La presente ley implica dejar de pensar en los residuos como basura y darle un valor para otras industrias. Con este fin, la ley ha sentado las bases para el desarrollo de la industria internacional del reciclaje de una manera que puede generar más ingresos, inversiones, más oportunidades laborales y altos estándares para la gestión ambiental. Además, relaciona a los actores claves en el tratamiento de residuos sólidos, involucra a las autoridades en sus tres niveles. Asimismo, hace que la gestión de residuos sólidos deje de ser un tema de debates callejeros o agendas públicas.

2.2.4. Normas Técnicas Peruanas (NTP)

Las NTP son documentos elaborados por profesionales de los Comités técnicos de normalización, los cuales, establecen la especificación o requisitos de calidad para la estandarización de los productos o procesos. Dentro de estas tenemos:

2.2.4.1. Cementos portland. Requisitos, NTP 334.009, 2013

En [6], se plasman los requisitos que deben cumplir cada uno de los cinco tipos de cemento; según su clasificación y uso, tenemos:

- **Tipo I:** para uso general, para proyectos donde no se requieran propiedades especiales.
- **Tipo II:** para uso general, ofrece una moderada resistencia al ataque de sulfatos.
- **Tipo II (MH):** para uso general, y cuando se desea un moderado calor de hidratación y moderada resistencia al ataque de sulfatos.
- **Tipo III:** para ser utilizado cuando se requiere resistencias iniciales altas

- **Tipo IV:** cuando se desea bajo calor de hidratación
- **Tipo V:** cuando se desea alta resistencia al ataque de sulfatos.

2.2.4.2. Agregados. Agregados para concreto, NTP 400.037, 2013

Norma técnica peruana basada en la ASTM C 33/C33M. Esta norma especifica los requisitos de tamaño de partícula que deben cumplir los agregados finos y gruesos, los cuales determinarán la calidad de los agregados utilizados en el diseño del concreto.

2.2.4.3. Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos, NTP 339.088, 2014

En [7], se detalla las obligatoriedades de composición del agua a utilizar para la elaboración de concreto. Además, define las fuentes de agua y apalabra la frecuencia de ensayos para la calidad del agua.

2.2.4.4. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino, NTP 400.022, 2013

Esta norma técnica es aplicable para determinar el número de partículas de agregado fino, la densidad relativa y la tasa de absorción de agregado fino. Determinando estas características, se puede calcular el volumen ocupado por el agregado en la mezcla de concreto.

2.2.4.5. Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado, NTP 339.185, 2013

En [8], se establece el método que permite determinar el porcentaje total de la humedad evaporable de los agregados por secado. Además, los resultados alcanzados, permiten corregir proporciones del diseño de mezclas.

2.2.4.6. Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, NTP 339.034, 2015

Esta Norma establece los pasos a seguir para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas elaboradas con concreto, se limita a concretos de peso unitario mayor de 800 kg/cm^2 . Este método implica aplicar una carga axial al molde cilíndrico a una velocidad dentro de un rango especificado antes de que se produzca la falla o rotura.

2.2.5. El Concreto

Según [9], el concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso y aire en una proporción adecuada para obtener resistencia. Cuando el cemento reacciona con el agua, se forma una pasta que combina las partículas de agregados y forma una masa heterogénea. Algunas veces, se agregan elementos que mejoran las propiedades del concreto, a estas sustancias se denominan aditivos.

En [10], el concreto se fabrica a partir de un diseño de mezcla, que incluye la selección de los ingredientes disponibles y sus cantidades para producir materiales con la manejabilidad, durabilidad, durabilidad y volumen estable requeridos. Las propiedades que se requieran para su elaboración dependen de la zona climática, sistema constructivo, tiempo y costos de ejecución.

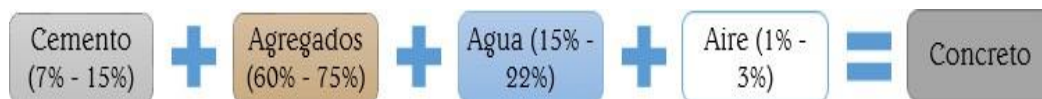
Fig. 1. Componentes del concreto: cemento, agua, agregado fino, agregado grueso.



Fuente: [11]

Adicionalmente, también se puede mezclar con puzolanas, cenizas y escoria finamente molida, estas adiciones pueden mejorar las propiedades del concreto, como aumentar la resistencia, reducir el calor de hidratación y obtener una alta resistencia al ataque de sulfatos y capacidad de reacción álcali-agregado. Además, el valor económico relativamente bajo de la ceniza volcánica permite una fabricación de concreto más barata.

Fig. 2. Composición del concreto



Fuente: [12]

2.2.6. Componentes Del Concreto

2.2.6.1. Cemento Portland

En [9], el cemento es un aglomerante que posee propiedades de adherencia y cohesión, combina fragmentos minerales entre sí para formar una masa compacta. Este material reacciona pausadamente con el agua y obtiene resistencia mecánica. El cemento se elabora a partir de piedras calizas y arcillas, con una alta composición de sílice y alúmina, son molidas muy finamente y se calientan en grandes hornos a temperaturas máximas de 1250°C y 1900 °C. Durante este proceso el agua libre se evapora, se genera CO₂ y finalmente se lleva a cabo la fusión de un 20% a 30 % de la carga y es cuando la cal, la sílice y la alúmina se combinan, se endurecen al enfriarse, a esto se denomina “Clinker” [12].

Tabla V. Óxidos del cemento y su procedencia usual

PROPORCIÓN	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%	Óxido de calcio (CaO)	Rocas calizas
	Óxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, mineral de hierro, piritita
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio	Minerales varios
	Potasio, Titanio, Azufre	
	Fósforo y Manganeso	

Fuente: [12]

Al Clinker finamente molido se le incorpora yeso en pequeñas proporciones para moderar el tiempo de fraguado, los porcentajes varían de 3 a 6%. El polvo fino resultante se pasa por la malla n°200. Finalmente, se prepara para ser distribuido en el mercado.

Tabla VI Componentes del Clinker

COMPONENTES	PORCENTAJE
SiO ₂	16-26 %
Al ₂ O ₃	4-8%
Fe ₂ O ₃	2-5%
CaO	58-67%
MgO	1-5%
Na ₂ O + K ₂ O	0-1%
SO ₃	0.1-2.5%
Mn ₂ O ₃	0-3.0%
TiO ₂	0-0.5%
P ₂ O ₅	0-1.5%
PxC	0.5- 3.0%

Fuente: [12]

Más del 90% del peso del cemento está conformado por cuatro principales componentes que se forman a partir de estos óxidos.

- Silicato tricálcico (C₃S): también denominado alita, de este compuesto depende el desarrollo de la resistencia, tiene una reacción rápida con agua, genera un alto calor de hidratación y endurece muy rápido.
- Silicato dicálcico (C₂S): denominado belita, es el compuesto responsable de la resistencia a largo plazo, genera bajo calor de hidratación y aporta a la resistencia a partir de los siete días.
- Aluminato tricálcico (C₃A): no influye en la resistencia, pero cuando se combina en el yeso, durante la molienda, controla el tiempo de fraguado.
- Ferro aluminato tetracálcico (C₄AF): desarrolla baja resistencia cuando se hidrata.

Tabla VII. Características de los componentes

PROPIEDAD	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Resistencia	Buena	Buena	Pobre	Pobre
Reacción	Media	Lenta	Rápida	Rápida
Calor de Hidratación	Medio	Pequeño	Grande	Pequeño
Resistencia a los sulfatos	Buena	Buena	Pobre	Media

Fuente: [13]

La hidratación del cemento es la reacción que se produce cuando el cemento se mezcla con agua, que pasa del estado plástico al endurecido, que está relacionado con el tamaño de las partículas de cemento. Primero, la tasa de hidratación es muy rápida y disminuye con el tiempo. Este proceso es exotérmico, es decir, genera un flujo de calor llamado calor de hidratación hacia el mundo exterior. El proceso de hidratación se divide en cuatro etapas.

- Plástico: cuando la mezcla es moldeable.
- Fraguado inicial: se produce cuando el concreto empieza a perder plasticidad. La norma ASTM C 191-192 prescribe un tiempo mínimo para el fraguado inicial de 45 minutos utilizando el aparato de Vicat.
- Fraguado final: cuando termina el fraguado inicial, se produce un endurecimiento significativo, es decir, deja de ser deformable. El tiempo de esta etapa se calcula desde que se agrega el agua a la mezcla. No hay un tiempo prescrito para esta etapa.
- Endurecimiento: se caracteriza por el desarrollo lento de resistencias.

Además, en la NTP 334.009 se fija los límites de los requisitos químicos que se debe tener un cemento portland como:

Oxido de magnesio (MgO)

El Óxido de magnesio proviene generalmente de las calizas y, a veces en pequeñas porciones de arcilla. Se debe de establecer un límite en el cemento pues al hidratarse, entrar en contacto con el agua, trae problemas de expansión. En la normativa peruana se fija un límite de 6%

Anhídrido sulfúrico (SO₃)

Está presente en el cemento debido a la incorporación del yeso para controlar el fraguado, cuando se hidrata, se expande y puede causar la desintegración del concreto. En la normativa peruana se fija un límite de 3%.

2.2.6.2. Agregados

2.2.6.2.1. Agregado fino

Según [14], la NTP 400.037, el agregado fino es aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, deben de estar libres de partículas perjudiciales de polvo, materia orgánica, sales u otra sustancia dañina.

2.2.6.2.2. Agregado grueso

El agregado grueso consiste en grava natural o triturada con fragmentos angulares, son resistentes al aplastamiento y no contienen partículas blandas; su principal función es dar volumen y aportar resistencia. Además, debe de estar graduado dentro de los límites establecidos en la NTP. 400.037 o la norma ASTM C33.

2.2.6.2.3. Características de los agregados

A) Granulometría

Es la distribución de las partículas del agregado según su tamaño, se determina mediante un análisis granulométrico con una muestra representativa.

En el caso del agregado fino, se recomienda tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría, de preferencia, deberá ser continua con los valores retenidos entre las mallas N° 4 a N°100.
- El porcentaje retenido en dos tamices de tamaños continuos no deberán exceder el 45%.
- Las arenas con módulo de fineza deberán ser mayor de 2.3 y menor de 3.1 para tener una mejor trabajabilidad y mayor resistencia a la compresión. Las arenas que tienen módulo de finezas entre 2.2 y 2.8 producen un concreto

de buena trabajabilidad; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son más favorables para concretos de alta resistencia [9].

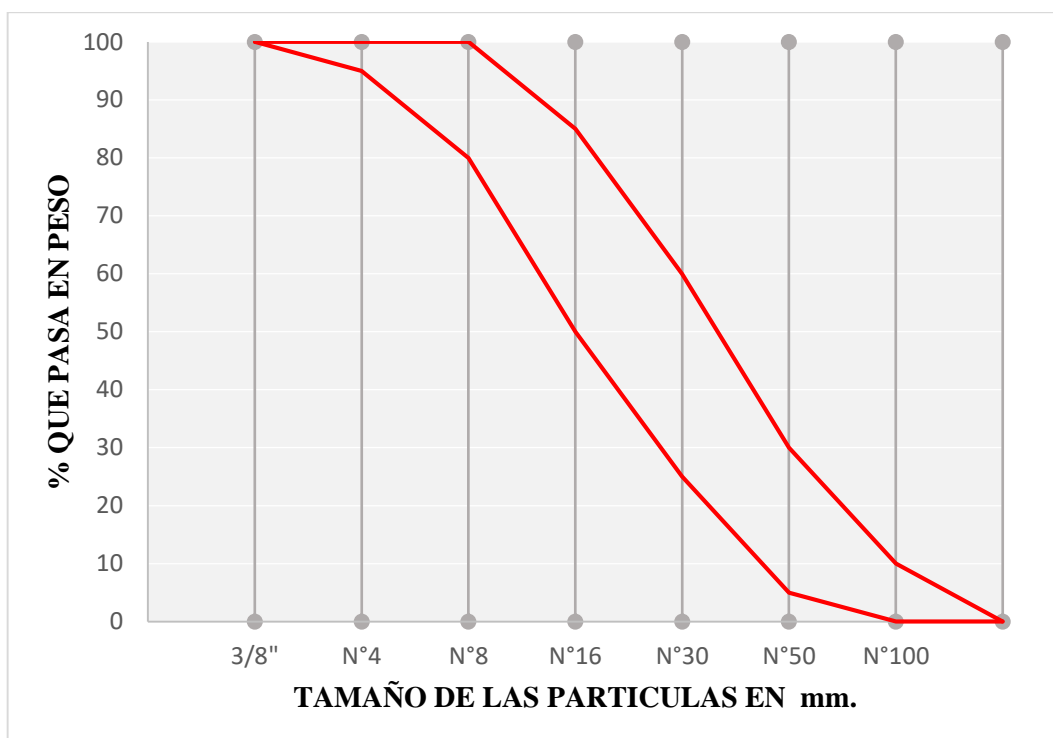
Se recomienda que la granulometría esté entre los siguientes límites establecidos:

Tabla VIII. Requisitos granulométricos para el agregado fino

MALLA	% QUE PASA
3/8" (9.5 mm)	100
N°4 (4.75 mm)	95 a 100
N°8 (2.36 mm)	80 a 100
N°16 (1.18 mm)	50 a 85
N°30 (600 µm)	25 a 60
N°50 (300 µm)	10 a 30
N°100 (150 µm)	2 a 10

Fuente: [14]

Los valores de la Tabla VIII muestran los límites granulométricos expresados en porcentajes de agregado que pasa a través de cada tamiz y dan como resultado el siguiente gráfico:

Gráfico 2. Límites granulométricos del agregado fino

Fuente: [14]

En el caso de los agregados gruesos, deben cumplir con los límites que se especifican en la NTP 400.037, para lo cual, necesitamos conocer:

- El tamaño máximo: es aquel que corresponde al tamiz de menor tamaño por el que pasa la totalidad de la muestra.
- El tamaño máximo nominal: es aquel que corresponde al tamiz de menor tamaño de la serie utilizada, en donde, se produce la primera retención de mezcla entre 5% y 10% [14].

Tabla IX. Husos granulométricos para el agregado grueso

N° ASTM	Tamaño nominal	% que pasa por los tamices normalizados												
		100mm (4")	90mm (3 ½")	75mm (3")	63mm (2 ½")	50mm (2")	37.5 mm (1 ½")	25.0mm (1")	19.0mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (⅜")	4.75mm (N° 4)	2.36mm (N° 8)	1.18mm (N° 16)
1	90 a 37.5mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	63 a 37.5mm (2 ½" a 1 ½")			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	50 a 25.0mm (2" a 1")				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5				
357	50 a 4.75 mm (2" a N° 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	37.5 a 19.0 mm (1 ½" a ¾")					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	25.0 a 9.5 mm (1" a ½")						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	25.0 a 9.5 mm (1" a ⅜)						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 5	0 a 5		
57	25.0 a 4.75 mm (1" a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5	
6	19.0 a 9.5 mm (¾" a ⅜")							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	19.0 a 4.75 mm (¾" a N° 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	12.5 a 4.75 mm (½" a N° 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	9.5 a 2.36 mm (⅜" a N° 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: [14]

B) Peso específico (densidad relativa)

En [15], se define como la relación entre la densidad de un material y la densidad del agua a una temperatura específica. Generalmente, la densidad relativa del agregado está entre 2.4 y 2.9.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{A}{(B-C)}$$

Donde:

- A: Peso de la muestra seca al horno, en g.
- B: En el agregado fino, es el peso de la muestra saturada superficialmente seca con el agua hasta la marca de calibración, en g.
- B: Es el peso del agregado grueso saturada superficialmente, en g.
- C: Es el peso o volumen en cm³ del agua del agregado fino.
- C: En el agregado grueso, es el peso de la muestra superficialmente seca sumergida en agua, en g.

C) Absorción

En la NTP 400.022, la absorción se define como el aumento en la masa de agregados cuando el agua penetra en los poros dentro de un cierto período de tiempo, pero no incluye el agua que se adhiere a la superficie externa de las partículas, expresada como un porcentaje de la masa de agregado seco [15].

$$\text{Absorción \%} = \frac{S-A}{A} \times 100$$

Donde:

- A: Peso de la muestra seca al horno, en g.
- S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca, en g.

D) Contenido de humedad

En la NTP 339.185, se define a la humedad que no es susceptible a evaporación que poseen tanto el agregado grueso como el agregado fino. En necesario determinar esta característica para poder hacer ajustes en la cantidad de agua efectiva en un diseño de mezcla. [8]

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100$$

Donde:

P: Porcentaje de humedad que se puede evaporar de la muestra, en %.

W: Peso de la muestra saturada superficialmente seca, en g.

D: Peso de la muestra seca, en g.

E) Módulo de finura

Esta característica permite determinar la relación de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. Se estima a partir de la granulometría.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ de retenido acumulado en tamices}}{100}$$

F) Peso unitario suelto y compactado

Según la NTP 400.017, es el peso por unidad de volumen de los agregados, incluyen el volumen de las partículas y el volumen de vacíos entre partículas, se expresa en kg/m³. También denominados pesos volumétricos, los valores aproximados de un agregado en la elaboración de un concreto normal, varía entre 1 200 kg/m³ a 1 760 kg/m³. [16]

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

Donde:

M: Peso unitario de agregado, en kg/m³.

G: Peso de la muestra original, en kg.

T: Peso del recipiente, en kg.

V: Volumen del recipiente, en m³.

2.2.7. Agua

El agua es un componente de gran importancia en la elaboración de concreto, este guarda una relación con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido [9]. Por este motivo, el agua a utilizar debe estar limpia y libre de sustancias nocivas como aceite, ácido, sal, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan dañar el hormigón o el acero de refuerzo. En [7], se establecen valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua para la mezcla de concreto.

Tabla X. Valores permisibles del agua para la mezcla

SUSTANCIAS DISUELTAS	LIMITES PERMISIBLES
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de Magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: [7]

En caso de tener que usar agua cuya calidad no ha sido comprobada en la dosificación del concreto, debe hacerse con ella cubos de mortero que deberán tener un 90% de la resistencia de las muestras elaboradas con agua potable.

2.2.8. Método del Comité American Concrete Institute

Este método se basa en tablas que permiten diseñar la resistencia del concreto buscada, con este, se establece la relación agua-cemento, que asegura la resistencia del concreto, se describe el método paso a paso a continuación:

1° Selección del asentamiento

El concreto tendrá resistencia plástica, no se especifica el asentamiento, podemos elegir el valor adecuado para el trabajo específico. Puede comenzar con los valores señalados en la siguiente tabla:

Tabla XI: Asentamientos recomendados según el tipo de estructuras

Tipo de estructura	SLUMP	
	Max.	Min.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: [17]

2° Selección del tamaño máximo nominal de agregado grueso

Las propiedades geométricas de la estructura y las condiciones de refuerzo a menudo limitan el tamaño máximo de agregado que se puede utilizar en el hormigón. La cantidad de agua necesaria para preparar concreto dependerá del tamaño máximo, de la forma y el tamaño de las partículas del agregado. El concreto con agregados más grandes requiere mortero en menores proporciones por metro cúbico.

3° Determinación del contenido de aire

El comité ACI proporciona una tabla que permite estimar el porcentaje de aire que se encuentra atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño nominal del agregado grueso.

Tabla XII: Contenido de aire atrapado

TMN Agregado grueso		Aire Atrapado %
3/8"	10 mm	3
1/2"	13 mm	2.5
3/4"	19 mm	2
1"	25 mm	1.5
1 1/2"	38 mm	1
2"	50 mm	0.5
3"	75 mm	0.3
6"	150 mm	0.2

Fuente: [17]

4° Selección del contenido de agua

Determinar la cantidad de agua a mezclar por metro cúbico (m^3) de concreto para obtener una cierta consistencia. Con base en este factor, se puede calcular la cantidad de cemento que debe incluirse en la mezcla.

Tabla XIII: Agua en l/m^3 , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada

Concreto sin aire incorporado									
Asentamiento		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1"	2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3"	4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6"	7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado									
Asentamiento		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1"	2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3"	4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6"	7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: [17]

5° Selección de la relación agua/cemento

La relación agua-cemento necesaria para la preparación de concreto es función de la resistencia, el valor a ser seleccionado de las tablas se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla.

Tabla XIV: Relación agua/cemento por resistencia

f_c (kg/cm²)	Relación a/c en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
420	0.41	

Fuente: [17]

6° Selección del peso del agregado grueso

Dependiendo del tamaño del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino, se puede determinar el factor "bo", que puede determinar el volumen del agregado grueso en la mezcla de concreto. El volumen de agregado está en metros cúbicos, que luego se convierte en el peso seco del agregado grueso requerido por metro cúbico (m³) de concreto.

Tabla XV: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto

TMN del agregado		Módulo de finura del agregado fino						
		2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
3/8"	10 mm	0.5	0.49	0.48	0.47	0.46	0.45	0.44
1/2"	13 mm	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53
3/4"	19 mm	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.61	0.6
1"	25 mm	0.71	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65
1 1/2"	38 mm	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.7
2"	50 mm	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72
3"	75 mm	0.81	0.8	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75
6"	150 mm	0.87	0.86	0.85	0.84	0.83	0.82	0.81

Fuente: [17]

7° Ajustes por humedad de los agregados

Para el diseño de la mezcla, se debe considerar que la humedad del agregado se pesa correctamente. Por esta razón, el agregado seco debe agregarse al peso del agua que contiene.

$$P_{\text{Agregado húmedo}} = P_{\text{Agregado seco}}(1 + \text{contenido de humedad (\%)})$$

8° Cálculo de agua efectiva

El agua efectiva a emplear en la mezcla debe de acrecienta o disminuye de acuerdo a la humedad del agregado y la cantidad total de agua que puede absorber.

$$A_{\text{P-Humedad de agregados}} = P_{\text{Agregado seco}}(\% \text{ Cont. de humedad} - \% \text{ Absorción})$$

2.2.9. Principales Propiedades Del Concreto Fresco

2.2.9.1. Trabajabilidad

Las características del concreto fresco determinan su correcto manejo, transporte, colocación y consolidación sin separación. La distribución uniforme de partículas agregadas y la presencia de aire atrapado ayudan a controlar la segregación y mejoran la trabajabilidad [11]. Otros factores que afectan la trabajabilidad del concreto son:

- Cantidad de Agua
- Porcentaje de aire de la mezcla
- Temperatura del concreto
- Tipo de cemento
- Consistencia del concreto
- Propiedades de los agregados
- Aditivos

El principal indicativo de la trabajabilidad es la consistencia, la cual, puede ser medida con el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams. En caso la mezcla sea muy seca, la colocación y la compactación del concreto será difícil y, las

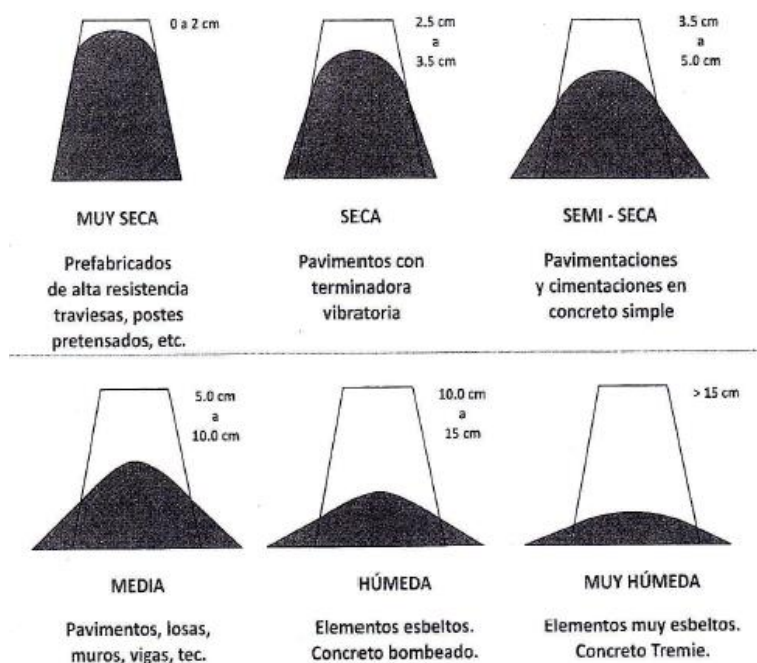
partículas más grandes se separarán de la mezcla. El ensayo de asentamiento no puede aplicarse en concretos muy secos.

2.2.9.2. Consistencia

Es la capacidad de la mezcla para adaptarse a un molde con facilidad, mantenerse homogénea y con un volumen mínimo de vacíos. Esta propiedad depende fundamentalmente de la proporción de agua a incorporar en la mezcla, este fluirá con más facilidad mientras más agua se utilice en la mezcla. La consistencia se relaciona con la trabajabilidad, pero no son lo mismo.

El asentamiento con el cono de Abrams o “slump” es un método tradicional para medir la trabajabilidad, sirve para conseguir una consistencia y trabajabilidad uniforme para su adecuada colocación. Este método consiste en colocar hormigón fresco en un molde troncocónico, la mezcla se asentará y la diferencia entre la altura del molde y la altura mezcla fresca se denomina slump [9]. El concreto, de acuerdo a su consistencia se puede clasificar como: mezcla muy seca, seca, semi-seca, media, húmeda y muy húmeda.

Fig. 3. Clasificación del concreto según su consistencia



Fuente: [13]

2.2.9.3. Segregación

Esto sucede cuando el agregado grueso se separa del mortero, es muy perjudicial porque produce bolsones de piedra, cangrejeras y capas arenosas. Dichos fenómenos se relacionan con la consistencia, el riesgo será mucho mayor si la mezcla está más húmeda. Otras causas de este fenómeno son la inadecuada manipulación, colocación deficiente o exceso de vibración. Sin embargo, al aumentar los finos (cemento o arena) el riesgo de que se produzca la segregación disminuye.

En concretos con un contenido de piedra que representa más del 55% del peso agregado, la segregación a menudo se confunde con la apariencia normal de estos concretos [10]. Existen dos formas de segregación. En la primera, las partículas más gruesas se separan o se asientan, esto sucede cuando la mezcla es demasiado pobre. La segunda forma ocurre en mezclas húmedas, la lechada (cemento más agua) se separa de la mezcla.

2.2.9.4. Exudación

Es una forma de segregación, se produce cuando el agua de la mezcla asciende hacia la superficie. Este fenómeno se observa después de la colocación en el encofrado; la acumulación de agua en la parte superior provoca mayor porosidad y menor resistencia del concreto resultante. La velocidad de exudación aumenta a medida que la temperatura se eleva. La exudación se puede deber a: una errada dosificación de agregados, granulometría, exceso de agua, temperatura o la utilización de aditivos.

2.2.9.5. Contracción

El concreto se contrae debido a la reducción del volumen inicial del agua, se puede dar tanto en el estado plástico como endurecido. La contracción es una de las propiedades más importantes del concreto por el problema de fisuración que trae con frecuencia. El factor principal es el contenido de agua en el concreto recién mezclado. La evaporación del agua ocasionada por el viento y el sol ocasiona que el concreto empiece a fisurarse, esto puede ser el principio de más problemas, por medio de estas grietas pueden ingresar sustancias perjudiciales que afectan el

desempeño de la estructura y hará menos durable al concreto. Cuando la relación agua-cemento sea mayor, los efectos de la contracción en el concreto se incrementarán. Asimismo, mientras más grande sea el elemento, la contracción disminuye para elementos más grandes que necesitan de más tiempo para que el secado inicie a una profundidad de 25 cm. Los valores de la contracción del concreto dependen de las condiciones de almacenamiento y curado. Los valores típicos, se expresan como una deformación lineal, son aproximadamente de 40×10^{-6} a la edad de un mes y 100×10^{-6} después de 5 años. Cuando la relación de agua cemento es más baja, la contracción es más alta.

2.2.9.6. Temperatura del concreto

La colocación del concreto en grandes volúmenes requiere de medidas para controlar la generación del calor generado por la hidratación del cemento, esto se puede disminuir con la utilización de concretos de bajo contenido de aluminato tricálcico y silicato tricálcico [10]. La temperatura del hormigón depende de cada componente. Asimismo, de acuerdo con la norma ACI 306R-88, la temperatura del concreto debe ser mínimo de 21 °C, esto garantiza una protección contra la congelación en caso de su colocación en climas fríos.

2.2.10. Principales propiedades del concreto endurecido

2.2.10.1. Resistencia a la compresión

La resistencia se define como el máximo esfuerzo que soporta el concreto sin romperse. Además, es una de las propiedades más importantes del concreto endurecido, esta determina su aceptación o rechazo. La resistencia del concreto está relacionada con los siguientes factores:

- Relación agua/cemento,
- Contenido de cemento,
- Características físicas de los agregados (tamaño máximo nominal, textura superficial, resistencia y dureza),
- Aire en la mezcla,
- Condiciones de curado,
- Utilización de aditivos y

- Empleo de materiales puzolánicos.

Para determinar de manera segura la resistencia se debe basarse en mezclas de pruebas, ya sea en laboratorio o en situ, que son curadas y, posteriormente, se someten a ensayos de compresión. La resistencia a la compresión del concreto (f_c) es la carga más alta para una unidad de área soportada por el espécimen a los 28 días, antes de fallar por compresión (agrietamiento o rotura).

2.2.10.2. Tiempo de fraguado

Es la propiedad imprescindible, el fraguado se usa para describir el cambio que sufre el concreto cuando pasa de estado fresco al estado endurecido. Hay dos etapas durante el fraguado: fraguado inicial, cuando el concreto comienza a perder plasticidad y empieza a ganar resistencia; y fraguado final, cuando el concreto deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido [9]. Además, cuando el concreto endurece de manera prematura, luego de ser mezclada con agua, se denomina falso fraguado. Los factores que influyen en el tiempo de fraguado son:

- Composición química del cemento afecta el tiempo de fraguado, entre más finas sean las partículas, mayor será su velocidad de hidratación.
- Relación agua- cemento baja.
- Adiciones
- Utilización de aditivos.
- Temperaturas elevadas.

Muchas veces la composición química del cemento determina si el tiempo de fraguado es lento o rápido. A continuación, se expresan los óxidos que modifican el tiempo de fraguado en porcentaje.

Tabla XVI. Influencia de los óxidos del cemento en el tiempo de fraguado.

ÓXIDOS	LENTO	RÁPIDO
Sílice (SiO ₂)	20%	22%
Óxido férrico Fe ₂ O ₃	4%	4%
Ácido sulfúrico SO ₃	1.60%	2.70%
Óxido de aluminio Al ₂ O ₃	4%	10%
Óxido de calcio CaO	65%	55%
Óxido de magnesio MgO	2%	2.80%
Óxidos de Na y K	0.30%	1%
Perdida por calcinación	7.40%	3.10%

Fuente: [18]

2.2.10.3. Contenido de aire

Durante la mezcla del concreto, un volumen de aire en forma de burbujas ocupa un porcentaje del volumen. Cuando el contenido de aire en el hormigón es alto, la resistencia a la compresión disminuye. Sin embargo, cuando se procede al vaciado en climas de baja temperatura, el aire incorporado favorece a la resistencia a las bajas temperaturas, principalmente cuando el agua atrapada empieza a aumentar su volumen debido al fenómeno de congelamiento. Generalmente, en concretos sin aire incorporado, el aire representa el 1% al 3% del volumen de la mezcla.

2.2.10.4. Peso unitario

Este es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total del recipiente incluyendo los vacíos. El peso unitario depende del grado de compactación, del tamaño, el contenido de humedad, su forma y factores externos de los agregados. El concreto debido a su peso unitario puede dividirse en:

- Concreto ligero, se emplea generalmente en la fabricación de prefabricados o donde se requiera disminuir el peso de los elementos. Su peso unitario varía entre 1440 – 1840 kg/cm³.
- Concreto normal, en general, tiene una densidad (peso unitario) entre 2155 y 2560 kg/cm³ [12].

- Concreto pesado, tiene un peso unitario que varía desde 2600 - 5600 kg/cm³.

2.2.10.5. Elasticidad

Es la capacidad que tiene el concreto de soportar la aplicación de carga sin deformarse de manera permanente. De acuerdo con la norma E-060 del RNE, los concretos de pesos unitarios normales, es decir, los que tienen un peso unitario aproximado de 2300 kg/cm³, puede tomarse el valor de:

$$E_c = 4700 * \sqrt{f'c} \quad f'c \text{ en MPa}$$

$$E_c = 15000 * \sqrt{f'c} \quad f'c \text{ en Kg/cm}^2$$

En el caso de estudios pueden usarse valores que estén sustentados por resultados de laboratorio. Para este caso de estudio se tomó un módulo de elasticidad de 217370.65 kg/cm²

2.2.10.6. Durabilidad

Es la capacidad del concreto para resistir la acción del ambiente, al ataque químico, la abrasión, y cualquier otro proceso o condición de uso que cause el deterioro estructural. El concreto depende no solo del diseño de mezclas, sino también del entorno y las condiciones de trabajo a los cuales se encuentran sometido. Para conseguir un concreto durable se debe seleccionar los componentes y las proporciones de manera que puedan cumplir con los requisitos mínimos especificados en las normas.

El concreto debe ser resistente a ambientes agresivos, para ello, se debe tener en cuenta el nivel de exposición. En la norma E-60 del RNE se establece los grados de exposición en cada caso (agentes agresivos, ciclos de congelamiento, ataque de sulfatos, etc.), además, establece el requisito mínimo de un f'c de 280 kg/cm². En el caso de un concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo, la tolerancia de aire incorporado debe ser de $\pm 1.5\%$. Además de eso, la norma establece una relación agua/cemento que debe tener el concreto para ciertas condiciones. En el caso del concreto expuesto a sulfatos, se establece el tipo de cemento a utilizar.

2.2.10.7. Permeabilidad

Propiedad con la que se asocia la durabilidad, es la capacidad del concreto de permitir que el fluido (líquido o gas) pase a través este. La permeabilidad depende de la porosidad y el grado de compactación de la mezcla. Para que un concreto sea menos permeable y, por tanto, más durable, se debe:

- Usar relación agua-cemento baja, compatibles con una adecuada manejabilidad.
- Curado adecuado que permita la hidratación continúa del cemento.
- Usar cemento con alto grado de finura.
- Utilizar agregados bien graduados para obtener concretos más densos
- Adicionar aditivos como puzolanas e inclusores de aire.
- Efectuar tratamientos de superficie

El concreto inevitablemente poroso debido a la formación de canales capilares que se forman cuando el agua se va evaporando durante el proceso del fraguado. La permeabilidad tiene consecuencias adversas en la durabilidad del concreto. De acuerdo a lo establecido en el RNE, para lograr un concreto permeable, establece que se debe realizar un concreto 280 kg/cm² con una relación agua-cemento de 0.5. Un concreto se considera un material como permeable si deja pasar una cantidad apreciable de fluido a una velocidad mayor de 5-10 m/s y se considera un material impermeable si la cantidad de fluido pasa a una velocidad menor de 10-12 m/s.

2.2.10.8. Carbonatación

La carbonatación es el fenómeno que sufre el concreto, pierde pH cuando el dióxido de carbono atmosférico (CO₂) se combina con el hidróxido de calcio para formar carbonato de calcio. Cuando el pH está por debajo de 9.5, es posible que empiece la corrosión del acero, dando como resultado un agrietamiento y fisuramiento del concreto. La carbonatación alcanza la profundidad de 4 mm en dos años, 10 mm en 8 años y de 20 mm a los 20 y 25 años.

2.2.11. Materiales Puzolánicos

La puzolana es un material que contiene sílice y/o alúmina, que por sí mismos tienen poco o ningún valor cementante, pero reaccionan con el hidróxido cálcico (cal) a temperaturas ordinarias formando una pasta capaz de fraguar y desarrollar resistencias. La mayoría de materiales puzolánicos son subproductos de procesos industriales o agrícolas y pueden causar problemas sin un tratamiento de disposición final adecuado.

Los materiales cementantes suplementarios se pueden utilizar como adición o como sustituto parcial del cemento portland, esto depende de las propiedades de los materiales y de los efectos esperados en el concreto. Ayudan a ahorrar costos, minorar la contaminación y mejorar las características del producto. La cantidad de adición óptima se debe establecer a través de pruebas que permitan determinar:

- Si, la adición, realmente mejora las propiedades del concreto.
- La dosis correcta, una sobredosis o una dosis insuficiente pueden ser perjudiciales o no permitirán obtener el efecto deseado [19].

En la antigüedad, dicha denominación, originalmente se utilizaba para referirse a la toba volcánica proveniente de las faldas del Vesubio (localidad de Pozzuoli). Sin embargo, el empleo de la ceniza volcánica y de la arcilla calcinada en otras culturas se remonta al año 2000 a.c. o tal vez antes. Muchas obras hechas a base de puzolana y cal, han perdurado por mucho tiempo y siguen siendo valiosas reliquias de la civilización. En América, los proyectos con puzolanas artificiales datan de principio del siglo XX en presas donde fueron utilizadas para controlar la temperatura, las puzolanas se utilizan para mejorar la resistencia al ataque de sulfatos y controlar las reacciones álcali-agregados. Las puzolanas más comúnmente utilizadas en la actualidad son materiales procesados como arcillas calcinadas, esquistos calcinados y metacaolita.

2.2.12. Clasificación De Las Puzolanas

Según la definición las puzolanas se pueden clasificar en:

2.2.12.1. Puzolanas naturales

a) Cenizas volcánicas

Producto de las erupciones volcánicas que se depositan en la base de los volcanes, dependen de la viscosidad, la velocidad de enfriamiento y el contenido del magma. Ejemplos: las cenizas, las pómez, las escorias y las bombas.

b) Tufos o tobas Volcánicas

Podemos hablar de una roca silíceo con altos contenidos en residuos orgánicos, silíceos y arcillas, cuya actividad puzolánica mejora luego de ser sometidos a un tratamiento térmico.

c) Tierras diatomeas

Estos materiales tienen la capacidad de fijar cal, como las arcillas y las denominadas tierras de diatomeas (de origen orgánico). Estos materiales se ven frenados por la elevada cantidad de agua que consumen, lo que afecta la resistencia mecánica del hormigón [20].

2.2.12.2. Puzolanas artificiales

Son materiales que al ser sometidos a un adecuado tratamiento térmico adquieren propiedades puzolánicas, pues este proceso transforma su naturaleza

a) Arcillas calcinadas, esquistos calcinados y metacaolita

Cuando los minerales de las arcillas se calcinan a altas temperaturas, que varían de 600 y 900°C y se muelen hasta obtener el grado de finura del cemento, adquieren propiedades puzolánicas. Las arcillas, por sus orígenes, están constituidas principalmente por sílice y alúmina. Debido al efecto del tratamiento térmico, la pérdida total de agua destruirá la red cristalina de la composición de arcilla, manteniendo su composición en un estado amorfo, que puede reemplazar parcialmente al cemento[21].

Las arcillas calcinadas se pueden utilizar como sustituto parcial del cemento para mejorar la resistencia al ataque de sulfato, controlar la reactividad álcali-

agregado y reducir la permeabilidad [11]. La metacaolinita es producto de la calcinación a baja temperatura de la arcilla caolín de alta pureza utilizado para cuando se necesita baja permeabilidad y muy alta resistencia.

b) Cenizas volantes

Son cenizas producidas por la quema de carbón mineral en centrales térmicas, en estos materiales predominan los componentes ácidos (sílice y alúmina).

c) Escorias de fundición

Productos obtenidos de la fundición de aleaciones ferrosas en altos hornos, cuando estas escorias se enfrían de forma violenta adquieren una estructura amorfa. Pueden ser considerados como factores de contaminación del aire, suelo y agua cuando no se estabilizan tomando las medidas necesarias.

d) Cenizas de residuos agrícolas

Tanto la ceniza de cascarilla de bagazo, la ceniza de arroz y la paja de la caña de azúcar, al ser calcinados, dan origen a un residuo mineral rico en sílice y alúmina. La temperatura de incineración varía de 500°C a 700°C. Se encuentran disponibles en grandes cantidades en algunas regiones de nuestro país. Por cada cinco toneladas de cascara de residuos agrícolas, se genera una tonelada de ceniza. El problema de la ceniza es el control de la quema, porque si la temperatura pasa de los 700 °C, entonces la sílice empieza a cristalizarse y perder su grado de reactividad [22].

Asimismo, en la norma ASTM C 618-03 divide en tres los tipos de puzolanas:

- **Clase N:** puzolanas naturales calcinadas o rojas como algunas tierras de diatomeas; cherts opalinos y esquistos. Las tobas, las cenizas volcánicas o pumicitas, arcillas, lutitas y diversos materiales deben calcinarse para inducir propiedades satisfactorias [20].

- **Clase F:** La ceniza que se produce normalmente a partir de quema de anacita o carbón bituminoso.
- **Clase C:** ceniza normalmente producida a partir carbón subbituminoso.

Esta norma establece que la composición química debe de cumplir con los siguientes requerimientos:

Tabla XVII. Requerimientos químicos de las puzolanas

COMPONENTES	CLASE		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), min %	70	70	50
Trióxido de azufre (SO ₃), Max. %	4	5	5
Contenido de humedad, Max. %	3	3	3
Perdida por calcinación, Max. %	10	6	6

Fuente: [20]

El cascote de ladrillo es una puzolana artificial, ya que una de las principales materias primas para la elaboración de ladrillo, y cuando esta se calcina en hornos, la adquieren propiedades puzolánicas, esto es principalmente por los altos contenidos de sílice y alúmina. Para la caracterización, se llevó a cabo un análisis químico que permitió determinar los compuestos químicos presentes en este residuo.

2.2.13. Actividad Puzolánica En El Concreto

La incorporación de puzolanas en el concreto puede:

- Incrementar la resistencia a edades tardías. Las puzolanas, por lo general, presentan una actividad puzolánica más lenta, es decir, no manifiestan cambios significativos hasta edades superiores a los 28 días.
- Disminuyen el aire atrapado de la mezcla
- Disminución del peso unitario del concreto

- Las cenizas volantes, puzolanas naturales y escorias granulares tienden a disminuir el calor de hidratación. Algunas puzolanas liberan solo el 40% del calor de hidratación con respecto al cemento tipo I.
- Algunas puzolanas tienden a retardar el tiempo de fraguado, lo cual es ventajoso para la colocación en clima caluroso. Asimismo, las puzolanas tienden a tener una reacción puzolánica lenta, por lo cual, es necesario tener un curado húmedo continuo por periodos mucho más largos que los convencionales.
- Disminuir la trabajabilidad, el concreto con incorporaciones de puzolanas requiere mucha más cantidad de agua a la establecida en el diseño de mezclas, debido a esto, la trabajabilidad disminuye en relación con el porcentaje de adición.

2.2.14. Nuevos materiales puzolánicos

Las investigaciones de nuevas puzolanas, procedentes de residuos industriales y materiales de desecho dan lugar a cementos más sostenibles y ecológicamente beneficiosos [7]. Para lograr activar las propiedades puzolánicas, los materiales deben ser tratados térmicamente, y posteriormente, sometidos a un proceso de trituración y molienda para lograr la finura necesaria.

Entre estos nuevos materiales puzolánicos podemos hallar a la escoria de cobre, subproducto originado en la metalurgia del cobre, presenta una actividad puzolánica parecida a las cenizas volantes, pero más baja que el humo de sílice. La adherencia de cal no es evidente hasta después de 28 días y aumenta significativamente hasta los 90 días.

Otro material que ha sido objeto de investigación es el cascote cerámico, producto de empresas ladrilleras que rechazan un porcentaje elevado por defectos en la cocción o roturas. La inadecuada disposición final y los grandes volúmenes de este material lo hacen atractivo desde el punto de vista ambiental.

Los productos cerámicos contienen un alto contenido de minerales arcillosos, los cuales, luego de un proceso de deshidratación y cocción a temperaturas entre 700°C y 1.000°C, adquieren propiedades características de la “arcilla cocida”. Para elaborar

los materiales cerámicos se requieren de la misma temperatura, por tanto, durante el proceso de fabricación adquirirían propiedades puzolánicas. Los resultados de investigación concluyen que los desechos cerámicos presentan una actividad puzolánica semejante a las puzolanas naturales, metacaolín, FCC e incluso humo de sílice.

Además, se ha estudiado la viabilidad de utilizar residuos o cascotes cerámicos como materia prima en fábricas de tejas de hormigón, en donde, se aprovechan sus propiedades puzolánicas y se obtienen buenos resultados. Los estudios han confirmado que estas adiciones dan a los cementos mejores características, contribuyen al aumento de resistencia mecánica, a medio o largo plazo, incluso se incrementa la resistencia química de los materiales frente a medios agresivos.

2.2.15. Cascote cerámico o cascote de ladrillo

La arcilla es una roca ígnea descompuesta que se forma bajo el calor y la presión de la acción volcánica, más tarde expuesta a la intemperie. Las arcillas son materiales naturales que al ser mezclados con agua forma masas plásticas a partir de los cuales se pueden fabricar productos cerámicos. La industria de la cerámica es la más antigua de la humanidad, se han desarrollado una gran variedad de productos como los ladrillos en zonas donde escaseaba la piedra y abundaba la arcilla. Según [23], los ladrillos son unidades de mampostería hechos de arcilla, que se moldea, extruye o prensa en forma de prisma rectangular y se quema o cuece en un horno. Puede ser artesanal o industrial según su fabricación. Los materiales cerámicos a base de arcilla, durante su fabricación, sufren una serie de transformaciones lo que ocasiona la adquisición de propiedades puzolánicas al estar sometidos a temperaturas entre 600 y 1000 °C.

III. Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo con el tipo de investigación, este proyecto es experimental, debido a que el estudio se realizó mediante la observación, registro y análisis de las variables que intervienen en la investigación. Para esta investigación, se elaboró un diseño de experimentos que facilitan la manipulación de variables. La investigación tuvo un nivel pre experimental, ya que, se toma un punto de referencia y se verifica la influencia que existe en las variables dependientes.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Hipótesis

La inclusión de partículas de cascote cerámico obtenido de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados como reemplazo parcial del cemento mejora la resistencia a la compresión del concreto.

3.2.2. Variables

Variable independiente:

- Partículas de cascote cerámico de Mochica Ladrillos y Agregados
- Porcentaje de adición al concreto

Variable dependiente:

- Trabajabilidad de la mezcla
- Resistencia a la compresión del concreto

Variables intervinientes

- Materiales para el diseño de mezcla
- Composición química de la adición

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: residuos cerámicos provenientes de Mochica Ladrillos y agregados.

Se elaborará un concreto utilizando residuos de dicha ladrillera como reemplazo parcial de cemento, para ello, se tomó como referencia tablas de diseño ya establecidas como base para la elaboración de muestras que se utilizarán para hacer los ensayos.

Muestra: Residuos de ladrillos que aparentaron haber tenido un proceso de cocción superior al deseado para dichos elementos.

Los residuos seleccionados fueron aquellos que por el proceso de cocción adquieren un color anaranjado oscuro, para que esto haya sucedido, las temperaturas fueron alrededor de 900°C-1000 °C. Esta temperatura de cocción es suficiente para generar la activación de las arcillas y hacer que los materiales adquieran propiedades puzolánicas. Luego de un proceso, se determinó diferentes diseños de mezcla con 0%, 5%, 10% y 15% de adición, posteriormente, se ensayó los especímenes para evaluar las propiedades de resistencia a la compresión.

Tabla XVIII. Número de probetas f'c 210 kg/cm²

Diseño de mezcla con f'c 210 kg/cm ²	Patrón	5 % de adición	10 % de adición	15 % de adición
Nº de probetas	3	3	3	3
Días de ensayo	5	5	5	5
f'c	1	1	1	1
Subtotal	12	12	12	12
TOTAL	48 probetas			

Fuente: Elaboración propia

Se ha considerado la rotura de probetas a los 7 y 28 días, además, se ha considerado ensayos a los 56 y 90 días, teniendo en cuenta los antecedentes. De acuerdo con varios estudios, las puzolanas tienen una resistencia inicial baja, pero a los 90 días, su resistencia se eleva, en comparación con el concreto normal, que adquiere su máxima resistencia a los 28 días y después de eso, el concreto gana resistencia de manera más lenta.

MUESTREO: No probabilístico, la selección de los elementos no dependió de la probabilidad sino del criterio del investigador.

3.4. Criterios de selección

Para la elección de la adición, todos residuos generados por la empresa ladrillera varían de acuerdo a su color y tamaño. Según su color, los residuos van desde un color anaranjado a un color oscuro y; según el tamaño, se pueden observar restos de todos los tamaños.

En la selección del residuo, se tomó en consideración los residuos de color anaranjado, descartando los muy oscuros. El residuo se sometió a un proceso de molienda, y posteriormente, se tamizó por la malla n°200. Para la selección del porcentaje de adición máxima, se tomó en cuenta lo siguiente:

- Influencia de los óxidos en el tiempo de fraguado (ver tabla XVI)
- Composición química del cemento. El cemento seleccionado para el diseño de mezcla pues este no posee características especiales y, además, es de uso general según la NTP 334.009.
- Composición química del residuo obtenido de la ladrillera Mochica Ladrillos y Agregados.

Cuando el tiempo de fraguado es rápido, implica el cambio del concreto fresco ha endurecido en menor tiempo al preestablecido. Un fraguado rápido representa un problema en la colocación del concreto, pues este pierde trabajabilidad.

Tabla XIX. Composición química del cemento tipo I Pacasmayo

ÓXIDOS	PORCENTAJE
CaO	63.02%
SiO ₂	19.50%
Al ₂ O ₃	6.20%
Fe ₂ O ₃	3.30%
K ₂ O	0.70%
Na ₂ O	0.26%
SO ₃	2.50%
MgO	2.13%
Cal Libre	1.20%

Fuente: [12]

Tabla XX. Composición química de los residuos de Empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L

ÓXIDOS	PORCENTAJE
Na ₂ O	0.04%
MgO	0.22%
Al ₂ O ₃	36.44%
SiO ₂	49.02%
K ₂ O	0.01%
CaO	6.30%
FeO	7.14%
NiO	0.40%
SO ₂	0.43%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla XIX y a la tabla XX, podemos determinar el porcentaje de residuos que podemos incorporar al concreto de manera que no se acelere el tiempo de fraguado.

Tabla XXI. Porcentaje de componentes con la adición de 15% de adición

Óxidos	% de componentes del Cemento tipo I	% de componentes de la adición	% máx. de comp. que generan fraguado rápido	+ 15% de adición
CaO	63.02%	0.63%	55% - 65%	53.66%
SiO ₂	19.50%	49.02%	22.00%	23.93%
Al ₂ O ₃	6.20%	33.44%	10.00%	10.29%
Fe ₂ O ₃	3.30%	-	4.00%	2.81%
K ₂ O + Na ₂ O	0.96%	0.05%	1.00%	0.82%
SO ₃	2.50%	-	2.70%	2.13%
MgO	2.13%	0.22%	2.80%	1.84%
Cal Libre	1.20%	-	-	1.02%

Fuente: Elaboración propia

3.5. Operacionalización de variables

VARIABLES		DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO	INDICE
TIPO	DESCRIPCION				
INDEPENDIENTE	Residuos de empresa ladrillera	Propiedades físicas y químicas	Análisis químico	Ensayo de composición química	Porcentaje (%)
			Peso específico	Ensayo para determinar el peso específico según la NTP 400.022	kg/m ³
DEPENDIENTES	Comportamiento del concreto	Resistencia a la compresión del concreto	Asentamiento	Ensayo para la medición el asentamiento según la NTP 339.035	Pulg.
			Contenido de aire	Ensayo para determinar el contenido de aire según la ASTM C231	Porcentaje (%)
			Peso unitario	Ensayo para la determinación de peso unitario según la NTP 339.046	kg/m ³
			Exudación	Ensayo para determinar la exudación del hormigón según la ASTM C232	Porcentaje (%)
			Resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión según la ASTM C39	kg/cm ²
	Evaluación de impacto ambiental	Contaminación	Aire	Evaluación del impacto ambiental - Matriz de Leopold	Nivel de impacto
			Agua		
Suelo					
INTERVINIENTES	Diseño de mezclas	Ensayos de los materiales	Contenido de humedad	Ensayo para el análisis de contenido de humedad de los agregados según la NTP 339.185	Porcentaje (%)
			Granulometría	Análisis granulométrico para el agregado fino, grueso y agregado global NTP 400.012	Porcentaje (%)
			Peso específico	Ensayo para peso específico de los agregados NTP 400.021 y 400.022	kg/m ³
			Grado de absorción	Ensayo para el grado de absorción NTP 400.021 y 400.022	Porcentaje (%)
			Peso volumétrico suelto y compactado	Ensayo para la determinación del peso volumétrico suelto y compactado del agregado fino y grueso según la NTP 400.017	kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica

Investigación: La recopilación de información necesaria y el desarrollo de técnicas constructivas, permitirán la elaboración de la presente investigación.

Experimentos: permitirán la manipulación de variables de estudio para determinar las propiedades y el comportamiento del concreto a través de diversos ensayos.

Análisis de Contenido: se sistematiza, analiza e interpreta la información obtenida en las diferentes fuentes bibliográficas.

3.6.2. Fuentes

Las fuentes consultadas fueron las que se detalla a continuación:

- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) – Perú, 2009
- Normas Técnicas Peruana (NTP)- Perú, 2013.
- Normas ASTM- EEUU, 2013
- Bibliografía

3.6.3. Ensayos de los materiales

Para elaborar el diseño de mezcla, se necesita llevar a cabo ensayos que permitan determinar las características y valores para el agregado grueso y el agregado fino.

3.6.3.1. Ensayo de granulometría de agregado grueso y fino

Esta prueba se realiza para determinar la distribución del tamaño de la muestra pasando la muestra por una serie de tamices de diferentes tamaños. La determinación de la granulometría es muy importante porque el rendimiento del hormigón dependerá de ello.

Objetivo

- Realizar la curva granulométrica para cada uno de los agregados.

- Determinar el módulo de fineza del agregado fino.
- Comparar los límites granulométricos establecidos en la norma con los obtenidos en este ensayo.

Aparatos

- Taras de distintos tamaños
- Balanza electrónica para determinar la carga requerida con una precisión de 0.5% y 0.1%,
- Tamices normados para el agregado grueso (2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16 y fondo)
- Tamices normados para el agregado fino (3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y fondo)
- Horno para conservar una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$
- Cucharón
- Brocha

Procedimiento para el agregado grueso

- Seleccionamos una muestra de acuerdo a la NTP 400.012, en este caso 5 kg, se obtuvo a partir del método de cuarteo.
- Colocamos la muestra en el horno a temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$ por 24 horas.
- Retiramos del horno y se dejó enfriar.
- Dividimos la muestra en varias porciones y se las pasó por los tamices normados, esto permitió a todas las partículas tener la oportunidad de alcanzar la apertura del tamiz.
- Agitamos los tamices con movimiento vaivén y, posteriormente, se verificó tamiz por tamiz la muestra retenida y luego se le procedió a pesarlos.

Fig. 4. Tamices utilizados para la granulometría del agregado grueso



Fuente: elaboración propia

Procedimiento para el agregado fino

- Seleccionamos 500 g de agregado.
- Lavamos la muestra utilizando el tamiz N° 200.
- Colocamos la muestra en el horno a temperatura constante de $100 \pm 5^\circ$ C por 24 horas.
- Retiramos del horno y se dejó enfriar.
- Volvimos a pesar la muestra y se registró.
- Agitamos el tamiz hacia adelante y hacia atrás, luego pasamos la muestra retenida a través de cada tamiz y luego la pesamos.
- Realizamos todos los cálculos necesarios para encontrar el porcentaje no pasante, porcentaje no pasante acumulado y porcentaje pasante por cada tamiz.
- Graficamos la curva granulométrica y comparamos con los límites dados en la NTP 400.012.

Fig. 5. Lavado de agregado fino utilizando el tamiz N° 200.



Fuente: elaboración propia

Normativa

- *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*, NTP 400.012, 2013.
- *Agregados. Agregados para concreto. Requisitos*, NTP 400.037, 2018.
- *Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos*, ASTM C 136, 2018.

3.6.3.2. Peso específico y absorción del agregado fino

Objetivo

- Determinar el peso específico y absorción del agregado fino para su posterior utilización en el diseño de mezclas.

Aparatos

- Balanza electrónica con sensibilidad de 0.1 g.
- Horno para conservar una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Fiolas de 500 cm³ de capacidad.
- Taras medianas.
- Pipeta

Procedimiento

- Pesamos dos muestras de 500g c/u de agregado fino y seleccionamos las partículas que se pasan por el tamiz N° 4.
- Pesamos cada una de las fiolas y anotamos.
- Colocamos el material dentro de cada una de las fiolas, posteriormente las llenamos con agua destilada.
- Giramos el recipiente en la palma de la mano hasta eliminar los vacíos y dejamos reposar durante 24 horas.
- Pasadas las 24 horas, llenamos con agua hasta la marca y pesamos cada una de las fiolas.
- Depositamos la muestra en los recipientes, dejamos reposar hasta que el agregado sedimente, y posteriormente, retiramos el agua con la pipeta con mucho cuidado.
- Introducimos las muestras en el horno por un lapso de 24 horas a una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Finalmente, retiramos las muestras del horno, dejamos enfriar a temperatura ambiente y las pesamos.

Fig. 6. Determinación del peso específico y absorción del agregado fino



Fuente: elaboración propia

Normativa:

- *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*, NTP 400.022, 2013.

3.6.3.3. Peso específico y absorción del agregado grueso**Objetivo**

- Determinar el peso específico y absorción del agregado grueso para su posterior utilización en el diseño de mezclas.

Aparatos:

- Balanza electrónica para determinar la carga requerida con una 0.5% de precisión,
- Horno para conservar una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$,
- Taras grandes,
- Canastilla de malla de alambre con abertura no mayor de 3 mm.

Procedimiento:

- Pesamos dos muestras de 2000g c/u de agregado grueso, obtenido del método de cuarteo.
- Lavamos completamente la muestra para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales.
- Sumergimos en agua por un periodo 24 horas.
- Luego, escurrimos el agua y dejamos secar la muestra a temperatura ambiente para obtener la condición de saturado superficialmente seca y pesamos el material.
- Introducimos en la canastilla de alambre, y determinamos su peso sumergido en agua a una temperatura entre 21°C y 25°C .
- Colocamos las muestras en el horno por 24 horas a una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Finalmente, sacamos las muestras del horno, dejamos enfriar a temperatura ambiente y las pesamos.

Fig. 7. Agregado grueso saturado superficialmente seco



Fuente: elaboración propia

Normativa:

- *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*, NTP 400.021, 2013.

3.6.3.4. Ensayo de humedad del agregado fino y grueso

Este ensayo tiene la finalidad de determinar la cantidad de humedad evaporable existente entre las partículas de los agregados, esto se expresa en porcentaje y se emplea en el diseño de mezcla.

Objetivo

- Determinar el porcentaje de humedad del agregado fino y del agregado grueso por medio del secado.

Aparatos:

- Balanza electrónica para determinar la carga requerida con una precisión de 0.5%
- Horno para conservar una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$
- Taras de distintos tamaños

Procedimiento:

- Pesamos dos muestras representativas de agregado fino (500 g) y de agregado grueso (5000 g).
- Llevamos al horno a una temperatura constante de $100 \pm 5^\circ \text{C}$ por un

lapso de 24 horas.

- Retiramos la muestra del horno y se volvió a pesar, esto permitió determinar el porcentaje de la humedad restando los pesos húmedos con los pesos secos.

Normativa:

- *Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*, NTP 339.185, 2013.

3.6.3.5. Peso unitario del agregado fino y grueso

También se le denomina peso volumétrico, es el peso del material seco que es necesario para llenar cierto recipiente de volumen unitario, se convierte las cantidades de peso a volumen.

Objetivo

- Determinar los pesos volumétricos del agregado fino y del agregado grueso.

Peso unitario suelto

Aparatos:

- Balanza electrónica para determinar la carga requerida con una 0.5% de precisión
- Bandeja
- Brocha
- Regla de metal
- Recipiente cilíndrico de metal
Diámetro de 6 pulgadas
Altura de 12 pulgadas
- Cucharón

Procedimiento:

- Antes de iniciar, se debía conocer el peso del molde vacío, este dato nos fue de mucha ayuda para realizar los cálculos.
- Llenamos el recipiente con un cucharón hasta el rebose, evitamos la

segregación de las partículas descargando el agregado a una altura que no exceda 50mm por encima del borde superior.

- Eliminamos el material excedente con una regla y limpiamos con la brocha todo el material que queda fuera del molde.
- Determinamos el peso neto del agregado
- Realizamos este procedimiento varias veces para obtener un promedio.

Peso unitario compactado

Aparatos:

- Balanza electrónica para determinar la carga requerida con una 0.5% de precisión,
- Barra compactadora
Barra de acero lisa con punta semiesférica
Diámetro de 5/8”
600 mm de longitud
- Recipiente cilíndrico de metal.
Diámetro de 6 pulgadas
Altura de 12 pulgadas
- Cucharón
- Brocha
- Regla metálica
- Martillo de goma.

Procedimiento:

- Antes de iniciar, debíamos conocer el peso del molde vacío, este dato nos permitió para realizar los cálculos.
- Llenamos el recipiente hasta la tercera parte.
- Apisonamos la muestra con la barra compactadora con 25 en golpes distribuidos en forma de espiral hacia adentro y 15 golpes con el martillo de goma sobre la superficie.
- Llenamos hasta los 2/3 partes del recipiente y volvemos a compactar como antes.
- Volvemos a llenar el recipiente hasta rebosar, golpeamos con la barra

compactadora 25 veces y se enrasa utilizando la regla metálica.

- Limpiamos con la brocha y finalmente, se determinó el peso neto de los agregados.
- Realizamos este procedimiento varias veces para obtener un promedio.

Fig. 8. Peso unitario compactado del agregado grueso



Fuente: elaboración propia

Nota: Cuando se apisona, se debe evitar que la barra golpee el fondo, en las otras capas, se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa del agregado.

Normativa:

- *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados, NTP 400.017, 2011.*

3.6.4. Ensayos del concreto en estado endurecido

3.6.4.1. Asentamiento

Aparatos:

- Cono de Abrams
 \varnothing superior de 100 mm

Ø superior de 200 mm

Altura 300 mm

Provisto de aletas y agarraderas de pie.

- Barra compactadora
Barra de acero lisa con punta semiesférica
Ø de 5/8”
600 mm de longitud
- Regla metálica
- Cinta métrica
- Bandeja metálica y cucharón.

Procedimiento:

- Humedecemos el cono, la varilla, regla y el cucharón antes de iniciar el ensayo.
- El molde se fijó firmemente pisando las aletas en una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente.
- Obtenida la mezcla de concreto, con el cucharón llenamos el molde vaciando en tres capas para que cada capa represente aproximadamente un tercio del volumen del molde.
- Compactamos cada capa aplicando 25 golpes con la varilla de manera uniformemente. En la capa inferior, colocamos la varilla ligeramente inclinada y damos la mitad de golpes cerca del perímetro.
- Llenamos el molde por exceso antes de compactar la última capa. En caso hubiese una deficiencia de material, le añadimos la cantidad suficiente para mantener el exceso del concreto sobre la parte superior del molde en todo momento.
- Luego, enrasamos rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde.
- Finalmente, levantamos el molde con un movimiento ascendente firme y se midió la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

Nota: En caso de observarse asentamiento tipo corte, este ensayo deberá ser desechado y realizarse uno nuevo. Si esto vuelve a suceder, la mezcla carece de plasticidad y cohesión y no es válido para este ensayo.

Fig. 9. Asentamiento de la mezcla.



Fuente: elaboración propia

Normativa:

- *Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland, NTP 339.035 - 2015.*

3.6.4.2. Peso unitario

Aparatos:

- Balanza electrónica para determinar la carga requerida con una 0.5% de precisión,
- Barra compactadora
Barra de acero lisa con punta semiesférica
Diámetro de 5/8”
600 mm de longitud
- Regla metálica
- Mazo de goma
- Cucharón
- Recipiente de metal

Procedimiento:

- Pesamos el recipiente de metal y se le humedeció. Para ello, primero se debía conocer las medidas interiores del recipiente de metal.
- Colocamos la mezcla de concreto con ayuda del cucharón y compactamos en tres capas de igual volumen.
- Enrasamos la superficie del concreto y damos un acabado suave.
- Limpiamos completamente el exterior del recipiente y determinamos el peso del concreto.

$$PU = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Donde:

M_c = Peso del recipiente de medida lleno de concreto.

M_m = Peso del recipiente de medida.

V_m = Volumen del recipiente.

Fig. 10. Peso unitario del concreto fresco.



Fuente: elaboración propia

Normativa:

- *Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto*, NTP 339.046, 2008.

3.6.4.3. Exudación del concreto

Este ensayo permitió determinar la cantidad relativa de agua de la mezcla que exudará en el concreto recién mezclado. Según la ASTM C232, existen dos métodos de ensayo, los cuales, no pueden dar los mismos resultados.

Método A: Muestra consolidada por varillado

Solo se utiliza para muestras reforzadas con palancas y no se probará en condiciones simuladas después de la interferencia. En condiciones simuladas después de la interferencia, el concreto no se verá afectado por vibraciones intermitentes después de la colocación.

Aparatos:

- Un recipiente cilíndrico con una capacidad promedio de 14L con un diámetro interior de 25.5 cm y una altura de 28 cm. El contenedor debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma ASTM C29 / C29M. El interior debe ser liso y libre de corrosión, recubrimiento o lubricante.
- Balanza electrónica para determinar la carga requerida con una 0.5% de precisión,
- Pipeta
- Probeta graduada de 100 ml
- Barra compactadora
Barra de acero lisa con punta semiesférica de diámetro de 5/8”
600 mm de longitud
- Vaso de metal (opcional) para recolectar el agua y los sedimentos decantados.
- La sensibilidad de la balanza es de 1 g (opcional), utilizada para determinar la masa del agua sobrenadante y el sedimento decantado.

Procedimiento:

- Mantenemos la temperatura ambiente entre 18 y 24°C.
- Después de nivelar la superficie de la muestra, registramos el periodo y determinamos la masa del depósito y su contenido.
- Colocamos el espécimen en su recipiente sobre una plataforma nivelada

o sobre un piso libre de cualquier vibración perceptible y cubrimos el recipiente para prevenir la evaporación del agua exudada.

- Durante todo el ensayo, mantuvimos la tapa del recipiente durante toda la prueba excepto cuando se extrae el agua que se acumuló en la parte superior del concreto.
- En los primeros 40 minutos, el agua la extraemos en intervalos de 10 min con una pipeta, y luego a intervalos de 30 min hasta que finaliza la exudación anotando el tiempo de la última observación.
- Para facilitar la colección del agua exudada, inclinamos el recipiente con cuidado unos 2 minutos antes de extraer el agua, para ello, colocamos una pieza de 50 mm (2 Pulg) de espesor bajo uno de los lados del recipiente; posteriormente, regresamos a su posición original sin agitarlo.
- Registramos la cantidad acumulada de agua en cada periodo de tiempo.

Nota: Si desea determinar la masa del agua que exuda, pero sin incluir la materia sólida en el agua, debe verter con cuidado el contenido del agua que exuda del tubo de ensayo en el vaso de metal.

Cálculos:

Para calcular el volumen de agua de exudación por unidad de área superficial utilizamos la siguiente fórmula:

$$V = V1/A$$

Donde:

V1= Volumen de agua que el concreto exuda durante un periodo de tiempo seleccionado, se expresa en ml

A = Área de concreto expuesto en cm²

Para calcular la velocidad relativa de la exudación del agua de mezcla neta contenida dentro de la muestra ensayada, utilizamos la siguiente fórmula:

$$C = (w/W) \times S$$

Exudación, % = (D/C) x 100

Donde:

- C = Masa de agua total en la muestra expresada en gramos
 W = Masa total del espécimen expresada en kilogramos
 w = Masa neta del agua en la mezcla (cantidad total de agua menos el agua absorbida por los agregados) expresada en kilogramos
 S = Masa de la muestra de ensayo en gramos y
 D= Masa de agua exudada en gramos o volumen total de agua extraída del espécimen de ensayo en centímetros cúbicos, multiplicados por 1g/cm^3 .

Método B: Muestra consolidada por vibración

Según la ASTM C232, se utiliza para muestras consolidadas por vibración y ha sido probado para ciclos de vibración intermitente para intentar simular las condiciones bajo las cuales el concreto sufre vibraciones intermitentes después de la colocación.

Equipo:

- Una plataforma vibratoria equipada con un dispositivo adecuado que puede dar contenedores de concreto con diferentes períodos de vibración con frecuencia repetible y duración de amplitud especificada por ASTM C232.
- El cronómetro se utiliza para medir el tiempo y ajustar el período de vibración proporcionado a la plataforma.
- Recipiente metálico de 290 mm /11 ½ pulg del diámetro en la parte superior y de 280 mm (11 pulg) de diámetro en el inferior, así mismo una altura interna de 285 mm (11 ⅛ pulg).
- El resto del equipo requerido es el mismo que se indica en el Método A.

Procedimiento:

- Para obtener el grado de consolidación deseado, la muestra en el recipiente se consolida por medio de la vibración. Cuando la superficie se encuentre relativamente lisa, se considera que se ha aplicado la vibración suficiente.

- Cuando el agua exudada del concreto aparece en la superficie, se detiene el proceso de consolidación inmediatamente.
- Colocamos la tapa sobre el recipiente y ponemos el recipiente sobre la plataforma vibradora. Se debe sujetar bien el recipiente y ajustar la tapa hacia abajo.
- Realizamos un registro del tiempo y se arrancó el motor, y se continúa operando por vibración intermitente durante 1h.
- Finalmente, determinamos el volumen total de agua de exudación.

Normativa:

- *Concreto. Método de ensayo para la determinar la exudación del hormigón*, NTP 339.077, 2013.

3.6.4.4. Contenido de aire

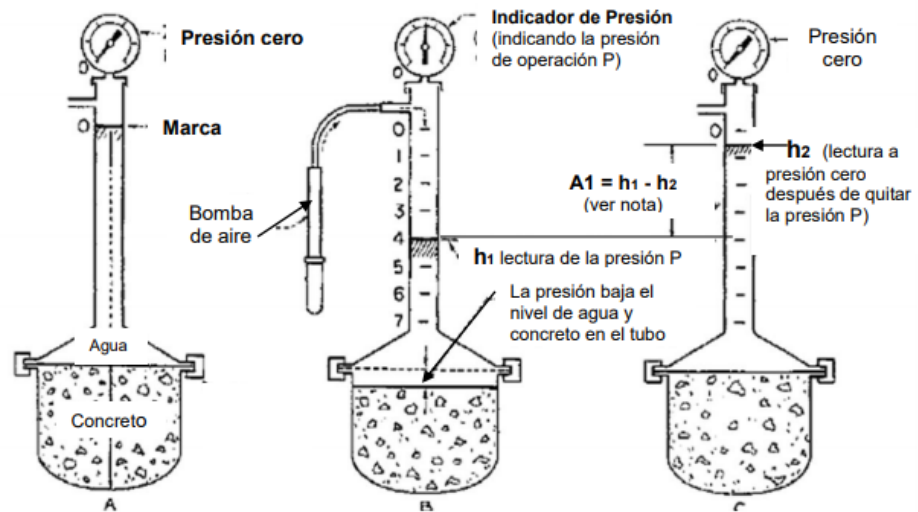
El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de aire en el hormigo recién mezclado a partir de la observación en el cambio del volumen del hormigón con un cambio en la presión [24].

Equipos:

- Medidor de aire. Hay dos herramientas diseñadas con éxito que emplean la ley de Boyle. Para ello, se hace mención los medidores de tipo A y B.

Medidor de tipo A: Es un receptáculo con cubierta machihembrada. El principio de funcionamiento consiste en introducir agua sobre la muestra de concreto con volumen conocido a una altura predeterminada y aplicar una determinada presión sobre el agua.

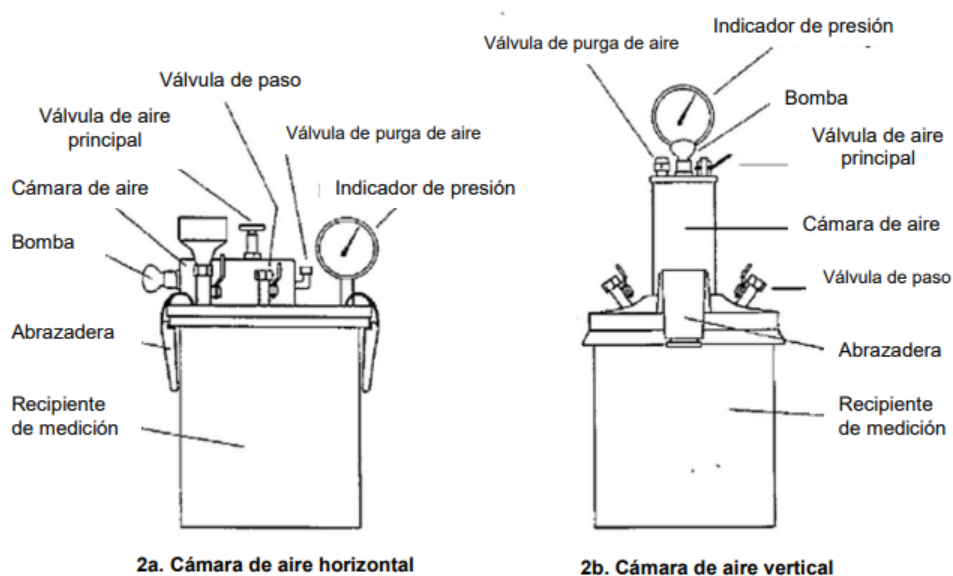
Fig. 11. Medidor Tipo A



Nota. $A_1 = h_1 - h_2$, cuando el recipiente de medición contiene concreto como se indica en esta figura; cuando el recipiente de medición contiene solo agregado y agua, $h_1 - h_2 = G$ (Factor de corrección del agregado). $A_1 - G = A$ (Contenido de aire del concreto).

Fuente: [24]

Medidor de tipo B: consiste en un recipiente de medición y una tapa ensamblada. El principio de funcionamiento es igualar un volumen conocido de aire, a una presión conocida, en una cámara de aire sellada. El recipiente debe ser cilíndrico y de acero con un diámetro de 0.75 a 1.25 veces la altura y una con capacidad mínima de 5.7 L (0.20 pies³). La tapa del módulo debe de estar equipada de dispositivos de lectura del contenido de aire, y debe de estar provista con válvulas para aire, válvulas de purga de aire y llaves de paso para introducir agua a través de ellos. Además, se debe de incluirse una bomba de aire manual.

Fig. 12. Medidor de tipo B

Fuente: [24]

- Barra compactadora
Barra de acero lisa con punta semiesférica,
Diámetro de 5/8",
600 mm de longitud.
- Regla metálica para enrazar
- Mazo de goma
- Cucharón
- Embudo que encaje en el tubo de rociado

Procedimiento:

- Humedecemos la parte interna del depósito y lo colocamos sobre una plataforma estable.
- Colocamos el concreto en tres capas iguales en el recipiente, se compacta cada capa con 25 veces y golpeamos firmemente los lados de 10 a 15 veces con el mazo de goma para reducir las burbujas de aire en la mezcla.
- Después de haber consolidado del concreto, enrasamos la superficie deslizando la regla metálica hasta que el recipiente este justo en el nivel de llenado.
- Antes de acoplar la tapa con las mordazas, limpiamos y humedecemos el interior de esta.

- Abrimos las llaves de purga.
- A través de una de las llaves de purga, inyectamos agua hasta que salga por el otro lado, damos unos golpes con el mazo de goma y colocamos más agua.
- Cerramos la válvula de escape de aire y bombeamos aire dentro de la cámara hasta que el manómetro este en la línea de presión inicial.
- Esperamos unos segundos hasta que la lectura de presión se estabilice.
- Abrimos la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón.
- Damos ligeros golpes manómetro con la mano para estabilizar la lectura, y poder tomar la lectura respectiva.
- Antes de quitar la tapa, cerramos la válvula de aire principal y abrimos la llave para aliviar la presión.

Fig. 13. Medidor de tipo B - Olla Washington



Fuente: elaboración propia

Nota: a la hora de varillar, se debe evitar dañar el fondo del recipiente

Normativa

- *Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión, ASTM C 231 – 2009.*

3.6.4.5. Tiempo de fraguado

El concreto mantiene su trabajabilidad por un cierto tiempo, luego empieza a endurecer y formar una masa sólida, a esto se le denomina fraguado.

La medición del tiempo de fraguado se realiza por medio de mediciones de resistencia a la penetración. En este ensayo se define el tiempo necesario para alcanzar la resistencia de penetración especificada. Este método de ensayo es aplicable para uso con morteros.

Aparatos:

- Contenedores o recipientes
- Agujas de penetración con áreas de contacto de 645, 323, 161, 65, 32 y 16 mm² (1, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20 y 1/40 pulg²).
- Equipo de aplicación de carga, capaz de medir la fuerza de penetración con una precisión de ± 2 lb y un dispositivo con una capacidad de al menos 130 lb.
- Barra compactadora
Barra de acero lisa con punta semiesférica,
Diámetro de 5/8",
600 mm de longitud.
- Pipeta para extraer el agua que exuda de la parte superficial de la muestra a analizar.
- Termómetro para medir la temperatura del mortero recién mezclado.

Procedimiento:

- Realizamos la mezcla de concreto con las relaciones de diseño.
- Pasamos la muestra por el tamiz N° 4 (4.75mm).

Fig. 14. Tamizado de la muestra por el tamiz N°4.



Fuente: elaboración propia

- Colocamos el mortero en los recipientes en una sola capa, consolidamos para eliminar las bolsas de aire en las muestras y nivelamos la superficie. Esto se logró golpeando los lados del contenedor con la varilla apisonadora.
- Extraemos el agua de la parte superior del espécimen procedente de la exudación del concreto.
- Sometemos a la muestra a la penetración con las diversas agujas antes mencionadas, el tamaño depende del grado de endurecimiento del mortero y aplicamos la fuerza de manera gradual.

Fig. 15. Penetración de la muestra para determinar el tiempo de fraguado



Fuente: elaboración propia

Nota: se debe de hacer como mínimo seis penetraciones por cada ensayo de tiempo de fraguado. El ensayo se continua hasta obtener una lectura de resistencia a la penetración igual o superior a 27.6 MPa. El ensayo de penetración inicial se realiza después de 3 a 4h del contacto inicial entre el cemento y el agua. Los ensayos posteriores deben realizarse a intervalos de 30 minutos a 1 hora.

Normativa

- *CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración, NTP 339.082, 2017.*
- *Tiempo de fragua del concreto por resistencia a la penetración, ASTM C403, 2016.*

3.6.5. Concreto en estado endurecido

3.6.5.1. Resistencia a la compresión

Según la NTP 339.034, el método implica aplicar una carga de compresión axial a cilindros moldeados hasta que fallen. La resistencia estimada se calcula dividiendo la carga máxima entre el área de la probeta.

Fig. 16. Máquina de compresión axial



Fuente: elaboración propia

Aparatos

- Máquina de ensayo debidamente calibrada

Procedimiento

- Todas las probetas de ensayos para una determinada edad serán ensayadas dentro del tiempo permitido por la tolerancia especificada a continuación:

Tabla XXII. Tolerancias permisibles para el ensayo de resistencia a la compresión

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIAS PERMISIBLES
24h	± 0.5 h o 2.1%
3d	± 2 h o 2.8%
7d	± 6 h o 3.6%
28d	± 20 h o 3%
90d	± 48 h o 2.2%

Fuente: [25]

- Alineamos los ejes del testigo con el centro de la compresora para el ensayo.
- Verificamos que el panel de la máquina marque cero.
- Aplicamos la carga de manera continua y sin detenerlo hasta que se pueda observar un patrón de falla bien definido en la probeta.

Cálculos

- Para calcular la resistencia a la compresión del espécimen cilíndrico, dividimos la carga máxima alcanzada durante la prueba entre el área promedio de la sección.
- Calcular la resistencia a la compresión.

$$R = \frac{P}{A}$$

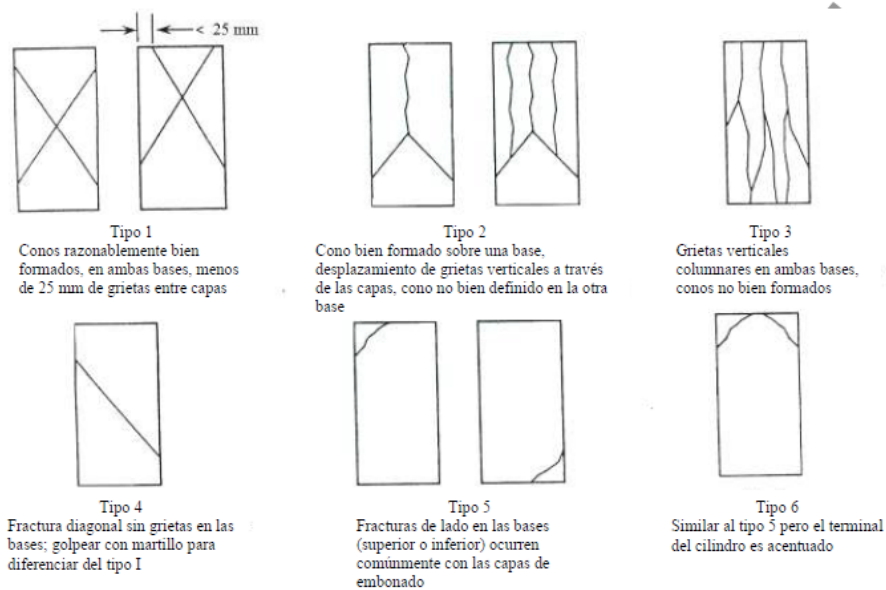
Donde:

R= esfuerzo a la compresión de la probeta expresada en kg/cm² (KPa)

P= Carga máxima aplicada al espécimen expresada en kg (KN)

A= Área de la sección del espécimen expresada en cm² (mm²)

Fig. 17. Patrones típicos de fractura adoptados en la norma ASTM C39



Fuente: [25]

- Cuando sea requerida, calcular la densidad del espécimen con aproximación de 10kg/m^3

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V}$$

Donde:

W= Masa de la probeta, en kilogramos y

V= Volumen de la probeta expresada en m^3 .

- Cuando el volumen del cilindro es determinado del peso sumergido, el volumen se calcula con:

$$\text{Volumen} = \frac{W - W_s}{D_a}$$

Donde:

W_s = Masa aparente del testigo sumergido, kg

D_a = Densidad del agua a $23\text{ }^\circ\text{C} = 997.5\text{ kg/m}^3$.

Normativa

- *Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*, NTP 339.034, 2015.

3.7. Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el llevar a cabo el Análisis de Datos del Proyecto de Investigación, se ha dividido en 5 fases, las cuales se describen a continuación:

FASE I:

- **Búsqueda de la información bibliográfica y antecedentes.**

Se revisó los temas relacionados con la incorporación de arcillas como materiales puzolánicos y posibles efectos sobre el concreto.

- **Revisión de la normativa vigente, NTP y ASTM.**

Las normas establecen ciertas características y procedimientos para la realización de mezclas con adiciones de partículas de residuos cerámicos.

FASE II:

- **Estudio de canteras.**

Para esto, se evaluó 2 canteras, Tres Tomas y La Victoria, siendo la arena de la Victoria y la piedra de Tres tomas las seleccionadas para la realización del diseño de mezcla.

- **Determinación de las propiedades de los agregados.**

Las propiedades de los agregados fueron determinadas en el laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo teniendo como referencia las normas técnicas peruanas correspondientes para la determinación de la humedad, granulometría, peso específico, absorción, pesos unitarios sueltos y compactados.

- **Obtención de los residuos procedentes de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados.**

Se recolectó residuos cerámicos, posteriormente se procedió a la

trituration para luego darle la finura necesaria para la incorporación en las mezclas de concreto.

FASE III:

- **Diseño de mezcla.**

Para la elaboración del diseño de mezclas, se utilizó el método ACI, de esta manera se puede verificar la resistencia de diseño requerida para esta investigación.

- **Elaboración de testigos.**

La elaboración de las probetas de concreto, a las cuales, se les adiciona distintos porcentajes de residuo, los cuales, serán sometidos a ensayos de compresión para poder cuantificar los resultados de cada una de ellas. Se tiene mucho cuidado en su elaboración para evitar fallas y aire atrapado en las muestras. Para ello, se debe de seguir el procedimiento de manera adecuada teniendo en cuenta las recomendaciones dadas en las normas técnicas.

- **Curado de las muestras.**

Las probetas elaboradas fueron curadas en posas durante 7 días como lo indica la norma E-060 del Reglamento Nacional De Edificaciones (RNE). El agua de curado debe de ser potable, limpia, libre de impurezas que puedan modificar deteriorar el concreto.

- **Ensayos de resistencia a la compresión.**

Los especímenes se ensayaron en el laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en donde se sometieron a pruebas de compresión. Se deben de realizar con cuidado, utilizando los implementos de seguridad y siguiendo el procedimiento establecido en las normas técnicas. Los datos obtenidos se anotarán para luego procesarlos.

FASE V:

- **Procesamiento de resultados.**

Los datos obtenidos en las fases anteriores, se procesarán y compararán unos con otros, de esta manera, podemos contrastar la hipótesis planteada en este proyecto.

- **Evaluación del Impacto Ambiental.**

La elaboración del estudio de impacto ambiental (EIA) permitirá identificar y valorar los impactos positivos y negativos de este proyecto. De esta manera, se puede multiplicar los impactos positivos y reducir los negativos.

- **Evaluación económica**

Permitirá determinar el costo del concreto por metro cúbico (m^3) tanto, el convencional como el concreto adicionado. Para ello, se toma en cuenta el costo de producción de la adición luego de un proceso de obtención de tipo industrial.

- **Conclusiones y Recomendaciones.**

Finalmente, teniendo en cuenta todos los datos obtenidos, se presentarán los aspectos más importantes, recomendaciones sobre el uso de la adición, fichas técnicas del producto y ciertas consideraciones a la hora de emplear esta puzolana en la elaboración del concreto.

3.8. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
<p><u>Problema general</u></p> <p>¿En qué medida, la incorporación de cascote cerámico de la empresa Mochica Ladrillos y agregados mejora la resistencia a la compresión del concreto y permite elaborar un concreto mas económico?</p> <p><u>Problema específico:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo elaborar un diseño de mezcla de manera que se obtenga un f_c 210 kg/cm^2? • ¿En qué medida varia la resistencia del concreto adicionado con residuos cerámicos? • ¿Qué porcentaje de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y agregados se le puede adicionar ara permitir un desarrollo normal del concreto sin alterar sus propiedades mecánicas? • ¿En qué medida varia el costo del metro cubico concreto adicionando residuos cerámicos? • ¿Cuál es el impacto sobre el ambiente del reciclaje de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y agregados? 	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Evaluar el aporte mecánico y económico de la elaboración de concreto incorporando partículas de cascote cerámico</p> <p><u>Objetivos específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el diseño de mezcla óptimo para la elaboración de concreto con f_c 210 kg/cm^2 incorporando partículas de cascote cerámico • Analizar la influencia de los residuos cerámicos en la resistencia a la compresión del concreto simple a diferentes edades; • Determinar el porcentaje optimo de partículas de cascote cerámico que permitan el desarrollo normal del concreto sin alterar sus propiedades mecánicas. • Se analizó el costo-beneficio de la elaboración de concreto simple en comparación con un concreto con adición de puzolanas. • Realizar una evaluación de impacto ambiental 	<p><u>Hipótesis general</u></p> <p>La adición de partículas de arcilla obtenidas de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y agregados mejora la resistencia a la compresión del concreto con f_c 210 kg/cm^2</p> <p><u>Hipótesis específica:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Con el diseño de mezcla se obtendrá un f_c 210 kg/cm^2 a los 28 días. • La resistencia a la compresión del concreto con adiciones será menor a edades tempranas con respecto al concreto convencional. • Se puede reemplazar hasta un 15% del cemento en la elaboración de mezcla de manera que no se acelerar el tiempo de fraguado. <p>El costo de un concreto elaborado con partículas de cascote cerámica será ligeramente menor que el concreto convencional.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El reciclaje de los residuos cerámicos de la ladrillera podrá disminuir la cantidad de residuos que terminan en escombreras. 	<p><u>Variables Independientes:</u></p> <p>Residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados.</p> <p>Porcentaje de adición en el concreto.</p> <p><u>Variables Dependientes:</u></p> <p>Trabajabilidad de la mezcla</p> <p>Resistencia a la compresión del concreto</p> <p><u>Variable Interviniente:</u></p> <p>Materiales para el diseño de mezclas</p> <p>Composición química de la adición</p>	<p><u>Tipo de investigación:</u></p> <p>Experimental</p> <p><u>Nivel de la investigación:</u></p> <p>Pre-experimental</p>	<p><u>Población:</u></p> <p>Residuos cerámicos provenientes de Mochica Ladrillos y agregados.</p> <p><u>Muestra:</u></p> <p>Diseños de mezcla con 0, 5, 10 y 15% de residuos, con rotura de probetas a los 7, 28, 56 y 90 días.</p>

3.9. Consideraciones éticas

CONSIDERACIÓN	AUTOR	TÍTULO	DE QUE TRATA	COMENTARIO	CONCLUSIÓN
Tamaño de la partícula	Carlos Ernesto Córdova Sánchez	“Análisis del concreto simple utilizando vidrio pulverizado como adición para concreto de alta resistencia con agregados de la ciudad de Chiclayo”	Esta investigación, se utiliza vidrio pulverizado debido a su alto contenido en sílice que aporta resistencia al concreto. Para ello, se utilizaron partículas que pasan por la malla N° 100, n°200 y menores a 75 micras. De los resultados obtenidos, el concreto elaborado con partículas de vidrio que pasan por el tamiz n° 100 y n° 200, obtienen mejores resultados	La incorporación de partículas que pasan por la malla N° 100 han permitido dar mayor resistencia a la compresión del concreto, esta aumenta ligeramente hasta cierto porcentaje.	Para esta investigación, se tomó en consideración el tamaño de las partículas que pasan la malla N° 200.
	Paulina Viera, Carla Chicaiza	“Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros”	Esta investigación estudia el uso de desechos cerámicos triturados que pasan por la malla n° 200. Con un porcentaje de 10%, se observa una resistencia un poco mayor		
Porcentaje de adición	Guido Chavarry Boy	“Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén”	En esta investigación, se utilizó adiciones de hasta un 15 %, pues la trabajabilidad disminuye de acuerdo al porcentaje de adición, además, establece el porcentaje optimo en un 10%, pues mayor porcentaje reduce significativamente la resistencia al concreto	Así como esta investigación, existen otras más que coinciden en que la trabajabilidad disminuye de acuerdo al aumento de la adición.	Tomando en cuenta los antecedentes, el análisis químico los residuos, y algunas otras tablas de referencia, se estableció que los porcentajes a utilizar en esta investigación serán de 5%, 10% y 15%.
f'c de Diseño	Nieto Aguirre, Heyner Jerson	“Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4 %, 6 % y 8 % por arcilla activada de Yacya – Huari”	En esta investigación, se diseñó un concreto tradicional a la que se le ha asignado una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	En muchas de las estructuras de concreto, la resistencia más utilizada es de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Para esta investigación, se tomó en cuenta la resistencia a la compresión con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente: elaboración propia

IV. Resultados

Para poder realizar el diseño de mezclas, se realizó un estudio de cantera. Para ello, se consideraron dos canteras, la cantera La Victoria y Tres Tomas. Posteriormente, se realizaron los ensayos en laboratorio, esto permitió seleccionar los agregados que posteriormente fueron empleados para el diseño de mezcla.

El agregado fino fue seleccionado de la cantera La Victoria en Pátapo y el agregado grueso de la Chancadora “Bomboncito” de la cantera Mesones Muro en Ferreñafe. El tamaño máximo del agregado grueso es de $\frac{3}{4}$ ” y el módulo de fineza de la arena es de 2.68. Además, el tipo de cemento seleccionado para el diseño de esta investigación es el cemento portland tipo I Pacasmayo debido a que es denominado como un cemento portland normal y de uso general. Este cemento no contiene adiciones, esto lo hace ser el cemento más apropiado para combinar con todo tipo de materiales.

En base a la composición de este se ha tomado el porcentaje de adición de manera que el tiempo de fraguado no se vea afectado.

El residuo de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados cumple con los requisitos establecidos en la norma ASTM C618. El análisis químico del residuo de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L, se llevó a cabo en el laboratorio de materiales cerámicos de la Universidad Nacional de Trujillo. (Ver Tabla XX)

Tabla XXIII. Verificación de los requerimientos químicos de la ASTM C618 con los componentes químicos obtenidos del residuo

COMPONENTES	Requisitos para Clase N	Resultados obtenidos
Dióxido de silicio (SiO ₂) + óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + óxido de hierro (Fe ₂ O ₃), min %	70.00	85.46
Trióxido de azufre (SO ₃), Max. %	4.00	0.43
Contenido de humedad, Max. %	3.00	-
Perdida por calcinación, Max. %	10.00	-

Fuente: [20]

4.1. Ensayos de concreto fresco

4.1.1. Ensayo de Asentamiento

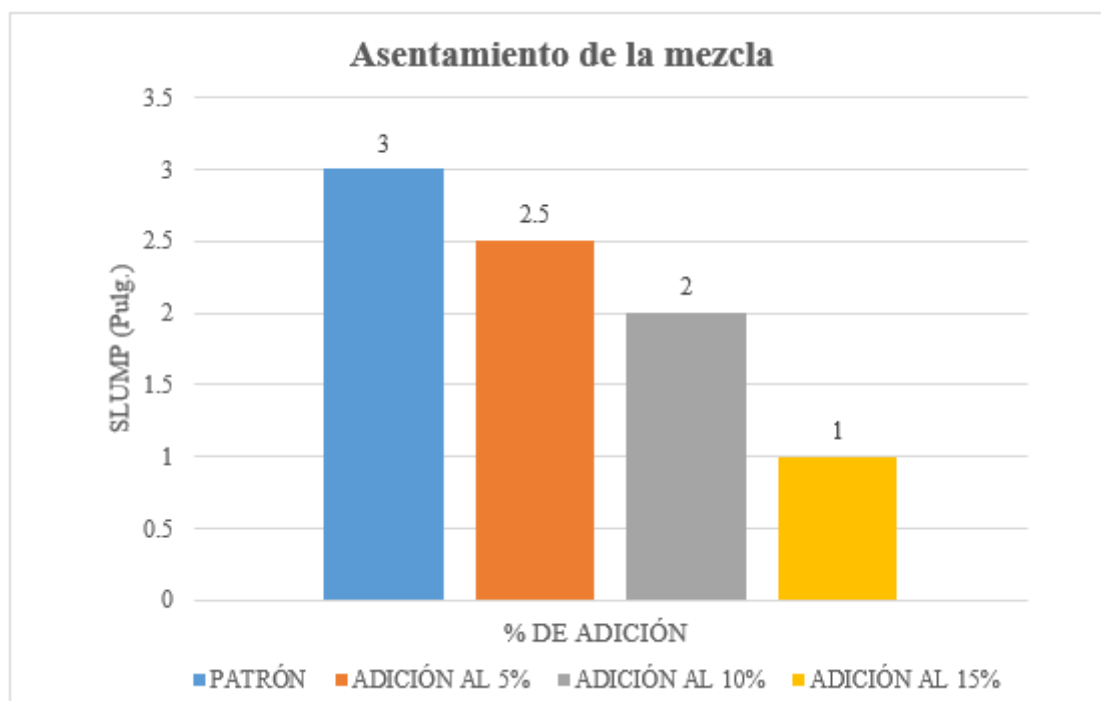
En la siguiente tabla, se puede observar la disminución del asentamiento a medida que el porcentaje de la adición aumenta.

Tabla XXIV. Asentamientos obtenidos de los diseños de mezcla con incorporación de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.

ASENTAMIENTO	
DESCRIPCIÓN	SLUMP (PULG.)
PATRÓN	3"
ADICIÓN AL 5%	2.5"
ADICIÓN AL 10%	2"
ADICIÓN AL 15%	1"

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Variación del asentamiento según porcentajes de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Ensayo de peso unitario

Los ensayos de peso unitario del concreto se hicieron de acuerdo a lo expuesto en la NTP 339.046. Estas pruebas se realizaron para la adición de residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L. En porcentajes de 5%, 10% y 15% en peso del cemento y la muestra de control para el $f'c$ de diseño de 210 kg/cm².

Tabla XXV. Peso unitario del diseño patrón

DISEÑO DE MEZCLA $f'c= 210 \text{ kg/cm}^3$					
Nº	PESO MOLDE + Cº (g)	PESO MOLDE (g)	PESO CONCRETO (g)	VOLUMEN (m ³)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
1	13405	280	13125.0	0.01	2379.30
2	13425	280	13145.0	0.01	2382.92
3	13400	280	13120.0	0.01	2378.39
4	13360	280	13080.0	0.01	2371.14
5	13390	280	13110.0	0.01	2376.58
6	13400	280	13120.0	0.01	2378.39
7	13405	280	13125.0	0.01	2379.30
8	13400	280	13120.0	0.01	2378.39
9	13410	280	13130.0	0.01	2380.20
10	13300	280	13020.0	0.01	2360.26
11	13400	280	13120.0	0.01	2378.39
12	13380	280	13100.0	0.01	2374.77
PROMEDIO				2376.50	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXVI. Peso unitario de concreto con 5% de adición

DISEÑO DE MEZCLA $f'c= 210 \text{ kg/cm}^3$ CON ADICION DEL 5%					
Nº	PESO MOLDE + Cº (g)	PESO MOLDE (g)	PESO CONCRETO (g)	VOLUMEN (m ³)	PESO UNITARIO (kg/m ³)
1	13290	280	13010.00	0.01	2358.45
2	13425	280	13145.00	0.01	2382.92
3	13220	280	12940.00	0.01	2345.76
4	13340	280	13060.00	0.01	2367.51
5	13415	280	13135.00	0.01	2381.11
6	13430	280	13150.00	0.01	2383.83
7	13360	280	13080.00	0.01	2371.14
8	13405	280	13125.00	0.01	2379.30
9	13345	280	13065.00	0.01	2368.42
10	13290	280	13010.00	0.01	2358.45
11	13405	280	13125.00	0.01	2379.30
12	13420	280	13140.00	0.01	2382.02
PROMEDIO				2371.52	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXVII. Peso unitario de concreto con 10% de adición

DISEÑO DE MEZCLA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^3$ CON ADICION DEL 10%					
N°	PESO MOLDE + C° (g)	PESO MOLDE (g)	PESO CONCRETO (g)	VOLUMEN (m³)	PESO UNITARIO (kg/m³)
1	13320	280	13040.00	0.01	2363.89
2	13315	280	13035.00	0.01	2362.98
3	13220	280	12940.00	0.01	2345.76
4	13380	280	13100.00	0.01	2374.77
5	13305	280	13025.00	0.01	2361.17
6	13290	280	13010.00	0.01	2358.45
7	13310	280	13030.00	0.01	2362.08
8	13215	280	12935.00	0.01	2344.85
9	13320	280	13040.00	0.01	2363.89
10	13220	280	12940.00	0.01	2345.76
11	13370	280	13090.00	0.01	2372.95
12	13200	280	12920.00	0.01	2342.13
PROMEDIO				2358.22	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXVIII. Peso unitario de concreto con 15% de adición

DISEÑO DE MEZCLA $f_c = 210 \text{ kg/cm}^3$ CON ADICION DEL 15%					
N°	PESO MOLDE + C° (g)	PESO MOLDE (g)	PESO CONCRETO (g)	VOLUMEN (m³)	PESO UNITARIO (kg/m³)
1	13270	280	12990.00	0.01	2354.82
2	13230	280	12950.00	0.01	2347.57
3	13265	280	12985.00	0.01	2353.92
4	13275	280	12995.00	0.01	2355.73
5	13285	280	13005.00	0.01	2357.54
6	13270	280	12990.00	0.01	2354.82
7	13260	280	12980.00	0.01	2353.01
8	13265	280	12985.00	0.01	2353.92
9	13270	280	12990.00	0.01	2354.82
10	13220	280	12940.00	0.01	2345.76
11	13288	280	13008.00	0.01	2358.09
12	13280	280	13000.00	0.01	2356.64
PROMEDIO				2353.89	

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Tiempo de fraguado por penetración

A medida que se incrementa el porcentaje (%) de adición a la mezcla, el tiempo de fragua inicial como final disminuyen con respecto a la mezcla de control. Para ello, se

llevó a cabo este ensayo para el concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adiciones de 5%, 10% y 15%.

Tabla XXIX. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Mezcla: Patrón

Hora de inicio: 10:20 a.m. **Fraguado inicial:** 375 min

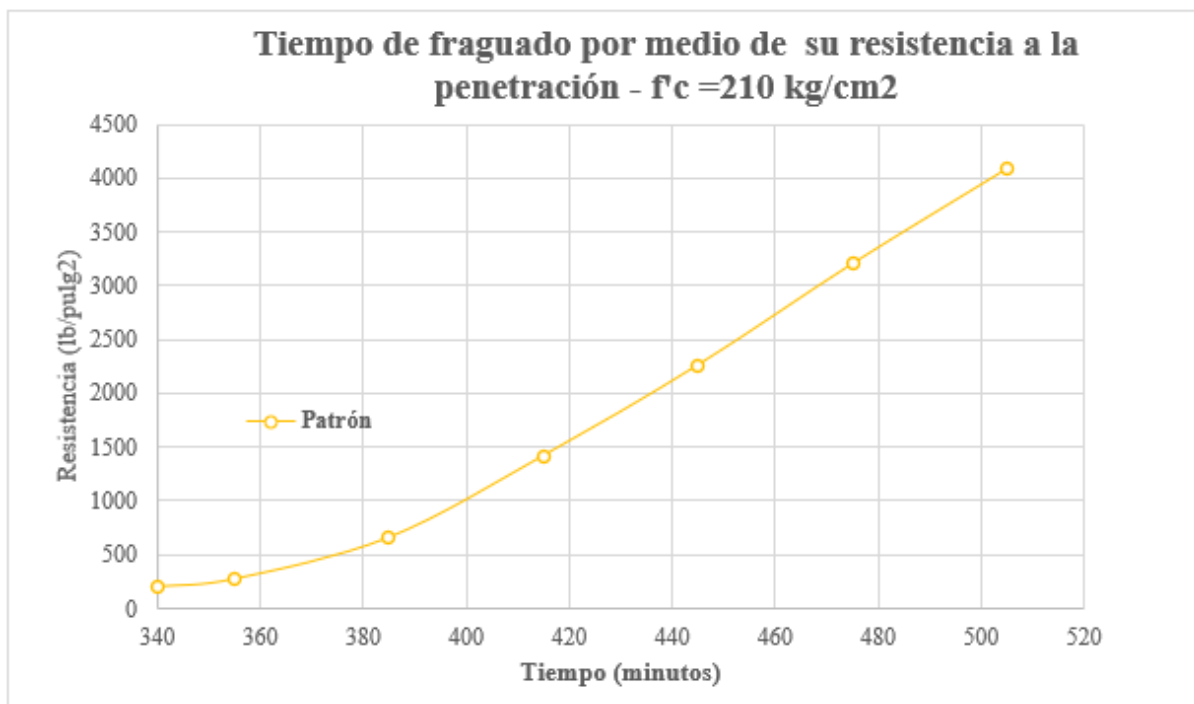
Temperatura ambiente: 23.4 °C **Fraguado Final:** 505 min

Temperatura de la mezcla: 25.4 °C **Tiempo de fraguado:** 130 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
16:00	05:40	340	1	1	200	200
16:15	05:55	355	2	0.5	137	274
16:45	06:25	385	3	0.25	165	660
17:15	06:55	415	4	0.1	142	1420
17:45	07:25	445	5	0.05	113	2260
18:15	07:55	475	6	0.025	80	3200
18:45	08:25	505	6	0.025	102	4080

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Tiempo de fraguado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia

Tabla XXX. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$

Mezcla: Patrón +5%

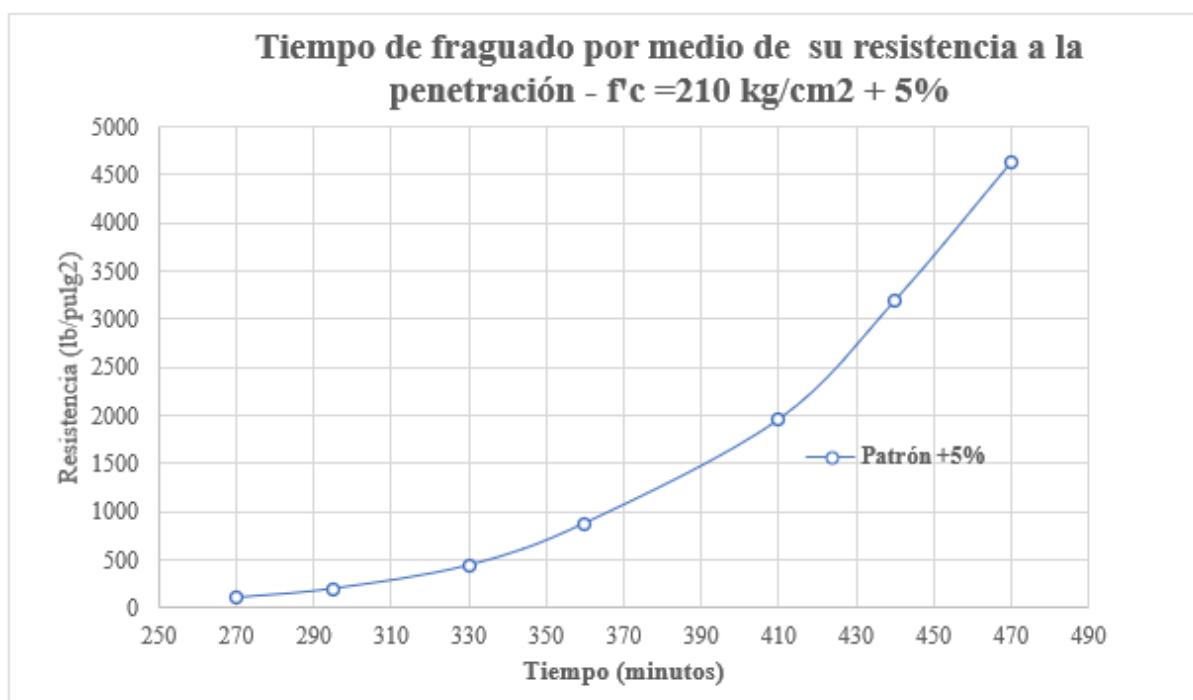
Hora de inicio: 13:30 p.m. Fraguado inicial: 335 min

Temperatura ambiente: 23.5°C Fraguado Final: 455 min

Temperatura de la mezcla: 25.8 °C Tiempo de fraguado: 120 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
18:00	04:30	270	1	1	102	102
18:25	04:55	295	2	0.5	98	196
19:00	05:30	330	3	0.25	110	440
19:30	06:00	360	4	0.1	88	880
20:20	06:50	410	5	0.05	98	1960
20:50	07:20	440	6	0.025	80	3200
21:20	07:50	470	6	0.025	116	4640

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Tiempo de fraguado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ 

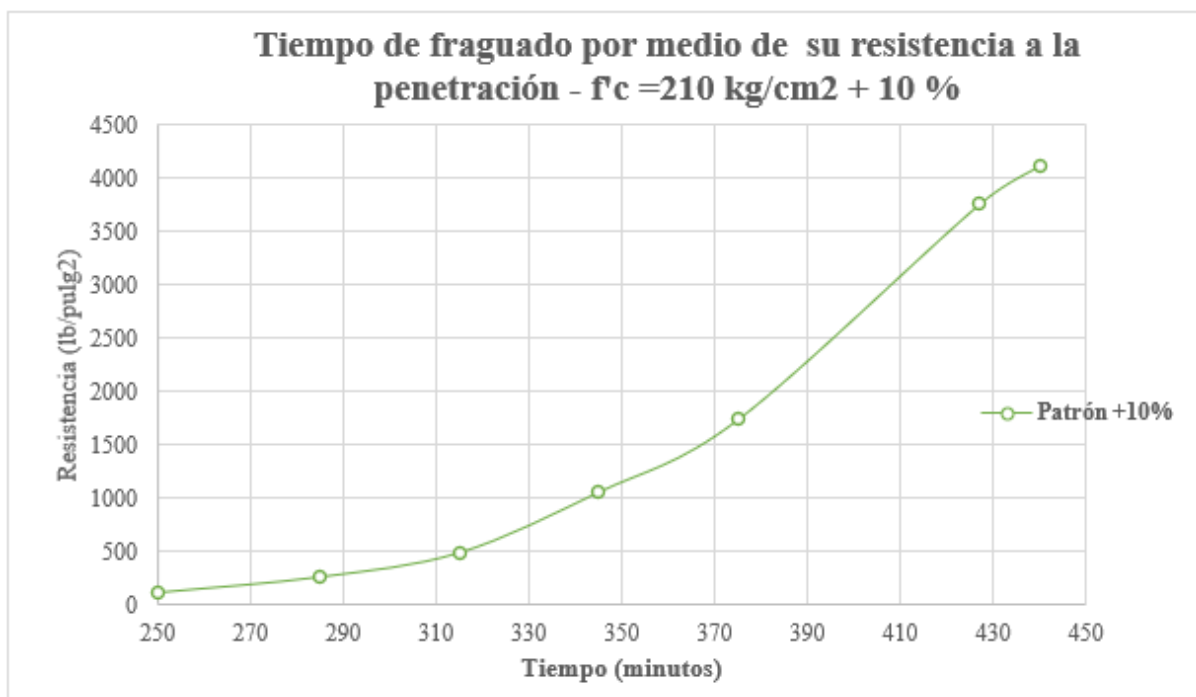
Fuente: Elaboración propia

Tabla XXXI. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$

Mezcla:	Patrón	+10%		
Hora de inicio:	12:30	p.m.	Fraguado inicial:	315 min
Temperatura ambiente:	23.7 °C		Fraguado Final:	435 min
Temperatura de la mezcla:	27 °C		Tiempo de fraguado:	120 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
16:40	04:10	250	1	1	117	117
17:15	04:45	285	2	0.5	132	264
17:45	05:15	315	3	0.25	123	492
18:15	05:45	345	4	0.1	106	1060
18:45	06:15	375	5	0.05	87	1740
19:37	07:07	427	6	0.025	94	3760
19:50	07:20	440	6	0.025	103	4120

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Tiempo de fraguado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ 

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXXII. Tiempo de fraguado del concreto por penetración de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$

Mezcla: Patrón +15%

Hora de inicio: 11:42 a.m.

Temperatura ambiente: 23.9 °C

Temperatura de la mezcla: 28.4° C

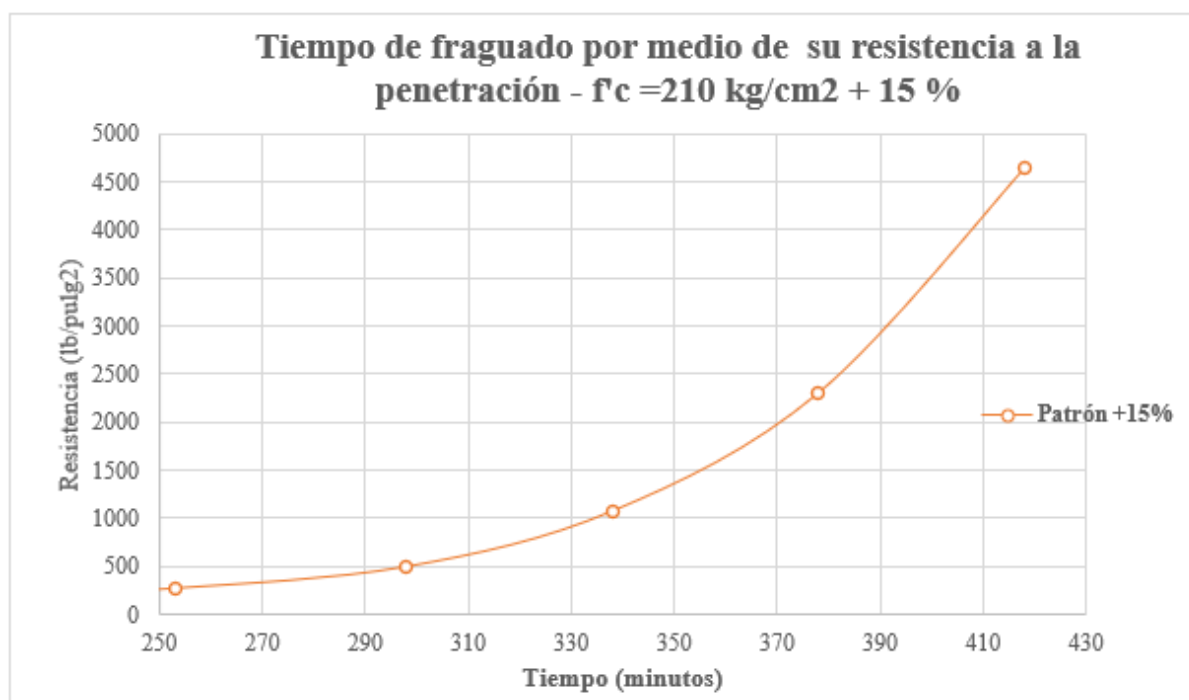
Fraguado inicial: 300 min

Fraguado Final: 395 min

Tiempo de fraguado: 95 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
15:20	03:38	218	1	1	180	180
15:55	04:13	253	2	0.5	133	266
16:40	04:58	298	3	0.25	123	492
17:20	05:38	338	4	0.1	107	1070
18:00	06:18	378	5	0.05	115	2300
18:40	06:58	418	6	0.025	116	4640

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. Tiempo de fraguado $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ 

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Contenido de Aire

El ensayo se determinó de acuerdo con la norma ASTM C 231. El medidor utilizado es el Tipo B. se realizó para el concreto patrón o muestra de control y con adiciones de residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.

Tabla XXXIII. Contenido de aire del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - 0%, 5%, 10% y 15%

MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE TEÓRICO (%)	CONTENIDO DE AIRE IN SITU (%)
PATRÓN	2.00%	1.40%
ADICIÓN AL 5%	2.00%	1.40%
ADICIÓN AL 10%	2.00%	1.35%
ADICIÓN AL 15%	2.00%	1.35%

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Exudación

La exudación del concreto se determinó de acuerdo a la NTP 339.080, de la misma forma que con el contenido de aire, se determinó la exudación del concreto con adiciones en porcentajes de 5%, 10% y 15% en peso del contenido total del cemento.

Tabla XXXIV. Tiempo de fraguado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ - 0 %, 5%, 10% y 15%.

EXUDACION ACUMULADA (ml)	PATRÓN	ADICIÓN AL 5%	ADICIÓN AL 10%	ADICIÓN AL 15%
10 min	0	0	0	0.5
20 min	0.5	1	1	1
30 min	3	3	4	4
40 min	4	4	4.5	4.5
70 min	5.5	6	6	6.5
100 min	6	6.5	6.5	7
Agua total (ml)	6	6.5	6.5	7
Vol. De agua del molde (m)	610	610	610	610
Exudación (%)	0.98%	1.07%	1.07%	1.15%

Fuente: Elaboración propia

4.2. Ensayos de concreto endurecido

4.2.1. Resistencia a la compresión

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos a la resistencia a la compresión para el diseño de mezclas patrón y para las adiciones de 5%, 10% y 15%.

Tabla XXXV. Resistencia a la compresión de la mezcla patrón.

Mezcla	Fecha		Edad (días)	Ø (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)	Cargas			Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kgf	kg/cm ²	Porcentaje	kg/cm ²	%
Patrón	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	26923.00	148.37	70.65%	152.55	72.64%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	28663.00	157.96	75.22%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	27457.80	151.32	72.06%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	37627.00	207.36	98.74%	208.29	99.18%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	37080.00	204.34	97.31%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	38680.00	213.16	101.51%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	40190.00	221.48	105.47%	228.70	108.91%
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	43420.00	239.28	113.94%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	40890.00	225.34	107.31%		
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	41290.00	227.55	108.35%	237.92	113.30%
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	44820.00	247.00	117.62%		
18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	43410.00	239.23	113.92%			

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXXVI. Resistencia a la compresión del concreto con adición del 5%

Mezcla	Fecha		Edad (días)	Ø (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)	Cargas			Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kgf	kg/cm ²	Porcentaje	kg/cm ²	%
5% de adición	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	23489.90	129.45	61.64%	126.13	60.06%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	23197.10	127.84	60.87%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	21976.00	121.11	57.67%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	35320.00	194.65	92.69%	189.81	90.38%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	32620.00	179.77	85.60%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	35386.00	195.01	92.86%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	39180.00	215.92	102.82%	222.34	105.88%
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	40620.00	223.85	106.60%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	41236.00	227.25	108.21%		
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	45110.00	248.60	118.38%	248.34	118.26%
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	44979.00	247.88	118.04%		
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	45100.00	248.54	118.35%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXXVII. Resistencia a la compresión del concreto con adición del 10%

Mezcla	Fecha		Edad (días)	Ø (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)	Cargas			Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kgf	kg/cm ²	Porcentaje	kg/cm ²	%
10% de adición	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	21197.10	116.82	55.63%	107.87	51.37%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	18927.40	104.31	49.67%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	18597.60	102.49	48.80%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	32300.00	178.00	84.76%	173.36	82.55%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	29451.50	162.30	77.29%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	32620.00	179.77	85.60%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	35370.00	194.92	92.82%	191.76	91.31%
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	34280.00	188.91	89.96%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	34740.00	191.45	91.17%		
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	37080.00	204.34	97.31%	210.02	100.01%
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	38060.00	209.75	99.88%		
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	39190.00	215.97	102.84%		

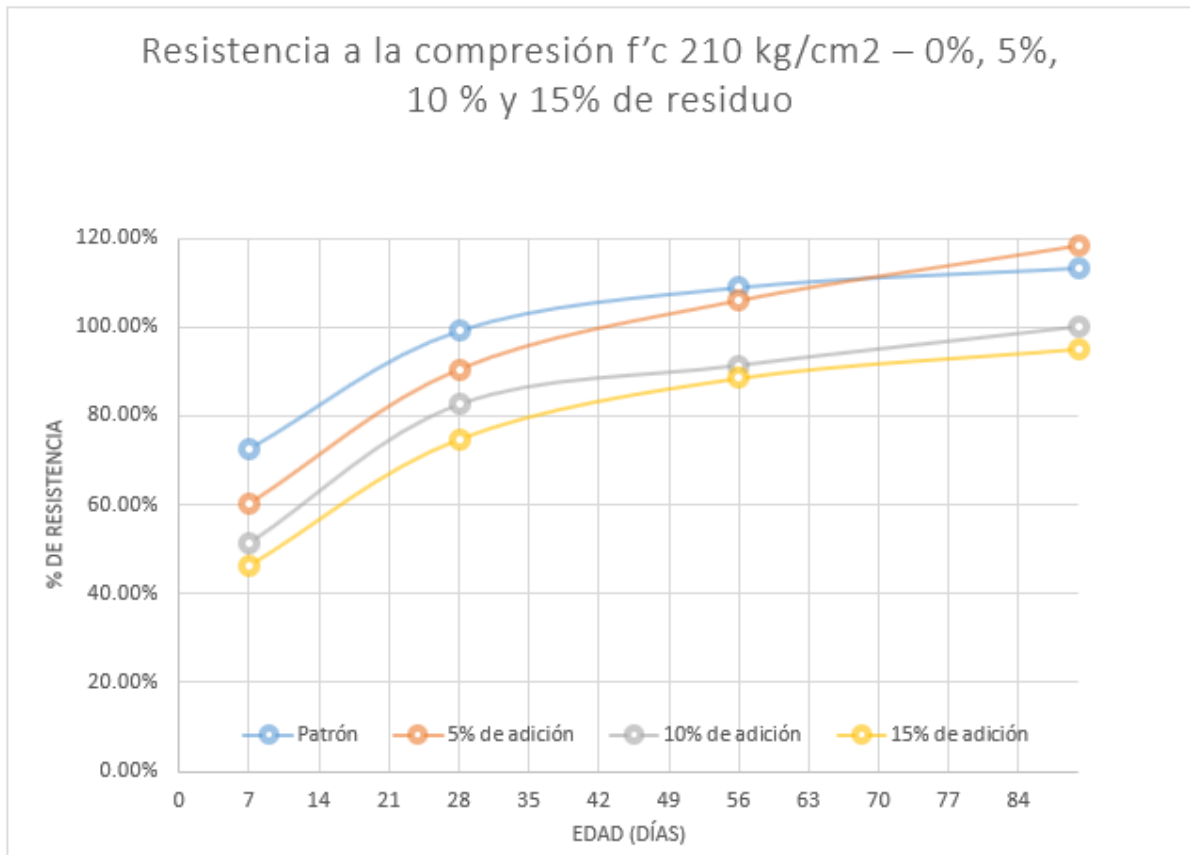
Fuente: Elaboración propia

Tabla XXXVIII. Resistencia a la compresión del concreto con adición del 15%

Mezcla	Fecha		Edad (días)	Ø (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)	Cargas			Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kgf	kg/cm ²	Porcentaje	kg/cm ²	%
15% de adición	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	16934.20	93.32	44.44%	97.28	46.32%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	17605.20	97.02	46.20%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	18415.20	101.48	48.33%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	29451.50	162.30	77.29%	157.03	74.77%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	27840.00	153.42	73.06%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	28190.00	155.35	73.98%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	32840.00	180.98	86.18%	185.81	88.48%
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	33570.00	185.00	88.10%		
	18/05/2019	13/07/2019	56	15.2	181.46	30.4	34740.00	191.45	91.17%		
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	35500.00	195.64	93.16%	199.62	95.06%
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	35760.00	197.07	93.84%		
	18/05/2019	22/08/2019	90	15.2	181.46	30.4	37410.00	206.16	98.17%		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Resultados de la resistencia a la compresión f'_c 210 kg/cm² – 0%, 5%, 10 % y 15% de residuo de Empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L.



Fuente: Elaboración propia

V. Discusión

5.1. Trabajos preliminares

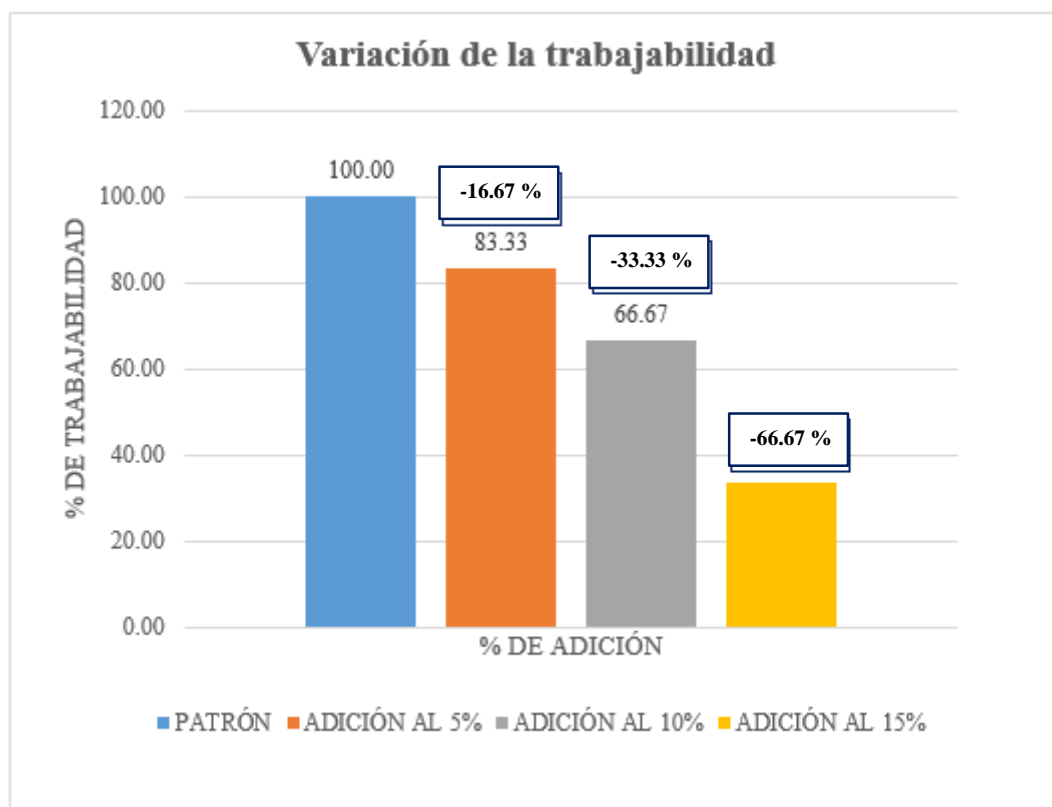
Para poder elaborar un buen diseño de mezcla para un $f'c$ 210 kg/cm², se realizaron ensayos que permitieron determinar las propiedades de los agregados que cumplen con las normativas técnicas. Posteriormente, se elaboró un concreto patrón con la finalidad de obtener la resistencia deseada. Se hicieron ajustes de agua para obtener el asentamiento deseado. Posteriormente, se elaboraron las probetas con las adiciones de 5%, 10% y 15% en función al peso del cemento para un asentamiento de 3”.

5.2. Concreto con adiciones

5.2.1. Trabajabilidad

Al evaluar la trabajabilidad con el cono de Abrams, se contempló que mientras aumenta el porcentaje de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados, disminuye notablemente la trabajabilidad del concreto fresco. Esto reafirma lo obtenido en [3] y [4], las adiciones minerales en el concreto han hecho que el concreto pierda trabajabilidad, cuanto mayor sea el porcentaje que se incorpora, la trabajabilidad va a disminuir, esto ocasiona problemas en la colocación del concreto en obra, y para solucionar este problema se hace uso de aditivos. Sin embargo, los aditivos aumentan el costo de la elaboración del concreto y contaminan del medio ambiente.

Gráfico 9. Variación de la trabajabilidad de acuerdo a los porcentajes de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L



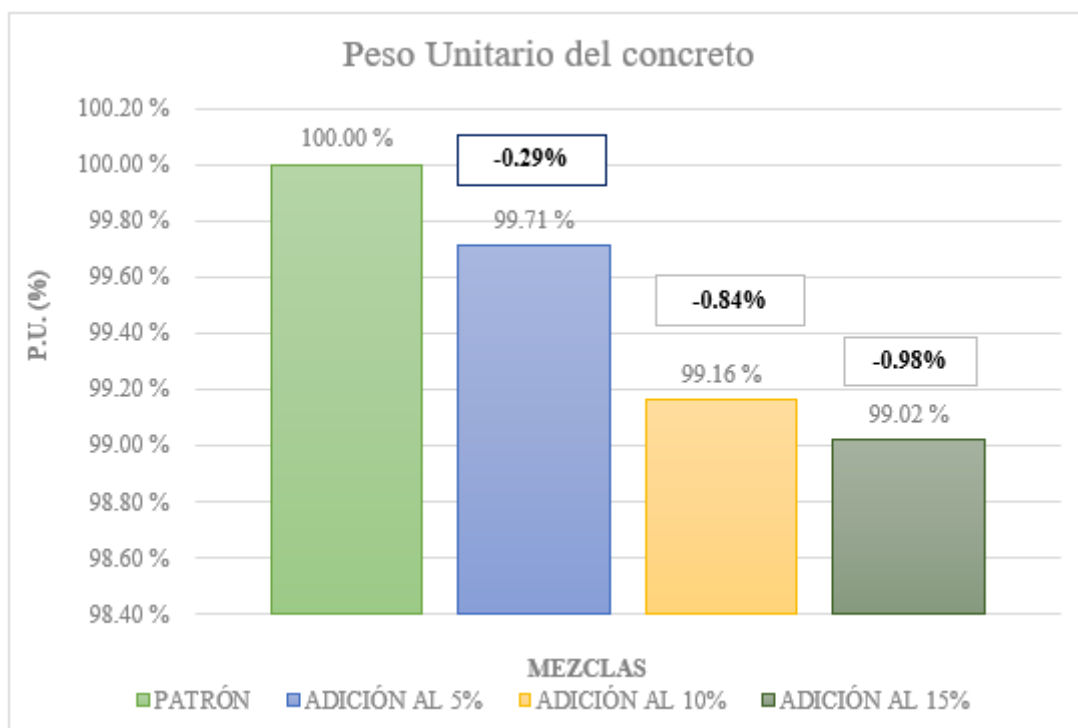
Fuente: Elaboración propia

El gráfico 9, se tiene la variación en porcentaje de la trabajabilidad de los distintos tipos de mezclas, tanto la muestra patrón como las muestras con adiciones. Cuando se le adiciona un 5% de residuos cerámicos, el slump baja en un 16.33% con respecto a la muestra de prueba con Slump de 3". El concreto con 10% de adición permite obtener un Slump de 2", esto en relación con el slump de diseño de 3" representa una reducción de la trabajabilidad en un 33.33%. De acuerdo con la tabla XXIV, el asentamiento varía de 3" a 1" cuando se le adiciona un 15% de residuos cerámicos, esto representa una reducción de 66.67%. Por tanto, no se recomienda el uso de residuos cerámicos en porcentajes mayores al 15 % a menos que se tome medidas como las de incluir aditivos plastificantes para darle más trabajabilidad a la mezcla.

5.2.2. Peso unitario

Al reemplazar el cemento con residuos de Mochica Ladrillos y Agregados, la gravedad específica del hormigón puede reducirse ligeramente, principalmente debido a la gravedad específica añadida. El peso específico del cemento Tipo I es de 3150 kg / m³, mientras que el peso específico de la adición es de 2730 kg / m³.

Gráfico 10. Variación del peso unitario del concreto $f'_c=210$ kg/cm²



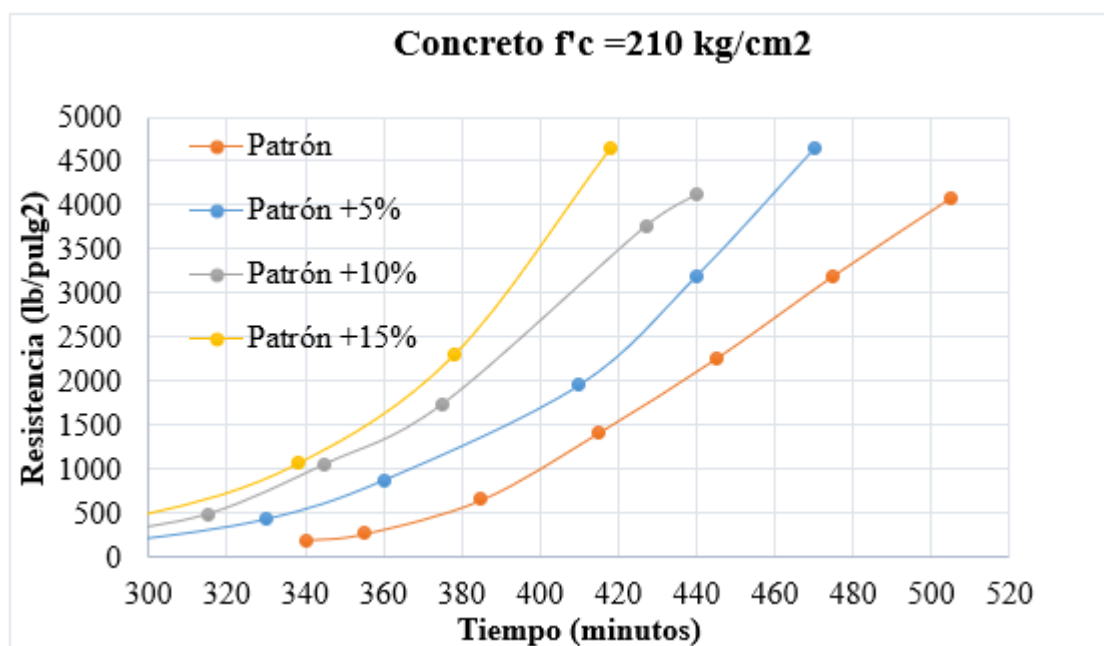
Del gráfico N°10 se obtiene procesando los datos de las tablas XXV-XXVIII. Se observa que, mientras aumenta el porcentaje de adición a la mezcla, el peso unitario del concreto disminuye. En el caso del concreto con adiciones de 5% de residuos cerámicos, el peso unitario disminuye en 0.29%. Al adicionar un 10%, el peso unitario disminuye en 0.84% respecto a la muestra patrón. Asimismo, si se le adiciona un 15%, el peso unitario disminuye en un 0.98%.

5.2.3. Tiempo de fraguado

El fraguado del concreto presenta dos fases, fraguado inicial y fraguado final. Sin embargo, estas fases no se pueden diferenciar de manera que podamos determinar con precisión cuando termina el fraguado inicial y comienza el fraguado final. Por

eso, cuando se utiliza el método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración establecida en la NTP 339.082 establece 2 valores que de manera arbitraria permite diferenciar entre las dos fases de fraguado del concreto. Estos son 500 klb/pulg² para el fraguado inicial y 4000 Klb/pulg² para el fraguado final.

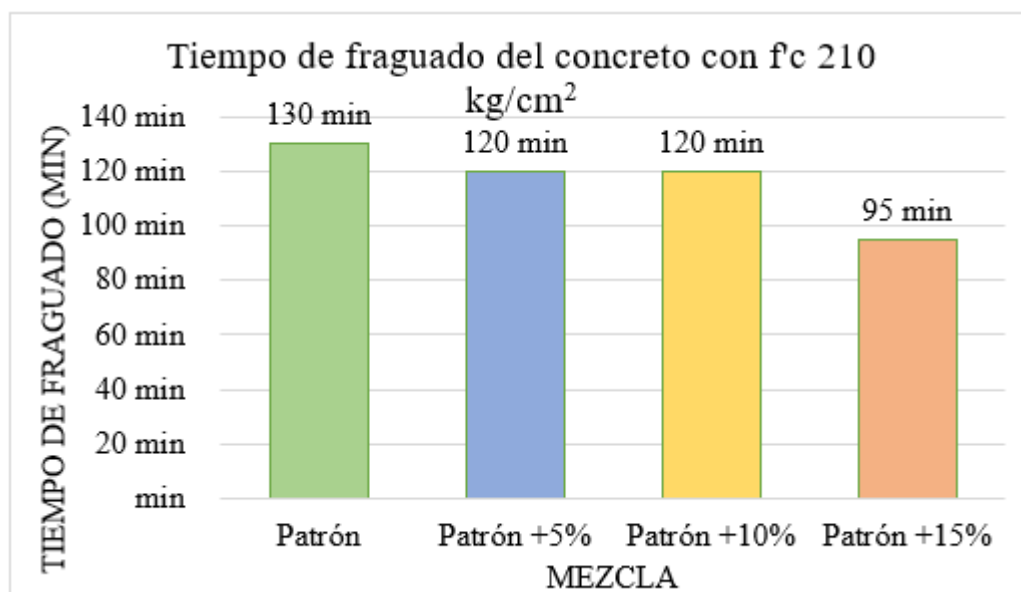
Gráfico 11. Tiempo de fraguado por medio de su resistencia a la penetración.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico N°11, se puede observar el tiempo de fraguado de las distintas mezclas. A medida que el porcentaje de adición aumenta, el concreto fragua en menor tiempo. Esto también está relacionado con la trabajabilidad, cuando el concreto tiene una consistencia más seca, el tiempo requerido para que este empiece a ganar resistencia es menor.

Gráfico 12. Variación del tiempo de fraguado de las muestras patrón, con 5%, 10% y 15% de adición

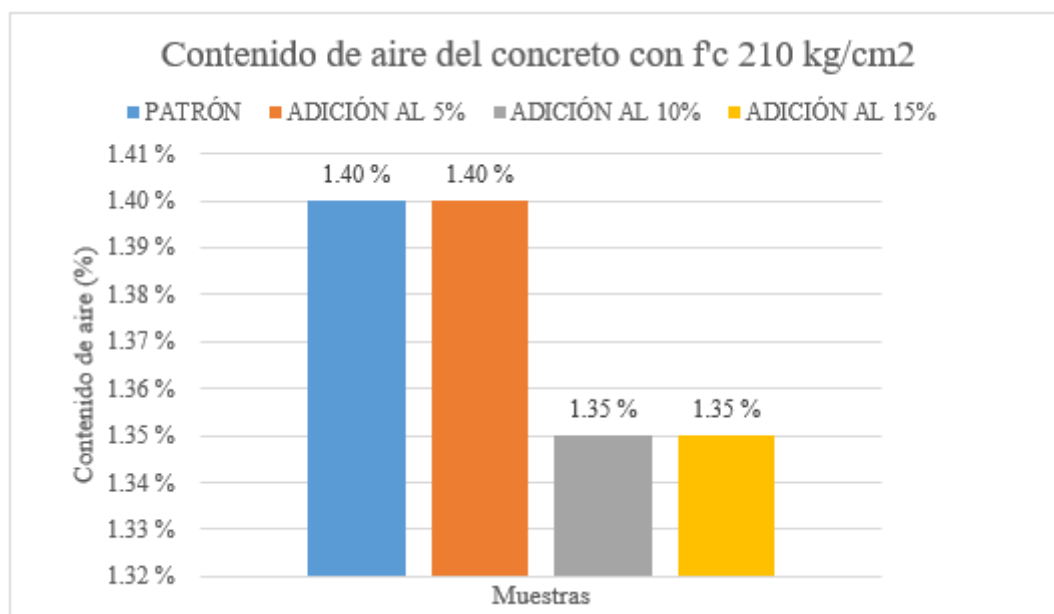


Como se observa en el Gráfico N° 12, el tiempo de fraguado que es la diferencia entre el tiempo de fraguado final y el tiempo de fraguado inicial.

El tiempo de fraguado de la mezcla patrón es de 130 minutos. Cuando se utiliza una dosificación de 5% y 10%, el tiempo de fraguado disminuye en 7.3%, asimismo, cuando se adiciona 15 % de adición, el tiempo disminuye 35 minutos lo que representa una reducción de 26.9% con respecto a la mezcla patrón. Con esto, se reafirma lo encontrado en [4], en donde, cuando más se acrecienta el porcentaje de adición, el tiempo de fraguado tiende a disminuir.

5.2.4. Contenido de aire

Gráfico 13. Contenido de aire in situ de los diferentes tipos mezclas

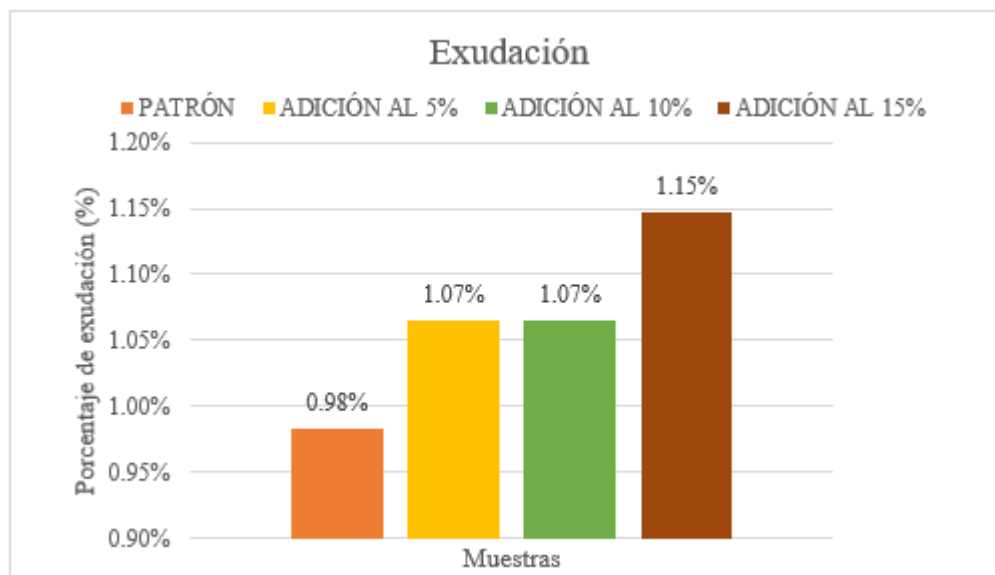


Fuente: Elaboración propia

Del gráfico N° 12, se puede observar que el contenido de aire in situ para la muestra patrón dio como resultado 1.4%. Con las muestras con adiciones de 5% el contenido de aire no varía con respecto a la muestra patrón. En cambio, los concretos con 10% y 15% disminuyen de un 1.4% a 1.35% en su contenido de aire, esto representa un ligero cambio.

5.2.5. Exudación del concreto

Gráfico 14. Exudación de los diseños de mezcla de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con 0%, 5%, 10% y 15% de adición.



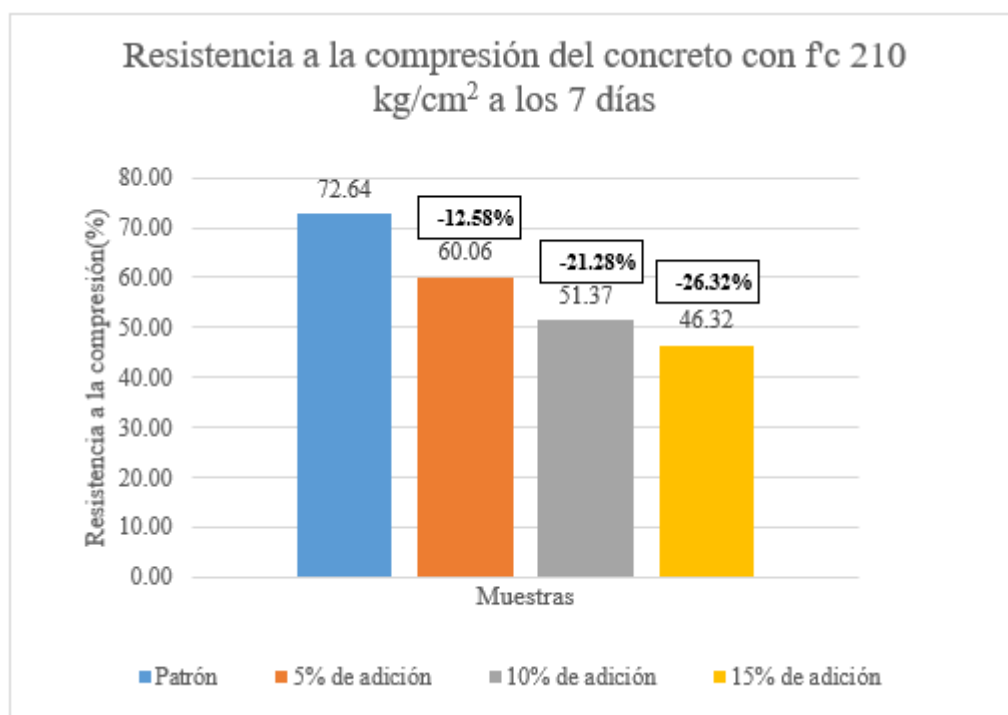
Fuente: Elaboración propia

El Gráfico N° 13 se obtiene procesando los datos de la tabla XXXIV. Se observa que, al aumentar las adiciones, la exudación del concreto aumenta en 0.09% con la adición de 5%, lo mismo sucede con 10%. Sin embargo, con la adición de 15%, la exudación aumenta en un 0.17% con respecto a la muestra patrón. Este aumento puede ser atribuido a que el reemplazo de cemento por residuos cerámicos se traduce en la incorporación de material más grueso.

5.2.6. Resistencia a la compresión

De la tabla XXXV, se observó que la Resistencia a la compresión del concreto con diferentes porcentajes de residuos a los 7 es menor en relación a la muestra patrón. Según [3] las resistencias iniciales de concretos adicionados con puzolanas de tipo N, clasificación según la ASTM C 618, son menores a las obtenidas con una muestra de control. Esto lo podemos observar en el siguiente gráfico:

Gráfico 15. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 7 días.



Fuente: Elaboración propia

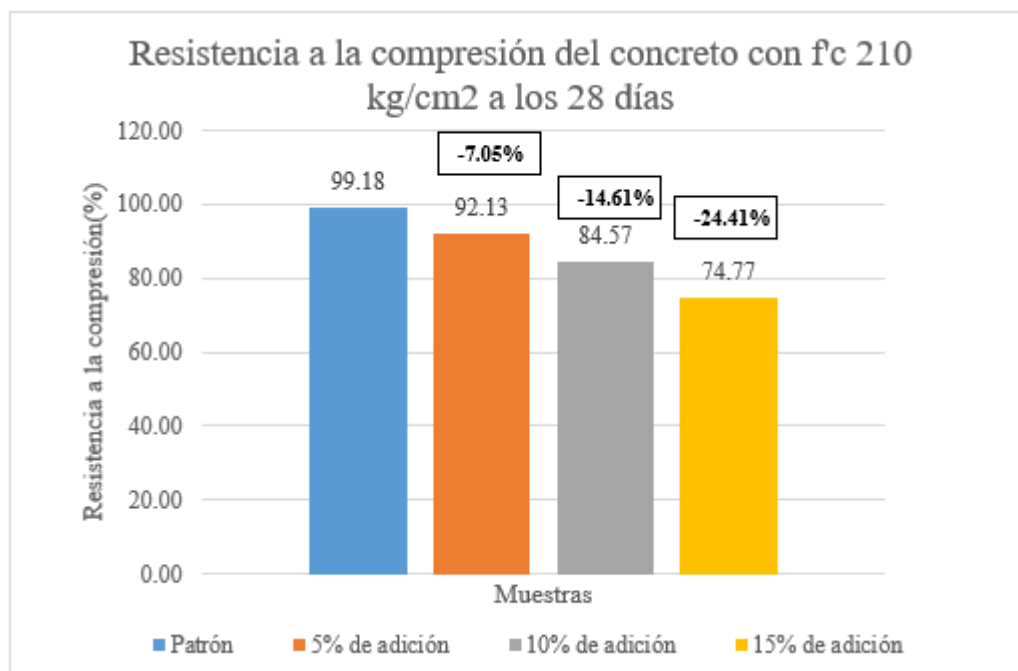
Del gráfico N° 14, se aprecia que la muestra patrón llega al 72.62% de la resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm².

Al adicionarle el 5% de residuos cerámicos, la resistencia disminuye y se obtiene el 60.06% de la resistencia de diseño, esto representa 12.58% menos que la muestra patrón.

Al adicionarle el 10% de residuos cerámicos, la resistencia disminuye hasta el 51.37% de la resistencia de diseño, esto representa 21.28 % menos que la muestra patrón.

Al adicionarle el 15% de residuos cerámicos, la resistencia disminuye hasta un 46.32%, esto representa 26.32% menos que la muestra patrón.

Gráfico 16. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

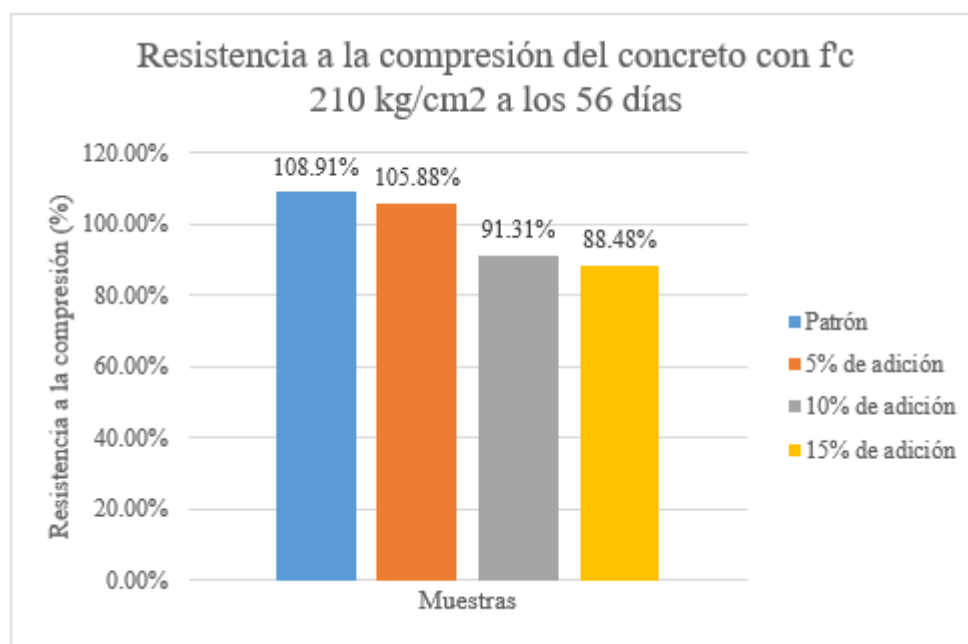
Las resistencias a los 28 días aún permanecen bajas en relación a la muestra patrón, se espera que las diferencias disminuyan cuando el concreto tenga mucha más edad. Del gráfico N° 15, se puede observar que la muestra patrón llega al 99.18% de la resistencia de diseño de f'c 210 kg/cm2.

Al adicionarle el 5% de adición, la resistencia disminuye y se obtiene el 92.13% de la resistencia de diseño, esto representa 7.05% menos que la muestra patrón.

Al adicionarle el 10% de adición, la resistencia disminuye hasta el 84.57% de la resistencia de diseño, esto representa 14.61% por debajo de la muestra patrón.

Al adicionarle el 15% de adición, la resistencia disminuye hasta un 74.77%, esto representa 24.41% por debajo de la muestra patrón.

Gráfico 17. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 56 días.

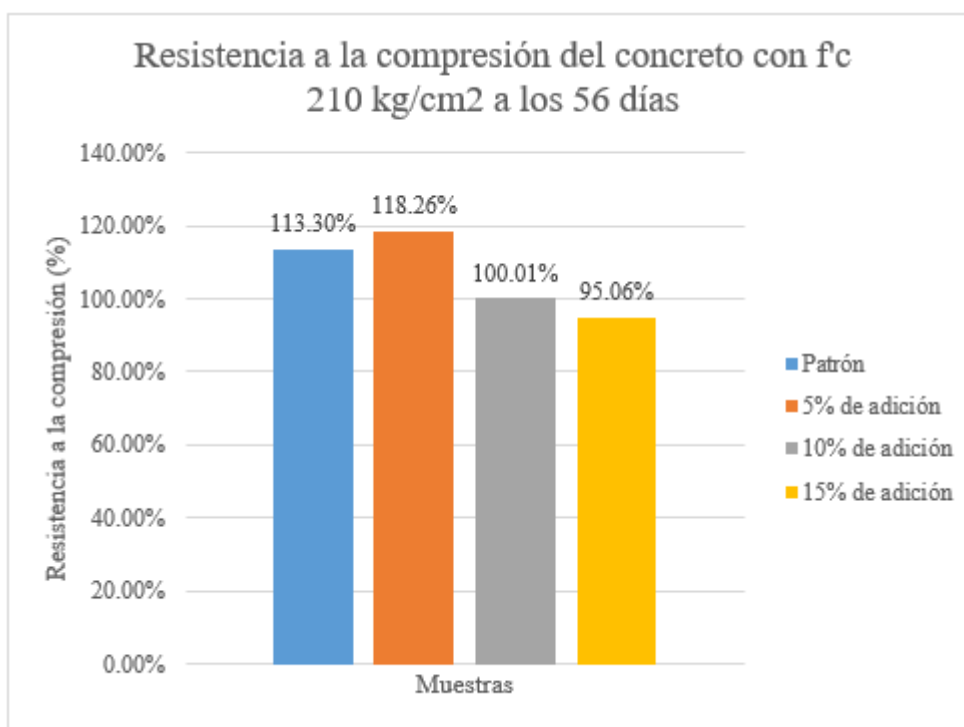


A los 56 días se contempló que el concreto con la adición de 5 % está por encima del 100%. Del gráfico N° 16, se puede observar que la muestra patrón llega al 108.91% de la resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm². Al adicionarle el 5% de residuos cerámicos, la resistencia que se obtiene es de 105.88% de la resistencia de diseño, esto representa 5.88% por encima de la resistencia de diseño.

Al adicionarle el 10% de adición, la resistencia solo ha alcanzado el 91.31% de la resistencia de diseño, esto representa 8.69 % menos.

Al adicionarle el 15% de residuos, la resistencia llega a 88.48% de la resistencia de diseño, esto representa 11.52% menos que la resistencia esperada.

Gráfico 18. Comparación de la resistencia a la compresión del concreto patrón y el concreto con adiciones de 5%, 10% y 15 % a los 90 días.



La resistencia a los 90 días, el concreto con adición del 5% de residuos de ladrillos superó a la mezcla patrón. Del gráfico N° 17, se puede observar que la muestra patrón llega al 113.30% de la resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm².

Al adicionarle el 5% de adición, la resistencia que se obtiene es de 118.26% de la resistencia de diseño, esto representa 18.26% por encima de la resistencia de diseño.

Al adicionarle el 10% de adición, la resistencia solo ha alcanzado el 100% de la resistencia de diseño

Al adicionarle el 15% de adición, la resistencia llega a 95.06% de la resistencia de diseño, esto representa 4.94% menos que la resistencia esperada.

VI. Conclusiones

El diseño patrón llega al 99.18% de la resistencia de diseño de diseño, en el cual, se utilizó método ACI, este diseño fue la base para los demás diseños con adiciones de 5%, 10% y 15%. Además, para llevar a cabo este diseño, se utilizó agregado fino proveniente de la cantera La Victoria en Pátapo, el agregado grueso fue obtenido de la Chancadora Bomboncito ubicada en Tres Tomas y el cemento utilizado fue tipo I Pacasmayo debido a que no posee características especiales y es uso general.

Al evaluar la resistencia a la compresión del concreto patrón y los concretos con adiciones, se observa que, a los 7 días, las resistencias son menores en relación a la muestra de control. Con el paso del tiempo, las mezclas de concreto con adiciones empezaron a desarrollar mayor resistencia. A los 28 días, la mezcla con 5% de adición se encuentra a 7.05% por debajo de la mezcla patrón. Sin embargo, a los 56 días, el concreto con adición del 5% da mejores resultados. A los 90 días, se observa que el concreto con la adición de 5 % superó la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.

De acuerdo a la composición química de la adición, se puede utilizar hasta un 15%, para que no se obtenga un concreto de fraguado rápido. Sin embargo, cuando se sometió a ensayos de resistencia a la compresión, se llegó a la conclusión que el concreto elaborado con el 5% de la adición es un porcentaje óptimo para mejorar la resistencia a la compresión, porcentajes mayores tienen a reducir la resistencia a la compresión. Alcanza un aumento de 18.26% con respecto a la resistencia de diseño a los 90 días.

El peso unitario del concreto con adiciones, es menor al concreto patrón, esto se debe principalmente por el peso específico de la adición. La adición de puzolanas en el concreto hace que varíe la trabajabilidad de la mezcla. Se ha observado que cuando se utiliza un porcentaje de 5%, la trabajabilidad disminuye en un 16.67% con respecto al slump de diseño. Esto origina un concreto con una consistencia ligeramente más seca.

El tiempo de fraguado del concreto patrón de acuerdo con el Método de ensayo por medio de la resistencia a la penetración es de 130 minutos. El tiempo de fraguado del concreto con adición del 5% varía en 7.7% con respecto a la mezcla patrón. El tiempo de fraguado es un valor referencial, debido a que las fases de fraguado del concreto son difíciles de diferenciar, es decir, no podemos determinar cuándo termina el fraguado inicial y cuando empieza el fraguado final

De la evaluación económica, después de hacer una valoración del costo de producción de los residuos de empresa Mochica Ladrillos y Agregados, se puede concluir que el precio de la adición es de aproximadamente s/ 0.40 por cada kilogramo de adición, además se realizó un análisis de costos unitarios que permitió determinar que, el costo de elaborar concreto con adiciones, es ligeramente menor. Elaborar un metro cúbico de concreto sin adiciones es de S/302.1 y del concreto con adiciones del 5%, el costo es de S/301.19, esto representa un ahorro de S/0.91.

De la evaluación de impacto ambiental, desarrollado con la Matriz de Leopold se pudieron identificar que el aspecto más impactado es el aire, esto se debe a las partículas de residuo presentes en el aire que se produce durante las etapas de molienda de los residuos de la empresa Mochica Ladrillos y agregados. Asimismo, los niveles sonoros también afectan de manera negativa al entorno.

VII. Recomendaciones

Se recomienda que los agregados a utilizar en el diseño de mezcla deben provenir de un mismo lote, las características pueden variar, esto distorsionaría las proporciones de nuestro diseño de mezclas y podría invalidar nuestra investigación.

De acuerdo con algunos antecedentes, la durabilidad del concreto con adiciones tiende a aumentar, por ello, se recomienda llevar a cabo futuras investigaciones que determinen si la durabilidad del concreto aumenta con la adición de polvo de ladrillo.

Para realizar todo el proceso de extracción de la adición, se debe de utilizar implementos de seguridad y seguir las instrucciones indicadas en la ficha técnica. Debido a que esta sustancia tiene partículas de sílice, el cual, puede causar enfermedades respiratorias crónicas.

AL momento de incorporar la adición a la mezcla, se debe de tener mucho cuidado puesto que el polvo es demasiado fino y volátil a la hora de mezclarlo. Por tanto, se deben de utilizar implementos de seguridad para la manipulación de la puzolana.

Se recomienda evitar el curado químico del concreto, el agua de curado permitirá la mejor hidratación del cemento, por tanto, se recomienda prolongar el tiempo de curado del concreto. El curado tiene una gran influencia en las propiedades del concreto endurecido.

El efecto del medio de curado sobre la hidratación del cemento con adiciones requiere de mayor investigación. Además, se recomienda analizar la degradación del concreto por análisis químico, por sulfatos, cloruros y carbonatación y establecer cómo afecta químicamente el concreto.

El reciclaje, en el sector de la construcción, es bastante atractivo desde el punto de vista ambiental. Por esto, se recomienda seguir fomentando las investigaciones que permitan reducir el volumen de residuos.

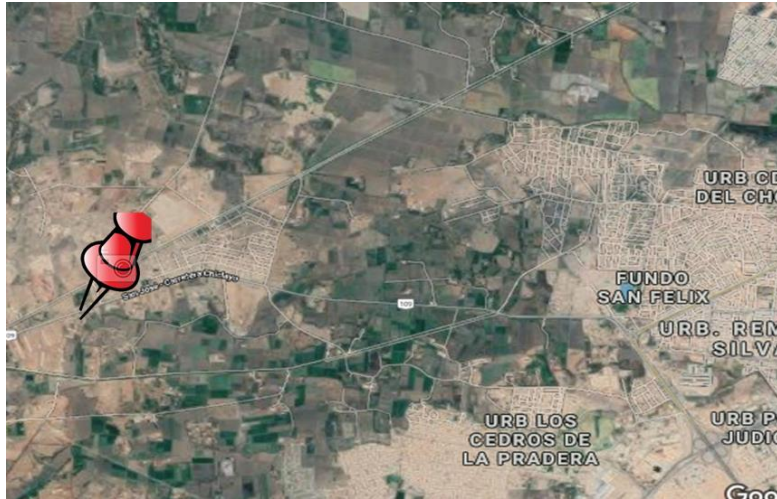
VIII. Lista de referencias

- [1] Ministerio de vivienda construcción y saneamiento, “*Diagnostico Residuos Sólidos de la construcción en el Perú*”- 2008.
- [2] F. Lencinas Valeriano y B. Incahuanaco Callata, “*Evaluación de mezclas de concreto con adiciones de ceniza de paja de trigo como sustituto en porcentaje del cemento portland puzolánico IP en la Zona Altiplánica*”, tesis de Pregrado, Univ. Nac. del Altiplano, Puno, Perú, 2017.
- [3] K. Beltrán Taípe, Karen Jennifer, “*Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (CCA), fly ash y puzolana natural*”, tesis de pregrado, Univ. Nac. de San Agustín, Arequipa, Perú, 2017.
- [4] H. Nieto Aguirre, “*Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4, 6 y 8% por arcilla activada de Yacya-Huari*”, tesis de pregrado, Univ. San Pedro, Huaraz, Perú, 2018.
- [5] Ley general del ambiente – Perú, ley N° 28611, 2005
- [6] *Cementos portland. Requisitos*, NTP 334.009, 2013
- [7] *Concreto. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*, NTP 339.088, 2014.
- [8] *Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*, NTP 339.185, 2013.
- [9] F. Abanto Castillo, *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos, 2013.
- [10] Rivva López, Enrique.2007. *Diseño de Mezclas "Tecnología del Concreto"*. Lima- Perú.
- [11] S. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. Panarese & J. Tanesi, *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association, 2004.
- [12] E. Pasquel Carbajal, *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.
- [13] *Agregados. Agregados para concreto. Requisitos*, NTP 400.037, 2018.
- [14] *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*, NTP 400.022, 2013.
- [15] *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*, NTP 400.017, 2011.

- [16] Método de diseño de mezclas del comité ACI 211.2001. Instituto Americano del concreto.
- [17] F. Soria Santamaría. 1963. “Puzolanas y cementos puzolánicos. *Materiales de Construcción*. Vol. 13 n° 111:47-59.
- [18] *Especificación estándar para cenizas volantes de carbón, puzolanas natural crudas o calcinada para uso en ASTM C 618-03*, 2003.
- [19] F. Soria Santamaría, 1983. “Las puzolanas y el ahorro energético en los materiales de construcción”, *Materiales de Construcción*, vol. 33, n° 190-191, pp. 69-84, 1963.
- [20] M. Frías e I. Sánchez de Rojas, “*Sostenibilidad en construcción a través de los materiales*”, presentado en el curso de estudios mayores de la construcción, Madrid, 2014.
- [21] *Método de ensayo normalizado de contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método por presión*, ASTM C 231 – 2009.
- [22] P. Viera y C. Chicaiza, “*Uso de los residuos cerámicos como sustituto del cemento para la fabricación de morteros*”, *Ciencia*, vol. 20, pp. 35-44, feb. 2018.
- [23] Sánchez de Rojas, M.I.; Frías, M.; Rivera, J; .2008. *Aprovechamiento Del Cascote Cerámico Como Material Puzolánico*. *Cemento Hormigón* 915, 32-41
- [24] *Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland*, NTP 339.035 - 2015.
- [25] *Concreto. Método de ensayo para la determinar la exudación del hormigón*, NTP 339.077, 2013.
- [26] *Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*, NTP 339.034, 2015.

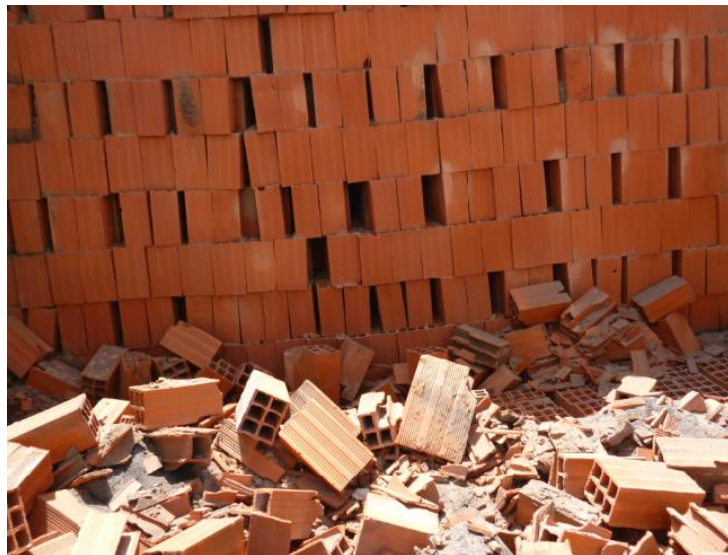
IX. Anexos**Anexo n°1: empresa mochica ladrillos y agregados**

Fotografía 1. Ubicación de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados - Carretera a San José km 5- Lambayeque



Fuente: Google Maps

Fotografía 2. Selección de la muestra



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3. Residuos de ladrillo después de la molienda primaria



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 4. Residuos cerámicos después de la molienda secundaria



Fuente: Elaboración propia

Anexo n°2: estudio de canteras

Fotografía 3. Cantera La Victoria - Pátapo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 4. Cantera La victoria- Pátapo- Obtención del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 5. Cantera La Victoria- Pátapo- Obtención del Agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 6. Agregado para realizar ensayos en laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 7. Agregado grueso para ensayo de peso específico.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 8. Contenido de Humedad del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Anexo n° 03: ensayos del concreto

Fotografía 9. Cuarteo del agregado grueso para diseño de mezcla.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 10. Granulometría del agregado fino para diseño de la mezcla.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 11. Muestra de agregado fino para obtener el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 12. Determinación del peso específico del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 13. Obtención de Residuos cerámicos para adicionar en el concreto



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 14. Determinación de peso específico de los residuos cerámicos.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 15. Componentes para elaborar concreto.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 16. Determinación de contenido de aire con la olla Washington.



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 17. Agua exudada del concreto



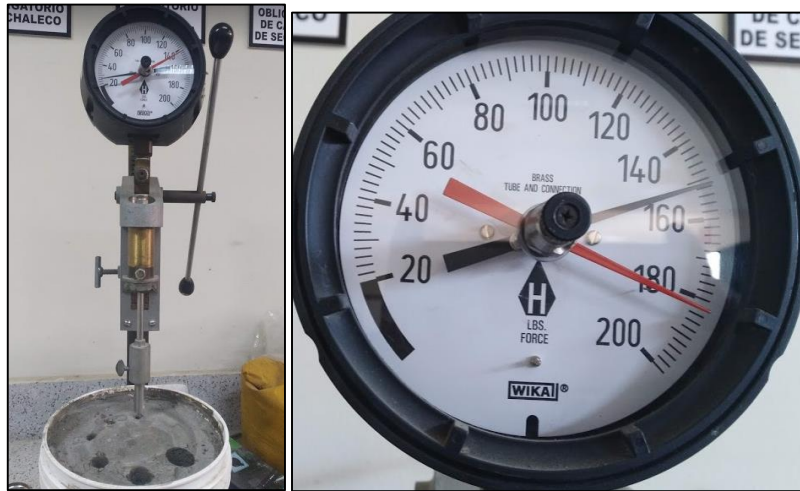
Fuente: Elaboración propia

Fotografía 18. Tamizado del concreto por la malla n° 4 para determinar tiempo de fraguado



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 19. Determinación del tiempo de fraguado con el penetrómetro



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 20. Determinación de la temperatura del concreto a utilizar en el ensayo de tiempo de fraguado



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 21. Determinación del peso unitario del concreto fresco



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 22. Curado de probetas



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 23. Asentamiento del concreto con 5% de residuos cerámicos



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 24. Asentamiento del concreto con 10% de residuos cerámicos



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 25. Asentamiento del concreto con 15% de residuos cerámicos



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 26. Rotura de probetas



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 27. Rotura de probetas a los 7 días con adición del 5% de residuos cerámicos



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 28. Rotura de probetas a los 7 días de la mezcla patrón



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 29. Rotura de probetas a los 28 días



Fuente: Elaboración propia

Evaluación de impacto ambiental

1. Resumen ejecutivo

El estudio de Impacto ambiental que se desarrolla a continuación ha permitido tener una visión de posibles impactos ambientales que se originan en las diversas etapas, desde la producción del ladrillo hasta la elaboración de concreto con residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados.

El problema más preocupante de los últimos años es la mala gestión de residuos, las empresas generadoras de residuos no tienen el suficiente control para reducir los impactos que este genera en el medio ambiente. Debido a esto, surgen nuevos métodos que permiten reutilizar, de alguna manera, lo que las industrias desechan. La empresa Mochica Ladrillos y Agregados es la que se encarga de la fabricación de distintos tipos de ladrillos, los cuales se venden al por mayor y se distribuyen en todo el departamento de Lambayeque. Sin embargo, debido a la falta de control en los procesos, el porcentaje de residuos es más alta con respecto a las demás ladrilleras. El principal factor es la falta de instrumentos y procesos que permitan la disminución de la merma. Por tal motivo, se plantea la utilización de estos residuos, que después de pasar por un proceso de molienda, permita obtener una adición para mejorar la resistencia a la compresión del concreto.

Los principales medios que se ven afectados son los suelos, por la explotación de la materia prima para la elaboración de productos y el aire, esto debido a la generación de polvo durante las diferentes etapas, y debido a la trituración de la adición, se liberan partículas de polvo con altos contenidos de sílice que puede llegar a afectar irremediablemente la salud de las personas. Es por eso que se plantean medidas que permitan mejorar la calidad de vida de las mismas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Realizar la evaluación de impacto ambiental del proyecto denominado “Elaboración de concreto económico utilizando residuos de cascote cerámico como reemplazo parcial del cemento”

2.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar la línea base ambiental para el proyecto en estudio.
- Definir los impactos considerados en el proyecto: “Resistencia a la compresión de concreto elaborado utilizando residuos de la empresa Mochica Ladrillos Y Agregados”.
- Formular el Plan de Manejo Ambiental para un manejo ambiental con medida de mitigación, corrección y prevención.

3. Marco legal

3.1. Constitución política del Perú – Perú, 1993.

También conocida como la “Carta Magna”, es la ley básica que rige el derecho, la justicia y las normas del país. La constitución prima sobre toda ley, son normas inviolables y de cumplimiento para todos los peruanos [26]. En el segundo capítulo se establece que los recursos naturales, renovables y no renovables son patrimonio nacional y promueve el uso sostenible de los residuos naturales. [27]

3.2. Ley general del ambiente- Perú, Ley N° 28611, 2005.

Esta Ley aborda temas sobre los problemas de la gestión ambiental en el Perú. Establece los principios y normas básicas para garantizar el acceso a un medio ambiente sano, equilibrado y apropiado para el bienestar, así como una adecuada gestión ambiental que permita resguardar el medio ambiente y sus componentes, de esa manera, mejorar la calidad de vida de la ciudadanía y lograr el desarrollo sostenible.

El objetivo principal de la gestión ambiental es prevenir, monitorear y evitar la degradación del medio ambiente. Cuando no se pueda erradicar las causas que la ocasionan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación correspondiente.

3.3. Ley de gestión integral de residuos sólidos– Perú, D.L. N° 1278, 2016.

La presente ley implica dejar de pensar en los residuos como basura y darle un valor para otras industrias. Para ello, esta ley pone la base para el desarrollo de una industria del reciclaje a nivel internacional, de manera que genere mayores ingresos,

inversión, más empleos y altos estándares de manejo ambiental. Además, relaciona a los actores claves en el tratamiento de residuos sólidos, involucra a las autoridades en sus tres niveles. Asimismo, permite que el manejo de residuos sólidos no sea un tema ausente en el debate de la calle ni de la agenda pública.

3.4. Ley del Sistema Nacional de evaluación de impacto ambiental-Perú, Ley n° 27446, 2017.

Esta ley, establece la creación del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental (SEIA), como un sistema de identificación, supervisión y control anticipados de los impactos ambientales negativos producto de las acciones del hombre. Esto permitirá establecer los requisitos, etapas y alcances de las evaluaciones de impacto ambiental. En el artículo 10 se señala lo que un estudio de impacto ambiental (EIA) contiene. Además, las EIA deberán ser elaboradas por entidades autorizadas.

3.5. Convenios internacionales

Durante la COP20 organizado en Lima en el año 2014, con el objetivo de aunar esfuerzos para lograr un desarrollo sostenible y el uso sostenible de los recursos, se implementó una iniciativa de promover inversiones y proyectos sostenibles con el medio ambiente. Esta propuesta propone la reducción de emisiones y conservaciones de bosques. Además, se aprobaron lineamientos para SEIA que permita contribuir a los esfuerzos por la conservación y protección ambiental.

El ministerio del ambiente de Perú y el de Brasil firmaron un memorando para impulsar la cooperación bilateral para lograr el desarrollo sostenible y la conservación del ambiente. De este modo, las partes se comprometen en temas de conservación de áreas naturales, el manejo sostenible de los recursos naturales, el cambio climático, la gestión ambiental, manejo de recursos hídricos, etc.

3.6. Autoridades regionales y locales

La Autoridad ambiental local es la encargada de aprobar e implementar políticas ambientales locales en el marco de su ley organizacional, debiendo coordinarse con el comité ambiental regional correspondiente para promover el sistema de gestión ambiental local.

El gobierno regional es el responsable de aprobar e implementar las políticas ambientales dentro de la región, para ello, deberá coordinar con los comités ambientales regionales que corresponden para implementar el sistema regional de gestión ambiental.

4. Descripción y análisis del proyecto

4.1. Datos generales del proyecto

Equipo multidisciplinario

Tabla XXXIX. Equipo multidisciplinario para la elaboración de impacto ambiental

NOMBRES Y APELLIDOS	N° DE COLEGIATURA	PARTICIPACIÓN O RESPONSABILIDAD
Carlos Tafur Jiménez	-	Asesor
Elisa Odalis Benavides Altamirano	-	Proyectista

Fuente: elaboración propia

Entidad autorizada para la elaboración del estudio de impacto ambiental semi detallado.

Tabla XL. Entidad autorizada para la elaboración de impacto ambiental

Razón social	Elisa Odalis Benavides Altamirano
RUC	10710222491
Número de Registro en MVCS	-
Domicilio	Av. México N° 2878- José Leonardo Ortiz-Chiclayo- Lambayeque
Teléfono	980265160
Correo electrónico	elisaodalis@gmail.com

Fuente: elaboración propia

4.2. Ubicación del proyecto

El proyecto de investigación que contempla el uso de residuos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados en la elaboración de concreto, se encuentra ubicado en Chiclayo, departamento de Lambayeque y se desarrollará en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo del distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Fig. 18. Departamento de Lambayeque-Perú



Fuente: Google Imágenes

4.3. Área de influencia del proyecto

El área de influencia es el ámbito físico donde se manifiestan los impactos sobre el medio ambiente o sobre los componentes físicos, sociales o económicos. Con esto, se puede determinar los impactos tanto positivos como negativos que afectan al proyecto.

El área de influencia, permite delimitar geoméricamente la zona de estudio, puede ser de manera directa o indirecta. El área de influencia directa se conforma por áreas cercanas que experimentan cambios más notables en el medio físico, biótico y socioeconómico en forma temporal o permanente. Esta área está ubicada en el distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Y, el área de influencia indirecta viene a ser todo el departamento de Lambayeque, pues, el proyecto permite una reducción en la

contaminación y un aprovechamiento de residuos, que se puede reflejar a nivel de departamento.

Fig. 19. Área de influencia directa



Fuente: Google Maps

4.4. Línea de base física

a. Ubicación

La empresa Mochica Ladrillo y Agregados se encuentran ubicada en la carretera a San José en el km 5.

Fig. 20. Ubicación de la empresa Ladrillos y Agregados E.I.R.L.



Fuente: Google mapas

b. Accesibilidad

La empresa Mochica Ladrillos y Agregados E.I.R.L. Esta aproximadamente a 7.4 Km de la zona de estudio y la duración del trayecto es de 12 minutos. Esta cerca del casco urbano.

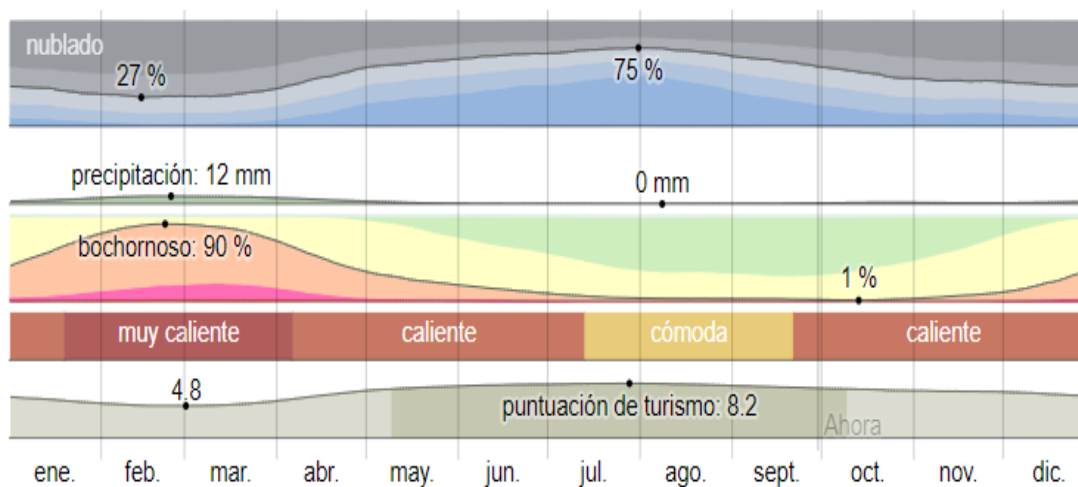
Fig. 21. Trayecto del centro de realización de los ensayos a la Empresa Ladrillos y Agregados E.I.R.L.



Fuente: Google Maps

c. Climatología

Chiclayo se ubica en una zona tropical, con una temperatura agradable, seca y sin lluvia. Debido al fenómeno de El Niño, la temperatura puede superar los 30 °C, la intensidad de las lluvias es regular y aumenta el flujo de agua superficial. En los últimos años, debido a los llamados "niños costeros", las lluvias han sido particularmente intensas y la temperatura media anual se ha mantenido en 24-25 °C, pero la temperatura suele subir en los meses de diciembre a marzo de 5-6 °C. En Chiclayo, los veranos son cortos, calurosos, bochornosos y nublados. El invierno es largo, cómodo, ventoso y mayormente soleado y seco todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 33 °C. [28]

Fig. 22. Climatología de Chiclayo

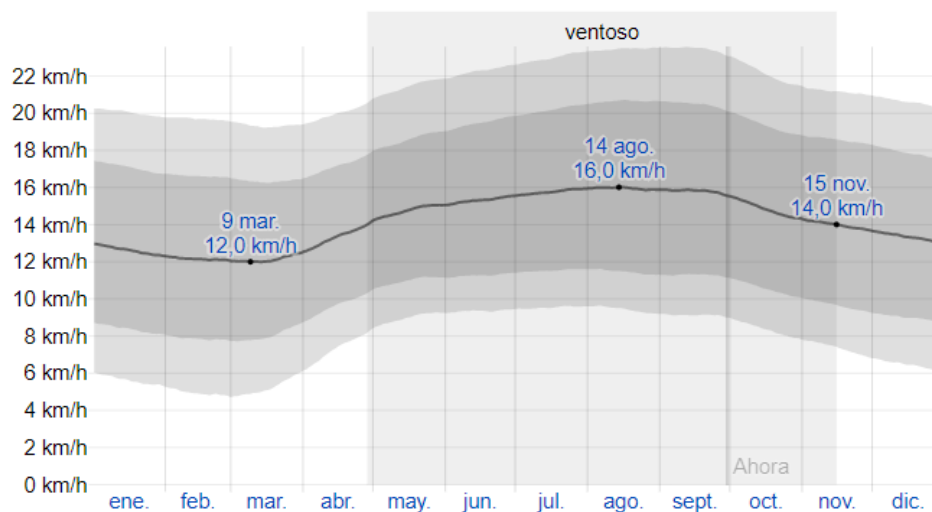
Fuente: [29]

d. Calidad del aire

Los monitores realizados por la Dirección Regional de la salud de Lambayeque para el parámetro PM10 (Material Particulado de 10 micrómetros). En los últimos años, el promedio anual supera los valores promedio de los estándares de calidad ambiental y este valor sigue en aumento. Esta es una situación preocupante que puede afectar la salud humana y el medio ambiente en general.

e. Vientos

La velocidad y dirección del viento varían dependiendo en gran medida de su ubicación y de las estaciones. La etapa más ventosa del año desde abril hasta noviembre, con velocidades promedio del viento de más de 14,0 kilómetros por hora. El tiempo más calmado del año va desde noviembre hasta abril. La dirección del viento promedio por hora predominante en Chiclayo es del sur durante el año.

Fig. 23. Velocidad promedio del viento

Fuente: [29]

f. Suelos

Los suelos están caracterizados por desarrollarse en un clima cálido y semiárido, estos suelos tienen problemas de salinidad. Chiclayo se encuentra emplazado sobre depósitos sedimentarios finos, formados por arcillas inorgánicas con limos plásticos y no plásticos. En la parte baja predominan las áreas agrícolas, en los últimos años, estas áreas han sido desplazadas por construcciones de diversas índoles.

g. Paisaje

Chiclayo se encuentra rodeado por un paisaje típico, con áreas industriales y urbanizaciones residenciales. Sin embargo, debido al crecimiento y desarrollo urbano han causado impactos negativos en los recursos naturales. Existe una depredación del suelo agrícola debido a la fabricación de ladrillos artesanales. El cambio de uso de suelo ha ocasionado la dispersión de los residuos municipales y deterioros en la estética urbana, a esto se le suma el déficit en la gestión de residuos de construcción y demolición. En Lambayeque se genera más de 220 toneladas de RCD al año, los cuales tienen una mala disposición final y terminan en terrenos abandonados, drenes, vías acceso, salida e ingreso de la ciudad.

4.5. Línea de base biológica

a. Flora

A nivel local, no existe una flora distintiva, debido a la topografía y al crecimiento demográfico. La vegetación en la zona costera es escasa debido a la existencia de grandes extensiones desérticas. Los bosques son ralos y se van haciendo más densos conforme nos adentramos en la parte continental. Las especies forestales más importantes de este ecosistema son el algarrobo, el zapote, el overo y el vichayo.

b. Fauna

La fauna representativa en la Chiclayo se ve representada por reptiles, roedores y aves comunes; en la actualidad, las aves silvestres han sido víctimas de la mano del hombre, por la actividad de la siembra y el uso de productos para exterminar plagas, algunas aves han sido envenados o han sido obligadas a migrar a otros lugares.

4.6. Línea base socioeconómica

El crecimiento regional se ha centrado en la ciudad de Chiclayo, donde se concentra cerca de las tres cuartas partes de las áreas urbanas. Aproximadamente el 50% de la población tiene como fuente de trabajo, comercio y servicios.

- a) **Vivienda:** Según un estudio realizado por el INEI en el año 2014, el 46.5% de las viviendas son de ladrillo o bloques de cemento. Además, un 88.1% de las viviendas se abastecen de agua potable mediante la red pública y el 74% de las viviendas cuentan con red pública de alcantarillado.
- b) **Educación:** existen centros educativos primarios, secundarios y universitarios. De las 9 universidades presentes en el departamento de Lambayeque 8 se encuentran en la provincia de Chiclayo, todas ellas son universidades privadas.
- c) **Salud:** en el departamento de Lambayeque existen 16 hospitales, 63 centros de salud y 124 puestos de salud.
- d) **Transporte:** En Chiclayo se ha consolidado un esquema de movilidad que se sustenta principalmente en los modos de transporte individuales.

4.7. Identificación y evaluación de impactos ambientales

Para un correcto estudio de impacto ambiental (EIA), se deben diferenciar cuatro fases: identificación, valoración, prevención y comunicación. Para identificar los impactos, se deben de utilizar diferentes metodologías como son: los diagramas de redes las listas de chequeo y matrices de causa-efecto. El método más sencillo es analizar una lista de chequeo para identificar aquellas actividades que generan impactos y considerar el grado de afectación sobre el medio físico, biológico y social-cultural. Otra forma de profundización en el estudio de los impactos, se realiza mediante un cruce entre los factores ambientales afectados obtenidos de la lista de chequeo.

La metodología a seguir son las matrices de relación de causa-efecto. Entre las variantes de estas matrices, la más conocida es la matriz de Leopold. Este método consta de dos ejes, el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental; y en el eje vertical los factores ambientales que puedan ser afectadas por esas acciones, aportando así las interacciones entre acciones propuestas y factores ambientales. Las interacciones se logran asignando un valor de 1 a 10 e identificando si el impacto es positivo o negativo. Un valor de 1 significa alteración mínima y un valor de 10 significa alteración máxima.

- a) Clase:** Se indica el tipo de consecuencias que genera dicho impacto (positivas o benéficas (+) o negativas o perjudiciales (-). Se tuvo en cuenta:

Positivo

- Efecto que favorece o refuerza las características que permiten la presencia de los componentes del medio que están involucrados en el análisis.
- Efecto que favorece la generación de condiciones que permiten un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y sociales disponibles

Negativo

- Situación que va en contra de la conservación de la calidad, cantidad y abundancia de los recursos naturales o socioculturales

- b) Magnitud (M):** Se hace referencia al grado o cambio que sufre el factor ambiental a causa de una acción del proyecto.

- c) **Importancia (I):** Se evalúan el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto.

4.8. Descripción de los factores ambientales

Los factores ambientales incluidos en este proyecto son:

Componente ambiental	Sub-componente	Factor ambiental	Descripción
Físico	Agua	Calidad del agua	Afección a la calidad del agua
	Aire	Partículas (Polvo)	Presencia de partículas de polvo en el aire que alteran la calidad
		Gases	Presencia de sustancias en el aire que alteran la calidad
		Ruido	Incremento de los niveles sonoros
	Suelo	Relieve	Alteraciones en el relieve del terreno natural
		Fertilidad	Perdida de terrenos fértiles
	Paisaje	Natural	Cambio en el paisaje natural
Biológico	Flora	Cobertura vegetal	Disminución de las especies propias del área del proyecto
	Fauna	Especies de fauna	Perdida de especies por las actividades del proyecto
Socio-económico	Socio-económico	Demanda de bienes y servicios	Demanda requerida para la ejecución del proyecto
		Calidad de vida	Mejora en la calidad de vida de la población.
		Salud y seguridad	Efectos sobre seguridad de la población que se encuentra en el área de influencia
		Empleo	Generado durante la ejecución del proyecto
		Ingreso	Generación de ingresos durante las actividades
		Generación de residuos	Residuos sólidos generados durante la ejecución del proyecto

4.9. Descripción de las acciones del proyecto

Actividad	Etapa	Descripción
Fabricación de ladrillos	Extracción de materia prima	Las materias primas son transportadas a la empresa
	Mezclado	La arcilla y arena son triturados y mezclados de manera homogénea
	Laminado	La mezcla homogénea pasa a la maquina laminadora para obtener una masa más compacta.
	Amasado, extrusión y cortado	En esta etapa se añade agua a la mezcla para formar una mezcla plástica, se debe controlar el porcentaje de humedad
	Secado	Secado al aire libre, se evita la pérdida de humedad excesiva para evitar el agrietamiento.
	Cocción	Se transporta los ladrillos al horno, donde se quema utilizando cascarilla de arroz como combustible
Obtención de la adición	Selección	El residuo se obtiene de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados, se muele y luego se tamiza por vía húmeda por la malla n° 200 y finalmente se somete al secado en horno.
	Molienda primaria	
	Molienda secundaria	
	Tamizado vía húmeda	
	Secado en horno	
Componentes del concreto	Ag. Fino	Selección de agregados para la elaboración de concreto.
	Ag. Grueso	
	Cemento	
Producción de concreto	Ensayos de laboratorio	Ensayos que se llevan a cabo en laboratorio para determinar las características de los componentes del concreto y luego se hace el diseño de mezcla para obtener probetas, las cuales, serán ensayadas.
	Elaboración del diseño de mezcla	
	Ensayos de concreto fresco	
	Ensayos de concreto endurecido	

4.10. Matriz de Leopold

La identificación de los impactos ambientales se basó en la matriz de Leopold debido a su fácil explicación. En las filas, se puede identificar los factores ambientales y en las columnas, el desarrollo de las actividades en el área de influencia. El principal objetivo de esta herramienta es garantizar la evaluación de las acciones.

4.11. Valoración de impactos

Actividad	Etapa	Valorización
Fabricación de ladrillos	Extracción de materia prima	-75
	Mezclado	-1
	Laminado	3
	Amasado, extrusión y cortado	-3
	Secado	0
	Cocción y selección	-83
Obtención de la adición	Selección	-39
	Molienda primaria	-90
	Molienda secundaria	-128
	Tamizado vía húmeda	13
	Secado en horno	10
Componentes del concreto	Ag. Fino	-72
	Ag. Grueso	-82
	Cemento	-56
Producción de concreto	Ensayos de laboratorio	-24
	Elaboración del diseño de mezcla	-11
	Ensayos de concreto fresco	-3
	Ensayos de concreto endurecido	-3

De acuerdo con la matriz de Leopold, la actividad que genera mayor impacto negativo es la molienda secundaria que se realiza para la obtención del residuo, esto se debe principalmente al tamaño de las partículas que pueden causar una alta concentración de partículas en el aire, esto puede afectar la salud de los trabajadores. Además, los niveles de sonoros aumentan debido a la utilización de maquinaria para la obtención del residuo. La actividad que genera un impacto positivo es el tamizado vía húmeda, esto se debe principalmente a la generación de empleo e ingreso.

Componente ambiental	Sub-componente	Factor ambiental	Valoración
Físico	Agua	Calidad del agua	-4
	Aire	Partículas	-160
		Gases	-62
		Ruido	-161
	Suelo	Relieve	-75
		Fertilidad	-27
	Paisaje	Natural	-66
Biológico	Flora	Cobertura vegetal	-25
	Fauna	Especies de fauna	0
Socio económico	Socio-económico	Demanda de bienes y servicios	6
		Calidad de vida	-52
		Salud y seguridad	-114
		Empleo	80
		Ingresos	97
		Generación de residuos	-81

De acuerdo con la matriz de Leopold, el factor ambiental afectado negativamente es el aire debido a la concentración de partículas de polvo en el aire y al incremento en los niveles sonoros. El factor ambiental afectado positivamente es la generación de empleo e ingresos.

4.12. Identificación de impactos priorizados

Incremento de los niveles de ruido:

Durante el proceso de elaboración de ladrillos y elaboración de residuos, específicamente durante la extracción de la materia prima, mezclado, laminado, amasado, extrusión y cortado de la mezcla para la elaboración de ladrillos, a esto se le suma el proceso de molienda del cascote cerámico. Se debe tener en consideración que este incremento será percibido principalmente por los

trabajadores y personas que se encuentran en zonas cercanas al área en donde se han de ejecutar las actividades.

Contaminación del aire por incremento de partículas en suspensión

La calidad del aire podría ser modificada por la emisión de gases y partículas de polvo que se generan en la etapa extracción de materia prima para el agregado fino, agregado grueso, cemento y materia prima para la elaboración de ladrillo. Esto tendrá incidencia a los trabajadores, propietarios de viviendas aledañas y personas que se encuentran en áreas cercanas al proyecto.

Afección a la salud y seguridad de las personas

La salud de las personas se puede ver afectada por la generación de partículas pequeñas, que, al ser inhaladas, pueden causar enfermedades en caso no se maneje con los equipos de protección necesarios.

Generación de materiales excedentes

En las actividades de cocción y selección de ladrillos se genera una gran cantidad de residuos debido a la falta de control de procesos en la empresa Mochica Ladrillos y Agregados, sin embargo, estos residuos son utilizados para obtener esta adición mineral para ser incorporada en el concreto de manera que permite reducir el contenido de cemento.

Generación de empleo

El proyecto se caracteriza por emplear a personas locales para la ejecución de actividades, esto es un impacto positivo que genera más ingresos.

4.13. Identificación de instrumentos de gestión ambiental

4.13.1. Plan de manejo ambiental

El plan de manejo ambiental (PMA) es un instrumento de gestión que permite diseñar y facilitar la aplicación de medidas destinadas a prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales negativos relacionados a los proyectos de

construcción. Las medidas propuestas deberán considerarse de interés para todos los miembros de la organización, su cumplimiento permitirá evitar cualquier tipo de incidente o daño al ambiente. Para llevar a cabo este instrumento, se ha considerado los siguientes programas:

- Programa para la mitigación de impactos
- Programa de vigilancia y monitoreo ambiental.
- Programa de prevención de pérdidas y contingencias

4.13.1.1. Programa de mitigación de impactos ambientales

Se identificaron y evaluaron los impactos ambientales para poder determinar aquellos impactos más significativos, a partir de estos, se han tomado decisiones para poder plantear medidas de mitigación para erradicar o minimizar los impactos negativos.

a. Subprograma para el manejo de emisiones

El movimiento de tierra para la extracción de materias primas afecta la geomorfología, además, la generación continua de polvo y emisiones de dióxido de carbono por la utilización de combustible en las maquinarias genera impactos negativos en la salud de los trabajadores y de las poblaciones cercanas. Se deben de implementar medidas preventivas que permitan reducir el consumo de combustibles, y por ende la emisión de gases. Para ello se deben implementar los siguientes programas:

- Capacitación continua a los operadores, lo que contribuirá significativamente a una mayor eficiencia en el uso de combustible.
- Mantenimiento preventivo, conservar el equipo mediante un mantenimiento preventivo permite reducir el consumo de combustible mediante el cambio oportuno de los filtros de aire.
- Software SIGRE (Sistema Integrado de Gestión Remota de Equipo) de alertas de permite gestionar el mantenimiento preventivo.

b. Subprograma de manejo de residuos sólidos

Los residuos sólidos forman parte de un recurso que, al ser reutilizado, permite disminuir costos y evita la alteración del medio. Los materiales sobrantes deben de tener una disposición final adecuada, por ello, se debe promover una gestión integrada y adecuada de los residuos que se generan en cada una de las actividades, el objetivo es reducir la producción de los residuos sólidos desde el origen.

En la etapa de fabricación de ladrillos, se debe de tener en cuenta la mejora de los procesos para poder disminuir las fallas en la producción que tienden a producir defectos de cocción y de resistencia del producto. En consecuencia, la merma que se producirá dentro de la empresa será menor, esto permitirá el mejor aprovechamiento de los recursos. Asimismo, los residuos no aprovechables que se generan dentro de las demás etapas deberán tener una disposición final adecuada.

c. Subprograma de control de sedimentos

Es importante implementar la reforestación para recuperar zonas afectadas. La vegetación puede servir como barreras de protección ante posibles deslizamientos de tierras, ya que proporcionan mayor estabilidad a taludes. Además, disminuye la erosión de la tierra.

4.13.1.2. Programa de vigilancia y monitoreo ambiental

Los controles ambientales tienen el propósito de prevenir y minimizar los impactos ambientales que han sido clasificados como negativos. La aplicación del plan de monitoreo ambiental permitirá una evaluación periódica e integrada de las variables ambientales, con el fin de proveer información sobre la conservación y uso de recursos de manera sostenible durante la construcción y operación del proyecto.

Además, este plan permitirá verificar el cumplimiento de medidas de mitigación anteriormente propuestas y brindará información de forma periódica a las partes involucradas acerca del cumplimiento de logros o, en el peor de los

casos, las dificultades encontradas para analizar y evaluar las medidas correctivas que corresponden.

La información obtenida será procesada y analizada de mensualmente de acuerdo al periodo de recolección de información. Con la ejecución de los proyectos, se deberán iniciar las actividades de monitoreo ambiental, estableciendo las condiciones del aire y suelo.

a. Monitoreo de la calidad del aire

Está diseñado para proporcionar información sobre la calidad del aire. De acuerdo con las actividades a ejecutarse en las etapas de construcción (actividades generadoras de polvo y emisión de gases de los equipos mecánicos). Las mediciones de los parámetros de calidad del aire deben de realizarse por un laboratorio acreditado y con amplia experiencia en el tema de monitoreo ambiental cumpliendo con las exigencias establecidas. Para la aplicación de este programa se hará una medición mensual durante 24 horas continuas mientras dure la producción.

b. Monitoreo de calidad de ruido ambiental

Durante los procesos de fabricación se deberá monitorear el ruido ambiental con una frecuencia de una vez a la semana con la finalidad de realizar un informe técnico mensual con recomendaciones y medidas de control.

4.13.1.3. Programa de prevención de riesgos laborales

Es el plan de prevención de riesgos laborales es una herramienta preventiva que permite establecer pautas para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores. Además, permite desarrollar acciones para prevenir o minimizar los riesgos a los que se expone el personal.

4.13.1.3.1. Equipos de protección individual

Los equipos de protección personal, permite a cada empleado estar protegido de todos los riesgos presentes en el trabajo y que pueden amenazar su salud y seguridad. Los EPPs deben proporcionar una protección eficaz frente a

los riesgos a los que se esté expuesto. Para ello, los trabajadores deben de realizar una inspección visual para verificar el buen estado.

a. Ropa de trabajo

Debe de ser adecuada para el trabajo, capaz de proteger al empleado de la exposición con el polvo, aceite, grasas e incluso ácidos corrosivos.

Fig. 24. Ropa de trabajo



Fuente: Google imágenes

b. Casco de seguridad

Este equipo de protección individual provee protección contra los impactos sobre la cabeza. Se recomienda ser usado en el proceso de triturado de los residuos de ladrillo.

Fig. 25. Casco de seguridad



Fuente: Google imágenes

c. Calzado de seguridad

Los zapatos permiten proteger los pies contra lesiones que pueden causar objetos pesados que caen y pueden lastimar los pies. Se debe de utilizar en todas las etapas del proyecto, de manera que el calzado con punta de acero evitará daños.

Fig. 26. Botas de seguridad con punta de acero



Fuente: Google imágenes

d. Protección de oídos

Debe de utilizarse en las areas de trabajo, en donde, los niveles de exposición al ruido son más altos que los niveles permitidos. La reducción de ruido dependerá del tipo de protector y del material con el que se encuentre elaborado. El proceso de trituración de materiales genera un alto nivel de ruido, por lo que, su utilización es muy necesaria.

Fig. 27. Tapones auditivos



Fuente: Google imágenes

e. Protección visual

Se deberán de utilizar gafas en labores existan sustancias químicas, proyección de partículas. Los elementos varían de acuerdo al tono, dependiendo de la intensidad de la actividad que se encuentra sometido el trabajador.

Fig. 28. Lentes de seguridad



Fuente: Google imágenes

f. Protección respiratoria

Los protectores de las vías respiratorias son implementos de seguridad destinados a proteger a los trabajadores cuando se encuentran expuestos a aire contaminado con partículas en suspensión o sustancias químicas. Es más recomendable utilizar los purificadores de aire, estos tienen el objetivo de impedir que agentes contaminantes presentes en el aire ingresen al organismo del trabajador, evitando así, posibles enfermedades de tipo respiratorio. De acuerdo con la NIOSH, cuando se trabaja en un ambiente con partículas de sílice en el aire, se debe de utilizar una mascarilla con filtro P100 que tiene una eficiencia de casi el 100%, al evitar que las partículas de sílice, se evitan enfermedades incurables como la silicosis, que afecta a los pulmones.

Fig. 29. Mascarilla con filtro P100

Fuente: Google imágenes

g. Guantes de seguridad

Las manos se ven expuestas con mayor frecuencia al riesgo de lesiones. Los guantes usados para los trabajos de manipulación de residuos de ladrillo en la recolección. Esto permitirá prevenir riegos de cortaduras por cuerpos con aristas. Por tal motivo, se debe de usar guantes reforzados con malla de acero. En caso del tamizado vía húmeda, se deben de utilizar guantes de material sintético como caucho, neopreno o PVC, los cuales, se usan para manipular principalmente productos químicos como ácidos, aceites y solventes.

Fig. 30. Guantes de seguridad

Fuente: Google imágenes

5. Conclusiones

- El área de influencia directa del proyecto es el distrito de Chiclayo y el área de influencia indirecta es el departamento de Lambayeque.
- Los aspectos ambientales más afectados por el proyecto son el aire y los suelos, esto debido a la generación de partículas en el aire y los suelos por la explotación de los recursos para obtener agregados. La calidad del aire podría ser alterada por la emisión de gases y partículas de polvo, esto podría causar problemas en la salud de las personas.
- De acuerdo al plan de manejo ambiental, se debe de tomar medidas para reducir los impactos más significativos que se ocasionan en todas las etapas del proyecto como la reducción de polvo y al aumento de los niveles sonoros.

Evaluación económica del concreto

El análisis de costo unitario del concreto se realizó teniendo en cuenta una valoración del costo de producción de la adición, para ello, se tomó en cuenta los siguientes procesos, posteriormente se realizará un análisis de costo unitario de la elaboración de concreto.

Tabla XLI. Análisis de costo unitario por selección de residuos de la empresa Mochica
Ladrillos y Agregados

ACTIVIDAD		Selección del residuo				
ESPECIFICACIONES:		Selección manual del cascote de ladrillo de la Empresa Ladrillos y Agregados				
CUADRILLA:		1 peón				
RENDIMIENTO DIARIO		6.00		m ³ / día		
					Costo Total	25.39
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA					24.65	
Controlador	hh	0.10	0.1333	22.7	3.03	
Peón	hh	1.00	1.3333	16.22	21.63	
MATERIALES					0.00	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					0.74	
Herramientas manuales	% MO		3	24.65	0.74	

Fuente: Elaboración propia

1) Distancia media de recorrido	4.5	km
2) Velocidad promedio de recorrido (cargado)	20	km/h
3) Velocidad promedio de recorrido (descargado)	30	km/h
4) Tiempo de carga del volquete	10	min
5) Tiempo de descarga del volquete	10	min
6) Tiempo de recorrido cargado	14	min
7) Tiempo de recorrido descargado	9	min
Tiempo empleado en un ciclo de recorrido	43	min
Eficiencia del 90%		
Tiempo útil para el transporte de residuo por día de trabajo	432	min
Viajes efectuados en un día de trabajo (considerando volquete de 10 m ³)	10.00	
Rendimiento de volquete	100	m ³ /volquete
Esponjamiento de 30%		
Rendimiento de volquete	80	m ³ /volquete

Tabla XLII. Análisis de costos unitarios del transporte de los residuos al lugar de molienda

ANÁLISIS DE COSTO DE TRANSPORTE					
ACTIVIDAD		Transporte del residuo			
ESPECIFICACIONES:		Transporte del residuo seleccionado al lugar de molienda (Parque industrial)			
CUADRILLA:		1 controlador			
RENDIMIENTO DIARIO		400.00	m ³	/DIA	
					Costo Total
					26.01
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
MA NO DE OBRA					0.05
Controlador	hh	0.10	0.00	22.7	0.05
MA TERIA LES					0.00
EQUIPO Y HERRAMIENTA S					25.96
Volquete 6x4 10 m ³ 330 HP	hm	5.00	0.10	223.00	22.30
Cargador frontal sobre llantas 125HP 2.5 YD3	hm	1.00	0.02	183.00	3.66
Herramientas manuales	% MO		3	0.05	0.001

Fuente: Elaboración propia

Tabla XLIII. Análisis de costos unitarios de la molienda primaria del residuo

ANÁLISIS DE COSTO DE TRANSPORTE					
ACTIVIDAD		Molienda primaria			
ESPECIFICACIONES:		Reducción del residuo hasta un tamaño máximo de 1"			
CUADRILLA:		1 controlador + 1 peón			
RENDIMIENTO DIARIO		80.00	m ³	/día	
					Costo Total
					2.45
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
MA NO DE OBRA					1.85
Controlador	hh	0.10	0.01	22.7	0.23
Peón	hh	1.00	0.10	16.22	1.62
MA TERIA LES					0.00
EQUIPO Y HERRAMIENTA S					0.61
Chancadora de Quijada PE-250x400 10x16pulg	hm	1.00	0.10	5.50	0.55
Herramientas manuales	% MO		3	1.85	0.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla XLIV. Análisis de costos unitarios de la molienda secundaria del residuo

ACTIVIDAD Molienda secundaria						
CUADRILLA: 1 controlador + 1 peón						
RENDIMIENTO DIARIO 7.00 m ³ / día						
					Costo Total	50.34
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA						21.13
Controlador	hh	0.10	0.114	22.7	2.59	
Peón	hh	1.00	1.143	16.22	18.54	
MATERIALES						0.00
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						29.21
Molino de bolas 900 × 1800 mm	hm	1.00	1.143	25.00	28.57	
Herramientas manuales	% MO		3	21.13	0.63	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XLV. Análisis de costos unitarios de tamizado de vía húmeda

ACTIVIDAD tamizado vía húmeda						
CUADRILLA: 1 controlador + 1 peón						
RENDIMIENTO DIARIO 1.00 m ³ /DIA						
					Costo Total	162.71
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA						147.92
Controlador	hh	0.10	0.8000	22.7	18.16	
Peón	hh	1.00	8.0000	16.22	129.76	
MATERIALES						0.00
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						14.79
tamices, brochas y demás materiales de laboratorio			5	147.92	7.40	
Herramientas manuales	% MO		5	147.92	7.40	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XLVI. Análisis de costos unitarios de secado en horno

ACTIVIDAD Secado en horno						
CUADRILLA: 1 controlador + 1 peón						
RENDIMIENTO DIARIO 1.00 m ³ /día						
					Costo Total	575.32
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL	
MANO DE OBRA						147.92
Controlador	hh	0.10	0.8000	22.7	18.16	
Peón	hh	1.00	8.0000	16.22	129.76	
MATERIALES						0.00
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						427.40
Horno de secado al vacío de 100°C	hm	5.00	40.000	10.50	420.00	
Herramientas manuales	% MO		5	147.92	7.40	

Fuente: Elaboración propia

De los análisis de costos unitarios realizados, se puede concluir que elaborar un metro cúbico de adición cuesta S/842.22 (ochocientos cuarenta y dos con 22/100 nuevos soles). Es decir, elaborar 1 kg de adición cuesta S/ 0.40 (40/100 nuevos soles).

Tabla XLVII. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla patrón

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
ACTIVIDAD		Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (Mezcla Patrón)			
ESPECIFICACIONES:		Preparación con mezcladora tipo trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite			
CUADRILLA:		2 op+2 of+ 8 peones			
RENDIMIENTO DIARIO		25.00	m ³	/día	
					Costo Total
					302.10
DESCRIPCIÓN	UND	cuadrilla	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
MANO DE OBRA					67.55
Operario	hh	2	0.640	22.7	14.53
Oficial	hh	2	0.640	17.96	11.4944
Peón	hh	8	2.560	16.22	41.52
MATERIALES					222.42
Cemento tipo portland	bls		9.57	18.89	180.74
Arena	m ³		0.34	38.80	13.01
Piedra	m ³		0.42	63.90	26.79
Agua	m ³		0.24	7.99	1.88
Adición			0.00	0.40	0.00
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					12.14
Mezcladora 9 p3- 20 HP	hm	1	0.320	16.44	5.26
vibrador de concreto gasolina 5 HP	hm	1	0.320	15.15	4.85
Desgaste de herramientas	% MO		3	67.55	2.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla XLVIII. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla con 5% de adición.

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
ACTIVIDAD		Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ de Adición			
ESPECIFICACIONES:		Preparacion con mezcladora tipo trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite			
CUADRILLA:		2 op+2 of+ 8 peones			
RENDIMIENTO DIARIO		25.00	m3	/dia	
					Costo Total 301.19
DESCRIPCIÓN	UND	cuadrilla	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
MANO DE OBRA					67.55
Operario	hh	2	0.640	22.7	14.53
Oficial	hh	2	0.640	17.96	11.4944
Peón	hh	8	2.560	16.22	41.52
MATERIALES					221.51
Cemento tipo portland	bls		9.09	18.89	171.70
Arena	m3		0.34	38.80	13.01
Piedra	m3		0.42	63.90	26.79
Agua	m3		0.24	7.99	1.88
Adicion	kg		20.33	0.40	8.13
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					12.14
Mezcladora 9 p3- 20 HP	hm	1	0.320	16.44	5.26
vibrador de concreto gasolina 5 HP	hm	1	0.320	15.15	4.85
Desgaste de herramientas	% MO		3	67.55	2.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla XLIX. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla con 10% de adición.

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
ACTIVIDAD		Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Adición			
ESPECIFICACIONES:		Preparacion con mezcladora tipo trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite			
CUADRILLA:		2 op+2 of+ 8 peones			
RENDIMIENTO DIARIO		25.00	m3	/dia	
					Costo Total 298.66
DESCRIPCIÓN	UND	cuadrilla	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
MANO DE OBRA					67.55
Operario	hh	2	0.640	22.7	14.53
Oficial	hh	2	0.640	17.96	11.4944
Peón	hh	8	2.560	16.22	41.52
MATERIALES					218.98
Cemento tipo portland	bls		8.61	18.89	162.67
Arena	m3		0.34	38.80	13.01
Piedra	m3		0.42	63.90	26.79
Agua	m3		0.24	7.99	1.88
Adicion	kg		36.60	0.40	14.64
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					12.14
Mezcladora 9 p3- 20 HP	hm	1	0.320	16.44	5.26
vibrador de concreto gasolina 5 HP	hm	1	0.320	15.15	4.85
Desgaste de herramientas	% MO		3	67.55	2.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla L. Análisis de costos unitarios para un concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para la mezcla con 15% de adición.

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
ACTIVIDAD		Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ de Adición			
ESPECIFICACIONES:		Preparacion con mezcladora tipo trompo de 9p3, incluye gasolina y aceite			
CUADRILLA:		2 op+2 of+ 8 peones			
RENDIMIENTO DIARIO		25.00	m3	/dia	
					Costo Total 295.73
DESCRIPCIÓN	UND	cuadrilla	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO PARCIAL
MANO DE OBRA					67.55
Operario	hh	2	0.640	22.7	14.53
Oficial	hh	2	0.640	17.96	11.4944
Peón	hh	8	2.560	16.22	41.52
MATERIALES					216.05
Cemento tipo portland	bls		8.13	18.89	153.63
Arena	m3		0.34	38.80	13.01
Piedra	m3		0.42	63.90	26.79
Agua	m3		0.24	7.99	1.88
Adicion			51.85	0.40	20.74
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					12.14
Mezcladora 9 p3- 20 HP	hm	1	0.320	16.44	5.26
vibrador de concreto gasolina 5 HP	hm	1	0.320	15.15	4.85
Desgaste de herramientas	% MO		3	67.55	2.03

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

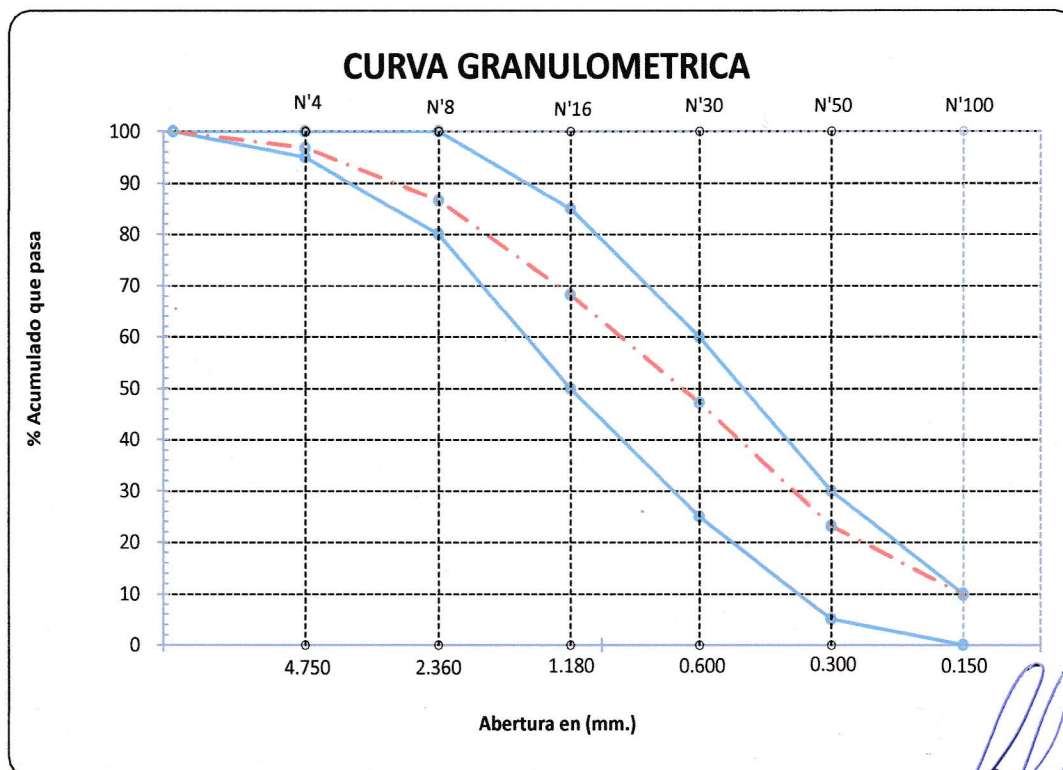
Ensayo: Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia: Norma ASTM C-136 o NTP 400.012

Cantera : La Victoria

P. Inicial S. 500.0 g

Malla		Peso Ret. (g)	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 4	4.750	16.03	3.2	3.2	96.8	95	100
N° 8	2.360	50.89	10.2	13.4	86.6	80	100
N° 16	1.180	92.23	18.4	31.8	68.2	50	85
N° 30	0.600	104.76	21.0	52.8	47.2	25	60
N° 50	0.300	120.38	24.1	76.9	23.1	5	30
N° 100	0.150	66.44	13.3	90.1	9.9	0	10
N° 200	0.075	31.35	6.3	96.4	3.6	0	0
FONDO		17.92	3.6	100.0	0.0		
Módulo de fineza				2.68			
Abertura de malla de referencia				4.750			





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

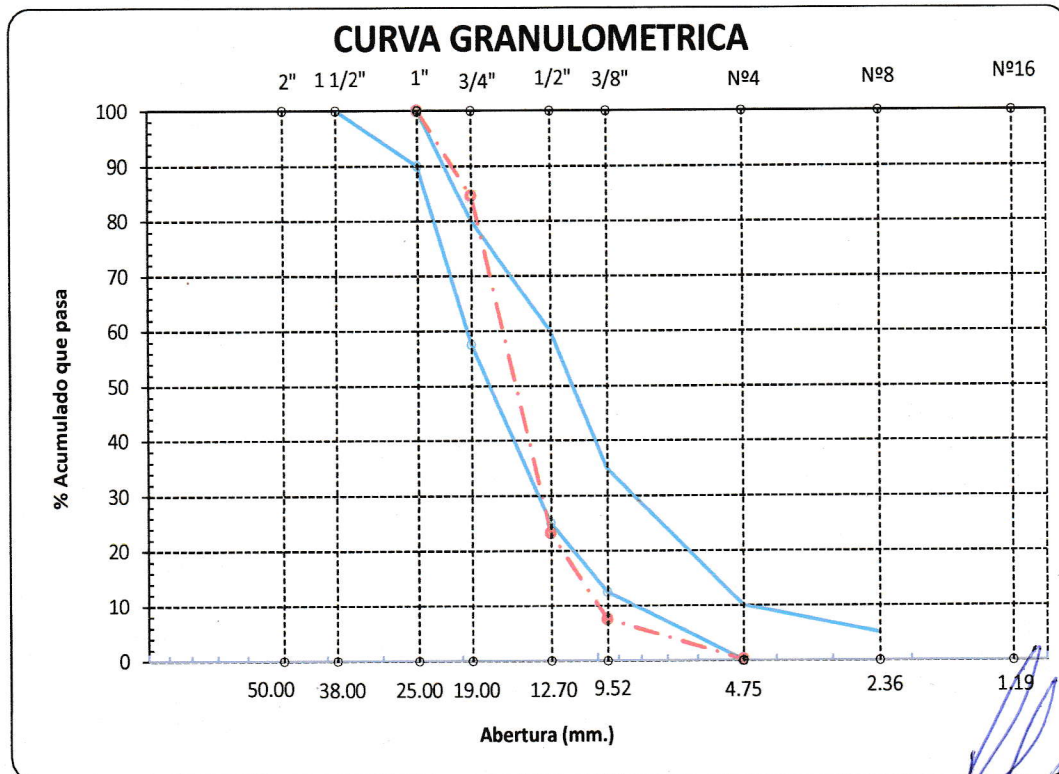
Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Analisis granulometrico por tamizado del agregado grueso
 Referencia: Norma ASTM C-136 ó NTP 400.012

Cantera : La Victoria

P. Inicial S. 3200.0 g

Malla		Peso Ret. (g)	(%) Ret.	(%) Acum. Ret.	(%) Acum. Que pasa	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
1 1/2"	38.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.00	0.00	0.0	0.0	100.0	90	100
3/4"	19.00	494.00	15.4	15.4	84.6	58	80
1/2"	12.70	1964.00	61.4	76.8	23.2	25	60
3/8"	9.52	504.00	15.7	92.6	7.4	13	35
N° 4	4.75	235.00	7.3	99.9	0.1	0	10
N° 8	2.36	2.00	0.1	100.0	0.0	0	5
N° 16	1.19	0.51	0.0	100.0	0.0	0	0
FONDO		0.5	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Máximo				1"			
Tamaño Máximo Nominal				3/4"			



Rivadeneira Obilias Jenny
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

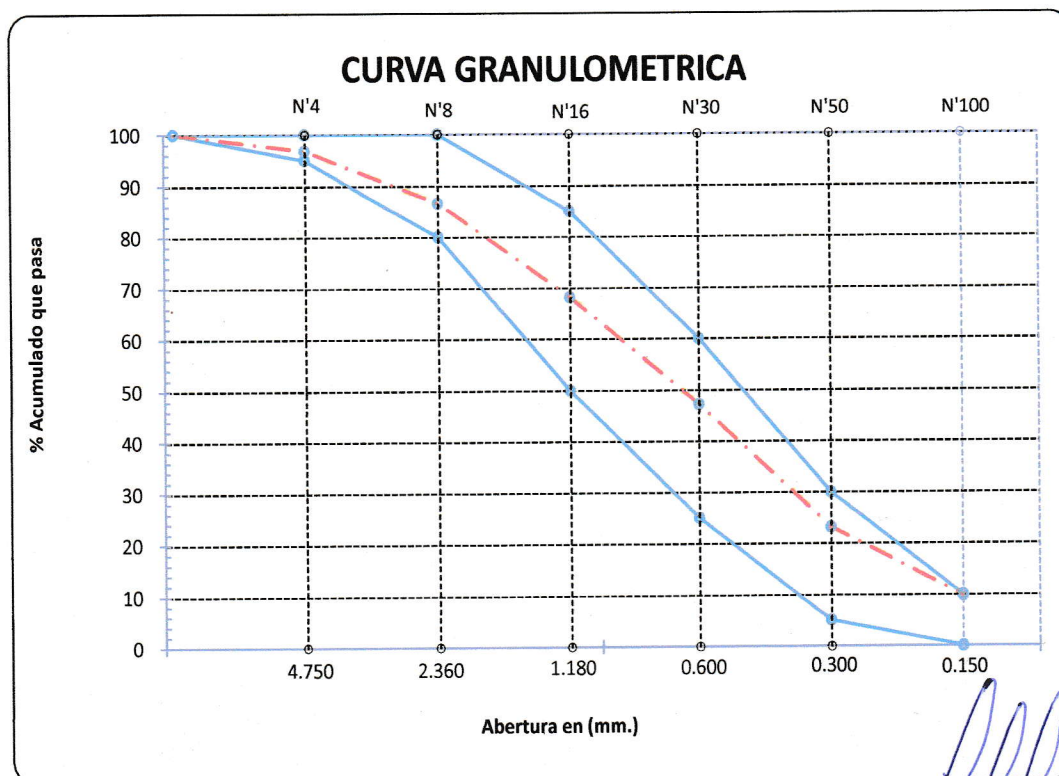
Ensayo: Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia: Norma ASTM C-136 o NTP 400.012

Cantera : La Victoria

P. Inicial S. 500.0 g

Malla		Peso Ret. (g)	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 4	4.750	16.03	3.2	3.2	96.8	95	100
N° 8	2.360	50.89	10.2	13.4	86.6	80	100
N° 16	1.180	92.23	18.4	31.8	68.2	50	85
N° 30	0.600	104.76	21.0	52.8	47.2	25	60
N° 50	0.300	120.38	24.1	76.9	23.1	5	30
N° 100	0.150	66.44	13.3	90.1	9.9	0	10
N° 200	0.075	31.35	6.3	96.4	3.6	0	0
FONDO		17.92	3.6	100.0	0.0		
Módulo de fineza		450.73		2.68			
Abertura de malla de referencia				4.750			





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

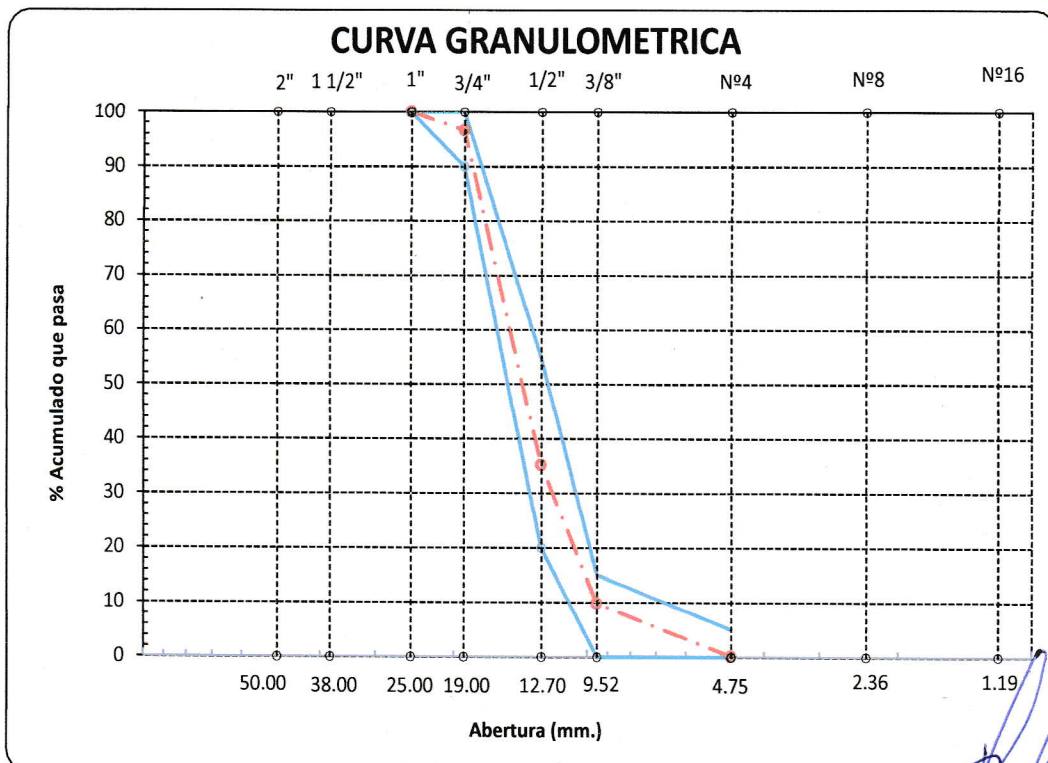
Ensayo: Analisis granulometrico por tamizado del agregado grueso
 Referencia: Norma ASTM C-136 ó NTP 400.012

Cantera : Tres Tomas

Chancadora: Bomboncito

P. Inicial S. 4485.3 g

Malla		Peso Ret. (g)	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
1 1/2"	38.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.00	154.00	3.4	3.4	96.6	90	100
1/2"	12.70	2756.00	61.4	64.9	35.1	20	55
3/8"	9.52	1138.00	25.4	90.3	9.7	0	15
N° 4	4.75	434.00	9.7	99.9	0.1	0	5
N° 8	2.36	1.80	0.0	100.0	0.0	0	0
N° 16	1.19	0.47	0.0	100.0	0.0	0	0
FONDO		1	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Máximo				1"			
Tamaño Máximo Nominal				3/4"			



Rivadeneira Obitas Henríquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

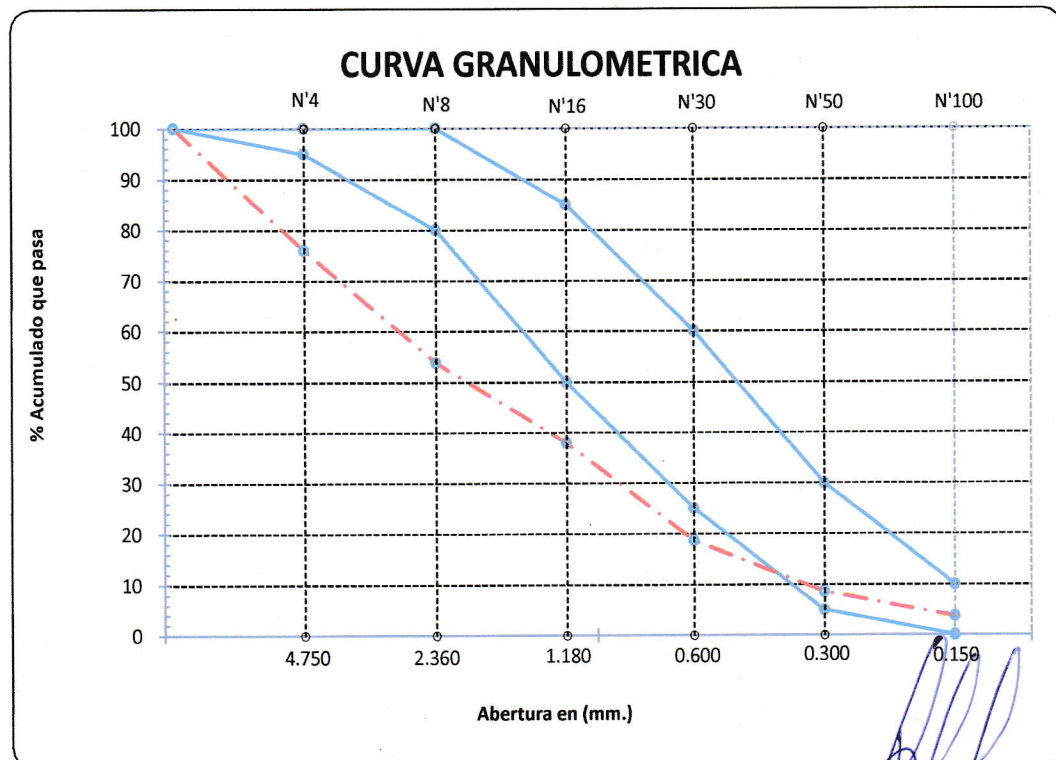
Ensayo: Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia: Norma ASTM C-136 o NTP 400.012

Cantera : Tres tomas

P. Inicial S. 500.0 g

Malla		Peso Ret. (g)	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 4	4.750	119.81	24.0	24.0	76.0	95	100
N° 8	2.360	111.34	22.3	46.2	53.8	80	100
N° 16	1.180	79.05	15.8	62.0	38.0	50	85
N° 30	0.600	96.63	19.3	81.4	18.6	25	60
N° 50	0.300	50.23	10.0	91.4	8.6	5	30
N° 100	0.150	24.44	4.9	96.3	3.7	0	10
N° 200	0.075	12.19	2.4	98.7	1.3	0	0
FONDO		6.31	1.3	100.0	0.0		
Módulo de fineza				4.01			
Abertura de malla de referencia				4.750			



Rivadeneira Oblitas, Jenni
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

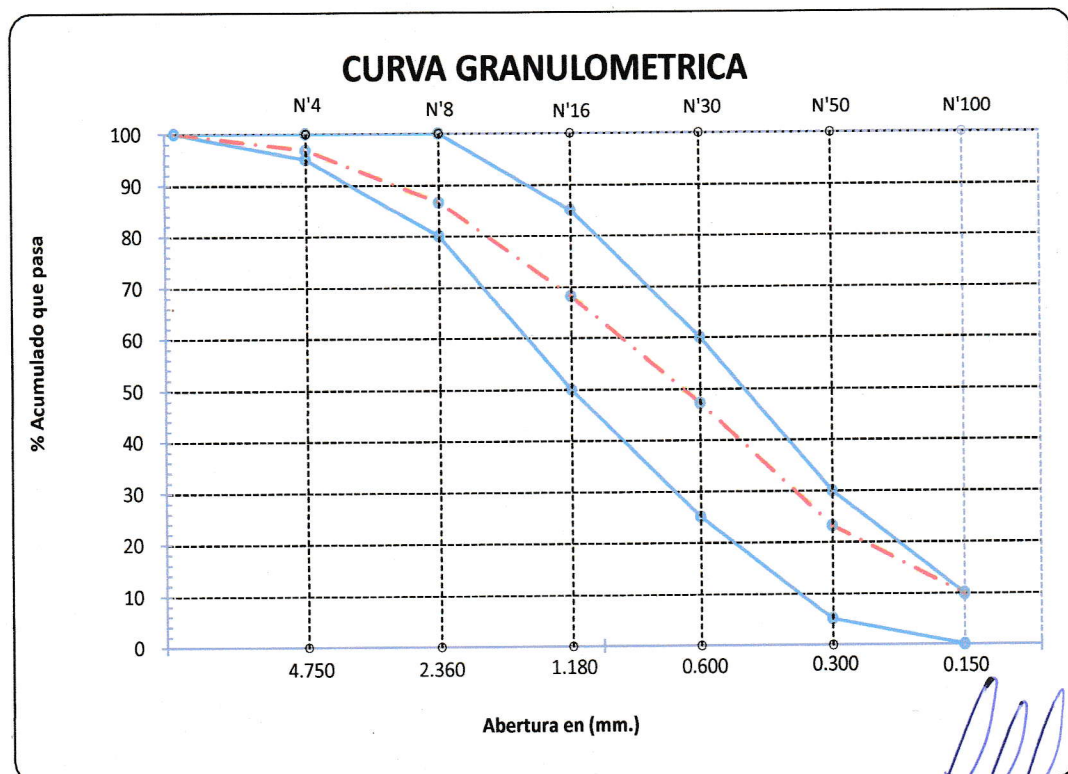
Ensayo: Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia: Norma ASTM C-136 o NTP 400.012

Cantera : La Victoria

P. Inicial S. 500.0 g

Malla		Peso Ret. (g)	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 4	4.750	16.03	3.2	3.2	96.8	95	100
N° 8	2.360	50.89	10.2	13.4	86.6	80	100
N° 16	1.180	92.23	18.4	31.8	68.2	50	85
N° 30	0.600	104.76	21.0	52.8	47.2	25	60
N° 50	0.300	120.38	24.1	76.9	23.1	5	30
N° 100	0.150	66.44	13.3	90.1	9.9	0	10
N° 200	0.075	31.35	6.3	96.4	3.6	0	0
FONDO		17.92	3.6	100.0	0.0		
Módulo de fineza		450.73		2.68			
Abertura de malla de referencia				4.750			





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

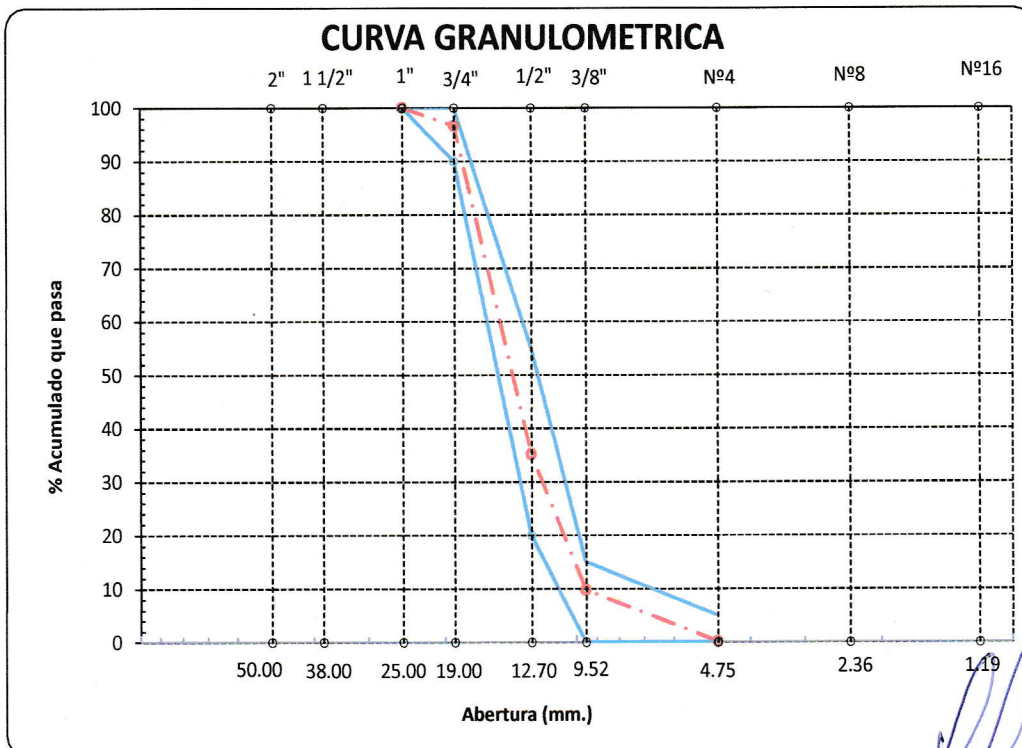
Ensayo: Analisis granulometrico por tamizado del agregado grueso

Referencia: Norma ASTM C-136 ó NTP 400.012

Cantera : Tres Tomas

P. Inicial S. 4485.3 g

Malla		Peso Ret. (g)	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que pasa)	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)						
2"	50.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
1 1/2"	38.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.00	154.00	3.4	3.4	96.6	90	100
1/2"	12.70	2756.00	61.4	64.9	35.1	20	55
3/8"	9.52	1138.00	25.4	90.3	9.7	0	15
N° 4	4.75	434.00	9.7	99.9	0.1	0	5
N° 8	2.36	1.80	0.0	100.0	0.0	0	0
N° 16	1.19	0.47	0.0	100.0	0.0	0	0
FONDO		1	0.0	100.0	0.0		
Tamaño Máximo				1"			
Tamaño Máximo Nominal				3/4"			





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Peso unitario del agregado grueso
 Referencia: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

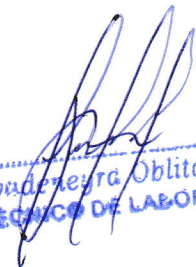
Cantera : Tres Tomas

A. PESO UNITARIO SUELTO

1. Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18010	18012
2. Peso del recipiente	(gr.)	10096	10096
3. Peso del material		7914	7916
4. Volumen del recipiente	m ³	0.00559	0.00559
5. Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1416.13	
6. Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1411.45	

B. PESO UNITARIO COMPACTADO

1. Peso de la muestra compactada + recipiente	(gr.)	18794	18776
2. Peso del recipiente	(gr.)	10096	10096
3. Peso del material		8698	8680
4. Volumen del recipiente	m ³	0.00559	0.00559
5. Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1554.62	
6. Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1549.47	


 Rivas Herrera Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra:
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Contenido de humedad del agregado grueso
 Referencia: Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Tres Tomas

C. CONTENIDO DE HUMEDAD

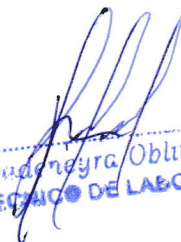
1. Peso de la muestra húmeda	(gr.)	5000	5000
2. Peso de la muestra seca	(gr.)	4984	4983
4. Contenido de humedad	(%)	0.32	0.34
5. Contenido de humedad promedio	(%)	0.33	

Ensayo: Contenido de humedad del agregado fino
 Referencia: Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Tres Tomas

C. CONTENIDO DE HUMEDAD

1. Peso de la muestra húmeda	(gr.)	500	500
2. Peso de la muestra seca	(gr.)	496.26	497.7
4. Contenido de humedad	(%)	0.75	0.46
5. Contenido de humedad promedio	(%)	0.61	


 RIVERA NEYRA Oblitas Jenny
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra:
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Peso específico y absorción del agregado grueso
 Referencia: Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

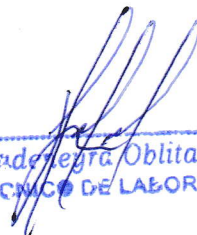
Cantera : Tres Tomas

A.- Datos de la grava

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1982	1986
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1993	1995
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2155	2156
4.- Peso de la canastilla	(g)	900	900
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1255	1256

B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.686	2.687
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.701	2.700
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.726	2.721
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PROMEDIO	(%)	0.50	


 RIVERA OBLITAS JENY
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Ag
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Peso específico y absorción del agregado fino

Referencia: Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

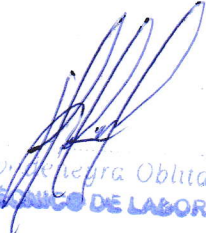
Cantera : La Victoria

A.- Datos de la arena

1.- Peso de la muestra Sat Sup Seca	(g)	500.0
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	944.7
3.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	637.9
4.- Peso del Agua	(g)	306.8
5.- Peso del Frasco	(g)	137.9
6.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	634.1
7.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496.2
8.- Volumen del frasco	(cm ³)	500.0

B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.569
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.620
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.620
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.76


 RIV. [Nombre] Oblitas, Jent
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: 20-Marzo/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Peso unitario del agregado fino
 Referencia: Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017


Cantera : La Victoria

A. PESO UNITARIO SUELTO

1. Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18640	18641
2. Peso del recipiente	(gr.)	10165	10165
3. Peso del material		8475	8476
4. Volumen del recipiente	m ³	0.00559	0.00559
5. Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1516.42	
6. Peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1507.20	

B. PESO UNITARIO COMPACTADO

1. Peso de la muestra compactada + recipiente	(gr.)	19620	19610
2. Peso del recipiente	(gr.)	10165	10165
3. Peso del material		9455	9445
4. Volumen del recipiente	m ³	0.00559	0.00559
5. Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1690.77	
6. Peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1680.50	


 RIVERA OBLITAS HENRY
 TÉCNICO DE LABORATORIO




UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: Junio/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Contenido de aire del concreto
 Referencia: NTP 339.080

MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE TEÓRICO (%)	CONTENIDO DE AIRE IN SITU (%)
PATRÓN	2.00%	1.40%
ADICIÓN AL 5%	2.00%	1.40%
ADICIÓN AL 10%	2.00%	1.35%
ADICIÓN AL 15%	2.00%	1.35%


 RIVERA OBLITAS HENRI
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°:

Junio/ USAT

Solicitante

Elisa Odalis Benavides Altamirano

Atención

Laboratorio de materiales USAT

Obra

Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados

Lugar

Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

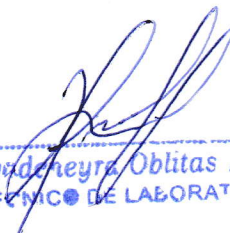
Ensayo:

Exudación del concreto

Referencia:

NTP 339.080

EXUDACION ACUMULADA (ml)	PATRÓN	ADICIÓN AL 5%	ADICIÓN AL 10%	ADICIÓN AL 15%
10 MIN	0	0	0	0.5
20 MIN	0.5	1	1	1
30 MIN	3	3	4	4
40 MIN	4	4	4.5	4.5
70 MIN	5.5	6	6	6.5
100 MIN	6	6.5	6.5	7
AGUA TOTAL (ml)	6	6.5	6.5	7
VOL. DE AGUA EN MOLDE (mL)	610	610	610	610
EXUDACION (%)	0.98%	1.07%	1.07%	1.15%


 Rivaldo Obliatas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL

Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: Junio/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

Ensayo: Resistencia a la compresión del concreto

Referencia: NTP 339.034

Mezcla	Fecha		Edad (días)	Ø (cm)	Área (cm ²)	Long (cm)	Cargas			Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kgf	kg/cm ²	Porcentaje	kg/cm ²	%
Patrón	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	26923.00	148.37	70.65%	152.55	72.64%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	28663.00	157.96	75.22%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	27457.80	151.32	72.06%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	37627.00	207.36	98.74%	208.29	99.18%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	37080.00	204.34	97.31%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	38680.00	213.16	101.51%		
5% de adición	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	23489.90	129.45	61.64%	126.13	60.06%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	23197.10	127.84	60.87%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	21976.00	121.11	57.67%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	35320.00	194.65	92.69%	193.48	92.13%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	32620.00	179.77	85.60%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	37387.00	206.04	98.11%		
10% de adición	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	21197.10	116.82	55.63%	107.87	51.37%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	18927.40	104.31	49.67%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	18597.60	102.49	48.80%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	32300.00	178.00	84.76%	177.60	84.57%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	29451.50	162.30	77.29%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	34928.00	192.48	91.66%		
15% de adición	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	16934.20	93.32	44.44%	97.28	46.32%
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	17605.20	97.02	46.20%		
	18/05/2019	25/05/2019	7	15.2	181.46	30.4	18415.20	101.48	48.33%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	29451.50	162.30	77.29%	157.03	74.77%
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	27840.00	153.42	73.06%		
	13/05/2019	10/05/2019	28	15.2	181.46	30.4	28190.00	155.35	73.98%		

Rivadeneyra Obutas S.A.
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

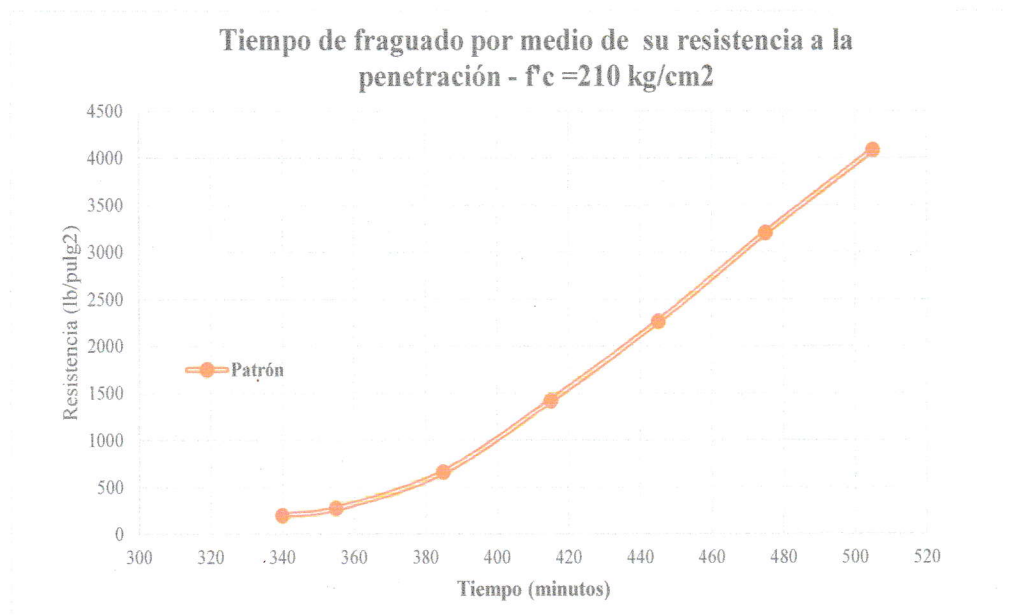
Expediente N°: Junio/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

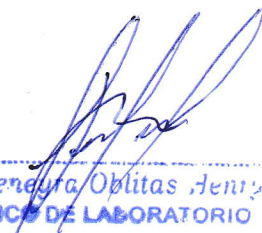
Ensayo: Tiempo de fraguado por penetración
 Referencia: NTP 339.082 y ASTM C403

Mezcla: Patrón

Hora de inicio: 10:20 a.m. **Fraguado inicial:** 375 min
Temperatura ambiente: 23.4 °C **Fraguado Final:** 505 min
Temperatura de la mezcla: 25.4 °C **Tiempo de fraguado:** 130 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
16:00	5:40	340	1	1	200	200
16:15	5:55	355	2	0.5	137	274
16:45	6:25	385	3	0.25	165	660
17:15	6:55	415	4	0.1	142	1420
17:45	7:25	445	5	0.05	113	2260
18:15	7:55	475	6	0.025	80	3200
18:45	8:25	505	6	0.025	102	4080




 Rivadeneira Oblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: Junio/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

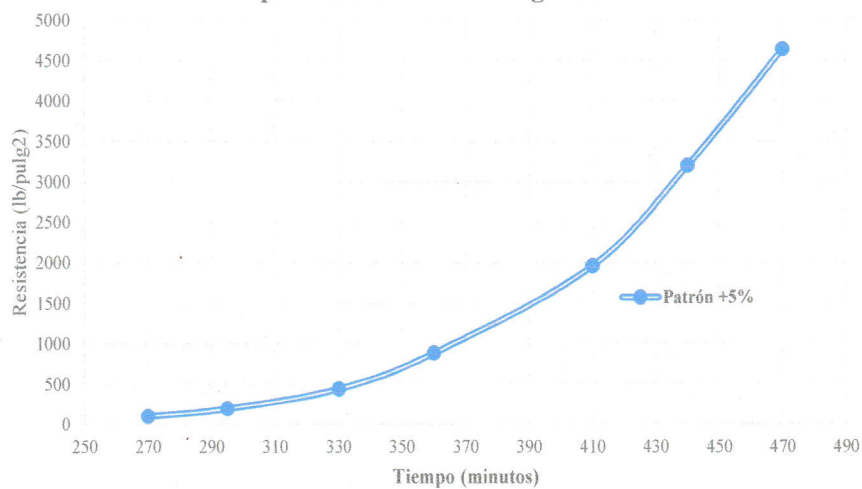
Ensayo: Tiempo de fraguado por penetración
 Referencia: NTP 339.082 y ASTM C403

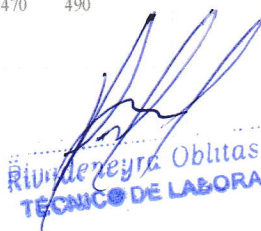
Mezcla: Patrón +5%

Hora de inicio: 13:30 p.m. Fraguado inicial: 335 min
 Temperatura ambiente: 23.5°C Fraguado Final: 455 min
 Temperatura de la mezcla: 25.8 °C Tiempo de fraguado: 120 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
18:00	4:30	270	1	1	102	102
18:25	4:55	295	2	0.5	98	196
19:00	5:30	330	3	0.25	110	440
19:30	6:00	360	4	0.1	88	880
20:20	6:50	410	5	0.05	98	1960
20:50	7:20	440	6	0.025	80	3200
21:20	7:50	470	6	0.025	116	4640

Tiempo de fraguado por medio de su resistencia a la penetración - $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$




 RIVERA Oblitas Jero
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: Junio/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

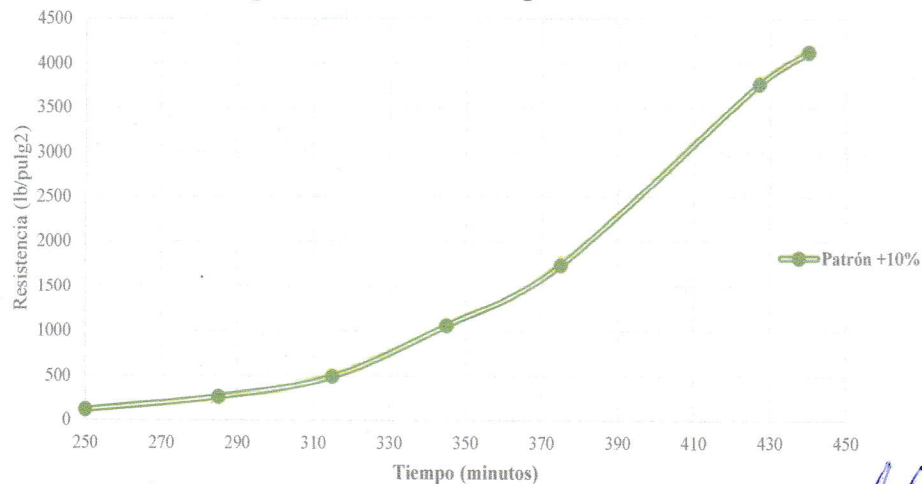
Ensayo: Tiempo de fraguado por penetración
 Referencia: NTP 339.082 y ASTM C403

Mezcla: Patrón +10%

Hora de inicio: 12:30 p.m. **Fraguado inicial:** 315 min
Temperatura ambiente: 23.7 °C **Fraguado Final:** 435 min
Temperatura de la mezcla: 27 °C **Tiempo de fraguado:** 120 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
16:40	4:10	250	1	1	117	117
17:15	4:45	285	2	0.5	132	264
17:45	5:15	315	3	0.25	123	492
18:15	5:45	345	4	0.1	106	1060
18:45	6:15	375	5	0.05	87	1740
19:37	7:07	427	6	0.025	94	3760
19:50	7:20	440	6	0.025	103	4120

Tiempo de fraguado por medio de su resistencia a la penetración - $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10 \%$



Rivadeneira Oblitas, J. L.
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: Junio/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

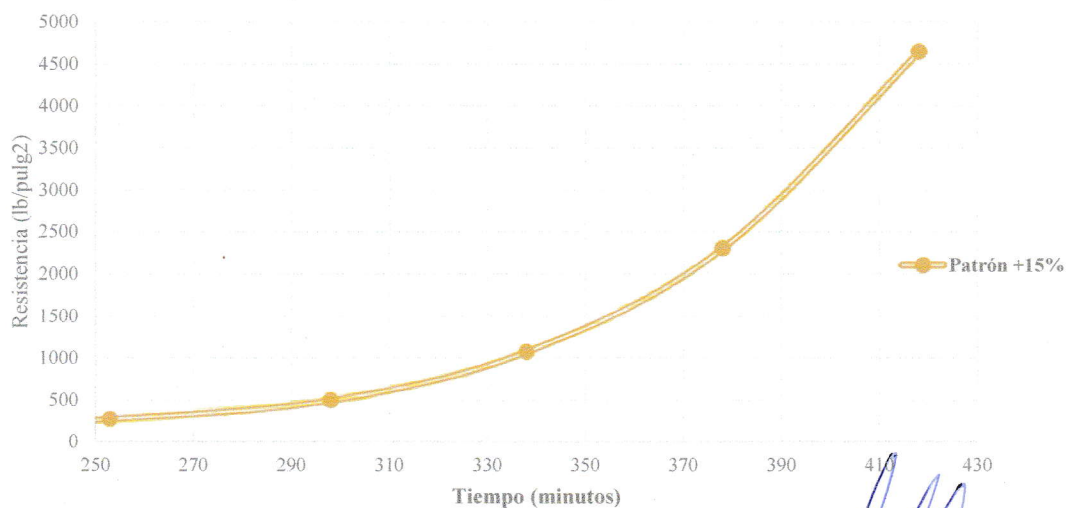
Ensayo: Tiempo de fraguado por penetración
 Referencia: NTP 339.082 y ASTM C403

Mezcla: Patrón +15%

Hora de inicio: 11:42 a.m. **Fraguado inicial:** 300 min
Temperatura ambiente: 23.9 °C **Fraguado Final:** 395 min
Temperatura de la mezcla: 28.4° C **Tiempo de fraguado:** 95 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
15:20	3:38	218	1	1	180	180
15:55	4:13	253	2	0.5	133	266
16:40	4:58	298	3	0.25	123	492
17:20	5:38	338	4	0.1	107	1070
18:00	6:18	378	5	0.05	115	2300
18:40	6:58	418	6	0.025	116	4640

Tiempo de fraguado por medio de su resistencia a la penetración - f'c = 210 kg/cm² + 15 %



Rivindreyca Obitas Henz
TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 855 Chiclayo - Perú

Formato interno

Expediente N°: Junio/ USAT
 Solicitante: Elisa Odalis Benavides Altamirano
 Atención: Laboratorio de materiales USAT
 Obra: Concreto con residuos cerámicos de la empresa Mochica Ladrillos y Agregados
 Lugar: Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque

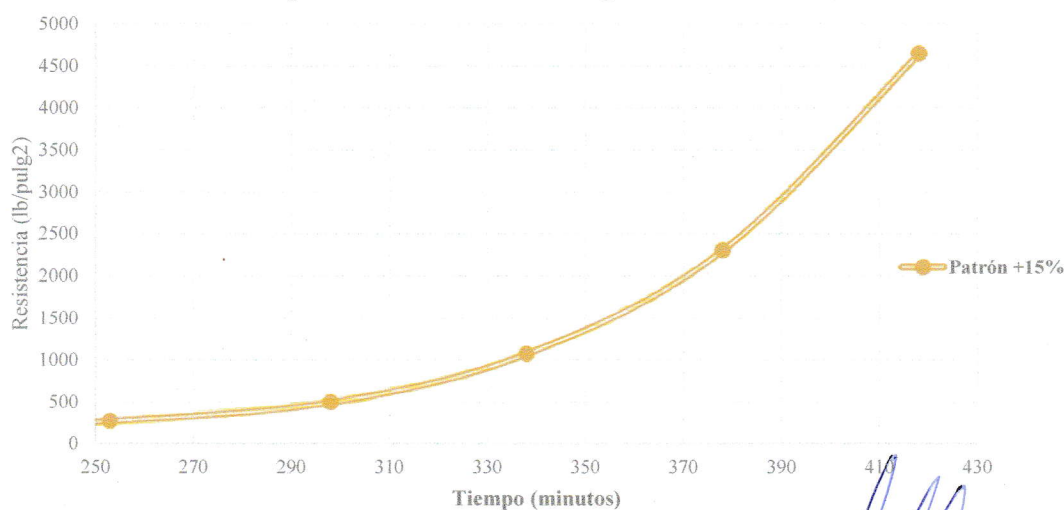
Ensayo: Tiempo de fraguado por penetración
 Referencia: NTP 339.082 y ASTM C403

Mezcla: Patrón +15%

Hora de inicio: 11:42 a.m. **Fraguado inicial:** 300 min
Temperatura ambiente: 23.9 °C **Fraguado Final:** 395 min
Temperatura de la mezcla: 28.4° C **Tiempo de fraguado:** 95 min

HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO		NUMERO DE LA AGUJA	ÁREA DE AGUJA (pulg ²)	FUERZA (Lb)	RESISTENCIA
	HORAS	MINUTOS				
15:20	3:38	218	1	1	180	180
15:55	4:13	253	2	0.5	133	266
16:40	4:58	298	3	0.25	123	492
17:20	5:38	338	4	0.1	107	1070
18:00	6:18	378	5	0.05	115	2300
18:40	6:58	418	6	0.025	116	4640

Tiempo de fraguado por medio de su resistencia a la penetración - f'c = 210 kg/cm² + 15 %



RIVERA MEYER Obdilas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

ANÁLISIS QUÍMICO MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE DISPERSIÓN DE RAYOS X (EDS)

SOLICITANTE: ELISA ODALIS BENAVIDES ALTAMIRANO

MUESTRA: LADRILLO DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y CERAMICOS EIRL

PROYECTO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO UTILIZANDO RESIDUOS DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y CERAMICOS EIRL – LAMBAYEQUE 2018

UBICACIÓN: SAN JOSE – LAMBAYEQUE – PERU

ELEMENTOS	OXIDO	OXIDOS(%)
Na	Na ₂ O	0.04
Mg	MgO	0.22
Al	Al ₂ O ₃	36.44
Si	SiO ₂	49.02
K	K ₂ O	0.01
Ca	CaO	6.30
Fe	FeO	7.14
Ni	NiO	0.40
S	SO ₂	0.43
TOTAL		100 %

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422**

PROYECTO: RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO UTILIZANDO
RESIDUOS DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y CERAMICOS EIRL – LAMBAYEQUE 2018

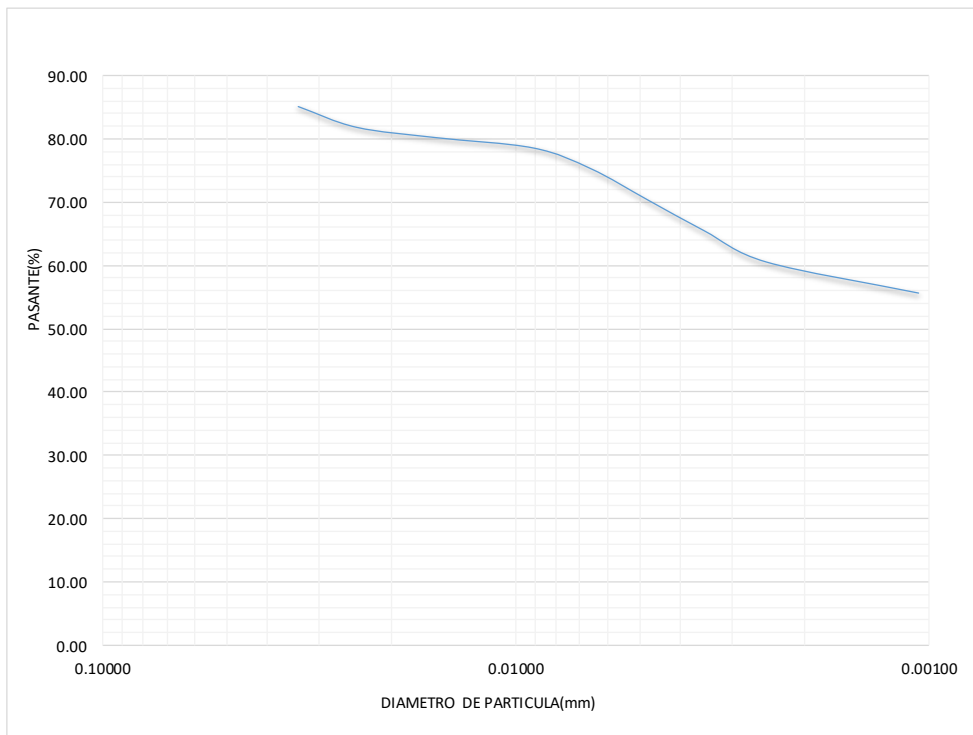
SOLICITANTE: ELISA ODALIS BENAVIDES ALTAMIRANO

UBICACIÓN: SAN JOSE – LAMBAYEQUE – PERU

MUESTRA: C-1

Hora de inicio:	11:00 a.m.	Masa del suelo:	60
Cm(g/ml):	1	Gravedad específica:	2.73
Lectura en defloculante:	5	Coeficiente "a":	0.983

TIEMPO(min)	R'	R	T (°C)	Ct	Cd	% QUE PASA	Rcp	L	K	D(mm)
1	57	58	23	0.9	6.9	85.15	52.0	6.8	0.01288	0.03359
2	55	56	23	0.9	6.9	81.88	50.0	7.1	0.01288	0.02427
5	54	55	23	0.9	6.9	80.24	49.0	7.3	0.01288	0.01556
15	53	54	23	0.9	6.9	78.60	48.0	7.4	0.01288	0.00905
30	51	52	23	0.9	6.9	75.33	46.0	7.8	0.01288	0.00657
60	48	49	23	0.9	6.9	70.42	43.0	8.3	0.01288	0.00479
120	45	46	23	0.9	6.9	65.50	40.0	8.8	0.01288	0.00349
250	42	43	23	0.9	6.9	60.59	37.0	9.2	0.01288	0.00247
1440	39	40	23	0.9	6.9	55.68	34.0	9.7	0.01288	0.00106



ANÁLISIS QUÍMICO MEDIANTE ESPECTROSCOPIA DE DISPERSIÓN DE RAYOS X (EDS)

SOLICITANTE: ELISA ODALIS BENAVIDES ALTAMIRANO

MUESTRA: LADRILLO DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y CERAMICOS EIRL

PROYECTO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO UTILIZANDO RESIDUOS DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y CERAMICOS EIRL – LAMBAYEQUE 2018

UBICACIÓN: SAN JOSE – LAMBAYEQUE – PERU

ELEMENTOS	OXIDO	OXIDOS(%)
Na	Na ₂ O	0.04
Mg	MgO	0.22
Al	Al ₂ O ₃	36.44
Si	SiO ₂	49.02
K	K ₂ O	0.01
Ca	CaO	6.30
Fe	FeO	7.14
Ni	NiO	0.40
S	SO ₂	0.43
TOTAL		100 %

Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
 ING. DE MATERIALES
 R. CIP. N° 197384



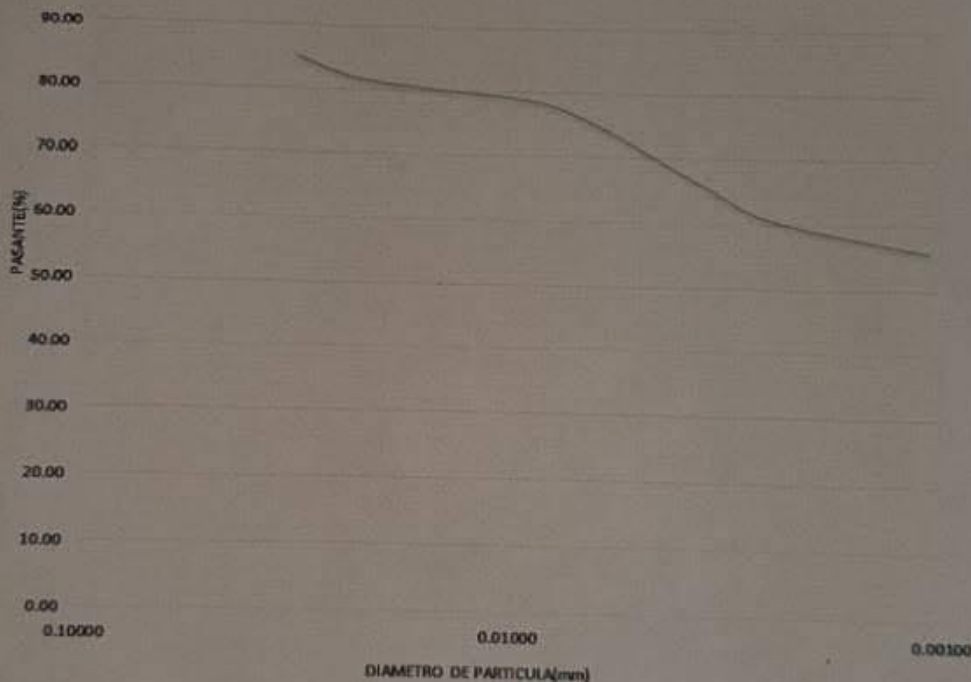


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO UTILIZANDO
RESIDUOS DE LA EMPRESA MOCHICA LADRILLOS Y CERÁMICOS EIRL - LAMBAYEQUE 2018
SOLICITANTE: ELISA ODALIS BENAVIDES ALTAMIRANO
UBICACIÓN: SAN JOSÉ - LAMBAYEQUE - PERÚ
MUESTRA: C-1

Hora de inicio: 11:00 a.m. Masa del suelo: 60
Cm(g/ml): 1 Gravedad específica: 2.73
Lectura en defloculante: 5 Coeficiente "a": 0.983

TIEMPO(min)	R'	R	T (°C)	Ct	Cd	% QUE PASA	Rcp	L	K	D(mm)
1	57	58	23	0.9	6.9	85.15	52.0	6.8	0.01288	0.03359
2	55	56	23	0.9	6.9	81.88	50.0	7.1	0.01288	0.02427
5	54	55	23	0.9	6.9	80.24	49.0	7.3	0.01288	0.01556
15	53	54	23	0.9	6.9	78.60	48.0	7.4	0.01288	0.00905
30	51	52	23	0.9	6.9	75.33	46.0	7.8	0.01288	0.00657
60	48	49	23	0.9	6.9	70.42	43.0	8.3	0.01288	0.00479
120	45	46	23	0.9	6.9	65.50	40.0	8.8	0.01288	0.00349
250	42	43	23	0.9	6.9	60.59	37.0	9.2	0.01288	0.00247
1440	39	40	23	0.9	6.9	55.68	34.0	9.7	0.01288	0.00106



Jorge Alejandro Barraltes Villanueva
Jorge Alejandro Barraltes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

DESCRIPCIÓN

Material silico-aluminoso obtenido de residuos de ladrillo sometidos a un proceso de trituración para alcanzar la granulometría específica y homogeneidad. Este producto reacciona con el hidróxido de calcio contenido en materiales cementantes y el agua de manera que fragua. De acuerdo con la ASTM C618, este producto es clasificado como una puzolana.

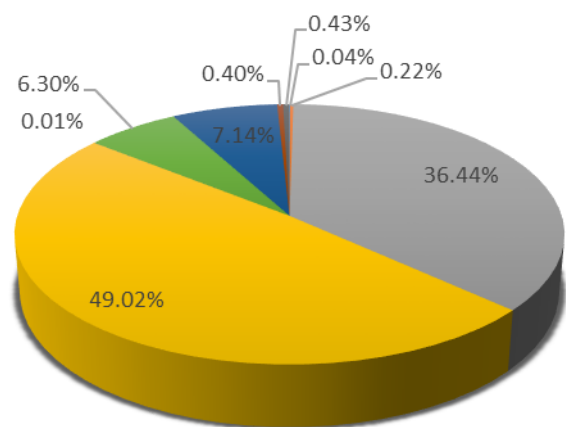
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

- Aspecto: Polvo
- Color: terracota
- Peso específico: 2730 kg/cm³
- Tamaño máximo: 33.6 μm



CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

ÓXIDOS	PORCENTAJE
Na ₂ O	0.04%
MgO	0.22%
Al ₂ O ₃	36.44%
SiO ₂	49.02%
K ₂ O	0.01%
CaO	6.30%
FeO	7.14%
NiO	0.40%
SO ₂	0.43%



CAMPO DE APLICACIÓN

Existen múltiples usos para las puzolanas, la manera más destacada para su utilización se encuentra en la fabricación del concreto. Este producto confiere las siguientes propiedades al concreto:

- Incremento en la resistencia a la compresión
- Reduce el calor de hidratación

La causa de estas mejoras se denomina “efecto puzolánico” en el concreto. Los principales componentes presentes en las puzolanas, reaccionan con el hidróxido de calcio libre en el cemento y agua, de esta manera, se genera una reacción lenta que disminuye el calor de hidratación. Cuando se realiza esta reacción, se rellenan los espacios resultantes dentro del concreto. De esta manera la resistencia mecánica aumenta.

DOSIFICACIÓN

Para la elaboración de concreto se debe reemplazar el 10% del contenido de cemento para concretos con resistencia de 210 kg/cm².

MÉTODO DE APLICACIÓN

El polvo de ladrillo deberá ser adicionado después de los demás componentes de concreto, inmediatamente después de verter el agua de mezclado. De esta manera se puede apreciar los cambios ligeros que genera la adición en la fluidez de la mezcla y no resulta necesario agregar más agua que la dosificación de mezcla patrón.

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Reciclaje de residuos inertes
- Fabricación de concreto con menor emisión de CO²

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

- Durante la manipulación de producto, se debe evitar el contacto directo con los ojos y las vías respiratorias.
- Usar guantes y anteojos de seguridad
- En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Protección
Respiratoria



Guantes
Impermeables



Protección
Ocular

ALMACENAMIENTO

Para mantener este producto en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco y separado del suelo.
- Proteger de la humedad o del aire húmedo.

POLVO DE LADRILLO- HOJA DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO

1. Identificación de la sustancia

Tipo de producto	Polvo de ladrillo
Usos:	Obras de Construcción en General



2. Información sobre los componentes

Descripción del producto:	Molienda de residuos de fabrica ladrillera
Componentes Riesgosos:	No contiene

3. Identificación de peligros

Peligros para la salud:	En condiciones normales de uso, no representa ningún riesgo para la salud. Sin embargo, cuando entra en contacto con la piel, ojos y vías respiratorias pueden causar desde molestias menores hasta silicosis.
Órganos Sensibles	Pulmones, piel, ojos y órganos internos.
Ojos	Evite el contacto con los ojos, este producto puede causar irritación de los ojos y afectar la visibilidad, asimismo, puede causar conjuntivitis, inflamación, dolor en los ojos.
Piel	Evite el contacto con la piel. La exposición del polvo de ladrillo puede irritar la piel de forma química.
Inhalación	Evitar la inhalación del polvo de ladrillo . La exposición aguda y crónica puede irritar el sistema respiratorio y provocar la constricción de los bronquios.
Ingestión	La ingestión del polvo de ladrillo puede causar irritación en la boca, garganta, esófago y estomago, junto con nauseas, vomito y diarrea.
Riesgos para el medio ambiente	No presenta riesgos hacia el medio ambiente, salvo la eventual generación de polvo en caso de derrame.

4. Medidas de primeros Auxilios

Contacto con los ojos	Inmediatamente enjuague los ojos con abundante agua durante por lo menos 15 minutos.
Contacto con la piel	Lave cuidadosamente las áreas afectadas con agua y jabón. Consulte al medico si persiste la irritación y enrojecimiento.
Inhalación	En caso se inhale una gran cantidad de polvo de ladrillo, debe trasladarse a la persona afectada a un lugar donde haya aire puro. En caso se produzca asfixia con paro respiratorio, emplear el método de reanimación cardiopulmonar (RCP). Consulte al medico lo antes posible.
Ingestión	Si se ingiere, debe consultar a su medico de inmediato. Beber abundante agua para diluir las partículas causticas que pueden haber llegado a los conductos respiratorios.

5. Medidas contra incendios

Propiedades de combustión	El producto, no es combustible ni explosivo.
Riesgos generales	Evitar respirar el polvo.

6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

Precauciones personales	Uso obligatorio de EPPs para el personal .
Precauciones ambientales	Se debe procurar evitar los derrames o exposición innecesaria del polvo de ladrillo al aire, esto puede generar un aumento de partículas en suspensión en el aire.
Método de limpieza	Generalmente no se necesita procedimientos de emergencia. En caso de derrames grandes se debe usar herramientas para colocar el producto en contenedores apropiados.

7. Manipulación y almacenamiento

Manejo	El producto debe de ser manejado con cuidado y seguridad usando el equipo apropiado. Se debe de minimizar la generación de polvo y la exposición prolongada y repetitiva al polvo.
Almacenamiento	Se recomienda almacenar en ambientes cerrados , secos y separados del suelo. Se debe de proteger de la humedad y del aire húmedo.

8. Control de exposición/ Protección Personal

Protección de cara y ojos	Para evitar el contacto con los ojos, para ello, se debe de utilizar lentes protectores apropiados, es decir, lentes de seguridad con laminas laterales.
Protección para la piel	Se debe tomar precauciones para proteger la piel. El contacto del polvo de ladrillo puede irritar la piel. Para ello, se debe de utilizar ropa impermeable, guantes y botas. Una vez terminado los
Protección del aparato respiratorio	Evite inhalar el polvo de ladrillo. Las altas concentraciones de este polvo tienen mucha concentración de sílice. La sobreexposición a esta sustancia es dañina para el aparato respiratorio, puede provocar desde irritaciones hasta silicosis. Por ello, es necesario la utilización de respiradores contra el polvo que cuenten con la aprobación del NIOSH y se debe de usar conforme a los requerimientos estipulados en 29CFR 1910.134.

9. Propiedades Físicas y Químicas

Apariencia:	Polvo color terracota
Olor:	Inodoro
Estado físico:	Sólido
Punto de fusión:	N/A
Punto de ebullición:	N/A
Límite de inflamación o	N/A
Gravedad específica:	2.73
Solubilidad en agua:	Baja

10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad Química	Los componentes de este producto son estables. Se deben de mantener en lugares secos hasta su uso. El polvo de ladrillo reacciona con el agua y el hidróxido de calcio libre en el cemento, de esta manera, forma compuestos hidratados duros.
Productos de composición riesgosa	El manejo de los productos secos pueden generar partículas de polvo respirables con altos contenidos de sílice.
Posibilidad e reacciones riesgosas	Ninguna

11. Consideraciones para su disposiciones

La eliminación del material residual se realizaran de acuerdo con las reglamentaciones . Se debe desechar en áreas de relleno o incinerador aprobados