



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Comportamiento frente a temperaturas elevadas del
mortero hidráulico con valva de concha de abanico**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

**Karen del Rosario Alama Sarango
Leslie Tatiana Chávez Vilela**

**Asesor:
Mgtr. Ing. Gaby Patricia Ruiz Petrozzi**

Piura, marzo de 2024



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Karen del Rosario Alama Sarango, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 72856834.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis¹ para optar el Título profesional² de Ingeniero Civil.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Leslie Tatiana Chávez Vilela, identificado con DNI N° 76418729
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Gaby Ruiz Petrozzi, identificado con DNI N° 02810251
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribir número
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 10/01/2024.


Firma del autor optante³

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

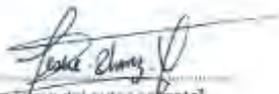
Yo, LESLIE TATIANA CHÁVEZ VILELA, egresado del Programa Académico de INGENIERIA CIVIL de la Facultad de INGENIERIA de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 76418729.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:
"Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico"
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis² para optar el Título profesional³ de Ingeniero Civil.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
 - Karen Del Rosario Alama Sarango, identificado con DNI N° 72856834
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribí número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribí número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribí número
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
 - Mgtr. Ing. Gaby Ruiz Petrozzi, identificado con DNI N° 02810251
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribí número
 - Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con DNI N° Escribí número
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/a la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 10/01/2024.



.....
Firma del autor declarante²

¹ Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

² Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

³ Indicar el DNI de la persona designada como representante.

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante en este viaje académico y por brindarme la fortaleza y la sabiduría, a mis padres, quienes han sido mi apoyo inquebrantable a lo largo de mi vida y a mis hermanos, cuya compañía han iluminado mi camino en los momentos más difíciles.

Karen del Rosario Alama Sarango

A Dios por guiarme durante todo este proceso, a mis padres y hermana por ser mi fortaleza y apoyo emocional.

Leslie Tatiana Chávez Vilela

Resumen

En general, una condición de incendio convencional puede generar temperaturas de hasta 400°C, aunque se puede tener condiciones particulares hasta 600°C. Si bien el concreto tiene capacidad de mantener su integridad en un rango de 200°C a 400°C (Covarrubias-Navarro & Ruvalcaba-Ayala, 2015), por encima de los 600°C empieza a agrietarse, llegando a la descomposición total a los 1200°C (Arioz, 2007). La presencia de la valva como agregado puede añadir una mayor condición de vulnerabilidad frente a las temperaturas elevadas, ya que, a temperaturas mayores a los 700°C, las valvas de moluscos se descomponen (Eziefula, Ezeh, & Eziefula, 2018). Por ello, la presente investigación se propone evaluar el comportamiento del mortero hidráulico con la incorporación de valvas en condiciones de temperaturas elevadas, de modo que se puedan advertir los riesgos y limitaciones en sus distintas aplicaciones en el campo de la construcción.

Para ello se fabricaron muestras de mortero con diferentes porcentajes de reemplazo de arena por valva (10%, 15%, 30% y 45%), manteniendo la granulometría constante y se curaron en agua durante 28 días. Estas muestras fueron posteriormente expuestas a temperaturas de 600°C, 800°C y 1000°C en un horno de fundición durante 2 horas, con períodos previos de calentamiento y enfriamiento lentos. Luego, se evaluó la resistencia a la compresión en contraste con muestras dejadas al aire, y se verificó la porosidad del mortero con medidas de absorción.

Los resultados de este estudio indican que el mortero con valva es capaz de soportar temperaturas de hasta 600°C con una disminución significativa en su capacidad de resistencia del 73% de la capacidad original, mientras que a mayores temperaturas se genera el deterioro completo del concreto por la transformación de la valva en óxido de calcio. A temperaturas superiores, la muestra se descompone completamente, por lo que deberá limitarse el uso para construcciones con riesgo de incendios que alcancen temperaturas mayores a 600°C.

Tabla de contenido

Introducción.....	12
Capítulo 1 Marco teórico.....	13
1.1 El agregado fino en el concreto	13
1.2 Residuo de concha de abanico (RCA)	13
1.3 Uso del residuo de las valvas en el concreto	14
1.4 Exposición al fuego y a elevadas temperaturas del concreto y del mortero	15
1.5 Transformaciones térmicas de los silicatos de calcio hidratados en el concreto	16
1.6 Transformación térmica del carbonato de calcio	17
Capítulo 2 Metodología experimental	20
2.1 Materias primas	20
2.1.1 <i>Cemento Portland tipos MS</i>	20
2.1.2 <i>Agregado fino</i>	20
2.1.3 <i>Residuo de conchas de abanico</i>	21
2.2 Caracterización del agregado y la valva.....	23
2.2.1 <i>Granulometría por tamizado</i>	24
2.2.2 <i>Peso unitario suelo y compactado</i>	24
2.2.3 <i>Gravedad específica</i>	25
2.2.4 <i>Absorción y humedad superficial</i>	25
2.2.5 <i>Humedad total</i>	26
2.3 Muestras evaluadas y diseño de la mezcla de control	26
2.4 Ensayos en el mortero endurecido.....	28
2.4.1 <i>Régimen de exposición a elevadas temperaturas</i>	28
2.4.2 <i>Ensayo de comprensión</i>	29
2.4.3 <i>Ensayo de porosidad y absorción</i>	29
Capítulo 3 Resultado y discusión	32
3.1 Integridad física.....	32
3.2 Ensayos de absorción y absorción máxima	34
3.3 Resistencia a la comprensión.....	36
3.4 Tipos de falla	38

Conclusiones	39
Referencias	40
Apéndices	42
Apéndice A Tipos de falla	43
Apéndice A1 MP (0%) temperatura ambiente.....	43
Apéndice A2 Fallas de muestras patrón a 600 °C	44
Apéndice A3 Fallas de muestras patrón a 800 °C	45
Apéndice A4 Fallas de muestras patrón a 1000 °C	46
Apéndice A5 Fallas de muestra 1 con 10% de reemplazo a temperatura ambiente	47
Apéndice A6 Fallas de muestra 1 con 10% de reemplazo a 600 °C.....	48
Apéndice A7 Fallas de muestra 2 con 15% de reemplazo a temperatura ambiente	49
Apéndice A8 Fallas de muestra 2 con 15% de reemplazo a 600 °C.....	50
Apéndice A9 Fallas de muestra 3 con 30% de reemplazo a temperatura ambiente	51
Apéndice A10 Fallas de muestra 3 con 30% de reemplazo a 600 °C	52
Apéndice A11 Fallas de muestra 4 con 45% de reemplazo a temperatura ambiente.....	53
Apéndice A12 Fallas de muestra 4 con 45% de reemplazo a 600 °C	54
Anexos	55
Anexo A Ensayos de laboratorio.....	56
Anexo A1 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a temperatura ambiente	56
Anexo A2 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a 600°C.....	57
Anexo A3 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a 800°C.....	58
Anexo A4 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a 1000°C.....	59
Anexo A5 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M1 con 10% de reemplazo de valva de concha de abanico	60
Anexo A6 Ensayo de resistencia a la compresion de morteros usando especímenes cubicos expuestos a 600°C de la M1 con 10% de reemplazo de valva de concha de abanico	61

Anexo A7	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M2 con 15% de reemplazo de valva de concha de abanico	62
Anexo A8	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a 600°C de la M2 con 15% de reemplazo de valva de concha de abanico	63
Anexo A9	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M3 con 30% de reemplazo de valva de concha de abanico	64
Anexo A10	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a 600°C de la M3 con 30% de reemplazo de valva de concha de abanico	65
Anexo A11	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M4 con 45% de reemplazo de valva de concha de abanico	66
Anexo A12	Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a 600°C de la M4 con 45% de reemplazo de valva de concha de abanico	67
Anexo A13	Ensayo de análisis granulométrico.....	68

Lista de tablas

Tabla 1	Efectos térmicos en la pasta de cemento y del hormigón, así como las manifestaciones externas del concreto frente a temperaturas elevadas	17
Tabla 2	Propiedades físicas y químicas del cemento Portland MS.....	20
Tabla 3	Parámetros físicos del agregado y de la valva de la concha de abanico usados en la presente investigación	23
Tabla 4	Dosificación de las mezclas evaluadas en la presente investigación (gramos para 1 litro de mortero). La cantidad de agua ya considera la corrección por absorción. Las cantidades se muestran en estado SSD.....	27
Tabla 5	Cuadro resumen de las propiedades del mortero de control y con valvas medidas a temperatura ambiente (T.A.) y a 600°C para una edad de 28 días	34

Lista de figuras

Figura 1	Detalle de la anatomía de la concha de abanico.....	14
Figura 2	Análisis termogravimétrico del cemento endurecido.....	16
Figura 3	Pérdida de masa (% en peso) y primer derivado de TG de valvas de moluscos comparadas con el yeso (mg/s)	19
Figura 4	Ubicación de la cantera Chulucanas y su localización en relación con la quebrada que le da origen	21
Figura 5	Ubicación de los botaderos de concha de abanico en la provincia de Sechura, al sur de Piura	21
Figura 6	Botadero de donde se han extraído las valvas para la presente investigación.....	22
Figura 7	Lavado manual, con agua y esponja, de la concha de abanico.....	22
Figura 8	Trituración de la concha bajo dos modalidades: (a) con la barra de acero en moldes de acero y (b) usando un molino manual	23
Figura 9	Tamizado del agregado y de la valva triturada usando las mallas N° 4 y N° 16.....	24
Figura 10	Ensayo peso unitario (a) compactado y (b) suelto, tanto del agregado como de la valva	24
Figura 11	Ensayo de gravedad específica en los agregados y en la valva	25
Figura 12	Ensayo de humedad: (a) Arena en condición saturada y (b) Arena en condición saturada superficialmente seca	26
Figura 13	Mezcla del material usando una mezcladora de mortero	27
Figura 14	Elaboración de muestras en cubos y cilindros	28
Figura 15	Muestras de mortero colocadas en el interior del horno para ser sometida a elevadas temperaturas	28
Figura 16	Muestras después de ser sacadas del horno y antes de ser sometidas al ensayo de compresión	29
Figura 17	Muestra en la máquina de compresión durante el ensayo	29
Figura 18	Muestras colocadas al horno a 110°C	30
Figura 19	Muestras cilíndricas de mortero con valvas en ebullición durante el ensayo de absorción máxima	31
Figura 20	Muestras cilíndricas colocadas en la canastilla y sumergidas en agua para medir el peso sumergido durante el ensayo de absorción máxima	31

Figura 21	Muestras de concreto patrón (MP) y con valvas (M1, M2, M3 y M4) inmediatamente después de ser sometidas a temperaturas elevadas	32
Figura 22	Muestras M2 y M4 expuestas a 800°C, donde se aprecia un cambio significativo en su estructura	33
Figura 23	M1 y M2 expuestas a 1000°C donde se aprecia la desintegración de su estructura	34
Figura 24	Absorción después de inmersión y ebullición a T°amb (25°C) y a 600°C	35
Figura 25	Porcentajes de porosidad de las muestras a T°amb (25°C) y a 600°C	36
Figura 26	Resistencia a la compresión a la edad de 28 días para las muestras de concreto para cada temperatura	37
Figura 27	Tipos de falla según NTP 339.034.....	38

Introducción

El concreto es un material ampliamente utilizado en la construcción debido a sus características de durabilidad y resistencia. Sin embargo, para hacerlo más sostenible y amigable con el medio ambiente, se han llevado a cabo investigaciones enfocadas en la incorporación de materiales alternativos. Uno de esos materiales prometedores es la valva de concha de abanico, que proviene de la industria pesquera y ha mostrado tener propiedades mecánicas y químicas que sugieren su potencial como sustituto del agregado fino en un concreto tradicional.

Antes de implementar a gran escala esta innovación, es fundamental comprender cómo se comporta el concreto combinado con valvas de concha de abanico en condiciones diferentes a las convencionales, como aquellas relacionadas con la exposición a temperaturas elevadas. En condiciones normales de incendios en edificaciones, las temperaturas pueden llegar a superar los 400°C, por lo que la exposición a estos niveles de temperatura puede ser de interés.

Para evaluar el desempeño del concreto se enfocará únicamente la respuesta mecánica a través de la resistencia a la compresión, pues este parámetro es clave para determinar la capacidad de carga y la durabilidad del concreto en condiciones extremas. Al estudiar la respuesta mecánica y la estructura interna del concreto en estas condiciones, se obtendrá información valiosa para comprender su viabilidad en aplicaciones estructurales.

La tesis se organiza en tres capítulos. En el primero se presenta una síntesis teórica de conceptos claves para el agregado fino y la valva de concha de abanico, ya que es importante conocer la influencia de su forma y textura, capacidad de absorción y granulometría, y las reacciones químicas de los materiales al ser sometidas a temperaturas elevadas.

En el segundo capítulo se describe detalladamente la metodología experimental utilizada para llevar a cabo la exposición del concreto a diferentes temperaturas.

En el tercer capítulo, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de exposición a altas temperaturas, que incluyen la integridad del material y las características de porosidad asociadas como variables que expliquen las transformaciones del concreto en estas condiciones. Aquí, se discute cómo las valvas de concha de abanico afectan la capacidad del concreto para resistir las temperaturas elevadas.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de los hallazgos de la investigación. Se incluyen sugerencias para futuras investigaciones y mejoras en el uso de valvas de concha de abanico en la industria del concreto.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1 El agregado fino en el concreto

Según la NTP 400.011 se define como el agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 in.) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

El agregado fino influye de manera muy significativa en las propiedades del concreto ya sea en estado fresco o endurecido. Las propiedades más importantes que tienen influencia en este son:

- **Forma y textura:** Esta propiedad afecta directamente en la trabajabilidad. La forma que más beneficia a la trabajabilidad es la redondeada ya que permite a las partículas fluir entre sí, sin existencia de fricción, siempre que la textura no sea muy rugosa. Sin embargo, se debe tener cuidado ya que entre más trabajable y fluida es la mezcla, mejor acomodo del concreto en los moldes, pero un exceso podría producir problemas de segregación y comprometer la resistencia a la compresión.
- **Capacidad de absorción:** La propiedad del concreto en estado fresco que más afecta es la trabajabilidad ya que, si las partículas del agregado absorben más cantidad de humedad, la trabajabilidad disminuye, lo que hace más difícil obtener una pasta de concreto deseada. Así mismo, podría afectar la resistencia y durabilidad una vez el concreto esté endurecido.
- **Granulometría:** Es una característica importante debido a que determina los requerimientos de la pasta para lograr un concreto trabajable (NTP 400.012). Al evaluar la granulometría en un agregado fino se debe tener en cuenta 2 cosas: El módulo de finura y la continuidad del tamaño de sus partículas, ya que si solo se analiza el módulo de finura se estaría frente a dos situaciones; arenas gruesas (con MF mayor a 3.1) lo que ocasiona una mezcla poco trabajable, así como arena fina (con MF menor a 2.2), donde se obtenga una mezcla más pastosa.

1.2 Residuo de concha de abanico (RCA)

La concha de abanico, conocida científicamente como *Argopecten Purpuratus*, es un bivalvo que se encuentra desde los 5 m a los 30 m de profundidad en mar de la costa piurana, en aguas cuyas temperaturas oscilan entre 13 a 28 °C y cuya extracción se realiza a través de bancos naturales y la maricultura (Carrillo Siancas, 2017).

Esta concha de abanico consta de dos partes: Una comestible y otra no comestible. La primera está compuesta por el musculo aductor o tallo y la coral que comprende a su vez las gónadas masculina y femenina; esta parte comestible representa el 15% del total de la concha de abanico, siendo el 85% restante la parte no comestible, la cual está constituida

por valva y vísceras que representan el residuo inorgánico y orgánico respectivamente (Carrillo Siancas, 2017). En la Figura 1 se muestra una imagen con la anatomía del molusco en estudio.

Figura 1

Detalle de la anatomía de la concha de abanico



Nota. Tomada de “Cultivo de Concha de Abanico” (Sistema Nacional de Acuicultura, 2022, pág. 14)

Los moluscos poseen un 95% de carbonato de calcio siendo el 5% restante otros compuestos. A su vez el carbonato de calcio adopta dos formas alotrópicas: aragonita y calcita, siendo la aragonita la de mayor dureza (Debacher & Silva, 2010).

1.3 Uso del residuo de las valvas en el concreto

La factibilidad de reemplazar agregado fino por valva de concha de moluscos en el concreto ya ha sido demostrada por diversas investigaciones. Por ejemplo, Yang y otros (2005) y Nizama (2014) encontraron que las conchas de abanico trituradas influyen en el concreto no tanto por propiedades mecánicas sino más bien por su capacidad de acomodo con el resto de los agregados. Esto fue confirmado por otros trabajos, como el realizado por Varhen, Carrillo, & Ruiz (2017), donde se observó que la concha de abanico triturada influye en las propiedades del concreto dependiendo de la granulometría y forma del agregado.

Los estudios anteriores determinaron que la tasa máxima de reemplazo para que no afecte a las propiedades como trabajabilidad o resistencia es muy variable. Al parecer, esto depende más de la forma y el tamaño de la valva al triturarla. Wang (2011) estableció el uso de 5% al 10% de reemplazo para tamaños de 4.75 a 1.19 mm, aunque sugiere que hasta el 40% de reemplazo seguiría cumpliendo para concretos normales. De igual manera, Yoon (2003) sugiere un máximo de 40%, pero con un efecto en la resistencia a la compresión.

De acuerdo con la literatura revisada, a la fecha se ha evaluado el impacto de las valvas de moluscos en las propiedades mecánicas y físicas del concreto, tales como trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y absorción.

En cuanto a la trabajabilidad, se sabe que esta propiedad está fuertemente relacionada a la resistencia a la compresión que obtendrá el concreto, pues una mayor trabajabilidad puede facilitar el acomodo del concreto y mejorar la resistencia, pero una trabajabilidad en exceso podría disminuirla, por lo que se debe lograr un balance entre ambas características. Se sabe que la trabajabilidad del concreto con valvas disminuye tanto por la absorción diferente respecto al agregado natural que reemplaza como por la forma angulosa de sus partículas que limita el movimiento de las partículas, disminuyendo la trabajabilidad.

En cuanto a la resistencia a la flexión, Olivia (2015) comprobó que la resistencia a la flexión del concreto con valva aumenta respecto al concreto base, aunque atribuye este incremento al contenido de calcio en el cemento que produjo una mejor unión entre la pasta y los agregados.

Finalmente, en la literatura revisada no se ha encontrado publicaciones que evalúen el comportamiento del concreto con valvas frente al fuego o a elevadas temperaturas.

1.4 Exposición al fuego y a elevadas temperaturas del concreto y del mortero

En general, una condición de incendio convencional puede generar temperaturas de hasta 400 °C (Arioz, 2007). Si bien los edificios pueden sufrir deterioros estéticos y funcionales como resultado de su exposición a temperaturas elevadas e incendios Arioz (2007), Yuzer y otros (2004) descubrieron que, a temperaturas de 600 °C, se produce una disminución severa de la resistencia a la compresión.

Los daños ocasionados al concreto como consecuencia de su contacto con el fuego empiezan con el cambio de color, agrietamiento y desconchado de su superficie (Arioz, 2007). Estos daños son consecuencia de los cambios en la composición química y en su estructura física. Por encima a los 110 °C, se produce la deshidratación del concreto entendido como liberación del agua como humedad y la expansión térmica del agregado que incrementan las tensiones internas, aunque sin efectos significativos en el concreto. Pero a medida que se va incrementando la temperatura, ya es posible observar microfisuras visibles en el material a partir de los 300 °C (Arioz, 2007). Hasta los 400°C, el concreto de alta resistencia conserva su resistencia y el concreto de resistencia normal solo tiene una pequeña pérdida (Covarrubias-Navarro & Ruvalcaba-Ayala, 2015, pág. 5), posiblemente como resultado del microfisuramiento que se manifiesta a los 300°C. Pero a temperaturas de 600 °C el concreto ya empieza a agrietarse de manera significativa, haciéndose más pronunciado este agrietamiento hasta los 1000 °C, de modo que es posible observar una descomposición y posterior pérdida de propiedades como la resistencia mecánica y la

durabilidad. A los 1200 °C el concreto se deteriora severamente, con el desconchado o desmoronamiento del concreto. Este comportamiento está asociado con el excesivo agrietamiento y termina en la rotura explosiva de la estructura teniendo como resultado final el colapso de la construcción (Arioz, 2007).

1.5 Transformaciones térmicas de los silicatos de calcio hidratados en el concreto

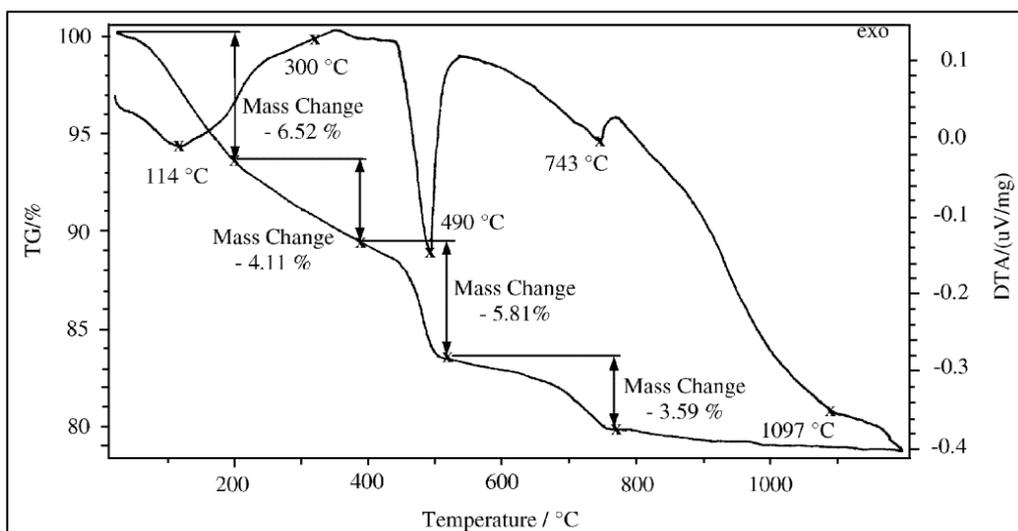
Los daños en el concreto se pueden explicar por las transformaciones que sufre la pasta de cemento endurecido y sus compuestos al ser expuestos al fuego. Se sabe que el cemento endurecido está formado por silicatos de calcio hidratado (CSH), además de la presencia de cierto contenido de óxido de calcio (CaO) e hidróxido de calcio (CH) libres.

Un análisis bastante completo de las transformaciones químicas que sufre la pasta de cemento con la temperatura ha sido realizado por Arioz (2007). En la Figura 2 se muestra una gráfica del análisis termogravimétrico del cemento endurecido. En la gráfica se ve que el primer pico endotérmico a los 114°C corresponde con la deshidratación de la pasta de cemento debido a la salida del agua presente como humedad.

Un punto característico se ubica muy cerca de los 300°C, indicando una posible salida de gases. El segundo pico endotérmico se ubica a los 490°C y corresponde con el pico típico del CH. Finalmente, el tercer pico endotérmico se ubica alrededor de los 740°C que puede indicar una segunda etapa de deshidratación de los CSH. El último pico a 1097 °C se asume que corresponde con la formación de nuevas fases.

Figura 2

Análisis termogravimétrico del cemento endurecido



Nota. Tomada de “*Effects of elevated temperatures on properties of concrete*” (Arioz, 2007, pág. 520)

Por otro lado, se sabe también que el CaO libre se transforma en CH como resultado del contacto con el agua usada para la extinción del fuego. Este es el componente de mayor

incidencia en la pasta de cemento, pues a temperaturas de 530 °C, el hidróxido de calcio se disocia ocasionando la contracción del concreto que trae consigo el agrietamiento y desconchado superficial del material. Por encima de los 800 °C, el CSH que proporciona fuerza a la pasta de cemento se descompone en silicato de calcio anhidro (C_2S), sílice amorfa (SiO_2) y agua (H) como productos principales (Capua y otros, 2009, pág. 32), y como consecuencia el concreto se desmorona. Finalmente, cuando se alcanzan los 1150°C, el feldespato se funde y los otros compuestos de la pasta de cemento como los minerales se convierten en fase vítrea, trayendo consigo cambios microestructurales severos, los cuales se manifiestan en la pérdida de la resistencia y durabilidad (Arioz, 2007).

Dentro del concreto, además de estas transformaciones que ocurren en la pasta, se dan transformaciones en los agregados. Si son silíceos, hay un debilitamiento de los agregados alrededor de los 400°C y una degradación de los agregados gruesos a temperaturas de 800°C (Xargary y otros, 2016). Un esquema completo de estas transformaciones y su relación con los cambios externos del concreto se han resumido en la Tabla 1:

Tabla 1

Efectos térmicos en la pasta de cemento y del hormigón, así como las manifestaciones externas del concreto frente a temperaturas elevadas

Temperatura (°C)	Pasta	Agregados	Concreto
1600	--		--
1400	--		Fundición del concreto
1200	Inicio de la fundición de los silicatos	Fundición de los agregados silíceos	Desconchado o desmoronamiento
1000	--		--
800	Pérdida total del agua de hidratación	Degradación de agregados gruesos	--
600	Descomposición de los SCH	--	Pérdida total de resistencia mecánica
400	Descomposición del $Ca(OH)_2$	Debilitamiento de los agregados	--
200		--	--
20	Evaporación del agua libre	--	--

1.6 Transformación térmica del carbonato de calcio

Las valvas de moluscos son en su composición química, carbonato de calcio ($CaCO_3$). El $CaCO_3$ está en forma de calcita mayoritariamente, con algo de aragonita. La calcita es una forma cristalina del carbonato de calcio de una serie de solución sólida cálcico-magnésica. La

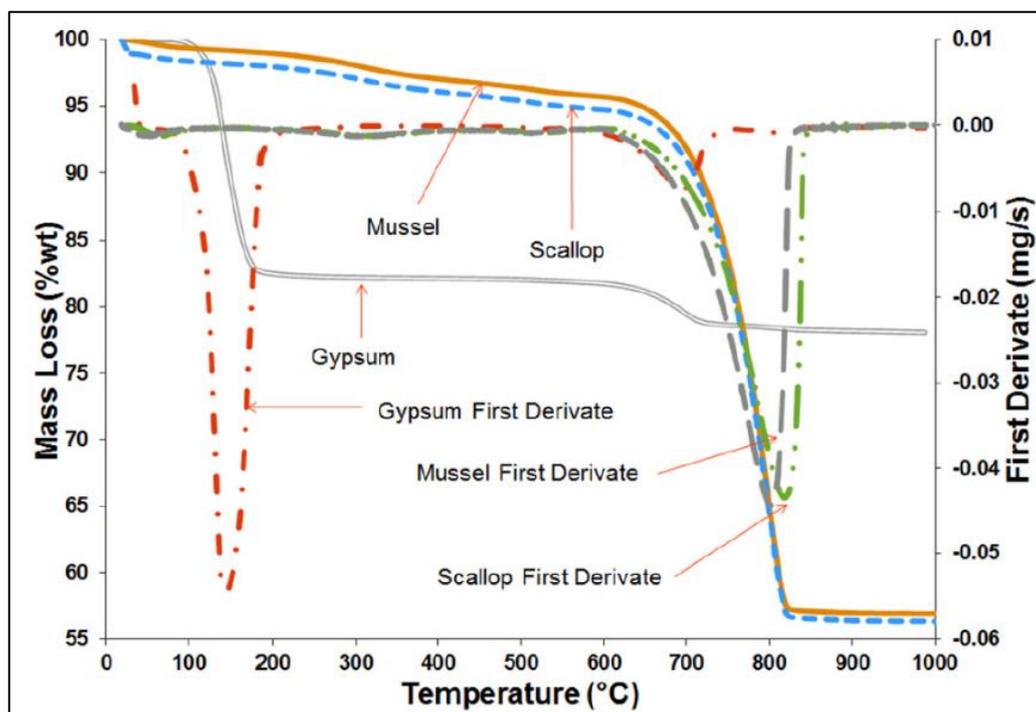
aragonita es otra forma cristalina del carbonato de calcio, aunque menos estable que la calcita. Las conchas se caracterizan por presentar una estructura organizada en capas, las que a su vez presentan imperfecciones entre ellas, como agujeros, inclusiones e impurezas. Son estas mismas imperfecciones las que reducen la densidad de la concha, así como la transferencia de calor a través de la carcasa o caparazón (Wheaton, 2007).

Cuando el concreto con reemplazo de valva está expuesto a elevadas temperaturas sufre transformaciones químicas, ocurriendo una descomposición de los carbonatos; el carbonato de calcio se convierte en óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono (CO₂), este último al ser un gas se evapora, dejando vacíos en el material, lo cual aumenta la porosidad. Siendo esta un factor crucial en la evaluación del comportamiento del concreto con RCA frente a temperaturas elevadas. Para ello se ha establecido el ensayo de absorción y absorción máxima como una metodología valiosa para medir indirectamente la porosidad de materiales de construcción, incluido el mortero con valva de concha de abanico (RCA) debido a que la porosidad es una propiedad fundamental que influye en diversas características del material, como la resistencia y durabilidad. Esto se explica debido a que los poros actúan como vías de entrada para el calor y pueden influir en la distribución térmica dentro del material. Una mayor porosidad puede resultar en una mayor susceptibilidad a la penetración del calor y, por lo tanto, afectar la respuesta del concreto a las condiciones de temperatura elevada.

En la Figura 3 se muestra una curva termogravimétrica del carbonato de calcio de la valva de moluscos. Se identifica una reducción del peso de la concha como consecuencia de la evaporación de la humedad hasta aproximadamente 100 °C, luego de lo cual ocurre la transformación de la aragonita en calcita entre los 300 y 500 °C, y la descomposición endotérmica de los carbonatos (CaCO₃ y MgCO₃) en óxidos (CaO y MgO) con liberación de CO₂ entre los 600 y 800 °C (Peceño y otros, 2021). Más allá de los 800°C, no se observan mayores cambios.

Figura 3

Pérdida de masa (% en peso) y primer derivado de TG de valvas de moluscos comparadas con el yeso (mg/s)



Nota. Tomada de “Study of seashell waste recycling in fireproofing material: Technical, environmental, and economic assessment” (Peceño y otros, 2021, pág. 5)

Se conoce que el óxido de calcio (CaO), al entrar en contacto con la humedad ambiental, experimenta una transformación en hidróxido de calcio (Ca (OH)₂), acompañada de un aumento considerable en su volumen. Este hidróxido de calcio ocupa aproximadamente un 20 % más de espacio que el óxido de calcio original. Como resultado de esta reacción, se observa un fenómeno expansivo notorio, donde un terrón de cal viva se convierte en un polvo fino de cal hidratada. Cuando esta transformación ocurre dentro de una estructura de concreto, la expansión asociada a la formación de hidróxido de calcio puede generar daños al material desde su interior, aumentando la formación de grietas y acelerando el proceso de deterioro, lo que finalmente resulta en una disminución de la resistencia del concreto.

La porosidad es un factor crucial en la evaluación del comportamiento del concreto con RCA frente a temperaturas elevadas.

Es importante evaluar este parámetro dado que el concreto con reemplazo de valva al estar expuesto a elevadas temperaturas sufre transformaciones químicas.

Capítulo 2

Metodología experimental

2.1 Materias primas

2.1.1 Cemento Portland tipos MS

Se utilizó el cemento Portland tipo MS de la marca Pacasmayo. Este cemento tiene una resistencia moderada a los sulfatos. Así mismo, tiene un elevado calor de hidratación y se considera que ofrece una moderada resistencia al agua de mar.

En la Tabla 2 se muestran las propiedades físicas y composición química del cemento MS proporcionadas por el fabricante.

Tabla 2

Propiedades físicas y químicas del cemento Portland MS

Análisis químico (%)		Propiedades físicas	
CaO	56.60	Peso específico (kg m^{-3}):	2940.00
SiO ₂	22.80	Superficie específica Blaine ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$):	5530.00
Al ₂ O ₃	6.36		3 días: 22.9
FE ₂ O ₃	3.02	Resistencia a la compresión (MPa):	7 días: 33.3
MgO	3.14		28 días: 44.0
SO ₃	2.98	Tiempo de fraguado inicial (min):	173.00
K ₂ O	0.51		
NaO	0.40		

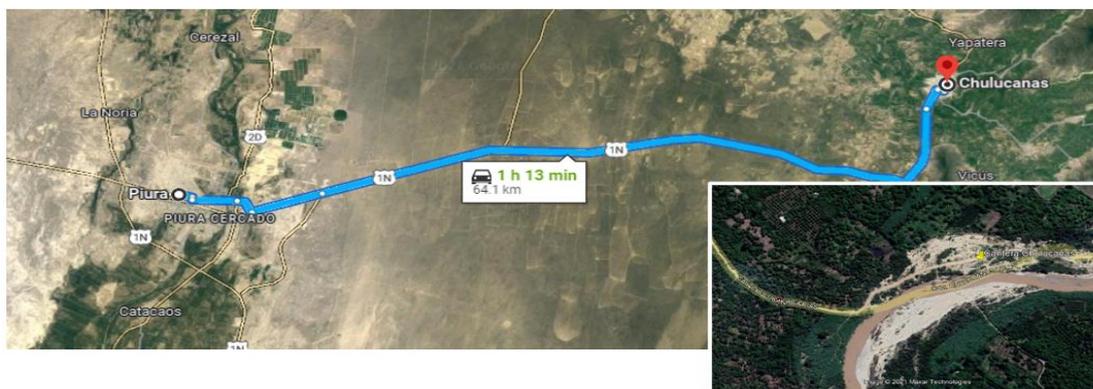
Nota. Cementos Pacasmayo-Ficha técnica 2017

2.1.2 Agregado fino

El agregado que se ha utilizado para la elaboración del mortero ha sido obtenido de la cantera Chulucanas, la cual está ubicada en la carretera Chulucanas-Frías (Figura 4). La cantera Chulucanas se ubica cerca de una quebrada, lo que la convierte en una de las mejores canteras para obtener agregado, pues el material está libre de impurezas gracias al lavado natural que se produce por las aguas de la quebrada.

Figura 4

Ubicación de la cantera Chulucanas y su localización en relación con la quebrada que le da origen



Nota. Tomado de Google maps (2024), cantera Chulucanas

2.1.3 Residuo de conchas de abanico

En Sechura se pueden encontrar dos botaderos municipales, ubicados camino a la playa Chulliyachi. En la Figura 5 se puede apreciar la ubicación de la zona de botaderos de donde se ha extraído la valva, a 3 km de la ciudad de Sechura, con un área aproximada de 93000 m².

Figura 5

Ubicación de los botaderos de concha de abanico en la provincia de Sechura, al sur de Piura



Nota. Tomado de Google maps, (2024), botadero de Sechura

En el botadero, el material se encuentra a la intemperie (Figura 6) lo que ha ocasionado que el residuo orgánico de las conchas desaparezca, a causa de la exposición al

ambiente. Dependiendo de la ubicación, el material se encuentra más o menos libre de materia orgánica.

Figura 6

Botadero de donde se han extraído las valvas para la presente investigación



Las conchas de abanico se sometieron a un proceso de limpieza que consiste en lavarlas con agua potable y esponja para la eliminación del polvo y la suciedad superficial (Figura 7). Una vez lavadas, se dejaron secar a temperatura ambiente para proceder a la trituración.

Figura 7

Lavado manual, con agua y esponja, de la concha de abanico



Para el proceso de trituración se optaron por dos procesos. Inicialmente se colocaron en moldes y con la ayuda de una barra de acero se procedió a su trituración (Figura 8a). Debido a que este proceso era poco eficiente por la forma achatada de la concha, se cambió y se usó un molino manual (Figura 8b) para obtener piezas más pequeñas y facilitar el tamizado.

Figura 8

Trituración de la concha bajo dos modalidades: (a) con la barra de acero en moldes de acero y (b) usando un molino manual



(a) Con la barra de acero en moldes de acero



(b) Usando un molino manual

2.2 Caracterización del agregado y la valva

El agregado fino y la valva fueron caracterizados como agregados para el mortero. Estos ensayos fueron ejecutados en el laboratorio de ensayos de materiales de construcción de la Universidad de Piura, siguiendo las normas técnicas peruanas.

En la Tabla 3 se resumen las características de la arena y la valva. A continuación, se detallan los ensayos usados para tal caracterización.

Tabla 3

Parámetros físicos del agregado y de la valva de la concha de abanico usados en la presente investigación

	Unidades	Agregado fino	Concha de abanico
Tamaño máximo	mm	4.76	4.76
Módulo de fineza	-	2.6	4.6
Peso unitario suelto	kg/m ³	1467	990
Peso unitario varillado stock	kg/cm ³	1576	1124
Peso unitario varillado OD	kg/cm ³	1570	1121
Gravedad específica SSD	-	2.60	2.57
Capacidad de absorción	%	1.71%	1.86%
Humedad total	%	0.37%	0.31%

2.2.1 Granulometría por tamizado

El ensayo de caracterización se realizó pasando el agregado por la malla #4 y para seleccionar el material que queda retenido en la malla #16. Este ensayo se realizó bajo la norma técnica peruana NTP 400.012 2001 (Figura 9).

Figura 9

Tamizado del agregado y de la valva triturada usando las mallas N° 4 y N° 16



Tamizado malla N° 14



Tamizado malla N° 16

2.2.2 Peso unitario suelo y compactado

El peso unitario suelto y el compactado se evaluaron siguiendo la NTP 400.017. El peso unitario suelto se realiza para agregados con tamaño nominal menor o igual a 37.5 mm. La muestra se colocó en moldes, llenándolo por encima del borde, luego con una regla se nivelaron los bordes, con cuidado de no realizar mucha presión para no ocasionar un leve compactado. Posteriormente se determinó el peso del molde con agregado y sin él. Figura 10

Figura 10

Ensayo peso unitario (a) compactado y (b) suelto, tanto del agregado como de la valva



(a) Compactado



(b) suelto

Para el peso unitario compactado se realizó un procedimiento similar, con la diferencia que el molde se rellena en tres capas y para cada una se aplicó 25 golpes con la ayuda de una varilla. Para obtener el peso unitario suelto y el compactado se calcula con el peso de la muestra dividido entre el volumen del molde, que es conocido.

2.2.3 Gravedad específica

Para realizar este ensayo se siguió la NTP 400.022 en la cual se especifica que la muestra se deja saturar por un plazo de 24 horas. Luego de ese tiempo se retira el agua superficial y se toma la medida de la masa. Posteriormente la muestra se coloca en un recipiente graduado para determinar el volumen por el método gravimétrico. Finalmente se coloca la muestra en el horno y nuevamente se toma el valor de la masa. (Figura 11)

Figura 11

Ensayo de gravedad específica en los agregados y en la valva



La gravedad específica se obtiene a través de la ecuación 1.

$$G_s = \frac{\varphi_s}{\varphi_o} = \frac{W_s}{V_s * \varphi_o} \quad (1)$$

G_s = Gravedad específica

φ_s = Peso específico de los sólidos

φ_o = Peso específico del agua

2.2.4 Absorción y humedad superficial

Para realizar este ensayo se siguió la norma NTP 400.022. La muestra se deja saturar por un plazo de 24 horas. Luego de ese tiempo se retira el agua superficial y se coloca sobre un depósito no absorbente para poder obtener el peso saturado superficie seca (SSD).

Posteriormente se coloca al horno para obtener el peso seco del material. La absorción se obtiene con la resta del peso de material en estado SSD menos el peso secado al horno, entre el peso seco al horno.

Para determinar la humedad superficial del agregado se utiliza un molde en forma de cono truncado, el cual se apoya en una superficie lisa con el menor diámetro hacia arriba y contendrá el agregado en condición saturado superficie seca, colocado en tres capas y en cada una de ellas con la ayuda de un pisón se va compactando cada 25 golpes a una altura de 5 mm de la superficie del agregado.

Concluido este procedimiento el cono es retirado y si el agregado mantiene la forma del molde entonces la humedad superficial sigue presente, sin embargo, si se realiza un desplome, perdiendo la forma del molde significa que el agregado está en condición saturada superficialmente seca. (Figura 12)

Figura 12

Ensayo de humedad: (a) Arena en condición saturada y (b) Arena en condición saturada superficialmente seca



(a) Arena en condición saturada



(b) Arena en condición saturada superficialmente seca

2.2.5 Humedad total

Este ensayo se realizó siguiendo la norma NTP 339.185. La muestra se dejó secar al aire libre y se obtuvo el peso al ambiente. Luego se llevó al horno para obtener el peso seco. La humedad total se obtuvo con la resta de ambos pesos dividido en el peso seco al horno.

2.3 Muestras evaluadas y diseño de la mezcla de control

Para evaluar el efecto de la valva en el concreto sometido a elevadas temperaturas se diseñaron 4 muestras con 4 diferentes contenidos de valva (M1, M2, M3 y M4) en reemplazo del contenido de agregado fino, además de la muestra de control (MP). Dado que la valva tiene una gravedad específica muy similar a la de la arena, el reemplazo se hizo en peso; los contenidos de valva corresponden con reemplazos en peso de la arena del orden de 10%, 15%, 30% y 45%. El detalle de las proporciones se muestra en la Tabla 4.

La mezcla de mortero o mezcla de control usada se basó en una relación a/c de 0.43 para asemejar la usada en concretos de $300 \frac{kg}{cm^2}$ y una proporción de arena del 54% en peso (ver Tabla 4) que garantiza una fluidez del mortero del 100%. Tanto la arena como la valva se usaron en condición SSD. Además, el reemplazo se hizo respetando la granulometría de la arena, de modo que se tiene como variable sólo la forma de la partícula.

Tabla 4

Dosificación de las mezclas evaluadas en la presente investigación (gramos para 1 litro de mortero). La cantidad de agua ya considera la corrección por absorción. Las cantidades se muestran en estado SSD

	MP	M1	M2	M3	M4
Cemento	1420	1420	1420	1420	1420
Agua	654	654	654	654	654
Arena	2488	2239.2	2114.8	1741.6	1368.4
Valva	0	248.8	373.2	746.4	1119.6

Para la elaboración de la mezcla se utilizó una mezcladora de mortero. Para controlar la trabajabilidad del mortero se realizó el ensayo de consistencia o fluidez en la mesa de flujo, según la norma NTP 334.057 para cada una de las mezclas (Figura 13).

Figura 13

Mezcla del material usando una mezcladora de mortero



Por cada muestra se elaboraron 12 cubos de 5 cm de lado y 6 cilindros de 2" de diámetro y 10 cm de altura, que se curaron en agua durante 28 días antes de su evaluación a temperaturas elevadas (ver Figura 14). Los cubos fueron usados para los ensayos de compresión y los cilindros, para medir la absorción, ambos a 28 días de edad.

Figura 14

Elaboración de muestras en cubos y cilindros



2.4 Ensayos en el mortero endurecido

2.4.1 Régimen de exposición a elevadas temperaturas

La evaluación del mortero a elevadas temperaturas se realizó colocando los cubos en un horno. Se usó un horno de mufla de laboratorio para tratamiento térmico de acero y fundiciones a temperaturas de 600, 800 y 1000 °C. Del total de cubos por muestra, se dejaron 3 especímenes de control que se mantuvieron expuestos a temperatura ambiente (T.A.). Cada muestra se dejó a la temperatura indicada durante 2 horas y luego se apagó el horno, dejando las muestras en el interior para garantizar que el enfriamiento fuera lento. Aunque se requiere de al menos 12 horas para lograr enfriar las muestras a temperaturas cercanas a los 40°C, todos los especímenes fueron retirados a las 24 horas de iniciado el ensayo (Figura 15). Concluida esta etapa se ensayaron a compresión, y se midió la absorción y la porosidad de cada espécimen.

Figura 15

Muestras de mortero colocadas en el interior del horno para ser sometida a elevadas temperaturas



2.4.2 Ensayo de compresión

Siguiendo la norma NTP 334.051 las muestras de mortero de $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ (Figura 16) fueron sometidas a ensayos de compresión (Figura 17) dentro de las 24 horas posteriores a ser sacadas del horno.

Figura 16

Muestras después de ser sacadas del horno y antes de ser sometidas al ensayo de compresión



Figura 17

Muestra en la máquina de compresión durante el ensayo



2.4.3 Ensayo de porosidad y absorción

Para este tipo de ensayo se usaron muestras cilíndricas de dimensiones; diámetro 2" y altura 10 cm, siguiendo el procedimiento indicado en la norma para concreto NTP 339.187 la cual sugiere un volumen de la muestra no menor a 350cm^3 . Esta norma ha sido adaptada

a las muestras de mortero de dimensiones indicadas líneas arriba las cuales poseen un volumen aproximado de 196 cm^3 .

El parámetro de la absorción se empleó como medida indirecta de la porosidad del material. Para ello, se registraron los pesos de las muestras indicados a continuación:

- Peso seco (A)
- Peso saturado después de la inmersión (B)
- Peso saturado después de la ebullición (C)
- Peso aparente sumergido (D)

Después de exponer las muestras a temperaturas de 600°C , 800°C y 1000°C en el horno de mufla durante un período de 2 horas, se retiraron y se enfriaron a temperatura ambiente durante 24 horas, para posteriormente ser ingresadas en un horno preestablecido a 110°C , pasadas 24 horas estas son retiradas y enfriadas a temperatura ambiente y pesadas, los valores obtenidos se denominan peso seco de las muestras. (Figura 18)

Figura 18

Muestras colocadas al horno a 110°C



Para obtener el peso saturado después de la inmersión, las muestras se sumergen en agua por un periodo de 24 horas, pasado este tiempo se retiran y se secan superficialmente con una toalla y se procede a su pesaje.

Para el peso saturado después de la ebullición las muestras son colocadas en un recipiente con agua, las cuales deben estar cubiertas en su totalidad, luego de esto se procede a colocarlo en una cocina a corriente hasta lograr la ebullición por un periodo aproximado de 5 horas, pasado ese tiempo se dejan enfriar hasta lograr la temperatura ambiente finalmente se retiran y se secan superficialmente para proceder a su pesaje. (Figura 19)

Figura 19

Muestras cilíndricas de mortero con valvas en ebullición durante el ensayo de absorción máxima



Como etapa final se registra el peso aparente sumergido, para ello la muestra se coloca en una canastilla suspendida con un alambre y se sumerge en un contenedor con agua y se pesa. (Figura 20)

Figura 20

Muestras cilíndricas colocadas en la canastilla y sumergidas en agua para medir el peso sumergido durante el ensayo de absorción máxima



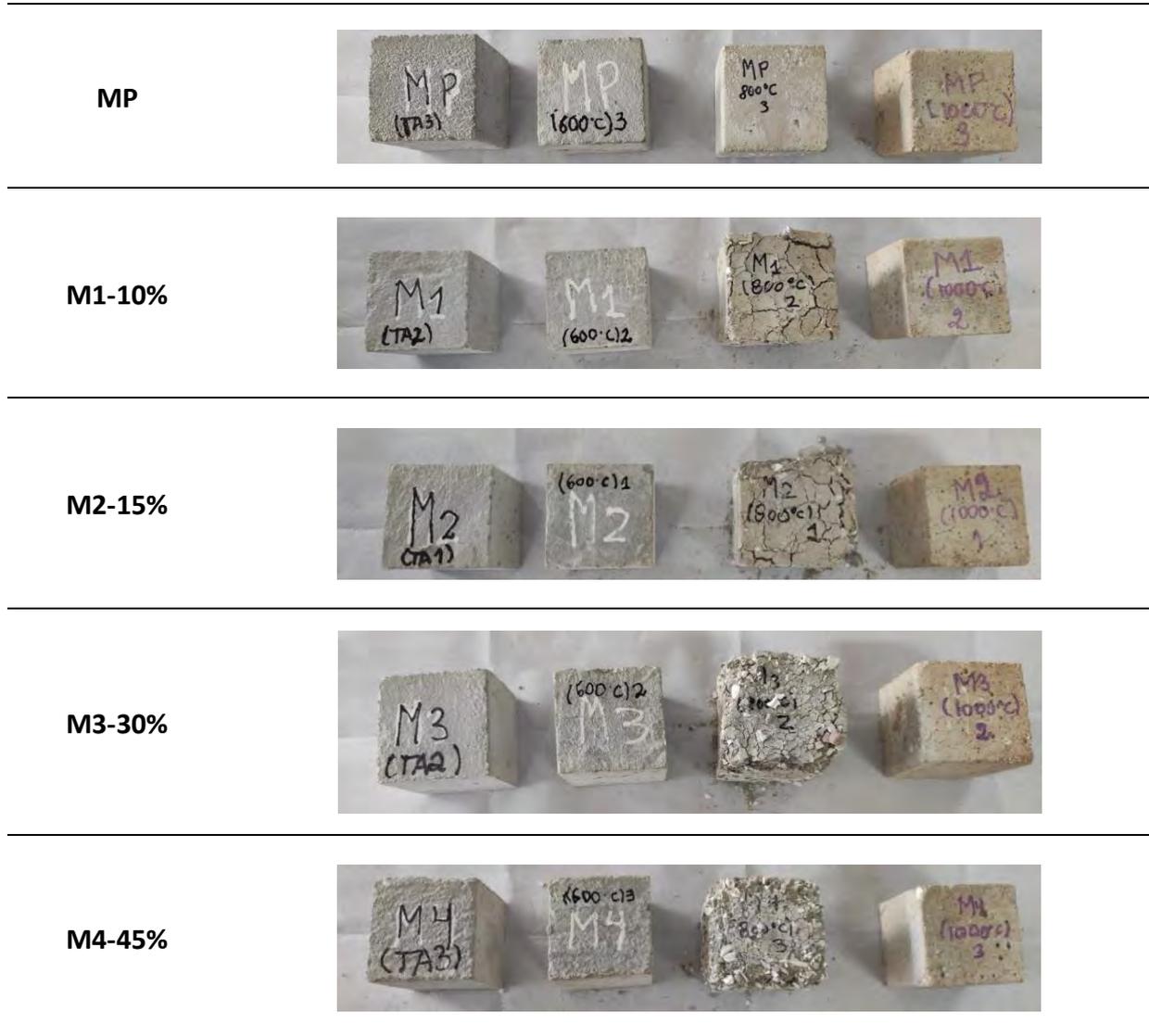
Capítulo 3 Resultado y discusión

3.1 Integridad física

Como primer efecto de las temperaturas elevadas se estudió la integridad física del material. En la Figura 21 se muestran los especímenes de las muestras de concreto (MP, M1, M2, M3 y M4) después de ser sometidos a las diferentes temperaturas. Se puede observar que el concreto sin valva no sufre cambios físicos, aunque sí se nota un cambio de color que se hace más notorio en las muestras sometidas a 800°C y 1000°C. Este cambio se puede atribuir a la descomposición y destrucción de los cristales de silicatos de calcio que ocurre a partir de los 600°C (Li y otros, 2004).

Figura 21

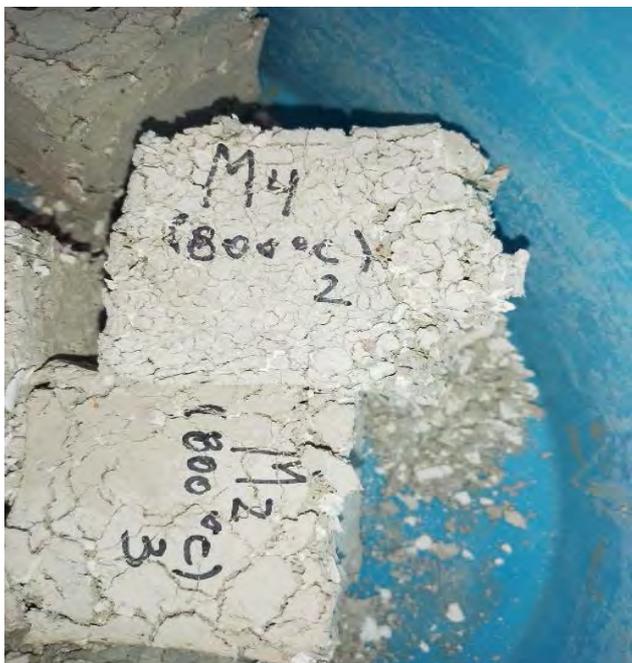
Muestras de concreto patrón (MP) y con valvas (M1, M2, M3 y M4) inmediatamente después de ser sometidas a temperaturas elevadas



En el caso de las muestras con valva, las muestras sometidas a 600°C no sufren cambios en su textura o color, ni tampoco agrietamiento. Pero a 800°C se observan cambios en su color, adoptando un color de gris a tierra pálida y sufriendo cambios significativos en su forma, hasta perder su estructura, como se evidencia en la Figura 22.

Figura 22

Muestras M2 y M4 expuestas a 800°C, donde se aprecia un cambio significativo en su estructura



Uno de los cambios más significativos es el agrietamiento, como resultado de la expansión que ocurre durante la transformación del carbonato de calcio presente en la valva a esta temperatura. Como se sabe, a esta temperatura, el carbonato de calcio se descompone en óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono (CO₂), de modo que hay una pérdida de masa significativa en el concreto. Este deterioro es más notorio cuanto más presencia de valva hay en la muestra. En este punto es importante acotar que los especímenes sometidos a una temperatura de 800°C no mostraban este deterioro al momento de salir del horno, sino que se manifiesta al cabo de las 24 horas siguientes.

En el caso de las muestras sometidas a 1000°C, adoptan un color ligeramente anaranjado como resultado de la presencia predominante del óxido de calcio (CaO). Aunque al salir del horno no se puede apreciar mayor cambio o deterioro, después de transcurridas las 24 horas, las muestras se agrietaron completamente y las valvas desaparecen para dar lugar a un polvo blanco, como se muestra en la Figura 23. Esta descomposición observada en las 24 horas posteriores a la exposición a temperatura elevada corresponde con la transformación del óxido de calcio en hidróxido de calcio, confirmando el efecto de la presencia de valva en el concreto.

Figura 23

M1 y M2 expuestas a 1000°C donde se aprecia la desintegración de su estructura



Para las M2, M3 y M4 los cambios observados son muy parecidos a los de la M1.

Dados estos resultados, las muestras expuestas a 800°C y 1000°C quedaron descartadas para ser sometidas a los ensayos previstos de resistencia a la compresión, absorción y absorción máxima.

3.2 Ensayos de absorción y absorción máxima

Este ensayo se realizó siguiendo la NTP 339.230 en las muestras de control y aquellas sometidas a 600°C. Los resultados promedio se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

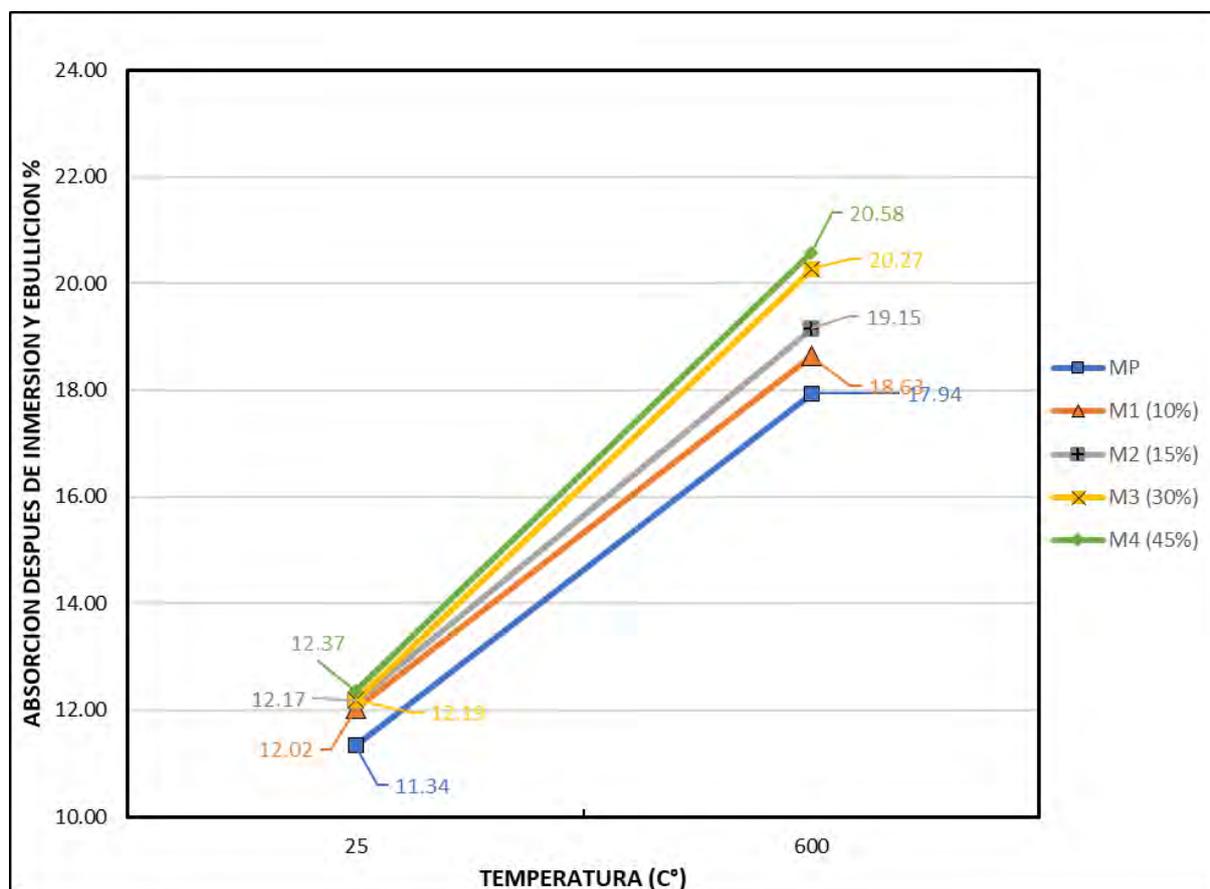
Cuadro resumen de las propiedades del mortero de control y con valvas medidas a temperatura ambiente (T.A.) y a 600°C para una edad de 28 días

MUESTRAS	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Absorción después de inmersión (%)	Absorción después de inmersión y ebullición (%)	Volumen de vacíos (espacio de poros permeables) (%)
T.A (0%)	569.78	10.84	11.34	22.36
T.A (10%)	498.77	11.10	12.02	23.18
T.A (15%)	439.07	11.28	12.17	23.24
T.A (30%)	427.84	11.32	12.19	23.26
T.A (45%)	418.60	11.36	12.37	23.30
600 °C (0%)	220.70	16.48	17.94	34.69
600 °C (10%)	170.20	17.07	18.63	34.45
600 °C (15%)	159.57	17.47	19.15	35.28
600 °C (30%)	122.82	18.37	20.27	36.53
600 °C (45%)	111.53	18.58	20.58	36.84

Analizando los datos de las muestras a temperatura ambiente, en la Figura 24 se puede apreciar que a medida que el porcentaje de reemplazo de valva aumenta, la capacidad de absorción también aumenta debido principalmente a la naturaleza de la concha de abanico dado que al ser más porosas que el agregado, pueden absorber más cantidad de agua, lo que puede contribuir a un aumento en la absorción del concreto en general. En el estudio de Nguyen (Nguyen y otros, 2013) se verificó la gran capacidad de absorción que tienen las conchas de abanico. Así mismo, se aprecia una gran diferencia en la absorción de las muestras a temperatura ambiente (25°C) y de las muestras expuestas a 600°C. Las muestras sometidas a temperatura elevada tienen mayor absorción, confirmando la formación de los espacios vacíos dejados al transformarse la valva en óxido de calcio (CaO).

Figura 24

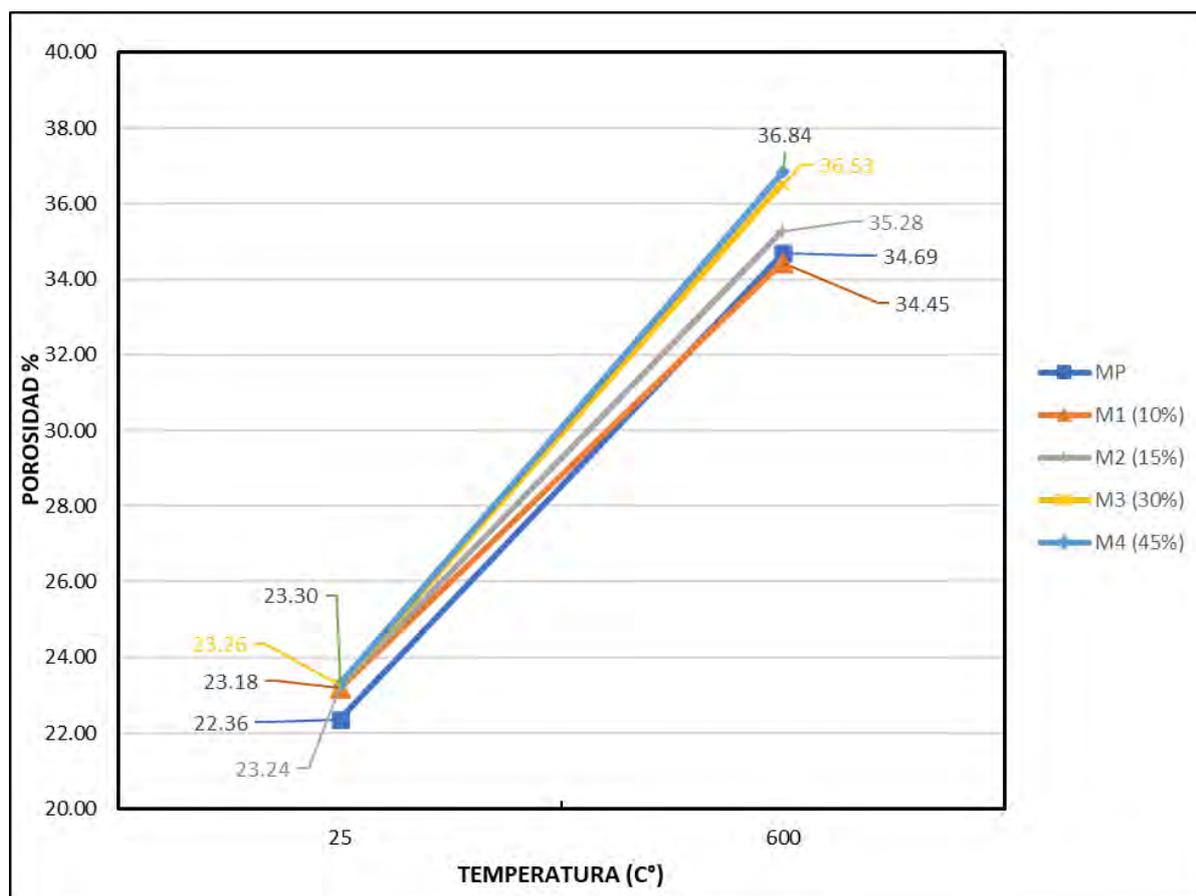
Absorción después de inmersión y ebullición a T^{amb} (25°C) y a 600°C



Así mismo, en la Figura 25 se ha representado gráficamente la relación entre la porosidad y la temperatura de exposición. Se aprecia claramente que a medida que la temperatura aumenta, la porosidad experimenta un incremento constante en todas las muestras.

Figura 25

Porcentajes de porosidad de las muestras a $T^{\circ}\text{amb}$ (25°C) y a 600°C



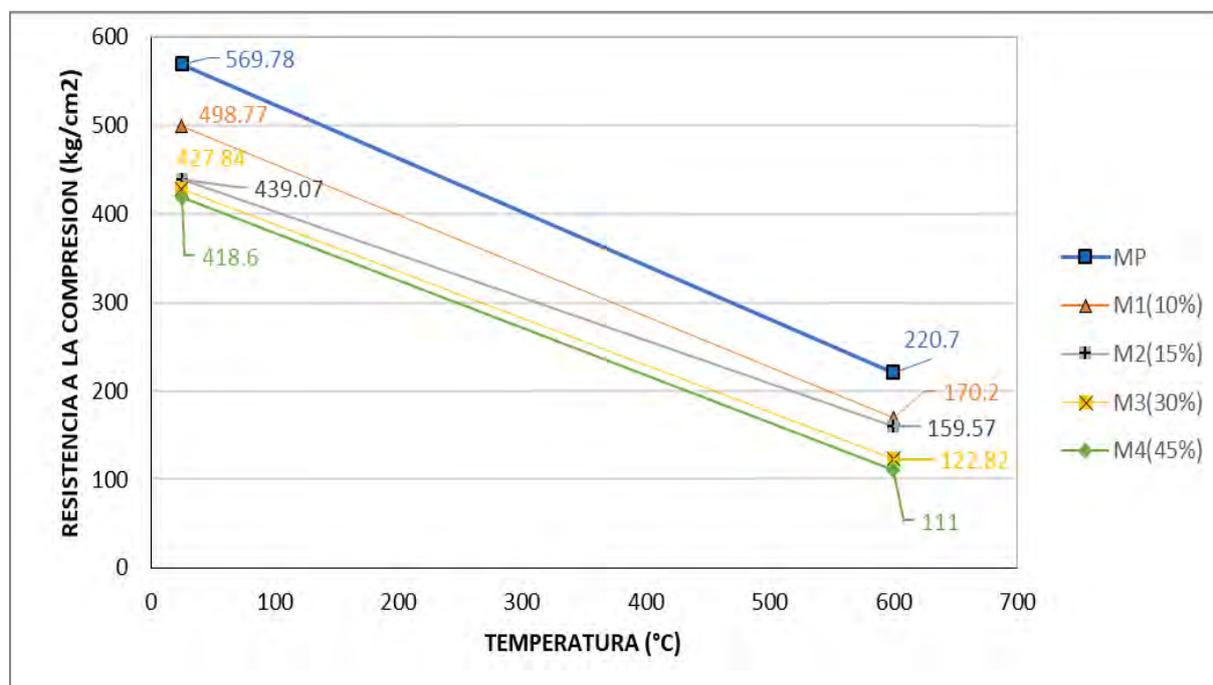
3.3 Resistencia a la compresión

Este ensayo se realizó siguiendo la norma NTP 334.051 en cubos de mortero de 50 mm de lado para edades de 28 días de curado, evaluando especímenes para cada tipo de muestra y temperatura (MP, M1, M2, M3 y M4). Los valores promedio se han graficado la figura 26 y los valores detallados se muestran en el anexo A.

Se puede observar que, a temperatura ambiente, la muestra 1, con 10% de valva, presenta una disminución de 12.5% de la resistencia respecto a la muestra patrón, mientras que las muestras con 15%, 30% y 45% tienen una reducción del 23 %, 25% y 26.5% respectivamente. Es decir, a mayor reemplazo de valva la resistencia a la compresión tiene una tendencia a disminuir hasta un máximo de 26%. Esto confirma los hallazgos de investigaciones anteriores, donde la incorporación de la valva como agregado produjo una disminución de la resistencia a la compresión. Ver Figura 26

Figura 26

Resistencia a la compresión a la edad de 28 días para las muestras de concreto para cada temperatura



Cuando el concreto es sometido a temperaturas de 600°C, se puede observar una disminución de la resistencia a la compresión, del 66%, 64%, 71 y 73% respecto a la muestra patrón para reemplazos del 10%, 15%, 30% y 45%, respectivamente. Se verifica que la disminución en la resistencia aumenta con el incremento de valva en la mezcla, lo cual se asocia a la degradación del carbonato de calcio de la valva. En general, se sabe que los agregados sufren cambios físicos y químicos cuando están expuestos a altas temperaturas lo que origina cambios en sus propiedades, como pérdida de resistencia. El concreto, por su parte, sufre deshidratación ya que al estar expuesto a altas temperaturas el agua presente se evapora rápidamente, provocando vacíos en la muestra lo que origina más porosidad. Además, como consecuencia de la deshidratación de la pasta de cemento, se ven afectadas dos de sus propiedades estructurales del material: rigidez elástica (por daño térmico) y la resistencia mecánica (por descohesión) (Xargary y otros, 2016).

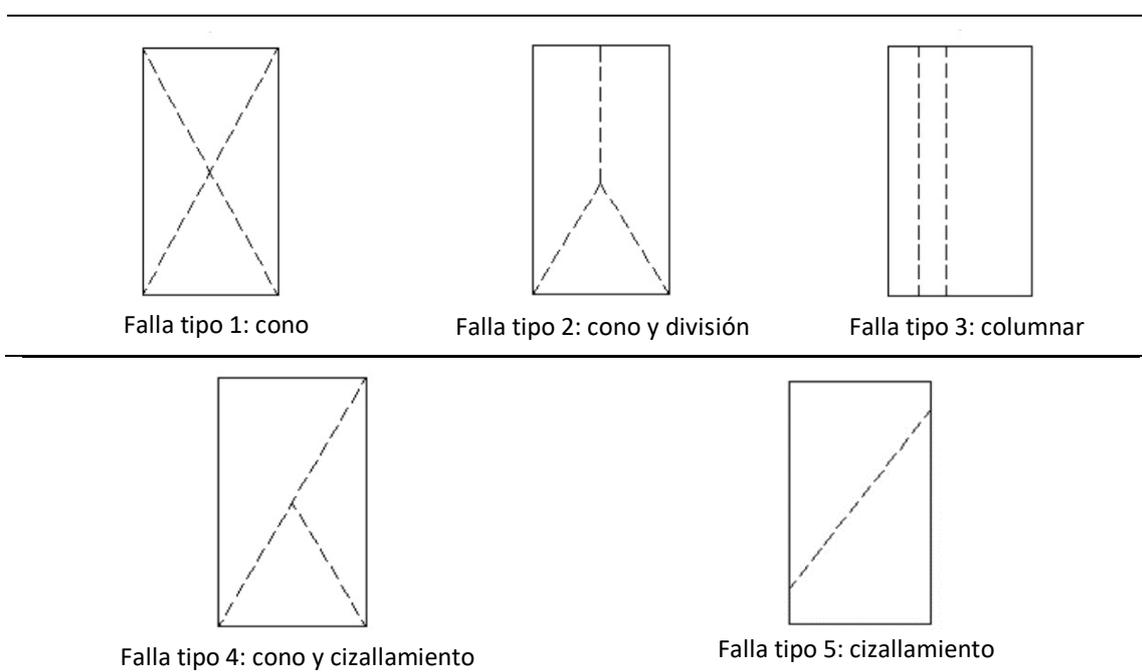
El concreto sufre expansión térmica cuando está expuesto a altas temperaturas, mientras que cuando se enfría sufre contracciones, provocando fisuras internas y externas que debilitan la muestra. Si a esto se suma que el carbonato de calcio se descompone y forma óxido de calcio con liberación de CO_2 , este último en forma de gas, las presiones internas adicionales al interior de la muestra forman vacíos adicionales, aumentando la porosidad del material.

3.4 Tipos de falla

Evaluar los tipos de falla resulta importante debido a que esto permitiría predecir el comportamiento de la estructura cuando esté en servicio y así adoptar medidas que eviten futuros daños catastróficos, según señala la NTP 339.034 existen cinco tipos de fallas predominantes, las cuales se indican según Figura 27.

Figura 27

Tipos de falla según NTP 339.034



Obtener una falla tipo cono sería un indicador de haber realizado un adecuado ensayo a compresión, estas son conocidas como buenas fallas, mientras que la falla cono y división ocurre cuando existen problemas de rugosidades en el plato cabeceador o placas de carga, por otro lado, una falla columnar se aprecia cuando la carga aplicada a la cara del espécimen no se ha distribuido de manera uniforme como consecuencia de las rugosidades en esta y/o mala calibración del equipo. Así mismo la falla de cono y cizallamiento se observa cuando las cargas aplicadas se desvían ligeramente del eje del espécimen y exceden las tolerancias de paralelismo establecidas, de manera similar ocurre con la falla de cizallamiento con la diferencia que esta última no excede los límites de tolerancia.

De las muestras analizadas, las fallas predominantes son de cizallamiento, cono y columnar, resultados que indican que algunas muestras fueron correctamente ensayadas, siendo aquellos donde se obtuvieron falla tipo cono, mientras que las muestras con fallas de cizallamiento y columnar se debieron a sus rugosidades y mala calibración de los equipos.

Conclusiones

En el presente estudio, se evaluó el comportamiento del mortero hidráulico con porcentajes de reemplazo de agregado fino por valva de concha de abanico (RCA) frente a temperaturas elevadas, específicamente a 600°C, 800°C y 1000°C, a través de un enfoque experimental que involucró la fabricación de muestras de mortero con diferentes porcentajes de reemplazo de 10%, 15%, 30% y 45% de agregado fino por valva, se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión y análisis de porosidad. Los resultados obtenidos nos dan información sobre el comportamiento del concreto con RCA bajo condiciones de altas temperaturas y esto permite obtener las siguientes conclusiones:

Con relación a la integridad física el concreto con valva sometido a temperaturas por encima de los 600°C sufre cambios notorios en su color, forma y estructura debido a la transformación del carbonato de calcio de la valva en óxido de calcio y dióxido de carbono, así como por la descomposición y destrucción de los cristales de silicatos de calcio del cemento. Todo esto se refleja en el agrietamiento, que se hace más evidentes a temperaturas de 800°C y 1000°C.

En cuanto a la resistencia a la compresión, se observó que el aumento en el porcentaje de reemplazo de valva está directamente relacionado con una disminución en la resistencia a la compresión. Este resultado es consistente con investigaciones previas y se atribuye a la naturaleza porosa de la valva, que afecta negativamente las propiedades mecánicas del concreto. La exposición del concreto con valva a temperaturas por encima de los 600°C resultó en una disminución de hasta 73%.

Se concluye que reemplazar el agregado fino por RCA limita la aplicación del mortero de cemento convencional a temperaturas por debajo de los 600°C. Por encima de esta temperatura, el mortero se degrada y pierde hasta un 73% de su resistencia mecánica.

Referencias

- Arioz, O. (2007). Effects of elevated temperatures on properties of concrete. *Fire Safety Journal*, 42(8), 516–522. doi:<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.01.003>
- Capua, D., Di Marí Bernat, A., & Oñate Ibáñez de Navarra, E. (2009). Modelo higo-termo-mecánico para estructuras de hormigón armado expuestas al fuego. *International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE)*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/188920>
- Carrillo Siancas, S. (2017). *Viabilidad del reciclaje de la concha de abanico en la industria de la construcción*. Universidad de Piura. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3274>
- Covarrubias-Navarro, M., & Ruvalcaba-Ayala, F. (2015). Degradación de Materiales de la Construcción Ante la Acción de Altas Temperaturas. *2° Congreso Internacional de Ciencias de la Ingeniería*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/303785438_Degradacion_de_Materiales_de_la_Construccion_Ante_la_Accion_de_Altas_Temperaturas
- Debacher, N. A., & Silva, D. (2010). Caracterización físicoquímica y microestructural de conchas de moluscos bivalvos. 1053-1058.
- Eziefula, U., Ezeh, J., & Eziefula, B. (2018). Properties of seashell aggregate concrete: A review. *Construction and Building Materials*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.096>
- Google maps. (2024). *Botadero de Sechura*. Obtenido de <https://maps.app.goo.gl/pzG4KVCxCFViYds5A>
- Google maps. (2024). *Cantera Chulucanas*. Obtenido de <https://maps.app.goo.gl/hrjeDzSiefmBhuaY7>
- Li, M., Qian, C., & Sun, W. (2004). Mechanical properties of high-strength concrete after fire. *Cement and Concrete Research*, 34(6), 1001–1005. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.11.007>
- Nguyen, D., Boutoil, M., Sebaibi, N., Leleyter, L., & Baraud, F. (2013). Valorisation of seashell by-products in pervious concrete pavers. *Construction and Building Materials*, 49, 151–160. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.08.017>
- Nizama Lazo, D. (2014). *Valoración de residuos crustáceos para concretos de baja resistencia*. Universidad de Piura. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2194>
- Olivia, M., Mifshella, A., & Darmayanti, L. (2015). Mechanical properties of seashell concrete. *Procedia Engineering*, 125, 760–764. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.127>

- Peceño, B., Alonso-Fariñas, B., Vilches, L., & Leiva, C. (2021). Study of seashell waste recycling in fireproofing material: Technical, environmental, and economic assessment. *Science of The Total Environment*, 790, 148102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148102>
- Sistema Nacional de Acuicultura. (2022). *Cultivo de concha de abanico (Manual para una acuicultura sostenible)*. Obtenido de Ministerio de la Producción: <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2022/09/Manual-de-Concha-de-Abanico.pdf>
- Varhen, C., Carrillo, S., & Ruiz, G. (2017). Experimental investigation of Peruvian scallop used as fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 136, 533-540. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.067>
- Wang, B. (2011). Influence of nano-sio2 on the strength of high-performance concrete. *Materials Science Forum*, 686, 432-437. doi:<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.686.432>
- Wheaton, F. (2007). Review of oyster shell properties: Part II. Thermal properties. *Aquacultural Engineering*, 37(1), 14-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.11.002>
- Xargary, H., Ripani, M., Sambataro, L., & Folino, P. (2016). *Degradación del hormigón frente a altas temperaturas*. Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural.
- YangE.-I, Yi, S.-T., & Leem, Y.-M. (2005). Effect of oyster shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties. *Cement and Concrete Research*, 35(11), 2175-2182. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2005.03.016>
- Yoon, G.-L., Kim, B.-T., Kim, B.-O., & Han, S.-H. (2003). Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell. *Waste Management*, 23(9), 825-834. doi:[https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(02\)00159-9](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(02)00159-9)
- Yüzer, N., Aköz, F., & Öztürk, L. (2004). Compressive strength–colour change relation in mortars at high temperature. *Cement and Concrete Research*, 34(10), 1803–1807. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.01.015>

Apéndices

Apéndice A Tipos de falla

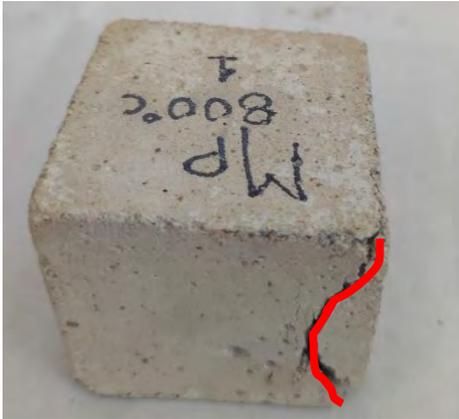
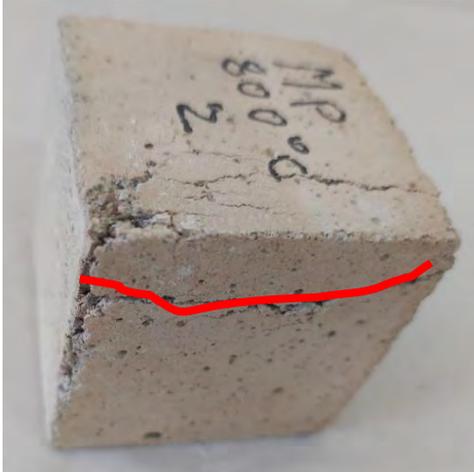
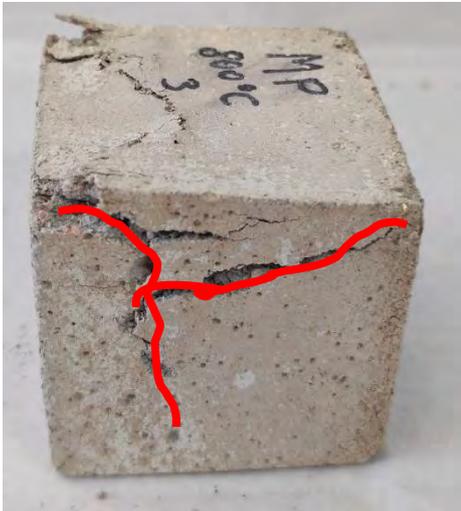
Apéndice A1 MP (0%) temperatura ambiente

MP (0%) TEMPERATURA AMBIENTE	
FOTO	TIPO DE FALLA
	Falla tipo cono y corte
	Falla tipo cono y corte
	Falla tipo columnar

Apéndice A2 Fallas de muestras patrón a 600 °C

FALLAS DE MUESTRAS PATRON A 600°C		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional MP1 (600°C)		Falla tipo corte
Convencional MP2 (600°C)		Falla tipo columnar
Convencional MP3 (600°C)		Falla tipo cono y corte

Apéndice A3 Fallas de muestras patrón a 800 °C

FALLAS DE MUESTRAS PATRON A 800°C		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional MP1 (800°C)		Falla tipo columnar
Convencional MP2 (800°C)		Falla tipo corte
Convencional MP3 (800°C)		Falla tipo cono y corte

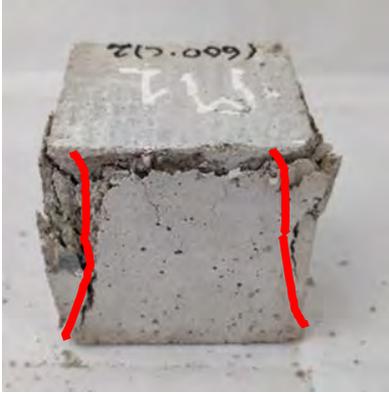
Apéndice A4 Fallas de muestras patrón a 1000 °C

FALLAS DE MUESTRAS PATRON A 1000°C		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional MP1(1000°C)		Falla tipo columnar
Convencional MP2(1000°C)		Falla tipo cono y corte
Convencional MP3(1000°C)		Falla tipo columnar

Apéndice A5 Fallas de muestra 1 con 10% de reemplazo a temperatura ambiente

FALLAS DE MUESTRA 1 CON 10% DE REEMPLAZO A TEMPERATURA AMBIENTE		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M1-TA1		Falla tipo columnar
Convencional M1-TA3		Falla tipo corte

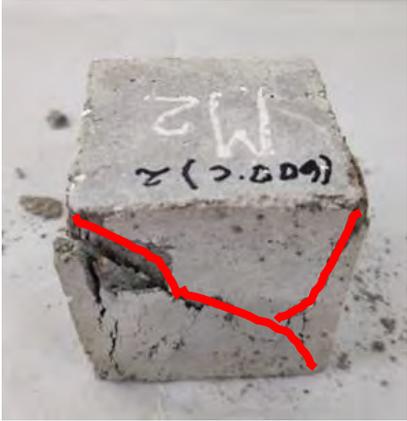
Apéndice A6 Fallas de muestra 1 con 10% de reemplazo a 600 °C

FALLAS DE MUESTRA 1 CON 10% DE REEMPLAZO A 600°C		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M1-1(600°C)		Falla tipo columnar
Convencional M1-2(600°C)		Falla tipo columnar

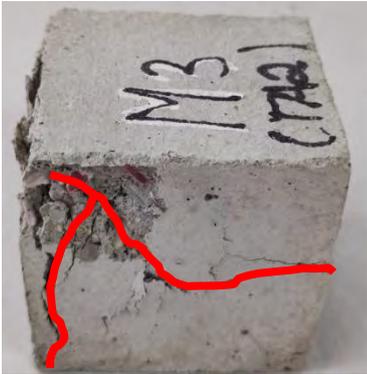
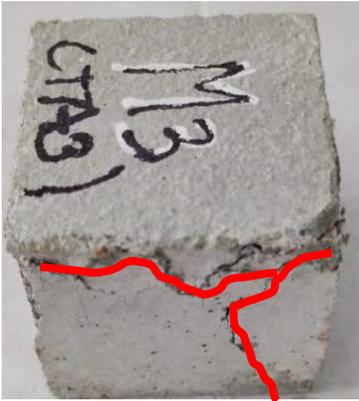
Apéndice A7 Fallas de muestra 2 con 15% de reemplazo a temperatura ambiente

FALLAS DE MUESTRA 2 CON 15% DE REEMPLAZO A TEMPERATURA AMBIENTE		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M2- TA1		Falla tipo corte
Convencional M2- TA2		Falla tipo columnar

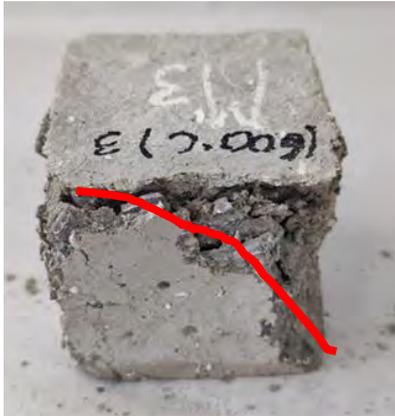
Apéndice A8 Fallas de muestra 2 con 15% de reemplazo a 600 °C

FALLAS DE MUESTRA 2 CON 15% DE REEMPLAZO A 600°C		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M2-1 (600°)		Falla tipo cono
Convencional M2-2 (600°)		Falla tipo cono y corte
Convencional M2-3 (600°)		Falla tipo columnar

Apéndice A9 Fallas de muestra 3 con 30% de reemplazo a temperatura ambiente

FALLAS DE MUESTRA 3 CON 30% DE REEMPLAZO A TEMPERATURA AMBIENTE		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M3-1 (TA)		Falla tipo cono y corte
Convencional M3-2 (TA)		Falla tipo cono y corte
Convencional M3-3 (TA)		Falla tipo cono y corte

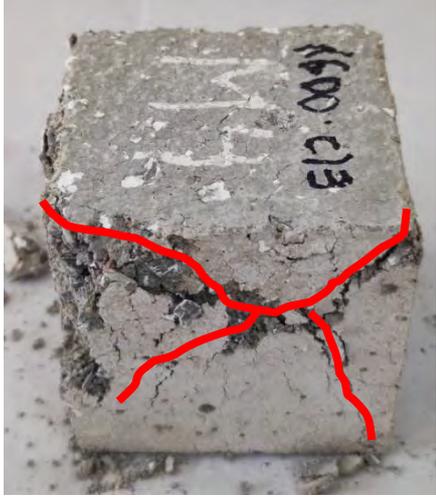
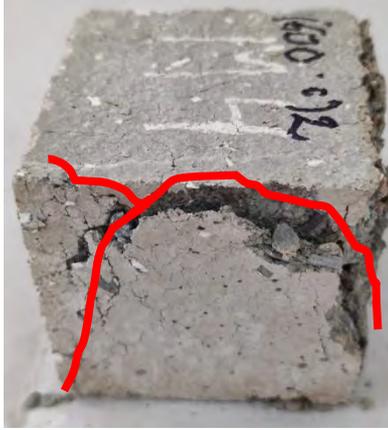
Apéndice A10 Fallas de muestra 3 con 30% de reemplazo a 600 °C

FALLAS DE MUESTRA 3 CON 30% DE REEMPLAZO A 600°C		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M3-1(600°C)		Falla tipo cono
Convencional M3-2(600°C)		Falla tipo cono y hendedura
Convencional M3-3(600°C)		Falla tipo corte

Apéndice A11 Fallas de muestra 4 con 45% de reemplazo a temperatura ambiente

FALLAS DE MUESTRA 4 CON 45% DE REEMPLAZO A TEMPERATURA AMBIENTE		
CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M4-1 (TA)		Falla tipo corte
Convencional M4-2 (TA)		Falla tipo corte
Convencional M4-3 (TA)		Falla tipo corte

Apéndice A12 Fallas de muestra 4 con 45% de reemplazo a 600 °C**FALLAS DE MUESTRA 4 CON 45% DE REEMPLAZO A 600°C**

CUBO	FOTO	TIPO DE FALLA
Convencional M4-3 (600°)		Falla tipo cono
Convencional M4-2 (600°)		Falla tipo corte

Anexos

Anexo A Ensayos de laboratorio

Anexo A1 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a temperatura ambiente

	UNIVERSIDAD DE PIURA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN																																						
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECIMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO Norma: NTP 334.051 2013																																							
Orden de servicio N°	: 26470																																						
Informe N°	: 230449																																						
Fecha de recepción	: 26/02/2022																																						
Fecha de ensayo	: 26/02/2022																																						
Fecha de emisión	: 26/04/2023																																						
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:																																							
Solicitante	: KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA																																						
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valve de concha de abanico (RCA)																																						
Ubicación	: Piura																																						
Muestreo realizado por	: Los Tesistas																																						
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm																																						
Resistencia especificada	: No especifica																																						
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados																																						
RESULTADOS:																																							
<table border="1"><thead><tr><th>Identificación del espécimen</th><th>Fecha de moldeo</th><th>Fecha de ensayo</th><th>Edad (días)</th><th>Área (cm²)</th><th>Carga máxima (kg)</th><th>Resistencia de rotura (kg/cm²)</th><th>Resistencia especificada (kg/cm²)</th></tr></thead><tbody><tr><td>T.A - MP1</td><td>26/01/2022</td><td>26/02/2022</td><td>28</td><td>26.47</td><td>14658</td><td>578</td><td>-</td></tr><tr><td>T.A - MP2</td><td>26/01/2022</td><td>26/02/2022</td><td>28</td><td>26.72</td><td>14754</td><td>552</td><td>-</td></tr><tr><td>T.A - MP3</td><td>26/01/2022</td><td>26/02/2022</td><td>28</td><td>26.46</td><td>15395</td><td>582</td><td>-</td></tr></tbody></table>	Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)	T.A - MP1	26/01/2022	26/02/2022	28	26.47	14658	578	-	T.A - MP2	26/01/2022	26/02/2022	28	26.72	14754	552	-	T.A - MP3	26/01/2022	26/02/2022	28	26.46	15395	582	-							
Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)																																
T.A - MP1	26/01/2022	26/02/2022	28	26.47	14658	578	-																																
T.A - MP2	26/01/2022	26/02/2022	28	26.72	14754	552	-																																
T.A - MP3	26/01/2022	26/02/2022	28	26.46	15395	582	-																																
Observaciones: Empleó NTP 334,051. Los cubos eran de pasta de cemento con valve de concha de abanico.																																							
Realizó el ensayo	: Tec. Estívar Campos Encalada																																						
Presenció el ensayo																																							
 Gaby Ruth Patro Ingeniero C.I.M.C. C.I.R. 35912 Responsable																																							
<p>El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.</p>																																							

Anexo A2 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a 600°C



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO

Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N° : 26470
Informe N° : 230450
Fecha de recepción : 26/02/2022
Fecha de ensayo : 26/02/2022
Fecha de emisión : 28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: Los Testistas
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm
Resistencia especificada	: No especifica
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
600 °C - MP1	29/01/2022	26/02/2022	28	25.38	5407	213	—
600 °C - MP2	29/01/2022	26/02/2022	28	26.45	6044	229	—
600 °C - MP3	29/01/2022	26/02/2022	28	26.52	5849	221	—

Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

Realizó el ensayo : Téc. Estiver Campos Encalada
Presenció el ensayo :

Gaby Ruiz Petrozzi
Gaby Ruiz Petrozzi
Ingeniera Civil E.M.C.
CIP 46992
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que deriva de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo A3 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a 800°C



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO
Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N°	26470
Informe N°	230451
Fecha de recepción	26/02/2022
Fecha de ensayo	26/02/2022
Fecha de emisión	28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

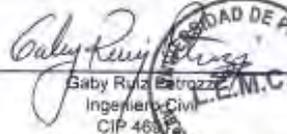
Solicitante	: KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: Los Tesistas
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm.
Resistencia especificada	: No especifica
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
800 °C - MP1	29/01/2022	26/02/2022	28	26.88	2760	103	—
800 °C - MP2	29/01/2022	26/02/2022	28	27.90	2853	102	—
800 °C - MP3	29/01/2022	26/02/2022	28	27.08	3014	111	—

Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

Realizó el ensayo	Téc. Estivar Campos Encalada
Presenció el ensayo	



Baby Ruiz Barroza
Ingeniero Civil
CIP 46888
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo A4 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos de la muestra patrón expuestos a 1000°C



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO
Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N° : 26470
Informe N° : 230452

Fecha de recepción : 26/02/2022
Fecha de ensayo : 26/02/2022
Fecha de emisión : 28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

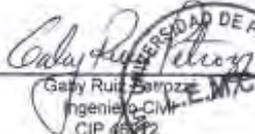
Solicitante	KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHAVEZ VILELA
Tests	Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	Plura
Muestreo realizado por	Los Testistas
Muestra	03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm.
Resistencia especificada	No especifica
Fecha de moldeo	Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
1000 °C - MP1	29/01/2022	26/02/2022	28	27.28	1223	45	-
1000 °C - MP2	29/01/2022	26/02/2022	28	27.81	1080	38	-
1000 °C - MP3	29/01/2022	26/02/2022	28	28.57	1233	43	-

Observaciones: Empleó NTP 334 051 Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

Realizó el ensayo : Téc. Estivar Campos Encalada
Presenció el ensayo :


 Gaby Ruiz Bettozza
 Ingeniero Civil
 CIP 48382
 Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP esta exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de tercero.

Anexo A5 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M1 con 10% de reemplazo de valva de concha de abanico



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO
Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N° : 26470
Informe N° : 230453

Fecha de recepción : 26/02/2022
Fecha de ensayo : 26/02/2022
Fecha de emisión : 28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

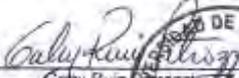
Solicitante	KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA
Tesis	Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: Los Tesistas
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm.
Resistencia especificada	: No especifica
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
T.A (10%) - M1(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	27.37	13247	484	-
T.A (10%) - M1(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	27.41	15227	556	-
T.A (10%) - M1(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	26.04	12809	487	-

Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

Realizó el ensayo : Téc. Estívar Campos Encalada
Presenció el ensayo :


 Gaby Ruiz Petrozzi
 Ingeniero Civil
 CIP 48812
 Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la excepción de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo A6 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a 600°C de la M1 con 10% de reemplazo de valva de concha de abanico



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO.
Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N° : 26470
Informe N° : 230454

Fecha de recepción : 26/02/2022
Fecha de ensayo : 26/02/2022
Fecha de emisión : 28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHAVEZ VILELA
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: Los Tesistas
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm
Resistencia especificada	: No especifica
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
600 °C (10%) - M1(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	28,80	4650	161	-
600 °C (10%) - M1(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	27,53	5420	197	-
600 °C (10%) - M1(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	26,29	4003	152	-

Observaciones: Empleo NTP 334,051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

Realizó el ensayo : Téc. Estívar Campos Encalada
Presenció el ensayo :


 Gaby Ruiz
 Ingeniero Civil
 CIP 469
 Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UIDEP se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UIDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo A7 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M2 con 15% de reemplazo de valva de concha de abanico

 <p>UNIVERSIDAD DE PIURA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</p>							
<p>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO Norma: NTP 334.051 2013</p>							
Orden de servicio N°	: 26470						
Informe N°	: 230455						
Fecha de recepción	: 26/02/2022						
Fecha de ensayo	: 26/02/2022						
Fecha de emisión	: 28/04/2023						
<p>EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:</p>							
Solicitante	: KAREN ALÁMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA						
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)						
Ubicación	: Piura						
Muestreo realizado por	: Los Tesisistas						
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm.						
Resistencia especificada	: No especifica						
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados						
<p>RESULTADOS:</p>							
Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
T.A (15%) - M2(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	26,09	11871	455	-
T.A (15%) - M2(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	27,24	12801	470	-
T.A (15%) - M2(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	26,69	10471	392	-
<p>Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.</p>							
Realizó el ensayo	Téc. Estimar Campos Encalada						
Presenció el ensayo	 Gaby Ruiz Páez Ingeniero Civil CIP 46812 Responsable						
<p>El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.</p>							

Anexo A8 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a 600°C de la M2 con 15% de reemplazo de valva de concha de abanico



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO

Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N° : 26470
Informe N° : 230456
Fecha de recepción : 26/02/2022
Fecha de ensayo : 26/02/2022
Fecha de emisión : 28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Soñitante	KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA
Tesis	Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	Piura
Muestreo realizado por	Los Tesistas
Muestra	03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm.
Resistencia especificada	No especifica
Fecha de moldeo	Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
600 °C (15%) - M2(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	28.90	4297	149	—
600 °C (15%) - M2(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	28.74	5270	183	—
600 °C (15%) - M2(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	28.93	4243	147	—

Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

Realizó el ensayo : Téc. Estivar Campos Encalada
Presenció el ensayo :

Galy Ruiz
Galy Ruiz Patrocin
Ingeniero Civil
CIP 469
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo A9 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M3 con 30% de reemplazo de valva de concha de abanico

 <p>UNIVERSIDAD DE PIURA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</p>							
<p>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO Norma: NTP 334.051 2013</p>							
Orden de servicio N°	: 26470						
Informe N°	: 230457						
Fecha de recepción	: 26/02/2022						
Fecha de ensayo	: 26/02/2022						
Fecha de emisión	: 28/04/2023						
<p>EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:</p>							
Solicitante	: KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA						
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)						
Ubicación	: Piura						
Muestreo realizado por	: Los Tesistas						
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm						
Resistencia especificada	: No especifica						
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados						
<p>RESULTADOS:</p>							
Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
T.A (30%) - M3(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	26.10	10721	411	-
T.A (30%) - M3(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	27.96	13262	474	-
T.A (30%) - M3(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	26.89	10726	399	-
<p>Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.</p>							
Realizó el ensayo	: Téc. Estívar Campos Encalada						
Presenció el ensayo							
 Gabby Ruiz Petrozzi Ingeniero Civil CIP 46912 Responsable							
<p>El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.</p>							

Anexo A10 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a 600°C de la M3 con 30% de reemplazo de valva de concha de abanico



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO
Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N° : 26470
 Informa N° : 230458

Fecha de recepción : 26/02/2022
 Fecha de ensayo : 26/02/2022
 Fecha de emisión : 28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

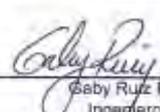
Solicitante	KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	Piura
Muestreo realizado por	: Los Tesistas
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm.
Resistencia especificada	: No especifica
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
600 °C (30%) - M3(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	27.54	3883	141	-
600 °C (30%) - M3(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	27.39	3486	127	-
600 °C (30%) - M3(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	27.61	2787	100	-

Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

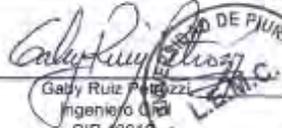
Realizó el ensayo : Téc. Estivar Campos Encalada
 Presenció el ensayo :


 Gaby Ruiz Pirozo
 Ingeniero Civil
 CIP 489 105
 Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la suscripción de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo A11 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a temperatura ambiente de la M4 con 45% de reemplazo de valva de concha de abanico

 <p>UNIVERSIDAD DE PIURA LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</p>							
<p>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO Norma: NTP 334.051 2013</p>							
Orden de servicio N°	: 26470						
Informe N°	: 230459						
Fecha de recepción	: 26/02/2022						
Fecha de ensayo	: 26/02/2022						
Fecha de emisión	: 23/04/2023						
<p>EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:</p>							
Solicitante	: KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA						
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)						
Ubicación	: Piura						
Muestreo realizado por	: Los Testistas						
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm.						
Resistencia especificada	: No especifica						
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados						
<p>RESULTADOS:</p>							
Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
T.A (45%) - M4(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	27.07	11711	433	-
T.A (45%) - M4(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	26.40	8863	336	-
T.A (45%) - M4(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	26.27	12781	487	-
<p>Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.</p>							
Realizó el ensayo	: Téc. Estívar Campos Encalada						
Presenció el ensayo							
  Gaby Ruiz Padilla Ingeniero Civil CIP 46912 Responsable							
<p>El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.</p>							

Anexo A12 Ensayo de resistencia a la compresión de morteros usando especímenes cúbicos expuestos a 600°C de la M4 con 45% de reemplazo de valva de concha de abanico



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND USANDO ESPECÍMENES CÚBICOS DE 50 MM DE LADO
Norma: NTP 334.051 2013

Orden de servicio N° : 26470
Informe N° : 230460
Fecha de recepción : 26/02/2022
Fecha de ensayo : 26/02/2022
Fecha de emisión : 28/04/2023

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA
Tesis	: Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: Los Tesisistas
Muestra	: 03 muestra de cubos de 50,0 mm x 50,0 mm x 50,0 mm
Resistencia especificada	: No especifica
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro de resultados

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm ²)	Resistencia especificada (kg/cm ²)
600 °C (45%) - M4(1)	29/01/2022	26/02/2022	28	28.40	3248	114	—
600 °C (45%) - M4(2)	29/01/2022	26/02/2022	28	28.44	3091	109	—
600 °C (45%) - M4(3)	29/01/2022	26/02/2022	28	28.34	2895	110	—

Observaciones: Empleó NTP 334.051. Los cubos eran de pasta de cemento con valva de concha de abanico.

Realizó el ensayo : Téc. Estívar Campos Encalada
Presenció el ensayo :

Gaby Ruiz Estroza
Gaby Ruiz Estroza
Ingeniera Civil
CIP 46812
Responsable de Ensayos de Materiales de Construcción

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UIEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UIEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Anexo A13 Ensayo de análisis granulométrico



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL
Norma: NTP 400.012 2001

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : KAREN ALAMA SARANGO / LESLIE CHÁVEZ VILELA Ubicación : Piura Muestreo realizado por: Las tesis
 Tesis : Comportamiento frente a temperaturas elevadas del mortero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
 Procedencia : Agregado fino procedente de cantera Chulucanas

Orden de servicio N° : 26470
 Informe N° : 230471
 Fecha de ensayo : 26/02/2022
 Realizó el ensayo : Las tesis

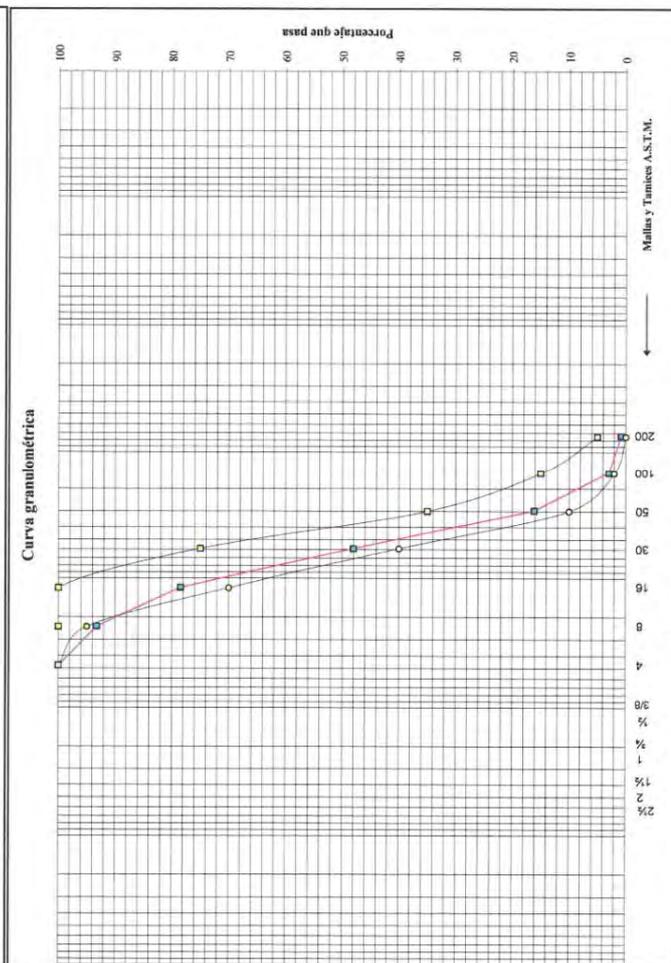
Abertura	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
62.7	2 1/2 "				
50.8	2 "				
38.1	1 1/2 "				
24.4	1 "				
19.1	3/4 "				
12.7	1/2 "				
9.5	3/8 "				
4.76	4	0.00	0.00	0.00	100
2.38	8	31.20	6.73	6.73	93
1.19	16	68.60	14.81	21.54	78
0.59	30	140.90	30.41	51.95	48
0.297	50	147.70	31.88	83.83	16
0.149	100	61.20	13.21	97.04	3
0.074	200	9.90	2.14	99.18	1
	Fondo	3.20	0.69		
	Total	462.70			
	Peso inicial	463.30			
	Pérdida	0.60			

Supervisó el ensayo: Gaby Ruiz Petrozzi
 Ingeniero Civil
 CJP 46912



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo por los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Curva granulométrica



Descripción de la muestra: Agregado fino, procedente de cantera Chulucanas. Módulo de finura 2.6
 Huso trazado: NTP 399,607-2003 (arena natural)



UNIVERSIDAD DE PIURA
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CONCHA DE ABANICO
Norma: NTP 400.012 2001

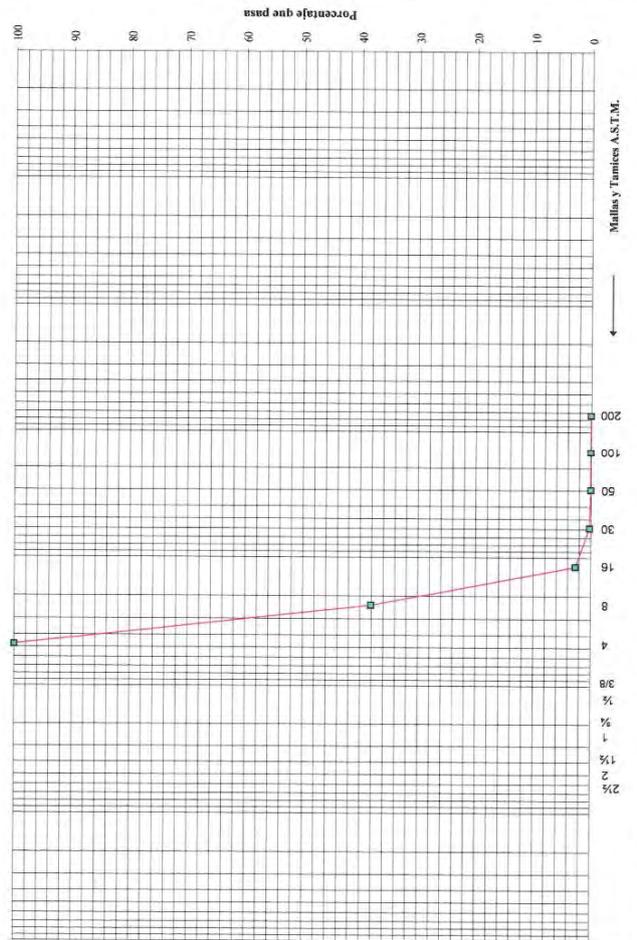
EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : KAREN ALAMA SARANGO / LESUE CHAVEZ VILELA **Ubicación** : Piura **Muestreo realizado por:** Las testistas
Testis : Comportamiento frente a temperaturas elevadas del motorero hidráulico con valva de concha de abanico (RCA)
Procedencia : Concha triturada

Orden de servicio Nº : 26470
Informe Nº : 230472
Fecha de ensayo : 26/02/2022
Realizó el ensayo : Las testistas

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
62.7	2 1/2 "				
50.8	2 "				
38.1	1 1/2 "				
24.4	1 "				
19.1	3/4 "				
12.7	1/2 "				
9.5	3/8 "				
4.76	4	0.00	0.00	0.00	100
2.38	8	128.20	61.84	61.84	38
1.19	16	73.50	35.46	97.30	3
0.69	30	5.00	2.41	99.71	0
0.297	50	0.40	0.19	99.90	0
0.149	100	0.00	0.00	99.90	0
0.074	200	0.00	0.00	99.90	0
	Fondo	0.00	0.00		
	Total	207.10		4.59	
	Peso Inicial	207.30			
	Pérdida	0.20			

Curva granulométrica



Descripción de la muestra: concha triturada (en molino casero), procedente de playa Sechuras. Módulo de finura 4.6

Supervisó el ensayo: Gaby Ruiz Petrozzi
Ingeniero Civil
CIP: 46912

Gaby Ruiz Petrozzi

EL LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Nota. Certificados emitidos por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción