



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Uso de residuo de conchas de abanico como filler para la  
elaboración de concreto sostenible**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Civil

**Ehtzel William García Ramírez  
Anner Ernesto Guerrero García**

Asesor(es):  
**Mgtr. Christian Mario Varhen García**

Piura, enero de 2020



A nuestro padre creador, quien guía nuestras vidas con la frase de “Dios es bueno todo el tiempo y todo el tiempo Dios es bueno”. Así lo sabemos y sentimos.

A la Virgen de la Asunción, patrona de la tierra de mis padres y familiares.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mis amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado.

Un lugar muy especial para mi hijo Samuel, quien ocupa un lugar muy especial en mi corazón y está orgulloso y contento desde el cielo.



## **Prefacio**

En la actualidad nuestro planeta se encuentra experimentando variaciones de temperatura debido al cambio climático; esto es ocasionado por los altos niveles de contaminación de las diferentes industrias que operan en todos los países. El sector construcción también se ha preocupado por buscar diferentes alternativas amigables con el medio ambiente con el fin de contribuir en la disminución de CO<sub>2</sub>.

El cemento es uno de los materiales que más CO<sub>2</sub> emite en su producción y con el fin de aportar una nueva alternativa en la reducción de estas emisiones, en la presente tesis se busca sustituir el cemento en porcentajes por residuos de valva de concha de abanico, un material propio de la Región Piura, que se encuentra acumulado en los botaderos de Sechura y deja más de 100 000 toneladas por año de este material acumulado como basura.

Por esa situación, en el departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Piura, ya se realizó estudios para evaluar las propiedades de residuos calcáreos en el concreto. En la presente investigación de tesis se busca contribuir al aporte ya realizado y se decidió trabajar dicho material como filler para la elaboración de concreto, para ello se utilizó los equipos del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción de la Universidad (LEMC-UDEP) y el apoyo del personal técnico.



## Resumen Analítico-Informativo

Uso de residuo de conchas de abanico como filler para la elaboración de concreto sostenible  
Ehtzel William García Ramírez

Anner Ernesto Guerrero García

Asesor: Mgtr. Christian Mario Varhen García

Tesis.

Título de Ingeniero Civil.

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, marzo del 2020.

**Palabras claves:** concreto sostenible/ residuos/ concha de abanico/ filler calcáreo/ diseño de mezcla/ resistencia/ porosidad.

**Introducción:** En esta investigación se evalúa las propiedades del residuo de concha de abanico triturado (RCA) hasta alcanzar un tamaño de partícula muy parecida al cemento (filler).

**Metodología:** Para la presente tesis, las tandas fueron diseñadas con una relación agua/cemento de 0.50 y se muestran los resultados de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con reemplazos de material calcáreo en proporciones de cemento (5%, 20% y 40%) para la elaboración de un concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>. Para eso se trituró el material calcáreo hasta el punto de obtener filler mediante el tamizado de este material verificándose la granulometría del residuo obtenido para considerarlo filler calcáreo.

**Resultados:** Los resultados obtenidos con los reemplazos muestran como los valores de slump se ven afectados por la influencia del filler calcáreo, porque a mayores reemplazos, menores valores de slump presentaron las tandas. También se verificó que los valores de resistencia a compresión y tracción hasta reemplazos de un 20% se mantuvieron en un rango entre 90% y 110% de resistencia comparándolos con el concreto patrón, relación que cambió con el reemplazo de 40% que no obtuvo resultados favorables comparándolo con la tanda de diseño. Conjuntamente se presentaron ensayos y valores de temperatura, cantidad de pasta, rendimiento, peso unitario y porosidad.

**Conclusiones:** Se concluye que las propiedades mecánicas del concreto son favorables hasta ciertas cantidades de filler, basándonos en los valores obtenidos en los reemplazos del 5% y 20% de filler, estos cumplen con las propiedades mecánicas de compresión, tracción y porosidad esperadas de un concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**Fecha de elaboración del resumen:** 19 de agosto del 2019.

## Analytical-Informative Summary

Uso de residuo de conchas de abanico como filler para la elaboración de concreto sostenible  
Ehtzel William García Ramírez

Anner Ernesto Guerrero García

Asesor: Mgtr. Christian Mario Varhen García

Tesis.

Título de Ingeniero Civil.

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, marzo del 2020.

**Keywords:** sustainable concrete / waste / seashell / limestone filler / mix design / strength / porosity.

**Introduction:** In this investigation, the properties of the scallop crushed seashell (RCA) are evaluated until it reaches a particle size very similar to cement (filler).

**Methodology:** For the present thesis, the mixes were designed with a water/cement ratio of 0.50, and the results of the properties of the concrete in the fresh and hardened state with replacements of calcareous material in cement proportions (5%, 20% and 40%) are shown for the elaboration of a concrete 280 kg/cm<sup>2</sup>. For this, the calcareous material was crushed to the point of obtaining filling by sieving this material, verifying the granulometry of the residue obtained to be considered as a calcareous filling.

**Results:** The results obtained with the replacements show how the slump values are affected by the influence of the limestone filler, because the greater replacements, lower slump values presented the batches. It was also verified that the values of compressive and tensile strength up to 20% replacements were maintained in a range of 90% and 110% of resistance compared to the standard concrete; a ratio that changed with the replacement of 40% that didn't obtain favorable results compared with our standard concrete. In the same way, tests and values of temperature, amount of paste, yield, unit weight and porosity were presented.

**Conclusions:** It is concluded that the mechanical properties of concrete are favorable up to certain quantities of filler, based on the values obtained in the 5% and 20% replacements of filler, these perform the expected mechanical properties of compression, tensile and porosity of a 280 kg/cm<sup>2</sup> concrete.

**Summary date:** August 19, 2019.

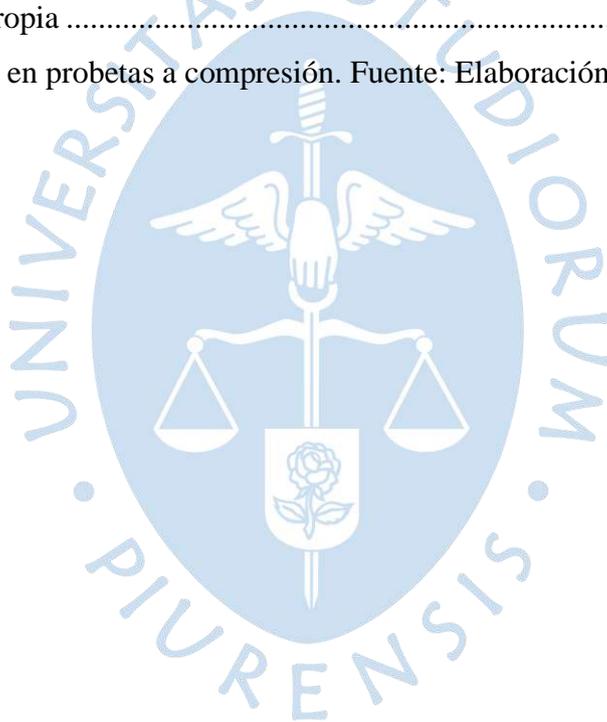
## Tabla de contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1.....</b>	<b>3</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. General.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Construcción.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. Concreto.....</b>	<b>7</b>
<b>1.3.1. Uso de residuos en general como agregado .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.2. Materiales suplementarios como reemplazo del cemento para la fabricación del concreto.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.3. Filler calcáreo de origen crustáceo.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3.4. Concreto fresco con filler calcáreo .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.5. Concreto endurecido con filler calcáreo .....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo 2.....</b>	<b>21</b>
<b>Programa experimental .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Métodos de ensayos.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1. Caracterización de materias primas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1.1. Análisis químico .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1.2. Peso específico y capacidad de absorción .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1.3. Distribución granulométrica.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.1.4. Peso unitario.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.2. Concreto en estado fresco.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.2.1. Peso unitario y rendimiento .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.2.2. Trabajabilidad .....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.2.3. Temperatura.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.3. Concreto en estado endurecido.....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.3.1. Resistencia a la compresión .....</b>	<b>30</b>

2.1.3.2. Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral .....	31
2.1.3.3. Método de ensayo. Determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido .....	32
2.2. Materiales y composiciones evaluadas .....	34
2.2.1. Materiales utilizados .....	34
2.2.1.1. Cemento .....	34
2.2.1.2. Aditivo plastificante .....	34
2.2.1.3. Agregado grueso .....	36
2.2.1.4. Agregado fino .....	39
2.2.1.5. Filler de Residuos de Conchas de Abanico (RCA) .....	41
2.2.2. Mezclas evaluadas .....	46
Capítulo 3 .....	49
Resultados .....	49
3.1. Granulometría de los finos (cemento y filler) .....	49
3.2. Estado fresco .....	50
3.2.1. Temperatura .....	50
3.2.2. Peso unitario y rendimiento .....	51
3.2.3. Trabajabilidad .....	53
3.3. Estado endurecido .....	56
3.3.1. Densidad, absorción de agua y vacíos en el concreto endurecido .....	56
3.3.2. Resistencia a la compresión .....	58
3.3.3. Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral. ....	62
Conclusiones .....	65
Recomendaciones .....	67
Referencias bibliográficas .....	69
Anexos .....	75
Anexo 1. Resultados de Análisis Químico de RCA .....	77
Anexo 2. Resultados del concreto endurecido (compresión y tracción) .....	79

## Lista de tablas

Tabla 1. Caracterización de agregado grueso. Fuente: Elaboración propia .....	38
Tabla 2. Caracterización del agregado fino. Fuente: Elaboración propia .....	40
Tabla 3. Diseño de Mezcla y cantidades de cada material según el porcentaje de reemplazo. Fuente: Elaboración propia .....	47
Tabla 4. Tipos de falla en probetas a compresión. Fuente: Elaboración propia.....	60





## Lista de Figuras

Figura 1. Distribución del tamaño de grano de filler calcáreo. ....	16
Figura 2. Forma biselada y textura rugosa de las partículas de filler. ....	16
Figura 3. Efecto de contenido de piedra caliza a la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto. ....	18
Figura 4. A) Tamiz #200 donde quedó retenido parte de los RCA B) Muestra de 0.5 kg de RCA. ....	23
Figura 5. A) Pesando la muestra del RCA para el ensayo de peso específico. B) Parte del ensayo de peso específico con la compresora de aire. ....	24
Figura 6. Pesado de muestra de agregado fino para el ensayo de peso específico. ....	24
Figura 7. Puesta al horno del agregado fino. ....	25
Figura 8. Peso seco al horno de la muestra de agregado fino para posteriormente calcular el contenido de humedad. ....	25
Figura 9. Tamizado del agregado. ....	26
Figura 10. Uso del hidrómetro para el ensayo de sedimentación del RCA. ....	27
Figura 11. A) Compactación del agregado fino B) Pesaje del agregado grueso después de la compactación. ....	28
Figura 12. A) Enrasado de la mezcla de concreto B) Pesaje de la mezcla de concreto para posteriormente calcular el peso unitario. ....	29
Figura 13. A) Compactación de la mezcla de concreto B) Medición del asentamiento de la mezcla. ....	29
Figura 14. A) Medición de temperatura después de mezclar B) Acercamiento de la imagen. ....	30
Figura 15. A) Probetas antes de ensayar B) Probetas después del ensayo. ....	31
Figura 16. A) Colocación de la probeta de concreto en la compresora B) Rotura de la probeta de concreto. ....	31
Figura 17. Máquina cortadora del LEMC de la Universidad de Piura. ....	32
Figura 18. A) Discos por pesarse después de estar en el horno B) Discos sumergidos. ....	33

Figura 19. A) Discos expuestos a la ebullición B) Cálculo de la masa sumergida de los discos. .....	33
Figura 20. Cemento Portland Tipo I.....	35
Figura 21. Aditivo plastificante.....	35
Figura 22. Cantera Santa Cruz. ....	37
Figura 23. Agregado grueso. ....	37
Figura 24. Análisis Granulométrico del agregado grueso.....	38
Figura 25. Ubicación de la Cantera Chulucanas respecto a Piura.....	39
Figura 26. Agregado fino. ....	40
Figura 27. Análisis granulométrico del agregado fino.....	41
Figura 28. Ubicación de la Playa Chuyillachi en referencia a Piura.....	42
Figura 29. Lavado de la valva de conchas de abanico.....	43
Figura 30. Máquina de abrasión de los Ángeles con valvas de conchas de abanico por triturar. .....	44
Figura 31. Tamizado del material triturado en el tambor de los Ángeles.....	44
Figura 32. Molino de martillos móviles.....	45
Figura 33. Molino pulverizador ubicado en el mercado de Piura.....	45
Figura 34. Polvo de RCA que salió del molino pulverizador.....	46
Figura 35. Curva granulométrica comparativa del Filler de RCA respecto al cemento.....	49
Figura 36. Resultados de Temperatura según cada tanda de reemplazo.....	50
Figura 37. Resultados del Peso Unitario Real según cada % de reemplazo de RCA. Fuente: Elaboración propia .....	51
Figura 38. Rendimiento en peso de la mezcla según cada tanda elaborada.....	52
Figura 39. Gráfica de Asentamiento en cada tanda.....	53
Figura 40. Asentamiento según cantidad de pasta que se usó en cada tanda.....	54
Figura 41. Desmoronamiento del material en la tanda PR40.....	55
Figura 42. Influencia de la proporción de finos de clinker y filler sobre la demanda de agua de la pasta.....	55
Figura 43. % Absorción después de inmersión por cada tanda elaborada.....	56
Figura 44. % Absorción después de inmersión y ebullición por cada tanda elaborada.....	57
Figura 45. Volumen de vacíos por cada tanda elaborada.....	58
Figura 46. Resistencia a la compresión a diferentes edades y por cada tanda elaborada. Fuente: Elaboración propia .....	59
Figura 47. Diagrama esquemático de los patrones típicos de la fractura.....	60

Figura 48. Resistencia a la tracción a diferentes edades y por cada tanda elaborada. Fuente:  
Elaboración propia ..... 62





## Introducción

El cemento es uno de los materiales más utilizados en la mayoría de obras del sector de la construcción. Dependiendo de la región se utilizan diferentes tipos de cemento, ya sea para uso general, alta resistencia inicial, moderada y/o alta resistencia a los sulfatos, moderado y bajo calor de hidratación, entre otras. Para determinar el tipo de uso se incorpora materiales inorgánicos como adiciones minerales en el cemento, con el fin de mejorar sus propiedades según las condiciones en las que se vaya a utilizar.

Para aprovechar los materiales inorgánicos como adiciones minerales en la región Piura, se encontró desechos de valvas de conchas de abanico, los cuales se encuentran en botaderos autorizados por la municipalidad del distrito de Sechura. Los botaderos se crearon debido al crecimiento de esta industria en la localidad y tienen una capacidad de hasta 100 mil toneladas de desecho de valva, representando un 85% del total de la producción (El Tiempo, 2014).

Los residuos de concha de abanico (RCA) ya han sido estudiados por diferentes investigadores locales e internacionales y en el Departamento de Ingeniería Civil (DIC) de la Universidad de Piura (UDEP), ya se ha planteado el uso de residuos de concha de abanico (RCA) en concreto convencional para la construcción de edificaciones, ya sea como agregado grueso (Nizama, 2014), agregado fino (Saavedra, 2016) y en la industria vial como estabilizador de suelos, entre otros.

Además, el uso de dicho material contribuye de forma amigable al medio ambiente, ya que es una forma de disminuir la contaminación y generar un valor agregado en los productos convencionales que se utilizan para preparar el concreto. En este caso, se busca explorar la posibilidad de usar estos RCA como filler mineral adicionado al concreto como reemplazo del cemento.

Ante la problemática medioambiental presentada en la localidad, en esta tesis se busca generar un valor adicional de los RCA como filler, llevándolo a una granulometría muy fina, para utilizarlo como sustituto del cemento, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas y físicas aumentando la sostenibilidad del concreto.



## **Capítulo 1**

### **Marco teórico**

La problemática ambiental relacionada con la eliminación de diversos materiales de desecho ha ido aumentando cada vez más a niveles preocupantes y alarmantes a nivel mundial. Dependiendo de las industrias locales, cada año se generan diferentes tipos de desechos en grandes cantidades (Yazi Meng, 2018). En las siguientes líneas profundizaremos un poco más acerca de dicha problemática enfocada en lo que se considera materia prima no utilizable en el mundo producto de los diversos residuos emitidos, los cuales son acumulados en botaderos o muchas veces desechados en las calles.

#### **1.1. General**

El mejoramiento en las condiciones de vida generado por el desarrollo tecnológico incrementó en la población mundial el gasto de energía, la producción de alimentos y los de bienes de consumo. La Dra. Andrea María Rodríguez Bertheau (2011) también comenta:

- “Se aceleró la contaminación ambiental, la deforestación, el surgimiento de las grandes ciudades y otros fenómenos que se han convertido en un problema para la humanidad”.

- “La contaminación ataca la salud humana por el agua o el aire. Se han liberado cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de otros gases de efecto invernadero que han provocado un exceso en Europa y se agravan las enfermedades cardiovasculares y respiratorias cada año en zonas urbanas”.

- “Los desastres naturales se han triplicado con creces desde los años sesenta. La creciente variabilidad de las precipitaciones afectará el suministro de agua dulce y lo que hará peligrar la salubridad pública”.

Este desarrollo ha traído consigo un conjunto de desechos que son acumulados en botaderos de las ciudades, estos residuos provienen de diferentes industrias. A continuación, se hará mención de algunos de ellos en conjunto con datos que muestran las cantidades preocupantes de desechos que se producen en las diferentes ciudades del mundo.

En Hong Kong alrededor de 373 toneladas de residuos de vidrio se generan diariamente y solo alrededor del 10% de los residuos de vidrio se reciclan y se reutilizan. La baja tasa de reciclaje se debe principalmente a la falta de industrias de fabricación de vidrio y la dificultad en el proceso de recolección (Ling et al., 2013).

Otro tipo de residuos son los de vidrio de tubos de rayos catódicos (TRC) que se obtienen principalmente de los televisores viejos y pantallas de monitores de computadoras. Solo en el 2010, más de 2600 toneladas de televisores antiguos fueron desechados por familias y corporaciones en Hong Kong (Ling & Poon, 2014). En China continental, la generación de residuos de CRT fue de aproximadamente 43 millones de toneladas en el 2013 (Lee et al., 2016). Según Yoshida et al. (2016) se espera que la eliminación global de TRC alcance su pico en los próximos años (2015–2020). Esto incentiva a los gobiernos a encontrar una solución adecuada para la eliminación de los residuos de TRC.

En los Estados Unidos más de 299 millones de desecho de llantas se generan anualmente y aproximadamente 188 millones de llantas se han almacenado de acuerdo con la Asociación de Fabricantes de Caucho (RMA en inglés). Dicha asociación también estimó que 477 mil toneladas de éstas se desecharon en el 2005. Es por eso se plantearon serias preocupaciones ambientales debido a que los desechos de neumático no son fácilmente biodegradables, el tiempo de acumulación es prolongado y se torna cada vez en más cantidad (Yazi Meng, 2018).

Por otra parte el mármol, el cual es un material que se caracteriza por su buena rigidez, alta dureza, resistencia al desgaste, resistencia a altas temperaturas y principalmente que contiene óxido de calcio (CaO) es generalmente adecuado para su uso como materiales de decoración de edificios, es por ello que al llevar a cabo el procesamiento de mármol como el corte y el pulido, se genera una cantidad considerable (20-25% del contenido total de piedra) de residuos de mármol (Saboya et al., 2007). En Turquía, por ejemplo, alrededor de 1400 toneladas de residuos de mármol se conservan y almacenan cada día (Topcu et al., 2009). Dado que el almacenamiento de la gran cantidad de residuos de mármol ha resultado ser imposible y

causa contaminación ambiental, existe una necesidad apremiante de investigar el uso en bloques de concreto para la eliminación y reducción de dichos residuos (Gencel et al., 2012).

Esta diversidad de materiales que se transforman en residuos, se les busca una utilidad dentro de las industrias. Una de las industrias que ha optado por la investigación con materiales reciclados y está planteando una gran variedad de opciones para el uso de materiales alternativos es la “industria de la construcción”.

## **1.2. Construcción**

La industria de la construcción ha tenido alta influencia en el desarrollo de las naciones, tanto en la actividad económica como en el bienestar de la comunidad. Sin embargo, propio a sus acciones y a su actividad económica, dicha industria se encuentra continuamente en interacción con el medio ambiente teniendo como prioridad el respeto y la conservación del mismo.

Esta industria incluye varias fuentes de contaminación que se pueden enmarcar en los distintos aspectos e impactos ambientales propios del sector económico que modifican el componente abiótico de los ecosistemas, es decir: el suelo, el aire y el agua, tal como se irá describiendo.

En el suelo, Acosta (2002) afirma que el vaciado de desechos y escombros de la construcción tiene numerosos efectos negativos en el medio ambiente, entre otros: utilización excesiva de materiales con la consecuente pérdida de recursos naturales, degradación de la calidad del paisaje y alteración de drenajes naturales. Por otra parte, el despilfarro de materiales, mano de obra y transporte que implican los desechos, tiene así mismo consecuencias negativas, puesto que eleva los costos finales de construcción.

En el curso final de la vida útil de la construcción, todos los materiales utilizados a menudo se convierten en escombros, es decir que grandes cantidades (50%) se presentan en forma de materiales de desecho (Lombera, 2010).

Entre ellos están los ladrillos, que son materiales que abundan mucho en la construcción residencial y según Adamson et al. (2015) estima que siguen siendo el segundo material de construcción más importante después del concreto. En la actualidad, la producción anual de

ladrillos en el mundo es de aproximadamente 1391 mil millones de piezas y se espera que la demanda de ladrillos continúe aumentando (Zhang, 2013). Según una encuesta de la industria de la construcción (Venta y Eng, 1998) para una tonelada de ladrillos nuevos producidos, se generan aproximadamente 0,011 toneladas de desechos de ladrillos y se desechan en vertederos. Al mismo tiempo, se genera una gran cantidad de residuos de ladrillos durante la demolición de edificios antiguos y el proceso de fabricación de ladrillos nuevos.

Por otro lado, la alteración que genera los movimientos de tierra es el cambio en la geomorfología, la pérdida de cobertura vegetal, ocasionan procesos de erosión más rápidos y en ocasiones, cuando se usan explosivos para excavaciones en la industria de la construcción, se pueden generar inestabilidad de los taludes lo que conllevaría a un riesgo de deslizamientos y derrumbes que pueden generar tanto pérdidas en la infraestructura como pérdidas humanas.

En el aire, sus alteraciones están asociadas al polvo, las emisiones de CO<sub>2</sub>, como consecuencia del uso de combustibles fósiles, uso de materiales, realización de excavaciones, corte de taludes y operación de máquinas y herramientas. Para el caso del cemento, material industrializado más consumido en el mundo (Agopyan, John, 2011), y la producción de dicho material contribuye aproximadamente al 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del mundo (Varhen, 2017). Estas emisiones de dióxido de carbono en las acciones antropogénicas son muy altas y a la vez son las responsables del calentamiento global en los últimos 50 años, según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (2007).

Para el caso específico del dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), Medineckien et al. (2010) plantea que este es producto del uso de combustibles fósiles, mientras que el uso de minerales como material de construcción genera finas partículas de polvo durante su proceso de degradación, de acuerdo con la dispersión el polvo se clasifica en 5 clases. Los más peligrosos de ellos son partículas duras de la clase cinco. Estas partículas duras no son detenidas por las vías respiratorias superiores de los humanos, por lo tanto, pueden pasar desapercibidos como enfermedades de las vías respiratorias. Depositándose en la membrana mucosa de la nariz, la tráquea, los bronquios, que despiertan reacciones inflamatorias y con el tiempo alteraciones crónicas. Más tarde, la gente contrae enfermedades de las vías respiratorias, como bronquitis, traqueítis y neumonía (esclerosis difusa de los pulmones).

Por lo tanto, la demanda de un desarrollo más sostenible ha aumentado aún más la importancia de la construcción verde y también el potencial impacto del concreto como parte de esta industria.

### 1.3. Concreto

El concreto es el segundo material más consumido en el mundo y según Van Oss (2007) se estima que el consumo per cápita es de tres toneladas de concreto por año. Además, uno de los impactos más importantes del concreto es sin duda la emisión de CO<sub>2</sub>. Según Lima (2010), 88.6% a 92.2% de las emisiones de CO<sub>2</sub> se originan en la producción de uno de los componentes del mismo, el cual es el cemento. El transporte de concreto, incluso en una ciudad como São Paulo, es responsable de alrededor del 4% de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Souza, 2012).

Otro de los componentes principales en términos de volumen y masa son los agregados naturales como arena, grava o roca triturada. Como se produce una gran cantidad de concreto anualmente, se deduce que se extrae cantidades altas de agregado natural para su producción. Una estimación conservadora del consumo mundial de agregado excede los 40 mil millones de toneladas al año, y entre el 64% y el 75% del agregado extraído se usa para concreto (Uchechi, John, Bennet, 2018).

En los últimos años, se han realizado esfuerzos grandes en la realización de estudios para reciclar desechos para su posible uso en la producción de concreto. Esto se debe a que el concreto parece ser la opción más popular para la incorporación de materiales de desecho reciclados debido a los bajos requisitos de calidad de los materiales.

Hay muchos trabajos de investigaciones publicados sobre el uso de diversos tipos de desechos (es decir, concreto reciclado, ladrillos triturados, vidrio en general, vidrio de tubo de rayos catódicos, caucho de neumático, residuos de cerámica, cenizas volantes, etc.) en la producción de concreto, que han sido utilizados tanto como agregados y otros como materiales suplementarios que reemplazarían al cemento.

Como una opción están los ladrillos triturados que generalmente tienen menor densidad, fuerza y mayor absorción de agua que los agregados naturales, tiene la ventaja de tener una buena resistencia al fuego que puede beneficiar al concreto resultante.

Otra opción son los desechos de concreto, obtenido de la sedimentación en el tanque de una planta después de eliminar el exceso de concreto fresco o desechado. Los residuos de concreto tienen alto contenido alcalino, porosidad y contenido de agua (Kou et al., 2012). Existe una gran cantidad de residuos de concreto producidos diariamente en las plantas de mezcla de concreto, particularmente en plantas con una gran demanda de concreto fresco. Se estima que los residuos de concreto fresco se producen en el rango entre 1.0% a 4.0% en peso del total de concreto en Europa (Correia et al., 2009) y más de 120 mil tons/año se producen en Hong Kong (Xuan et al., 2016).

Con el fin de evaluar el impacto ambiental de la reutilización de residuos de mezclas de concreto (CSW en inglés), Hossain et al. (2017) evaluó el estudio del ciclo de vida de muros de concreto ecológico que contienen CSW como agregados finos. En comparación con los muros de concreto normales, se encontró que en dichos muros de concreto ecológico las emisiones de gas de efecto invernadero (GEI) resultaron aproximadamente un 40% más baja, un deterioro de la capa de ozono un 58% más bajo y un potencial de acidificación un 47% más bajo. Esto se debe principalmente al uso de CSW que requieren una distancia de transporte más corta que los agregados naturales y una cantidad reducida de uso de cemento Portland ordinario (CPO). Además de esto, la capacidad de capturar y almacenar  $\text{CO}_2$  en bloques de concreto acelera la carbonatación de los minerales y facilita una ganancia de fuerza más rápida, así que realmente es conveniente utilizar este tipo de residuo.

Como vemos, las tendencias en la tecnología del concreto se dirigen actualmente a la obtención de materiales alternativos sostenibles para el concreto a fin de minimizar la excesiva dependencia de los recursos naturales. Muchos de los materiales sustitutos utilizados para producir concreto verde son materiales reciclados obtenidos de desechos industriales y subproductos, como veremos en el siguiente apartado.

### **1.3.1. Uso de residuos en general como agregado**

La importancia de buscar materiales sostenibles alternativos al agregado natural, se debe a los problemas de sostenibilidad asociados con la producción de los mismos. Por ejemplo, el impacto que causa el dragado, la excavación y el procesamiento de agregados naturales, ha tenido consecuencias en el medio ambiente, como la amenaza a los ecosistemas fluviales y la erosión no reversible de la tierra. Como resultado de estas preocupaciones ambientales, las

autoridades de algunas partes del mundo han impuesto restricciones a la minería de áridos a través de impuestos, multas y prohibiciones por la extracción en algunos sitios.

Por eso, se ha encontrado que la incorporación de varios tipos de desechos de construcción y demolición, entre ellos el concreto reciclado (curado con CO<sub>2</sub>), los ladrillos triturados y los residuos de lodos de concreto como agregados, es beneficiosa para mejorar las siguientes propiedades del concreto: la resistencia a la compresión y la resistencia al fuego (Zhan et al., 2013, 2016; Xiao et al., 2013; Kou et al., 2012; Hossain et al., 2017). Además de esto, los informes recientes muestran que el caucho podría contribuir a mejores propiedades de aislamiento, así como a una mayor tenacidad, mientras que la inclusión de agregados de vidrio reciclado podría mejorar los valores estéticos y ornamentales del concreto (Mohammed et al., 2012; Ling et al., 2013).

Anteriormente hablamos que los desechos de la mezcla de concreto son una de las opciones que tenemos a las alternativas tradicionales. Cuando el desecho de la mezcla de concreto se tritura en una forma de polvo o tamaño más fino, el efecto de relleno es mejor que los agregados naturales en la elaboración de concreto. Además, el beneficio que da los residuos de mezclas de concreto (CSW en inglés) es la distancia de transporte más corta que los agregados naturales y una cantidad reducida de uso de CPO.

Por otra parte, la incorporación de vidrio triturado causó una ligera reducción en la densidad del concreto, como se informó en algunos trabajos (Lee et al., 2013; Chen et al., 2018) y esto se debe principalmente a la menor densidad del vidrio triturado comparado con los agregados convencionales. Según Lee et al. (2013), en general, la inclusión del vidrio como un reemplazo de agregado fino también reduce la resistencia a la compresión del concreto, particularmente en niveles de reemplazo más altos. Esto se atribuyó a la disminución en la unión de cemento-agregado causada por la superficie lisa e impermeable de las partículas de vidrio.

Otra alternativa son los tubos de rayos catódicos (TRC) que tienen propiedades densas y de protección contra la radiación (asociadas con el contenido de plomo), así como las propiedades impermeables son similares a las del vidrio, el reciclaje de residuos de TRC como un posible sustituto de los agregados finos convencionales en el concreto fue explorado previamente. Sin embargo, el alto porcentaje de óxido de plomo (PbO, 20% –25%) (Lee et al.,

2004) también requiere un tratamiento previo del vidrio de TRC triturado mediante tratamiento con ácido y lavado con agua antes de su uso en el concreto convencional (Ling & Poon, 2014).

También están los residuos cerámicos, que a pesar de que se tiene poca investigación acerca de su uso como agregados en el concreto, las características ventajosas de los residuos cerámicos incluyen alta resistencia, durabilidad y resistencia química (Torkittikul & Chaipanich, 2010).

En la Universidad de Piura, San Martín (2019) realizó una investigación con el objetivo de evaluar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido al reemplazar el agregado grueso natural por agregado de concreto reciclado triturado y así buscar una alternativa de uso al desecho de concreto que se obtiene de las probetas ensayadas del LEMC de UDEP. Los resultados indicaron que el agregado grueso de concreto reciclado posee propiedades menos favorables en comparación a los agregados naturales. Sin embargo, mientras los agregados sean de buena calidad (p.e. desechos prefabricados de concreto) es posible obtener concretos fabricados con propiedades mecánicas similares y, en algunos casos, superiores a las del concreto patrón.

Estudios como los de Yang et al. (2005) y Nizama (2014), indican que la fragilidad de las conchas de moluscos es percibida cuando el tamaño de las partículas es semejante a las de un agregado grueso convencional, por el contrario, para partículas finas esta fragilidad influye poco en el desarrollo de la resistencia del concreto.

Como agregado fino, el impacto del uso de residuo de conchas trituradas "*scallop crushed seashell*" (CSS), se probó en un rango de 0.75, 0.55, 0.45 y 0.41 a/c de concreto. Se investigaron las propiedades en estado fresco y endurecido del concreto a edades de 7, 28 y 90 días. Los resultados experimentales muestran que el efecto del reemplazo de CSS en las propiedades del concreto depende de la distribución del tamaño de partículas del agregado global después del reemplazo y que la forma angular de las partículas de CSS puede contribuir a un mejor acomodo. El nivel máximo de reemplazo de CSS es variable y está limitado a un máximo para un tamaño dado de partículas CSS y una relación a/c. Se puede sugerir un reemplazo máximo del 40% en un rango de 1.19–4.75 mm de tamaño de partícula CSS, pero el 5% puede considerarse óptimo para todos los casos. Esto significa que CSS limpio se puede usar como reemplazo de agregado fino en concretos convencionales (Varhen, Carrillo, Ruiz, 2017).

También, Soutsos et al. (2011) investigó el uso de residuos de concha de abanico (RCA) como agregados gruesos y finos para la producción de concreto y observaron que la reducción en la resistencia del mismo era más significativa cuando se usaba RCA como un reemplazo de agregado fino. Esto se atribuyó a la mayor porosidad de los agregados finos RCA de concreto reciclado en comparación con los agregados gruesos correspondientes y, por lo tanto, se recomendó que el nivel máximo de reemplazo de agregados finos y gruesos sea del 30% y 60% respectivamente.

Otros estudios donde se utilizó RCA como agregado fino, fue por parte de Saavedra (2016) en la Universidad de Piura y Kuo et al. (2013), trabajando con agregados redondeados y triturados, analizan el comportamiento de esta asociándola a la trabajabilidad de la mezcla y la influencia de su módulo de fineza. Y así como se está investigando reemplazos para los agregados naturales que funcionan, también se está investigando adiciones como reemplazo del cemento, el cual servirá como herramienta para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros impactos ambientales resultantes de la producción de cemento.

### **1.3.2. Materiales suplementarios como reemplazo del cemento para la fabricación del concreto**

La industria del cemento se moviliza para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> de los materiales de cemento. La estrategia más popular para reducir el impacto ambiental del concreto es la reducción del contenido de clínker en el cemento, mediante la incorporación de filler durante la molienda del clínker Portland el cual produce una disminución del consumo de energía y un aumento de la conservación de los recursos naturales. Conjuntamente con estos efectos se puede controlar y reducir la contaminación ambiental.

Además, otro factor importante para tomar acción rápida, es que se prevé que la producción de cemento aumente en un 25% de cara al 2030, ya que según estudios las áreas edificadas del mundo se duplicarán en los próximos 40 años (BBC, 2017). Por todo esto, se están tomando medidas y estrategias para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, mejorando la eficiencia de uso de materiales cementantes (Damtoft et al., 2008; John, 2003; Muller & Harnisch, 2008).

Diversos materiales cementicios suplementarios, ya sean naturales puzolanas o aquellas derivadas de materiales de desecho de subproductos industriales tales como humo de sílice, cenizas volantes y escoria de alto horno, se han utilizado durante muchos años para desarrollar

cementos compuestos no solo para reducir la carga ambiental sino también para mejorar la durabilidad del concreto.

La escoria de alto horno, la cual es usada en la industria del cemento desde hace 100 años, es un material de alta demanda y de producción limitada, siendo el 13% de lo que demanda la producción de cemento en el mundo; este producto tiene tendencia a incrementar su demanda y su producción actual no logrará cubrir las expectativas ya que en 2008 se tuvo disponible  $180 \times 10^6$  ton/año y se plantea  $290 \times 10^6$  ton/año para el 2020. En general la escoria es un material que debe ser considerado un material escaso que debe ser explotado de una forma diferente (F. Pacheco-Torgal, S. Jalali & V.M. John, 2013).

Otro de los materiales es el humo de sílice, que en el mundo fue estimado en  $900 \times 10^3$  ton/año mientras en EEUU la producción es de 100 a  $120 \times 10^3$  ton/año; esto representa el 0.01% de la producción total de cemento y haciendo de éste un material escaso y usado en algunos tipos de concretos especiales (F. Pacheco-Torgal, S. Jalali & V.M. John, 2013).

También está la ceniza volante, que tiene un reemplazo promedio en la elaboración de cemento del 7%, este material proveniente del carbón que se mantiene como una de las fuentes de energía más importantes en el mundo, sin embargo Humpreys and Mahasenan (2002) evaluaron la disponibilidad de este para el 2020 con el valor de  $205 \times 10^6$  ton/año; considerando que EEUU al año 2009 tiene  $57.2 \times 10^6$  ton e India  $100 \times 10^6$  ton; teniendo en cuenta que son ambos los países más grandes en producción de carbón; éste con el tiempo no cubrirá dicha demanda (F. Pacheco-Torgal, S. Jalali & V.M. John, 2013).

Todos los anteriores materiales de adición son parte de la elaboración del cemento, el cual por su fabricación genera una exorbitante contaminación a nivel global. Además, considerando la escasez relativa de los materiales cementicios suplementarios tradicionales, el desarrollo de nuevos materiales suplementarios se convierte en una prioridad, al igual que una mejor comprensión de sus efectos químicos y físicos. (Damtoft et al., 2008; Gartner, 2004; Lothenbach et al., 2011).

Por eso es de vital importancia reducir el porcentaje de emisiones, utilizando otra fuente de material calcáreo; uno de los motivos es que se está sobreexplotando este material llevándolo a la escasez, y otra por la calcinación de la caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) en  $\text{CO}_2 + \text{CaO}$  en el proceso de

clinkerización del cemento portland. La pérdida permitida por las normas IRAM (Instituto de Racionalización Argentino de Materiales) es de 12%, el cual es cumplido por las mezclas de cemento ya que cuando el porcentaje de filler incorporado alcanza el 20%, la pérdida por calcinación es de 9% (Bonavetti, 1998).

El uso de filler calcáreo adicionado al cemento, se intentó por primera vez en 1965 en Alemania. Los estándares franceses adoptaron su uso en 1979 y en 1983, los estándares canadienses permitieron que un 5% de piedra caliza se combinara con el cemento. En 1992, los estándares británicos permitieron el uso de piedra caliza hasta un 20% y ahora su uso está reconocido en los estándares nacionales en todo el mundo, con el límite máximo de contenido de piedra caliza de 35% (Abdurrahman, 2015).

Para garantizar que el concreto fabricado con cemento sea un material competitivo en el futuro, se debe mejorar la sostenibilidad de las construcciones utilizando este material (Varhen et al., 2016) y diferentes residuos calcáreos, en especial de origen crustáceo, ya que diversos estudios concuerdan que los residuos crustáceos están conformados en su totalidad por carbonato de calcio (Ver Anexo 1. Resultados de Análisis Químico de RCA). Dependiendo del tipo de concha analizada, el porcentaje varía entre 90% a 98% (Yang et al., 2005; Yon et al., 2003), y de este tipo son residuos abundantes en la región Piura.

### **1.3.3. Filler calcáreo de origen crustáceo**

Actualmente en el distrito de Sechura, se ubica uno de los principales productores acuícolas de valvas de conchas de abanico de la región, donde se produce un 80% a nivel nacional y un 50% a nivel de Sudamérica. Además, debido al crecimiento de esta industria, se dispusieron botaderos autorizados por la municipalidad, utilizados para desechar hasta 100 mil toneladas por año de residuos de la valva extraída, lo cual representa un 85% del total de la producción. (El Tiempo, 2014).

Estos residuos minerales pueden ser reutilizados para diferentes fines; uno de ellos es en la industria de la construcción de edificaciones, pues su uso ya ha sido estudiado por diferentes investigadores locales e internacionales. En el Departamento de Ingeniería Civil (DIC) de la Universidad de Piura (UDEP), ya se ha planteado el uso de residuos de concha de abanico (RCA) en concreto convencional, ya sea como agregado grueso, agregado fino, estabilizador de suelos, entre otros. Ahora se evaluará la potencialidad de las conchas residuales para ser

usadas como adición mineral reemplazándolo en porcentajes de cantidad de cemento en la preparación del concreto.

Estas conchas marinas residuales son de naturaleza calcárea, aunque no similar al de las rocas. Debido a esto, se temía que de alguna manera reaccione con el cemento de la mezcla, pero en el trabajo de Robillar (2012) se encontró que las conchas no forman ningún tipo de producto como resultado de la reacción con el cemento y que cumple únicamente un rol de material de relleno si es utilizado como filler.

El caso de morteros con mezclas binarias con CPO y polvo de concha marina (hasta 30% en masa) así como mezclas ternarias con CPO, polvo de concha marina (hasta 7% en masa) y puzolana natural (hasta 30% en masa) fueron desarrollados y sus características fueron investigadas en términos de densidad, finura, superficie específica, composición química y tiempo de fraguado. Propiedades que incluyen resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y demanda de agua fueron determinadas para morteros hechos de cementos con adición. Todas las propiedades caracterizadas para los morteros con adición se compararon con las del CP (Concreto patrón).

El tiempo de fraguado de todos los concretos mezclados fue mayor que el del CP, lo que es beneficioso para la construcción en climas cálidos. Todos los concretos que contienen polvo de concha de mar, presentan resistencia a la compresión relativamente cerca del CP en las tres edades de 3, 7 y 28 días, lo que demuestra la competitividad de los concretos producidos con CP. Los resultados indican que el polvo de concha marina se puede usar como reemplazo en el desarrollo de concretos no solo para mejorar la sostenibilidad y reducir los costos de producción, sino también para promover las propiedades y el rendimiento del concreto (Fateme, 2017).

Ante estos antecedentes y la problemática medioambiental presentada en la localidad, en la presente tesis se busca generar un valor adicional de los RCA como filler, llevándolo a una granulometría muy fina, para utilizarlo como adición mineral reemplazando en porcentajes de la cantidad del cemento, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas y físicas aumentando la sostenibilidad del concreto.

#### 1.3.4. Concreto fresco con filler calcáreo

El filler calcáreo tiene influencia sobre el consumo de agua, la cohesión, la tensión de corte y el tiempo de fraguado de las pastas de cemento. Cuando se habla del consumo de agua de las pastas depende del contenido y la finura del filler y de la presencia de materiales arcillosos que el material calcáreo pueda contener. En general, la demanda de agua del filler calcáreo se remite únicamente a la necesaria para lubricar sus granos. En consecuencia, siempre y cuando el filler no sea extremadamente fino es probable que no se modifique el consumo de agua de la mezcla. Es más, es posible que el filler posea un efecto fluidificante cuando aumenta el porcentaje incorporado y consecuentemente disminuya el consumo de agua de la pasta.

Con respecto a la cohesión y la tensión de corte de los cementos, también dependen de la finura, el porcentaje y la cantidad de impurezas del filler. Cuando existen materiales arcillosos, extremadamente finos, se emplean altos porcentajes de filler, la cohesión y la tensión de corte se incrementa.

La adición de filler también afecta el comportamiento de la mezcla de concreto fresco y ha mostrado buenos resultados en términos de trabajabilidad (Varhen et al., 2016). Un mayor volumen de filler en la pasta, genera menores valores en trabajabilidad, ocasionando un aumento en la viscosidad plástica de la mezcla. Esto significa que a mayor volumen de filler en la mezcla se genera mejores condiciones de aplicación, como un material autocompactante debido al impacto positivo en la consistencia del material (la mezcla era menos cohesiva y tenía grandes valores de slump por la baja resistencia al torque). Sin embargo, para la aplicación del concreto con tasas altas de velocidad de aplicación, como ocurre cuando se bombea, sería posible encontrar problemas debido a la dificultad del mismo para fluir (aumento de la viscosidad), pero también dependerá de otras características de la formulación y el tipo de bomba utilizado (Varhen et al., 2016).

En otro estudio, Mohammed et al. (2014) observa que la presencia de filler de piedra caliza (que se puede observar en la Figura 1 y Figura 2) en el cemento podría proporcionar una mejora en la trabajabilidad cuando se utiliza en un sistema binario (piedra caliza cemento). De hecho, la reducción en la cantidad de superplastificante para el sistema cuaternario fue sustancial y osciló entre el 20% y el 46% dependiendo de a/c de la mezcla de concreto a diferencia de un sistema binario que casi no presentó cambio alguno. De acuerdo con estos resultados, varios investigadores anteriores han llegado a la conclusión de que el concreto

elaborado con cemento e incorporación de filler calizo requiere menos demanda de agua/superplastificante y podría mejorar la trabajabilidad de la mezcla de concreto.



**Figura 1. Distribución del tamaño de grano de filler calcáreo.**  
Fuente: Bonavetti (1998)



**Figura 2. Forma biselada y textura rugosa de las partículas de filler.**  
Fuente: Bonavetti (1998)

### 1.3.5. Concreto endurecido con filler calcáreo

En una de las investigaciones en las que se utilizó la concha marina como filler reemplazado parcialmente en el cemento; las conchas marinas se prepararon quemando,

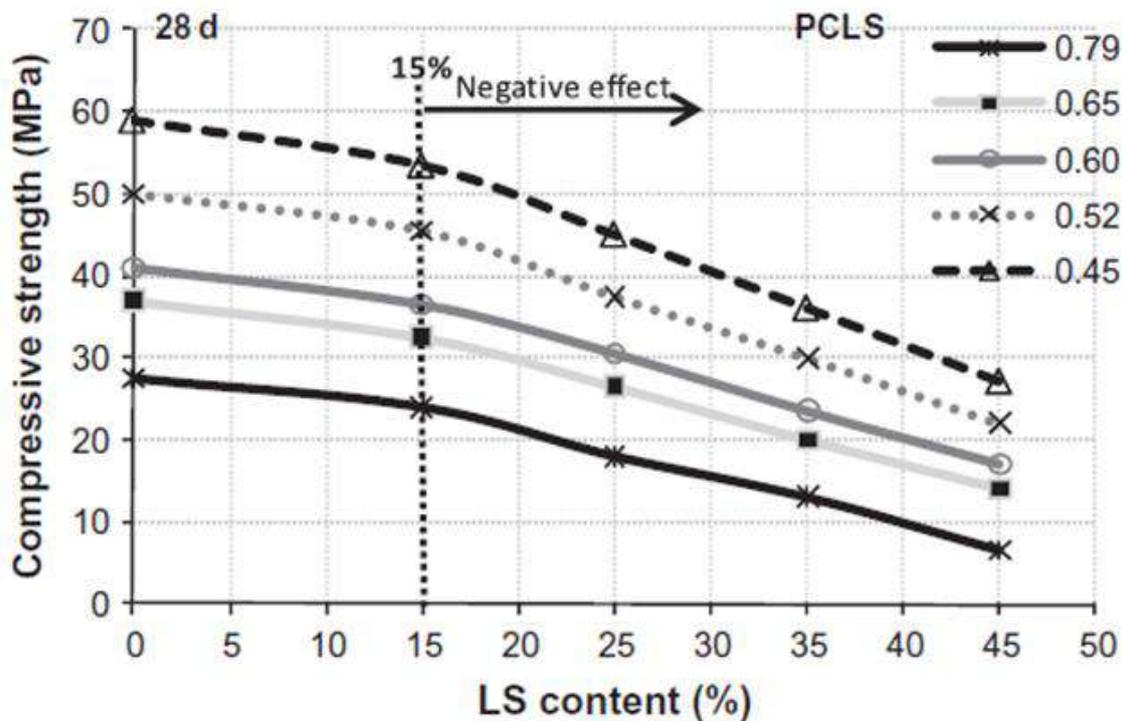
trituyendo, moliendo y filtrando sin usar el tamiz # 200. Las propiedades mecánicas estudiadas fueron la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción por división, la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad del concreto. Estas propiedades se compararon a las de un concreto patrón (CP). Sobre la base de las mezclas de prueba que utilizan las conchas de mar molido con una proporción de 2%, 4%, 6% y 8% del peso de cemento, se logró la resistencia a la compresión óptima para la mezcla que reemplazó el cemento en un 4%. El concreto de concha de almeja roja produjo menos resistencia a la compresión y elasticidad del módulo en comparación con el concreto CP, sin embargo, se observa que la resistencia a la tracción y resistencia a la flexión fueron más altos que los del concreto CP (Monita Olivia, 2015).

En otra investigación de Mohammed (2014) encontraron resultados parecidos, ya que a mayores contenidos de LS (limestone filler) en el sistema cementoso binario se asociaron con mayores reducciones de la resistencia a la compresión. Para todas las mezclas de PCLS (*portland concrete – limestone filler*), dependiendo de la relación a/c y la edad del concreto, la pérdida de resistencia varió desde 9% hasta 86%. Como se observa en la Figura 3, incorporar hasta un 15% de LS como reemplazo para PC (Portland cement) resultó en una pérdida de resistencia moderada de aproximadamente 12%, mientras que aumentar el nivel de reemplazo de PC por LS más allá del 15% siempre resultó en una pérdida de resistencia sustancial. Los resultados indican que el aumento del contenido de LS del 25% al 45% casi duplicó la pérdida de resistencia, que fue más pronunciada para mezclas con una relación a/c alta, mientras que tiende a disminuir cuando se disminuye el a/c del concreto hasta 0.45.

Varhen et al. (2016) también observó que a mayor sustitución del volumen de cemento en la pasta por filler calcáreo disminuye la resistencia a la compresión en el estado endurecido a los 28 días debido a un aumento en la relación a/c. Sin embargo, en los concretos evaluados a pesar de tener bajos consumos de cemento y altas relaciones a/c, las mezclas evaluadas presentaron una resistencia a la compresión relativamente alta: 13, 32 y 35 Mpa e indica que esta sustitución puede ayudar a compensar la falta de material cementante debido a que mejora el empaquetamiento del material.

Además de su efecto relleno, el filler de piedra caliza (limestone filler) también tiene un efecto químico: el carbonato de calcio del polvo de piedra caliza puede interactuar con los hidratos de aluminato formados por las reacciones de hidratación del cemento Portland. Esta interacción conduce a la estabilización de la etringita y podría aumentar el volumen total de los

productos de hidratación, disminuir la porosidad del concreto y en consecuencia aumentar su resistencia (Mohammed Seddik, 2014).



**Figura 3. Efecto de contenido de piedra caliza a la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto.**

Fuente: Mohammed (2010)

Las propiedades relacionadas con la estructura de los poros (porosidad, absorción) de mezclas de cemento (pasta, mortero y concreto) permanecen intactos hasta un máximo del 25% de adición de caliza al cemento Portland y más allá de este límite la porosidad del cemento Portland calizo (PLC) comenzaría a deteriorarse. Los niveles de adición de calizas varían a nivel nacional e internacional. Los estándares oscilaron entre el 10% y el 35%. Para lograr una estructura de poros comparable al concreto preparado con cemento Portland con curado húmedo de 28 días en relación agua/cemento de entre 0.45 y 0.5 el contenido de filler calizo en PLC debe limitarse a un valor máximo del 25% (Abdurrahman, 2015).

Con respecto a la resistencia a la compresión y la corrosión del acero, en un estudio anterior, De Weerd et al. (2010) observó que hasta un 15% de cemento Portland podría ser reemplazado por polvo de piedra caliza sin perjudicar el desarrollo de la resistencia a la compresión. Más allá de este límite, se registró una reducción en la resistencia y un alto nivel de reemplazo (por ejemplo 35%) resultó en una pérdida de resistencia significativa. Resultados

similares también fueron obtenidos por otros investigadores como Tsvilis (1999) y Soroka I (1976). Incluso el aumento del uso de más del 15% de filler de piedra caliza aumenta la profundidad de carbonatación en el concreto que lleva al inicio de la corrosión de la barra de acero y a la degradación del concreto.





## **Capítulo 2**

### **Programa experimental**

En el presente capítulo serán presentados los ensayos para la caracterización de la materia prima y los utilizados para evaluar la influencia del filler calcáreo de RCA en el estado fresco y endurecido del concreto elaborado. Para la caracterización de la materia prima, los ensayos físicos fueron realizados en el Laboratorio de Ensayos de Materiales de Construcción (LEMC) de la Universidad de Piura y el análisis químico fue realizado en el laboratorio ARPL Tecnología Industrial S.A (Lima).

El propósito de la presente investigación es evaluar el comportamiento en estado fresco y endurecido del concreto, sustituyendo cemento por residuo de concha de abanico (RCA) como filler, donde al retirarse cemento también se tendrá que disminuir la cantidad de agua, para mantener la relación agua cemento constante, sin afectar la cantidad de agregados a utilizar. El diseño de mezcla se elaborará mediante distintos porcentajes de reemplazo en peso de cemento Tipo I Pacasmayo por filler de RCA (0%, 5%, 20% y 40%). El objetivo es cuantificar la influencia del filler RCA en las propiedades del concreto fresco (trabajabilidad, peso unitario y temperatura) y el efecto producido en las propiedades del concreto endurecido (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral y determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido).

Como punto de partida, se procederá a elaborar el diseño de mezcla de concreto del concreto patrón y el reemplazo de filler por cemento de 40%, escogemos estas tandas para verificar que el porcentaje de plastificante a usar nos dé una buena trabajabilidad (150 ml/bolsa de cemento).

## **2.1. Métodos de ensayos**

En esta sección, se darán a conocer los ensayos que se llevaron a cabo para el diseño y la elaboración del concreto producido. Cabe resaltar que las normas utilizadas han sido seleccionadas a través de una investigación previa, de tal manera que han resultado apropiadas para la realización de los ensayos realizados.

### **2.1.1. Caracterización de materias primas**

En esta sección se darán a conocer los ensayos químicos y físicos iniciales que se realizaron para el filler de RCA evaluado, además de los agregados pétreos que componen al concreto. Los ensayos físicos realizados incluyen toda la caracterización de los agregados. Los materiales (Agregados y RCA) fueron extraídos de las zonas aledañas y costeras de la región Piura.

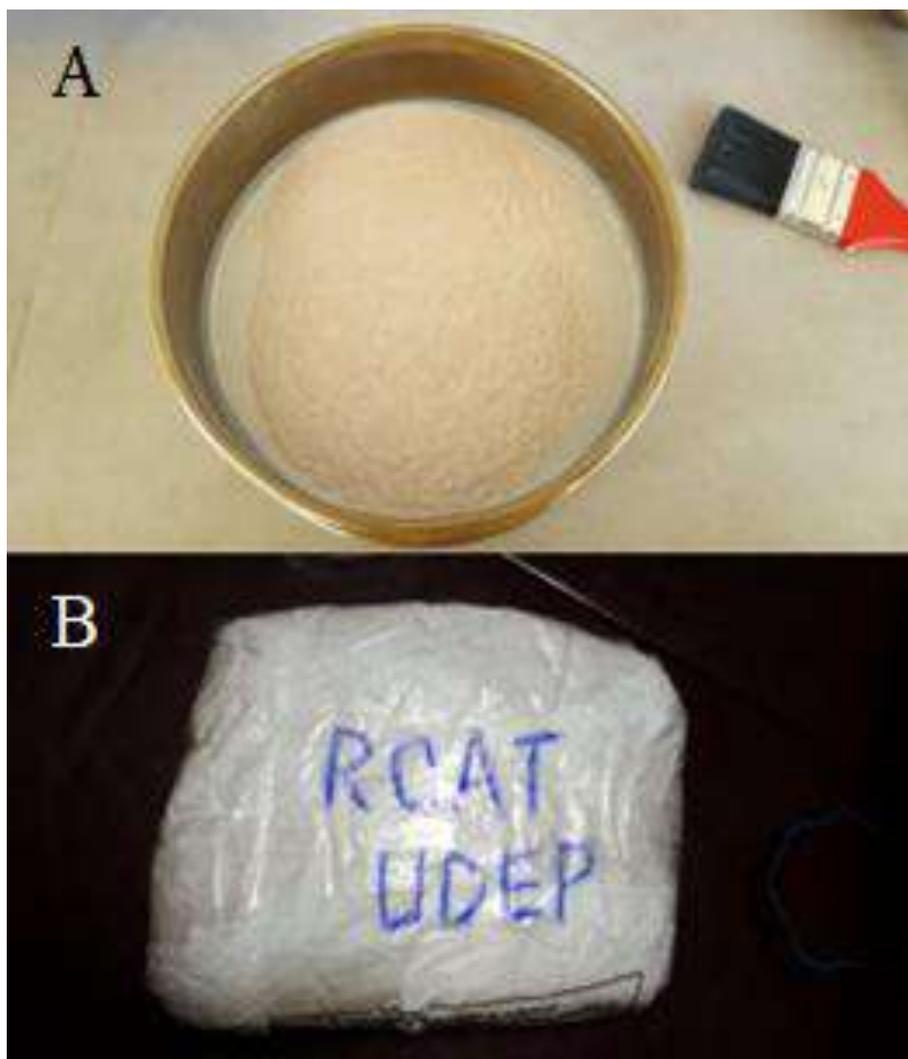
#### **2.1.1.1. Análisis químico**

Se envió una muestra de filler de RCA al Laboratorio ARPL Tecnología Industrial S.A, para determinar sus componentes mayoritarios a través del ensayo de Análisis Químico de Caliza y Material calizo por Fluorescencia de Rayos X (Análisis químico FRX) basándose en la norma ARPL PEX-02 (Ver Anexo 1), el cual es útil para identificar determinados materiales, así como para contrastar el cumplimiento de límites aplicables. Listado de elementos químicos totales expresados como óxidos: Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, Na, K, Ti, P, Mn y Sr. Se requiere la pérdida por calcinación a 950°C (Condiciones que ARPL indica para el desarrollo del ensayo).

El material para la muestra se recolectó anteriormente del botadero que se encuentra a 3.5 km aproximadamente de la ciudad de Sechura, en dirección a la playa Chulliyachi en la región Piura. Luego se trituro en un molino de martillos móviles en Catacaos, donde se obtuvo el filler, el cual se tuvo que tamizar y pasar por la malla #200 tal como se muestra en la Figura 4.

#### **2.1.1.2. Peso específico y capacidad de absorción**

Estos ensayos se realizaron siguiendo los requisitos que establecen las normas técnicas peruanas NTP 400.021:2013 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso” y NTP 400.022:2013 “AGREGADOS. Métodos de ensayo para determinar el peso específico y absorción del agregado fino”.



**Figura 4. A) Tamiz #200 donde quedó retenido parte de los RCA B) Muestra de 0.5 kg de RCA.**

Fuente: Elaboración propia.

Para la realización del presente ensayo, la caracterización de los agregados fue indispensable tomar una muestra de RCA, muestras de agregado fino y agregado grueso por separado, para determinar el cálculo del peso específico y absorción, tal como se muestra en la Figura 5 y Figura 6.

Conocer el contenido de humedad de los agregados es relevante para obtener la cantidad de agua correcta en el diseño de mezcla de concreto. El proceso experimental se muestra en la Figura 7 y Figura 8. Este ensayo se desarrolló en base a los requisitos que exige la norma técnica peruana NTP 339.185:2013 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el contenido de humedad total evaporable de los agregados por secado”.



**Figura 5. A) Pesando la muestra del RCA para el ensayo de peso específico. B) Parte del ensayo de peso específico con la compresora de aire.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 6. Pesado de muestra de agregado fino para el ensayo de peso específico.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 7. Puesta al horno del agregado fino.**

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 8. Peso seco al horno de la muestra de agregado fino para posteriormente calcular el contenido de humedad.**

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.1.3. Distribución granulométrica

Para la realización del análisis granulométrico, se sometió al filler de conchas de abanico al proceso de tamizado como se ve en la Figura 9, siendo la malla #200 por donde tenían que pasar estas partículas (75  $\mu\text{m}$ ) para luego determinar su tamaño bajo la ley de Stokes. Este ensayo se desarrolló siguiendo los requisitos que establece la norma técnica peruana NTP

339.128-1999 “Método de ensayo para el análisis granulométrico por sedimentación mediante el hidrómetro” (ver Figura 10).

Además, para la granulometría del agregado grueso y agregado fino, se sometieron al proceso de tamizado, por una serie de tamices ordenados de forma decreciente según el tamaño de abertura de cada malla. Este ensayo se desarrolló siguiendo los requisitos propuestos en la norma técnica peruana (NTP 400.012-2001) “AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.



**Figura 9. Tamizado del agregado.**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 10. Uso del hidrómetro para el ensayo de sedimentación del RCA.**

Fuente: Elaboración propia

#### **2.1.1.4. Peso unitario**

El procedimiento de este ensayo se llevó a cabo según los requisitos que establece la norma técnica peruana NTP 400.017:2011 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen, peso unitario y los vacíos en los agregados. 3ª. Edición”. Además, cabe mencionar, que el peso unitario se midió pesando un recipiente de

volumen conocido llenado con agregado y este volumen de agregado se calculó en dos estados, suelto y compactado, como se aprecia en la Figura 11.



**Figura 11. A) Compactación del agregado fino B) Pesaje del agregado grueso después de la compactación.**

Fuente: Elaboración propia

## 2.1.2. Concreto en estado fresco

### 2.1.2.1. Peso unitario y rendimiento

El ensayo del peso unitario se desarrolló siguiendo los requisitos que establece la norma técnica peruana NTP 339.046:2008 “HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar el peso unitario, rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)”. Este ensayo se puede determinar antes, durante o después de determinar el asentamiento de la mezcla de concreto.

En la Figura 12 se puede ver la representación del ensayo mencionado.



**Figura 12. A) Enrasado de la mezcla de concreto B) Pesaje de la mezcla de concreto para posteriormente calcular el peso unitario.**

Fuente: Elaboración propia

#### 2.1.2.2. Trabajabilidad

Para la determinación de la consistencia o fluidez de la mezcla de concreto, se realizó de acuerdo a lo que establece la norma técnica peruana NTP 339.035:2015 “CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. 4ª edición”.

En la Figura 13 se muestra la parte de la elaboración del ensayo.



**Figura 13. A) Compactación de la mezcla de concreto B) Medición del asentamiento de la mezcla.**

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.2.3. Temperatura

Este ensayo se desarrolló bajo las indicaciones que establece la norma técnica peruana NTP 339.184:2013 “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto”. Mediante la Figura 14 mostrada a continuación, se ve representado este ensayo.



**Figura 14. A) Medición de temperatura después de mezclar B) Acercamiento de la imagen.**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3. Concreto en estado endurecido

#### 2.1.3.1. Resistencia a la compresión

El objetivo principal de este ensayo fue determinar la máxima resistencia a la compresión de un espécimen cilíndrico de concreto frente a una carga aplicada axialmente, mostrado en la Figura 15. Para la elaboración del ensayo, fue importante seguir las indicaciones de la norma técnica peruana NTP339.034:2015 “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª Edición”.

Se elaboraron 9 probetas de 10 cm x 20 cm por tanda. En total se realizaron 4 tandas de concreto, obteniendo 36 probetas preparadas para la determinación de la resistencia a la compresión a los 7, 28 y 90 días, de 3 probetas por tiempo de curado. Dichas probetas fueron identificadas según el contenido de filler de RCA en el cemento y el tiempo de curado.



**Figura 15. A) Probetas antes de ensayar B) Probetas después del ensayo**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3.2. Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral

Este ensayo se desarrolló con el objetivo de determinar la máxima resistencia a la tracción indirecta que puede soportar un espécimen cilíndrico de concreto frente a una carga aplicada radialmente, mostrado en la Figura 16. Para la elaboración del ensayo, fue importante seguir las indicaciones de la norma ASTM C 496 “Método de ensayo normalizado para resistencia a la tracción indirecta de especímenes cilíndricos de concreto”.

Se elaboraron 9 probetas de 10 cm x 20 cm por tanda. En total se realizaron 4 tandas de concreto, obteniendo 36 probetas preparadas para la determinación de la resistencia a la tracción a los 7, 28 y 90 días, de 3 probetas por tiempo de curado. Dichas probetas fueron identificadas según el contenido de filler de RCA en el cemento y el tiempo de curado.



**Figura 16. A) Colocación de la probeta de concreto en la compresora B) Rotura de la probeta de concreto.**  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3.3. Método de ensayo. Determinación de la densidad, la absorción de agua y los vacíos en el concreto endurecido

El objetivo principal de este ensayo es la determinación de la porosidad y para determinarla se debe recurrir a la realización de ensayos especiales. Se sabe además que la porosidad está asociada a la capacidad de absorción del agua que tienen los agregados, así que se puede determinar un valor aproximado de porosidad del concreto a través de este parámetro.

Para la realización del ensayo se siguió los requisitos que exige la norma ASTM C 642. Se realizaron 4 tandas de concreto, de 3 probetas por cada tanda, donde una de las tres probetas cilíndricas de cada tanda era ensayada a los 7 días, otra a los 28 días y el último a los 90 días de curado.

El procedimiento del ensayo comenzó con el corte de las probetas mediante una máquina cortadora (ver Figura 17), creando discos individuales, los cuales según norma debían estar libres de grietas o fisuras visibles, o de bordes rotos. De cada probeta cortada, se obtuvieron 4 discos de concreto, sumando las demás probetas analizadas, se obtuvieron 12 discos por tanda, para la determinación de resultados.



**Figura 17. Máquina cortadora del LEMC de la Universidad de Piura.**

Fuente: Elaboración propia

Como requisito cada disco deberá tener un volumen menor a  $350 \text{ cm}^3$  y el peso normal aproximado de 800 g. De cada disco se obtendrá la masa seca al horno (A), la masa saturada después de inmersión al agua (B), la masa saturada de ebullición en agua (C) y por último la masa sumergida aparente (D). En la Figura 18 y Figura 19 se puede apreciar parte del procedimiento a llevar a cabo en este ensayo.



**Figura 18. A) Discos por pesarse después de estar en el horno B) Discos sumergidos.**  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 19. A) Discos expuestos a la ebullición B) Cálculo de la masa sumergida de los discos.**

Fuente: Elaboración propia

## **2.2. Materiales y composiciones evaluadas**

### **2.2.1. Materiales utilizados**

En el siguiente apartado se detallará la composición, características, propiedades y lugar de extracción de cada uno de los materiales utilizados en el diseño de mezcla, los cuales servirán para la elaboración del concreto a evaluar.

#### **2.2.1.1. Cemento**

El cemento Tipo I (ver Figura 20) es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no se requieren propiedades especiales. El cemento Portland tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. La fabricación de este tipo de cemento se llevó a cabo bajo los requisitos de la norma técnica peruana NTP 334.009, ASTM C150.

Se escogió este tipo de cemento porque no contiene adiciones minerales, esto nos ayudará a llegar a una mejor conclusión acerca de la influencia del filler de RCA que estamos utilizando como reemplazo en porcentajes del total de la masa del cemento.

Para la utilización de este tipo de cemento es muy importante utilizar agregados de buena calidad, además almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas al aire húmedo, evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar compactación.

Usos y aplicaciones del cemento Portland Tipo I:

- Obras de concreto y concreto armado en general
- Concreto en clima frío
- Productos prefabricados
- Pavimentos y cimentaciones
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado

#### **2.2.1.2. Aditivo plastificante**

SikaPlast-306, ver Figura 21, es un aditivo líquido superplastificante, reductor de agua de alto rango con fragua controlada. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas. No contiene cloruros y cumple con los requisitos de la norma ASTM C 494 Tipo A y Tipo F.



**Figura 20. Cemento Portland Tipo I.**  
Fuente: Página de SODIMAC



**Figura 21. Aditivo plastificante.**  
Fuente: Elaboración propia

Con este tipo de aditivo podremos transportar y colocar concreto y mortero en condiciones medio ambientales rigurosas, como: baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.

Las ventajas que nos da este aditivo son las siguientes:

- Altas resistencias tempranas para un desmoldado rápido en concretos estructurales.
- Altas resistencias finales, permitiendo flexibilidad en el plan mayor de ingeniería.
- Reducciones de la relación agua cemento producen concretos más durables, más densos y menos permeables.
- La alta efectividad plastificante, hace que reduzca los defectos de la superficie en elementos de concreto y mejore la apariencia estética.
- SikaPlast-306 no contiene cloruros ni ningún otro compuesto que produzca la corrosión del acero de refuerzo, se puede redosificar en obra para facilitar la colocación y/o bombeo del concreto en climas cálidos.

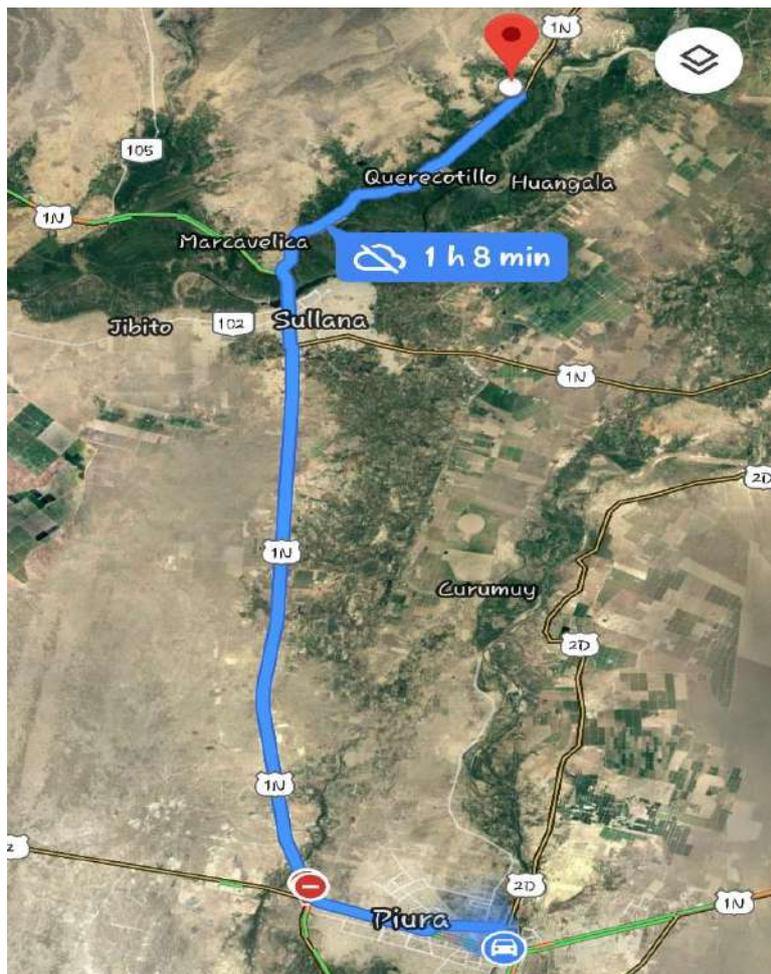
El consumo recomendado del aditivo súper plastificante y reductor de agua es de 0.8% al 1.5% del peso del material cementante. Primero se probó entre dichos porcentajes, pero la mezcla quedaba muy fluida. Así que se pensó utilizarlo como plastificante, aquí el rango de porcentaje en peso del material cementante varía entre 0.4% al 0.8% y se eligió utilizar al 0.5%.

### **2.2.1.3. Agregado grueso**

El agregado grueso empleado proviene de la cantera de Santa Cruz, el cual es un depósito eólico, donde predomina el material grueso. Esta cantera está ubicada en el distrito de Miguel Checa, Provincia de Sullana, departamento de Piura. Siendo la localidad de Sojo la más cercana a la cantera, a unos 2,1 km hacia el Norte. En la Figura 22 nos ubicamos con referencia a la ciudad de Piura.

Cabe resaltar que antes de la utilización de los agregados para la elaboración del concreto se realizó un tamizado previo para que el material pase por el tamiz  $\frac{3}{4}$ " y así conseguir un mejor acomodo y aplicación de la mezcla de concreto.

Para obtener los parámetros físicos del agregado grueso, mostrado en la Figura 23, se realizaron los ensayos respectivos explicados en el apartado 2.1.1. Caracterización de materias primas. Obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 1:



**Figura 22. Cantera Santa Cruz.**  
Fuente: Google Maps



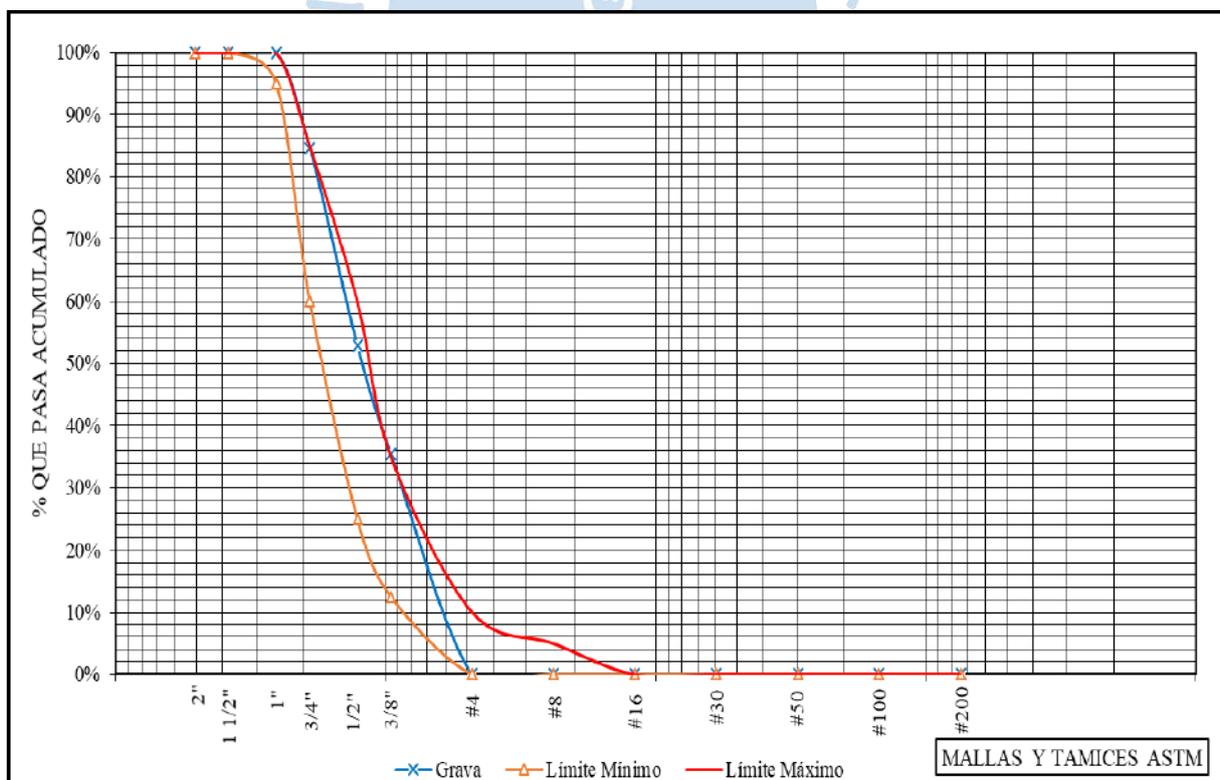
**Figura 23. Agregado grueso.**  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1. Caracterización de agregado grueso.**

Agregado Grueso	
Cantera	Santa Cruz
Tamaño Máximo Nominal(pulg)	3/4
Peso Unitario Compactado en stock (kg/m <sup>3</sup> )	1774.21
Peso Unitario Compactado en OD (kg/m <sup>3</sup> )	1768.05
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1684.58
Peso Específico (SSS)	2.72
Capacidad de Absorción (%)	1.02
Contenido de Humedad (%)	0.35

Fuente: Elaboración propia

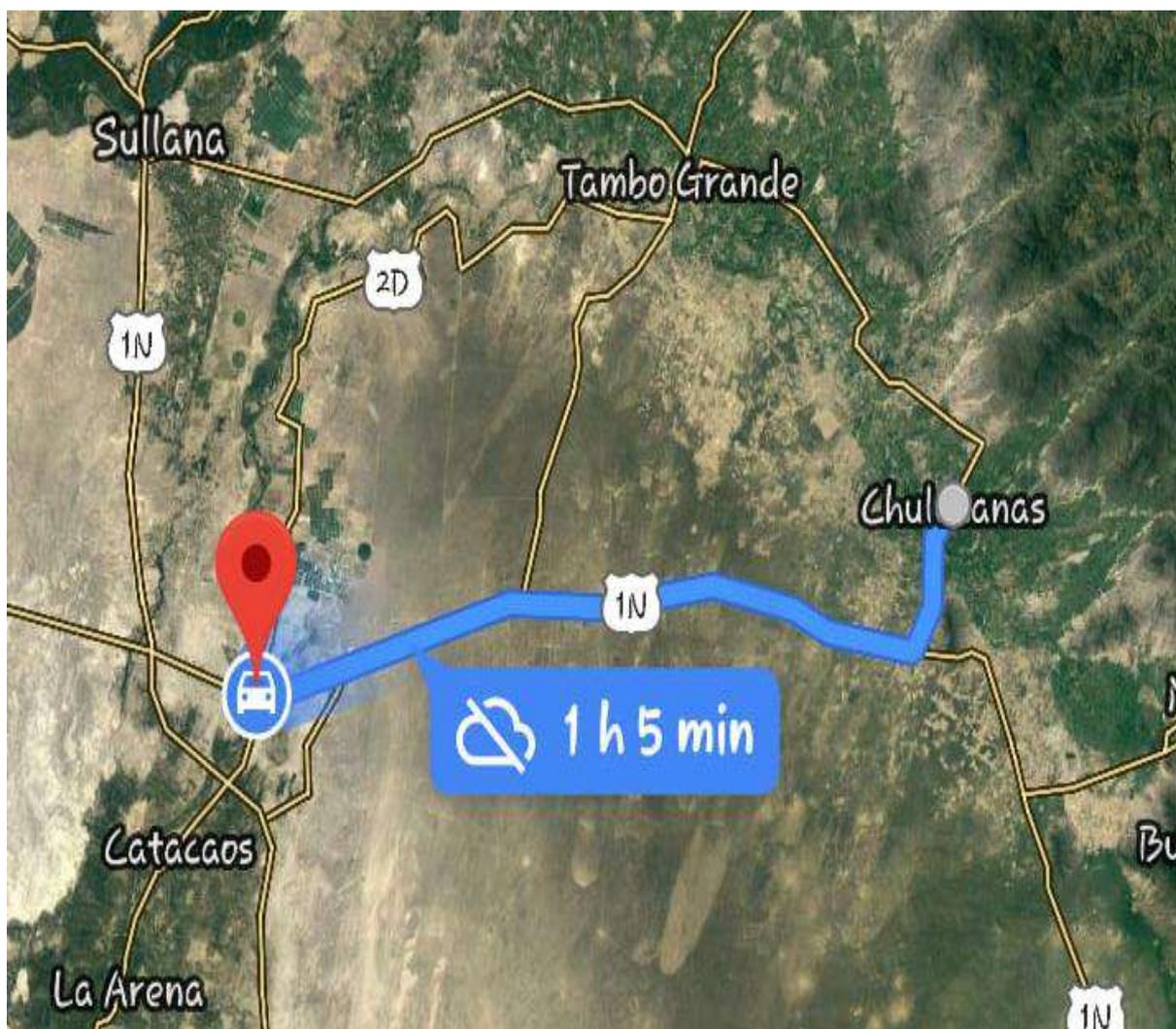
En la curva granulométrica, mostrado en la Figura 24, podemos ver el porcentaje de retención y que pasa por cada tamiz utilizado y se puede observar que la curva se encuentra dentro de los límites dados por la norma NTP 400.037-2002, entonces se puede decir que el agregado es aceptable para el diseño de mezcla a realizar.

**Figura 24. Análisis Granulométrico del agregado grueso.**

Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.1.4. Agregado fino

El agregado fino empleado proviene de la cantera de Chulucanas, la cual está ubicada en la cuenca del Río Piura en el Distrito de Chulucanas, esta a su vez se encuentra a 3 km de la ciudad que lleva el mismo nombre. La Figura 25 muestra el recorrido de Piura hasta Chulucanas.



**Figura 25. Ubicación de la Cantera Chulucanas respecto a Piura.**

Fuente: Google Maps

El agregado de esta cantera es de origen aluvial, teniendo como origen una formación rocosa de 3 a 4 metros de cuarcitas recrystalizadas, de color gris oscuras a negras, con abundante segregación de cuarzo lechoso relleno de las fracturas de dicha capa. Intercalados con los paquetes de cuarcitas se hallan lustrosas gris – blanquecinas a blanco-amarillentas, así como pizarras filitas lustrosas (Chávez, 2016).

Para obtener los parámetros físicos del agregado fino, el cual se muestra en la Figura 26, se realizaron los ensayos que se explicó en el apartado 2.1.1 del presente capítulo y se obtuvo los resultados que aparecen en la Tabla 2.



**Figura 26. Agregado fino.**

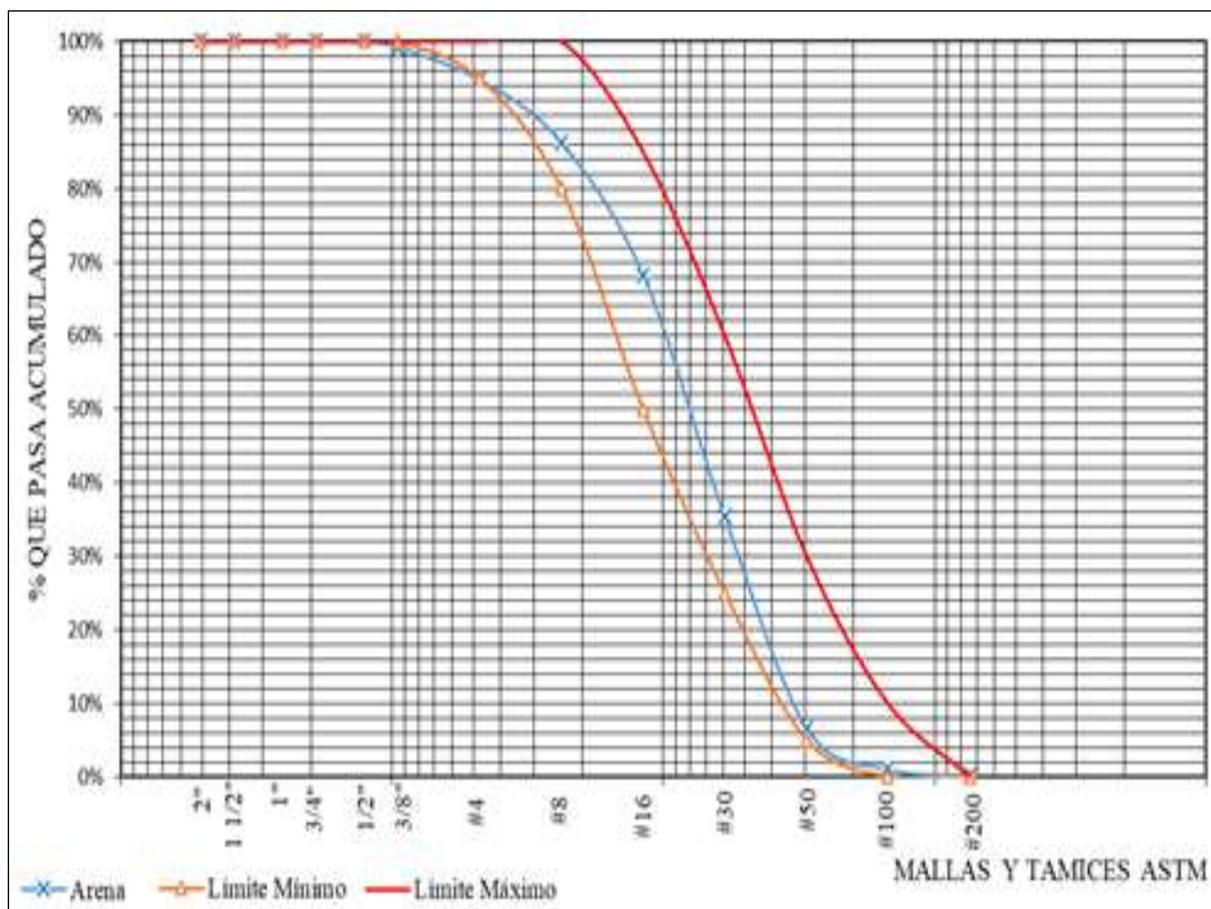
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2. Caracterización del agregado fino.**

Agregado Fino	
Cantera	Chulucanas
Módulo de Finura	3.08
Peso Unitario Compactado en stock (kg/m <sup>3</sup> )	1663.33
Peso Unitario Compactado en OD (kg/m <sup>3</sup> )	1657.95
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1578.59
Peso Específico (SSS)	2.61
Capacidad de Absorción (%)	1.43
Contenido de Humedad (%)	0.33

Fuente: Elaboración propia

En la curva granulométrica, mostrado en la Figura 27, podemos ver el porcentaje de retención y que pasa por cada tamiz utilizado y se puede observar que la curva se encuentra dentro de los límites dados por la norma NTP 400.037-2002, entonces se puede decir que el agregado es aceptable para el diseño de mezcla a realizar.



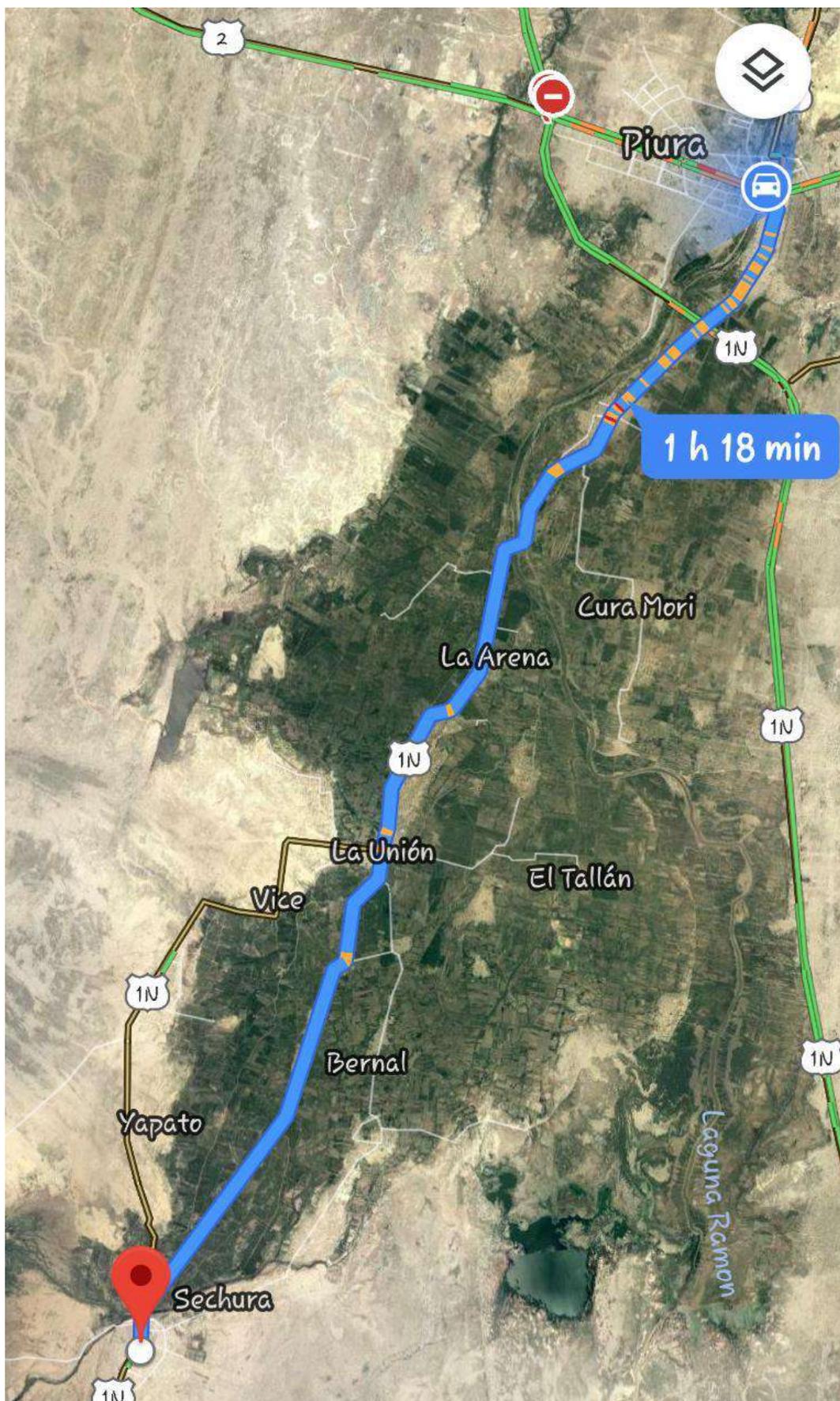
**Figura 27. Análisis granulométrico del agregado fino.**

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1.5. Filler de Residuos de Conchas de Abanico (RCA)

La concha de abanico es un molusco filtrador de 2 valvas que habita en zonas costeras entre profundidades que van entre los 2 m hasta los 20 m, en aguas donde la temperatura varía entre 13 °C y 28 °C. Esta especie es conocida científicamente con el nombre de “*Argopecten Purpuratus*”, perteneciente a la familia “Pectinidae”. Las valvas constituyen un material de desecho que supone un 85% del animal, este residuo está conformado principalmente por carbonato de calcio. (Ruiz et al., 2012).

El RCA que se utilizará en la mezcla de concreto se encontró en el patio trasero del LEMC de la Universidad de Piura, el cual fue recolectado para trabajos de investigación previos. El material fue recolectado del botadero que se encuentra a 3.5 km aproximadamente de la ciudad de Sechura, en dirección a la playa Chulliyachi. En la Figura 28 se muestra el camino de Piura hacia el botadero en Sechura.



**Figura 28. Ubicación de la Playa Chuyillachi en referencia a Piura.**  
Fuente: Elaboración propia

Si bien la presencia de materia orgánica es poca, al estar cerca de una playa y expuesta a la intemperie está contaminada con arena fina y arcillas, por lo que las conchas seleccionadas del laboratorio fueron llevadas a un proceso de lavado y secado para eliminar las impurezas. El proceso de lavado fue manual y se desarrolló utilizando dos tinas donde se ponía las valvas de conchas de abanico en agua, se limpiaban y después se ponían a secar encima de un saco vacío, mientras lo que quedaba aún por lavar se cambiaba a otra tina y según veíamos que el agua se volvía turbia, luego se hacía el cambio de agua hasta que ésta tenga un color claro para que se pueda colocar a secar. Se puede ver el proceso de lavado en la Figura 29.



**Figura 29. Lavado de la valva de conchas de abanico.**

Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de trituración se buscó distintos métodos, uno de ellos fue la Máquina de Abrasión de los Ángeles (MáquinaAL), la cual se aprecia en la Figura 30. En dicha máquina se agregó 7 kg de RCA y se dejó girar alrededor de 15 minutos, sin embargo después del tamizado que se observa en la Figura 31, se observó que dicha trituración arrojó como resultado un rendimiento de 10 g por cada 1 kg de material (1% de producción) y se necesitaba 15 kg de muestra, de la cual 1 kg era para la muestra del ensayo químico y el resto para la elaboración del concreto.



**Figura 30. Máquina de abrasión de los Ángeles con valvas de conchas de abanico por triturar.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 31. Tamizado del material triturado en el tambor de los Ángeles.**

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31 se aprecia lo que quedaba después del tamizado, lo cual se volvió a triturar según el “Método 1” (MáquinaAL), pero seguía sin arrojar más que 10 gr y se buscó otra opción. La siguiente opción, la cual se llamará “Método 2” se encontró un molino de martillos móviles el cual permite pasar partículas menores de 2.5 mm hacia el recipiente que contendrá el RCA como se puede apreciar en la Figura 32.



**Figura 32. Molino de martillos móviles.**

Fuente: Elaboración propia

Este método nos permitió aumentar la producción de filler al obtener casi 1 kg por día, obteniendo así 4 kg de aproximadamente 40 kg de material tamizado (10% de producción).

Se procedió a buscar una alternativa más eficiente, el cual llamaremos método 3, donde se consiguió un molino pulverizador como se muestra en la Figura 33.



**Figura 33. Molino pulverizador ubicado en el mercado de Piura.**

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver en Figura 34, que ese es el polvo de RCA que se obtuvo por realizar el proceso de triturado según el método 3, pero se verificó un rendimiento bajo debido a la aglomeración de partículas producto de un material muy fino después de la pulverización del material, por ese motivo se tomó nuevamente el método 2, el cual fue aplicado durante 11 días hasta obtener 15 kg de filler calcáreo.



**Figura 34. Polvo de RCA que salió del molino pulverizador.**

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2. Mezclas evaluadas

El diseño de mezcla elaborado se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones del comité ACI 211.1. Para la mezcla a elaborar se tomó en cuenta un  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> y un slump de 4". Con esto se elaboró 4 tandas de diferente porcentaje de reemplazo de filler de RCA por el total de cemento (0%, 5%, 20% y 40%), debido a esto se va disminuyendo la cantidad de cemento utilizado respecto a la tanda 1 (0%), por lo que se decidió mantener la relación a/c constante a la de la tanda patrón (0.50) para no aumentar exageradamente el consumo de agua por tanda.

Además, se hizo las respectivas correcciones según los porcentajes de humedad natural y capacidad de absorción de los agregados, correcciones que no afectaron la cantidad de agregado, ni cemento a utilizar en ninguna tanda.

Se resalta también la adición de un aditivo plastificante de 0.5% en peso del material cemento + adición mineral (filler de RCA) para cada tanda, que sería finalmente el mismo para cada una, obteniendo el valor a agregar de 83.7 g de aditivo.

Mediante la Tabla 3 podemos ver las cantidades en stock de cada tanda elaborada.

**Tabla 3. Diseño de Mezcla y cantidades de cada material según el porcentaje de reemplazo.**

Materiales (*)	Diseño de mezcla con porcentajes de reemplazo de filler de RCA (a/c req = 0.46)			
	RCAA - 0	RCAB - 5	RCAC - 20	RCAD - 40
Agua	190.05	180.5475	152.04	114.03
Ag. Fino	736.45	736.45	736.45	736.45
Ag. Grueso	1034.61	1034.61	1034.61	1034.61
Cemento	380.44	361.418	304.352	228.264
RCA	0.00	19.03	76.1	152.19
Aditivo Plast.	0.08	0.08	0.08	0.08
P.U. Teórico	2341.63	2332.14	2303.64	2265.63
P.U. Teórico Promedio	2310.76			

Fuente: Elaboración propia

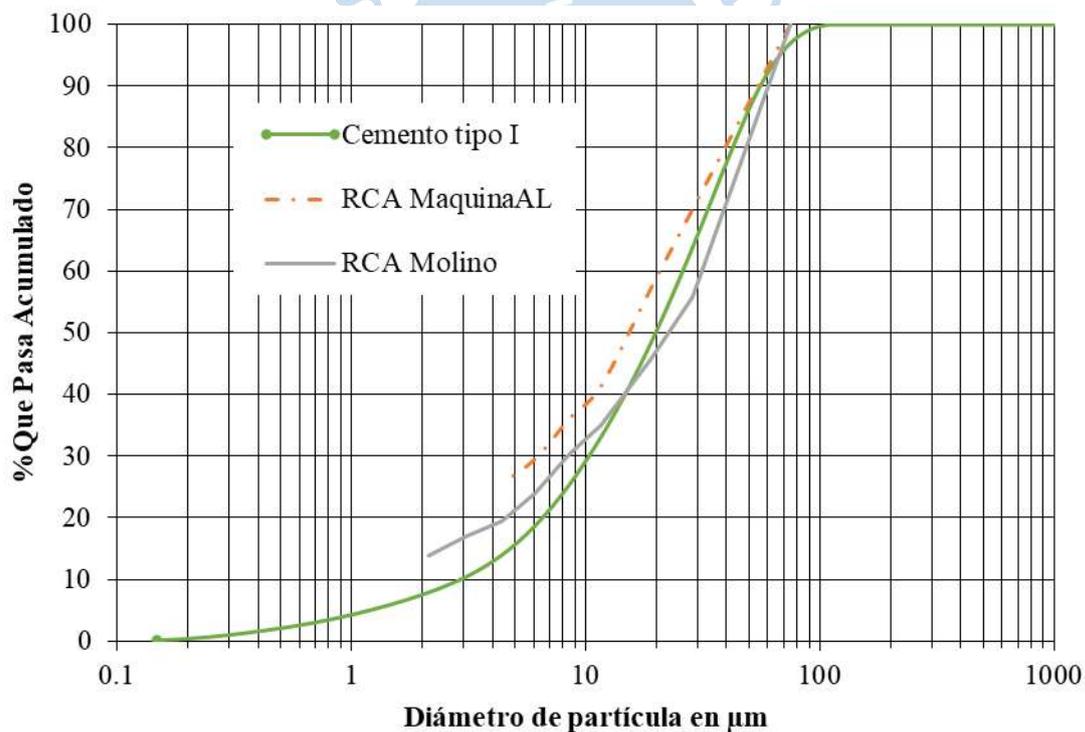


## Capítulo 3

### Resultados

#### 3.1. Granulometría de los finos (cemento y filler)

En la Figura 35 se muestran las curvas granulométricas del cemento y filler obtenido con diversos métodos de trituración ya explicados en el capítulo anterior.



**Figura 35. Curva granulométrica comparativa del Filler de RCA respecto al cemento.**

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 35, se observa la curva granulométrica del cemento y RCA. Se debe tener en cuenta que la curva granulométrica del cemento tipo I no se pudo llevar a cabo como ensayo, sin embargo se tomó un modelo de curva con el fin de evaluar el huso granulométrico del filler

de RCA y verificar el parecido de dichas granulometrías. En el gráfico se observa la semejanza con respecto al tamaño de partícula entre el cemento tipo I y RCA Molino, en ésta última al ser un proceso industrializado se observa una mayor cantidad de finos, un mejor rendimiento y un tamaño de partícula (filler) semejante a la partícula de cemento.

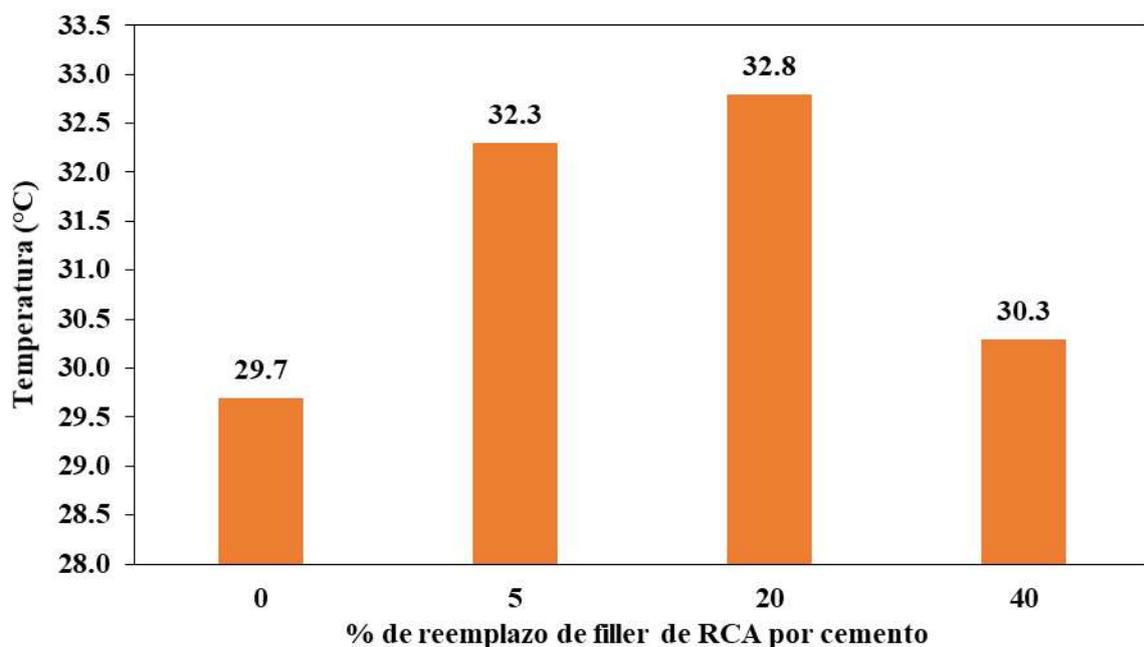
El proceso de triturado de RCA MaquinaAL mostró resultados buenos según la granulometría evaluada, pero el procedimiento resultó ser poco eficiente y al realizarse la comparación con la curva granulométrica del cemento no cumplió las expectativas.

### 3.2. Estado fresco

En los siguientes apartados se muestra los resultados obtenidos a partir de la fase experimental, en la cual se evaluó en estado fresco.

#### 3.2.1. Temperatura

Las características térmicas de los agregados influyen en la temperatura de mezcla. Si bien se descarta que haya reacciones de los residuos crustáceos con los productos del cemento (Robillard C., 2012), eso no condiciona la posibilidad de variaciones en la temperatura de mezcla por efecto de las propiedades de absorción térmica de las conchas. Por ello, se vio conveniente evaluar la temperatura de mezcla. En la Figura 36 podemos ver los resultados.



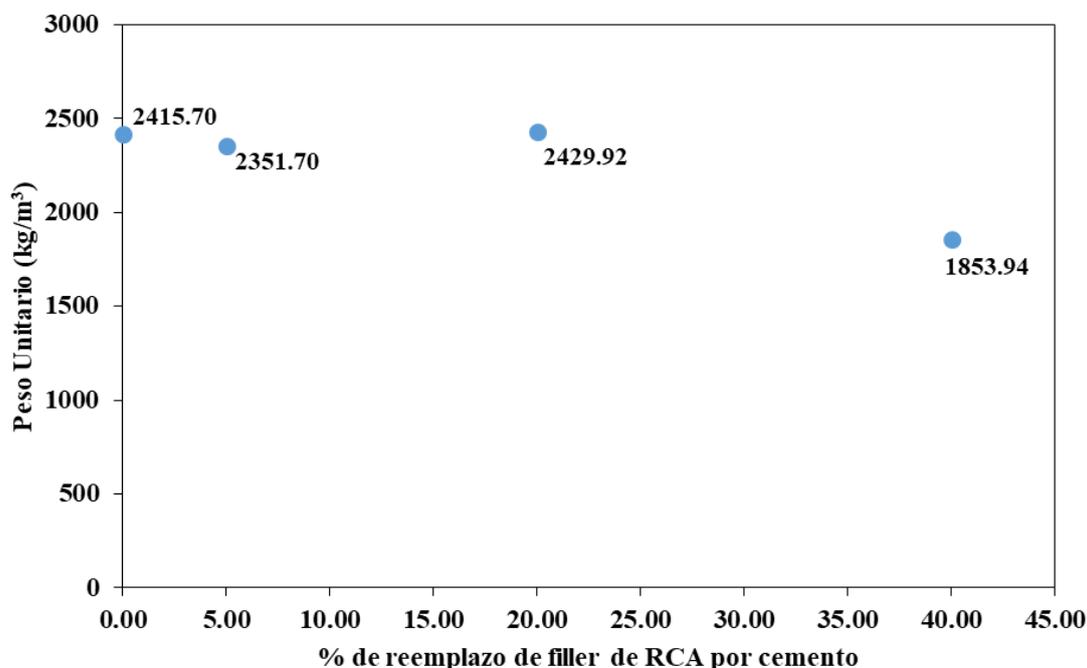
**Figura 36. Resultados de Temperatura según cada tanda de reemplazo.**

Fuente: Elaboración propia

La Figura 36 muestra una de las condiciones básicas para elaboración del mezclado de materiales como es la temperatura, se puede apreciar las condiciones en las que se evaluó este parámetro. Las tandas de concreto presentan una variación de temperatura de no más de 3 °C, la cual no es una diferencia de valores importante; por ello se puede concluir que el concreto elaborado no sufrió variaciones significativas por temperatura y en lo que respecta a su comparación de propiedades no se vería influenciada de manera notoria.

### 3.2.2. Peso unitario y rendimiento

El peso unitario del concreto convencional debería estar entre 2240 kg/m<sup>3</sup> a 2460 kg/m<sup>3</sup> según la NTP 339.046. A continuación se muestra la Figura 37 con los valores de peso unitario y rendimiento obtenidos para las diferentes proporciones de reemplazo.



**Figura 37. Resultados del Peso Unitario Real según cada % de reemplazo de RCA.**

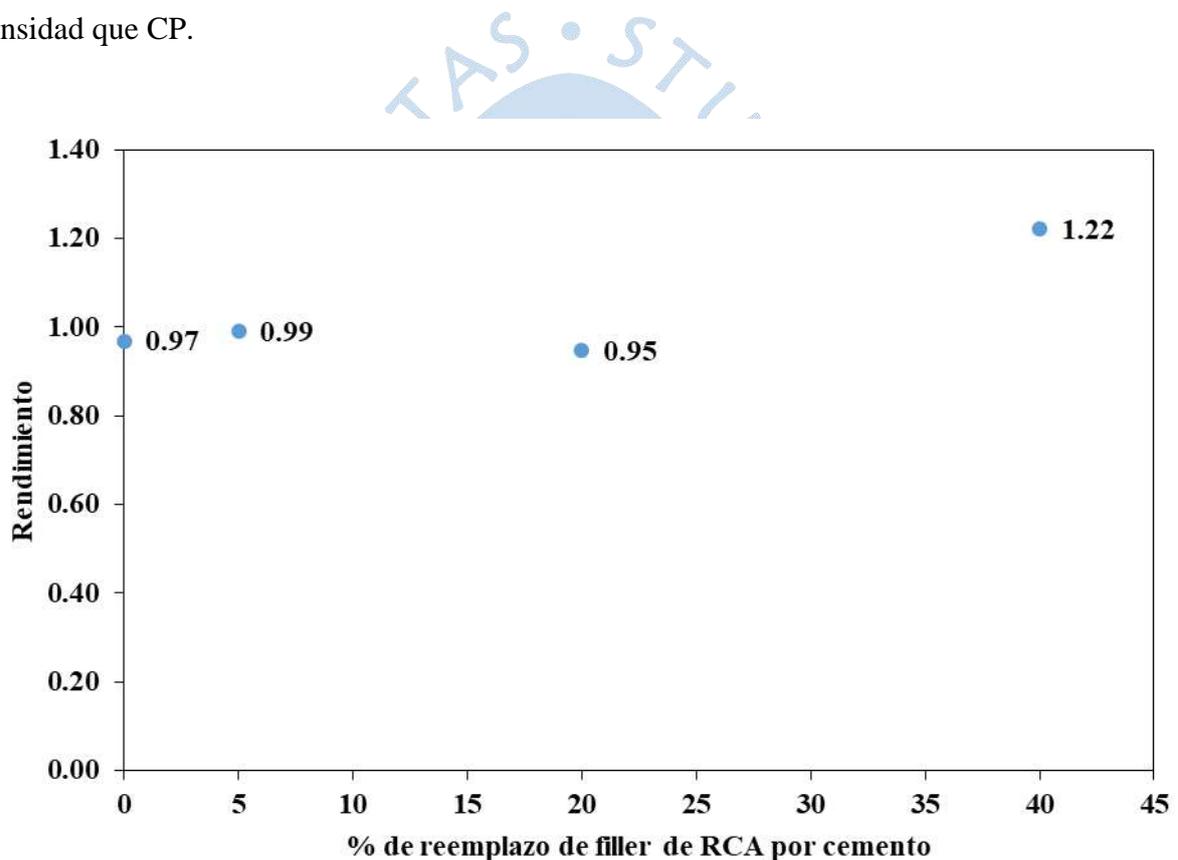
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 37 se observa que los concretos PR5 y PR20 no sufren una variación significativa en lo que respecta a valores de peso unitario, también se puede ver la influencia del filler calcáreo en el peso unitario es mínima; recordar que a menores densidades de material habrá menores valores de peso unitario y viceversa. En lo que respecta al concreto PR40, este presenta un valor inferior a la media con respecto al peso unitario de los otros reemplazos, esto

puede deberse al aumento en la cantidad de vacíos del concreto debido al mal acomodo de las partículas, posiblemente por exceso de RCA en la mezcla, ya que este no cementa.

El peso unitario también refleja cómo se acomodan las partículas del concreto con filler, el cual nos ha dado resultados positivos en lo que respecta al concreto PR5 y PR20 según lo visto en la Figura 37.

Para los concretos CP y PR5 se obtienen valores cercanos a uno (rendimiento ideal), también se ve que el PR5 sube y se acerca más al rendimiento ideal en comparación de CP, pero esto ocurre dentro de un rango normal porque al ver los pesos unitarios, PR5 tiene menor densidad que CP.



**Figura 38. Rendimiento en peso de la mezcla según cada tanda elaborada.**

Fuente: Elaboración propia

El concreto PR20 tiene un peso unitario mayor y por lo tanto un rendimiento ligeramente bajo comparado con CP y PR5, esto puede deberse al buen empaquetamiento de las partículas con filler. Según Bonavetti (1998), el filler calcáreo se puede intercalar entre los granos de cemento produciendo un mejor “empaquetamiento” y una mayor dispersión de este dentro de la pasta, lo cual puede significar el ligero cambio en la reacción del cemento en la mezcla,

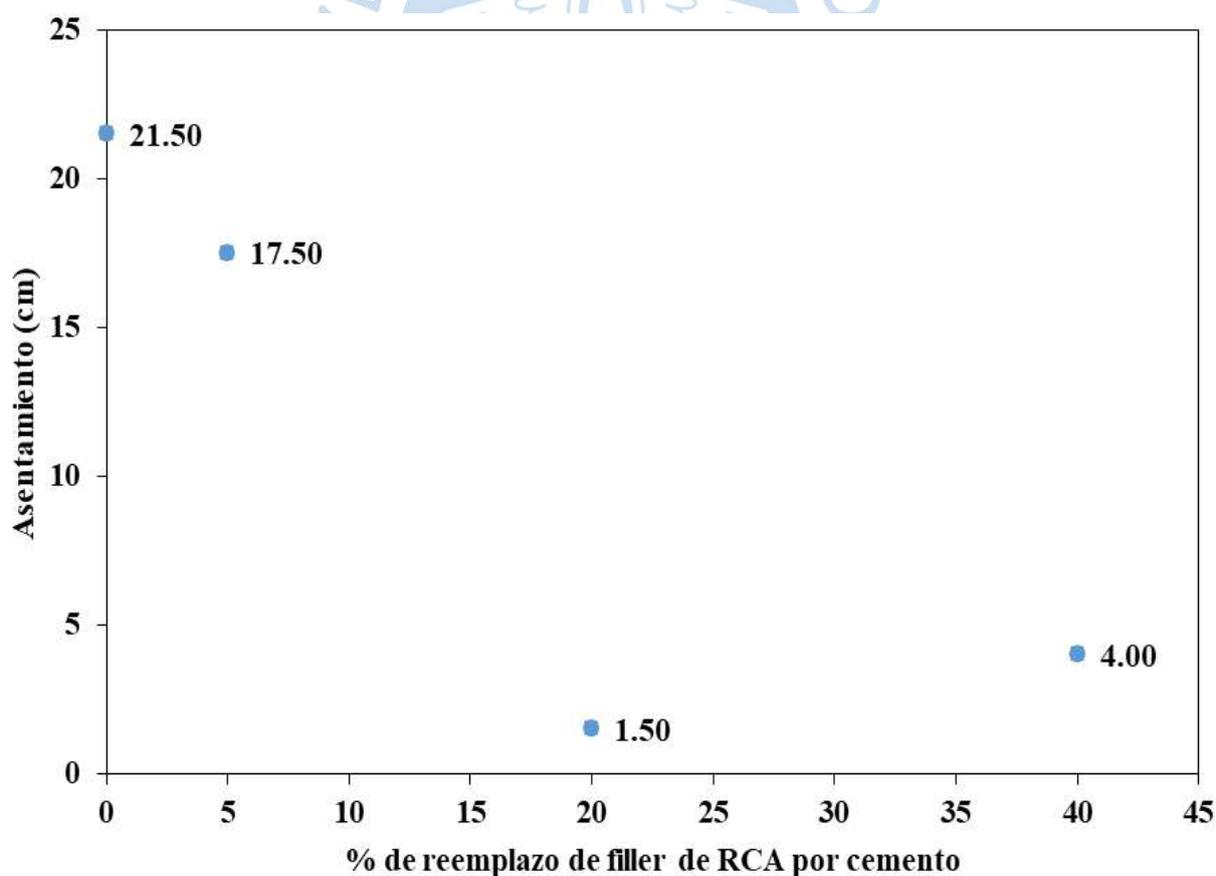
además de encontrarse RCA en mayor cantidad (que no genera ningún tipo de reacción al ser un material inerte) y ocasionando menos rendimiento de la pasta.

A diferencia de los concretos ya mencionados, PR40 tiene un rendimiento por encima de 1, lo que nos da la idea de un peso unitario muy bajo como se ve en la Figura 38, esto quiere decir que la mezcla presenta muchos espacios vacíos por lo tanto genera mayor volumen.

### 3.2.3. Trabajabilidad

Para poder analizar esta propiedad se utilizó el ensayo de cono de Abrams y se realizó una medición del asentamiento de la mezcla en estado fresco para evaluar su capacidad de comenzar a fluir por la fuerza de gravedad.

Se comparó el concreto patrón con los reemplazos parciales de filler y los resultados son mostrados en las Figura 39 y Figura 40.

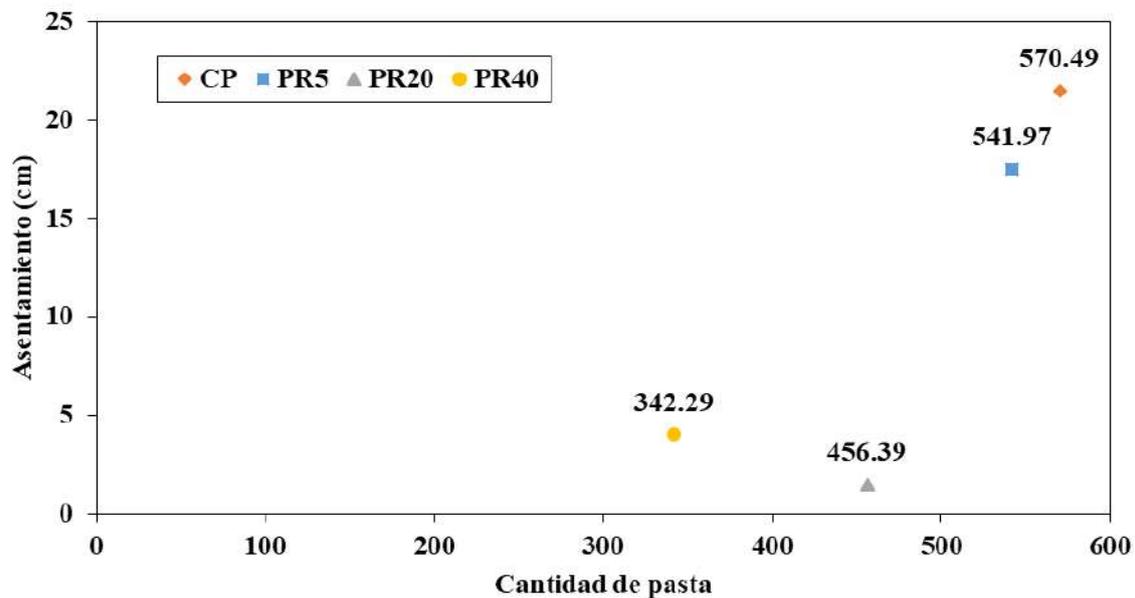


**Figura 39. Gráfica de Asentamiento en cada tanda.**

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 39 se puede observar un cambio en la trabajabilidad muy notorio para las muestras, donde a mayor porcentaje de reemplazo de filler el valor de slump tiende a bajar. Se puede apreciar rangos muy grandes de cambio de slump entre los concretos CP, PR5 y PR20, PR40.

Esto es posible debido al filler, ya que éste es un agregado que absorbe agua, resaltando que en esta tesis no se hizo una corrección por humedad a este material (RCA), lo cual puede haber influido también en los valores del slump.



**Figura 40. Asentamiento según cantidad de pasta que se usó en cada tanda.**

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 40 se ve como el slump es afectado por la cantidad de pasta que se obtuvo para las diferentes tandas de reemplazo; en los concretos CP y PR5 se observa una cantidad de pasta mayor a PR20 y PR40.

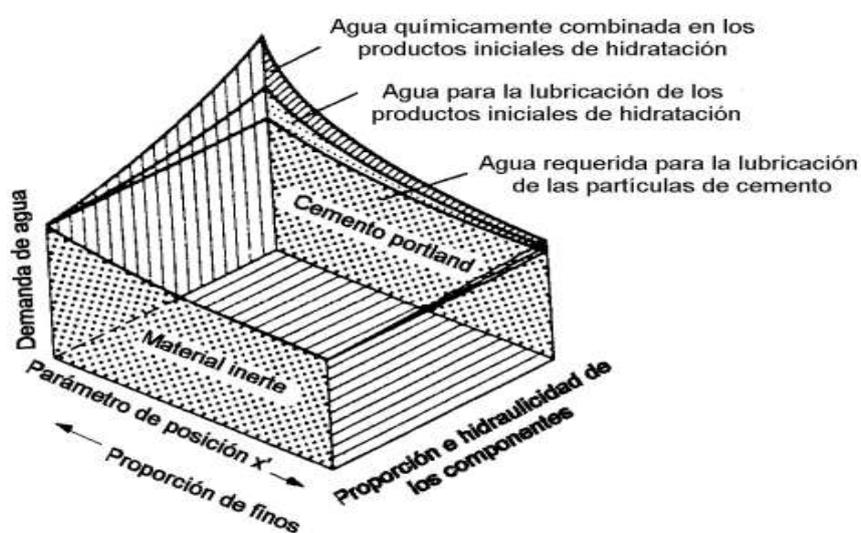
Podemos resumir dichos gráficos en que a mayores porcentajes de reemplazo y menor cantidad de pasta, el slump disminuye; si bien es cierto el valor de asentamiento de PR40 resulta un tanto mayor que PR20, esto fue debido a un desmoronamiento de material al realizar el ensayo del cono de Abrams (ver Figura 41), debido a que se vio un concreto muy poroso y con una capacidad de colocación deficiente, a diferencia de PR20 que mostró una buena trabajabilidad, teniendo en cuenta su bajo valor de slump y una buena capacidad de colocación en las probetas.

Para las mezclas utilizadas no se realizó corrección por humedad para el filler y la cantidad de aditivo plastificante fue el mismo para todas las mezclas, esto nos da una idea de la relación plastificante y cantidad de pasta, por los ensayos realizados, se puede relacionar que a mayor porcentaje de reemplazo se obtiene una mayor cantidad de aditivo por el peso de cemento. Y a mayor reemplazo de filler, no se colocó mayor cantidad de agua.



**Figura 41. Desmoronamiento del material en la tanda PR40.**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 42. Influencia de la proporción de finos de clinker y filler sobre la demanda de agua de la pasta.**

Fuente: Bonavetti (1998)

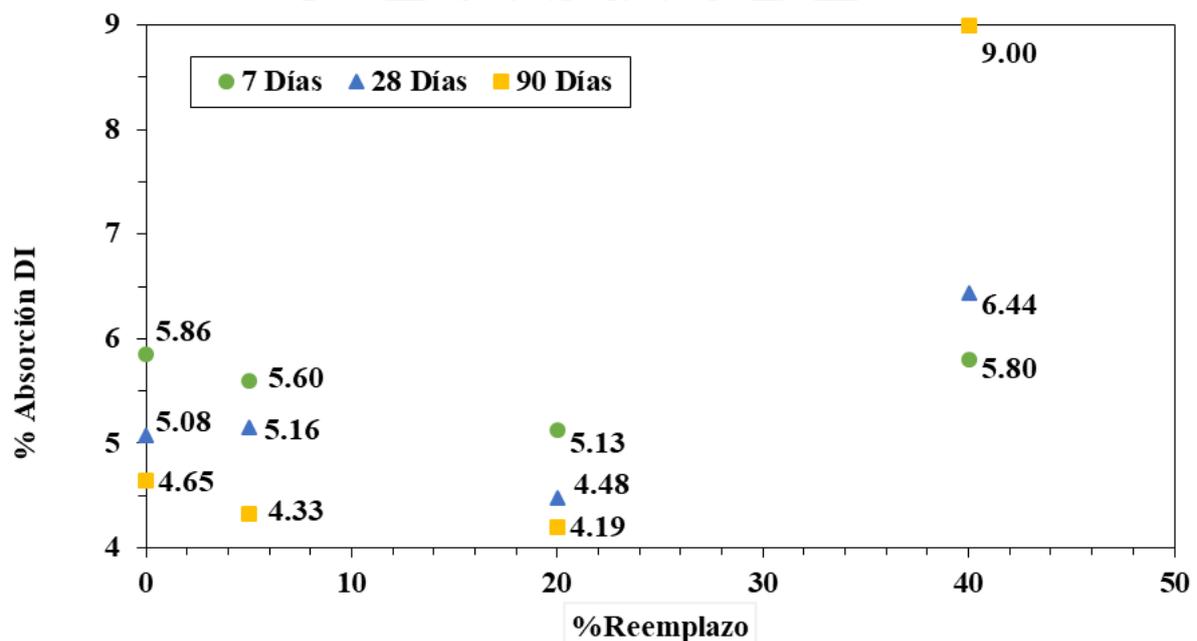
### 3.3. Estado endurecido

En los siguientes apartados se muestra los resultados obtenidos a partir de la fase experimental, en la cual se evaluó el concreto en estado endurecido: Resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral y ensayo para determinar la densidad, absorción y cantidad de vacíos en concreto endurecido.

#### 3.3.1. Densidad, absorción de agua y vacíos en el concreto endurecido

A continuación, se muestran los resultados acerca de la absorción y la cantidad de vacíos en los siguientes gráficos; en ellos se observa la influencia del reemplazo de cemento por filler durante las diferentes edades (7, 28, 90 días).

- Absorción después de inmersión % (ADI)
- Absorción después de inmersión y ebullición % (ADIE)
- Volumen de vacíos (espacio de poros permeables) (VV)

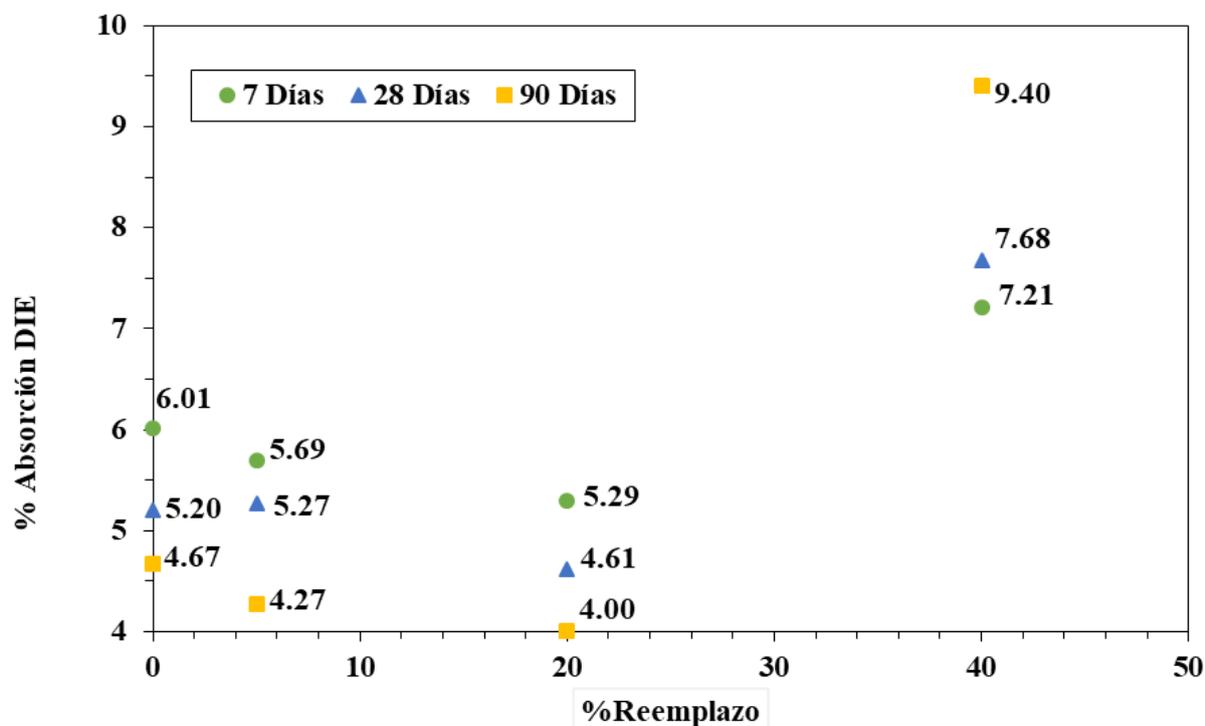


**Figura 43. % Absorción después de inmersión por cada tanda elaborada.**

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 43 se observa como los concretos CP, PR5 y PR20 a mayor edad de curado su capacidad de absorción también disminuye; este resultado es el esperado según la propia hidratación y madurez del concreto; Bonavetti (1998) nos dice que al agregar caliza la absorción

tiende a disminuir debido al incremento en la tortuosidad<sup>1</sup> y la conectividad<sup>2</sup> en los poros. Por otro lado, se puede apreciar que el concreto PR40 a medida que aumenta la edad la absorción tiende a aumentar su porcentaje de ADI; esto puede dar un indicio de porosidad excesiva y consistencia deficiente de la mezcla.



**Figura 44. %Absorción después de inmersión y ebullición por cada tanda elaborada.**

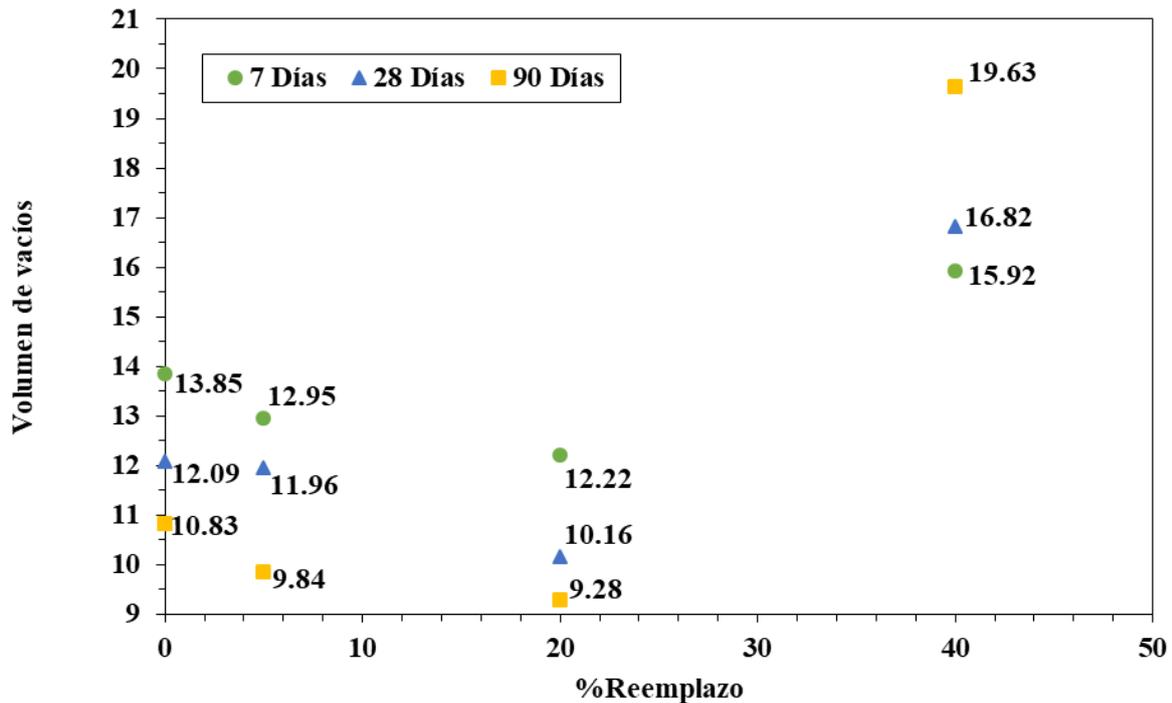
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 44, se puede observar una tendencia similar a la de la Figura 43, donde se puede apreciar valores de absorción DIE ligeramente mayores a comparación para los valores DI.

Los concretos CP, PR5 y PR20 mantiene la tendencia a mayor edad de curado su capacidad de absorción disminuye, diferenciándose del PR40, el cual aumenta sus valores producto de una mayor capacidad de absorción y su alta porosidad.

De la Figura 45 se observa la influencia del filler en la cantidad de vacíos, donde los concretos PR5 y PR20 presentan un volumen de vacíos menores al CP. En estos resultados se puede apreciar la acción del filler calcáreo al momento de evaluar el volumen de vacíos, actúa reduciendo este valor debido a un mejor empaquetamiento de las partículas conforme avanza la edad de curado.

1. Tortuosidad: Relación que caracteriza los trayectos convolutos (curvos) de la difusión del fluido.
2. Conectividad: Es la capacidad que tienen los poros para relacionarse en un espacio.



**Figura 45. Volumen de vacíos por cada tanda elaborada.**

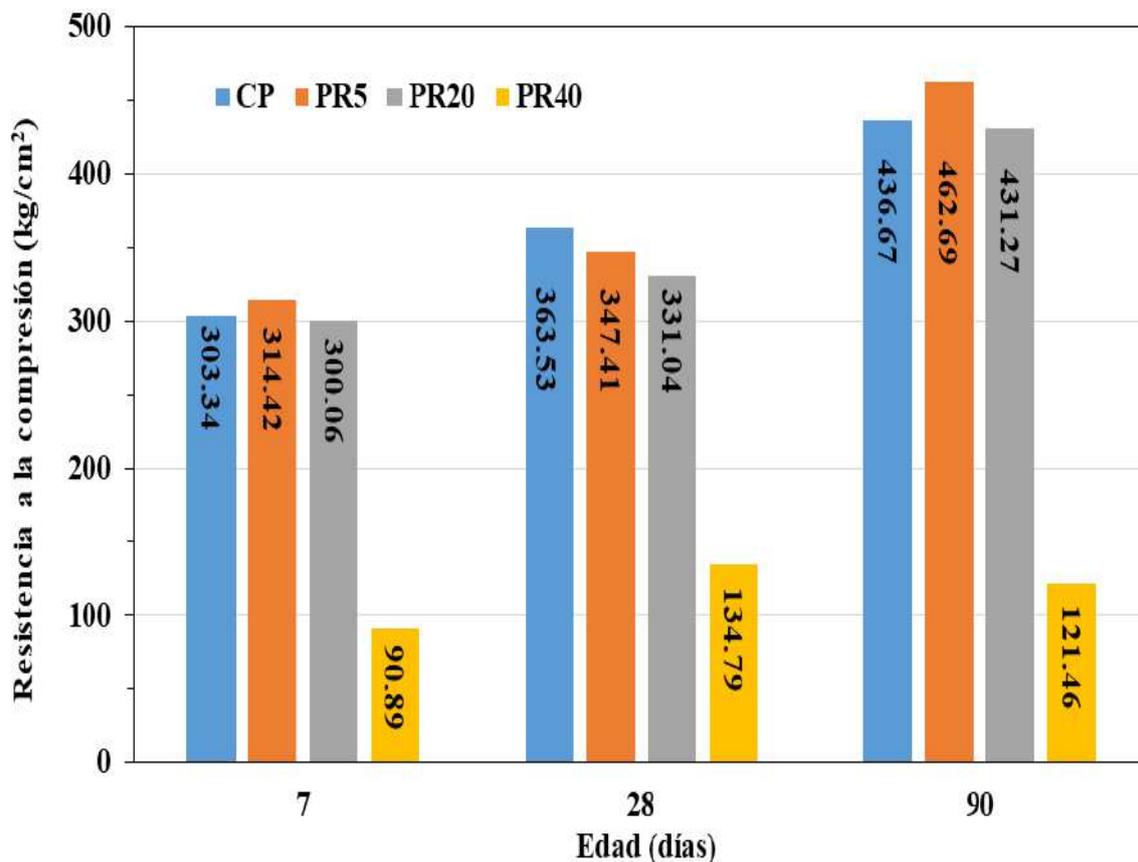
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el concreto PR40 presenta un aumento en su volumen de vacíos en el tiempo, se ve que tiene una porosidad alta, producto de la dificultad en la colocación por su mala trabajabilidad, generando grandes espacios vacíos en la masa de concreto y el mal empaquetamiento, producto de la falta de material cementante suficiente, debido a que se tiene 40% de RCA, entonces el cemento presente en la mezcla no logra cubrir la superficie de los agregados ni del RCA, lo que limita la cohesión de los materiales.

### 3.3.2. Resistencia a la compresión

Este ensayo se realizó con la finalidad de verificar y cuantificar el desarrollo de la resistencia a compresión a los 7, 28 y 90 días con diferentes porcentajes de reemplazo de filler, dichos valores se detallan en la Figura 46.

En la Figura 46 se muestra los resultados de la resistencia a la compresión para los diferentes porcentajes de reemplazo y edad de curado. Para las resistencias alcanzadas por los concretos con filler PR5 y PR20 se aprecia que están muy cerca de los resultados del concreto CP como se esperaba, este efecto del filler de RCA según los estudios de Varhen et al. (2016) hace que se produzca buena consistencia y haya un buen empaquetamiento de los agregados con cemento y filler.



**Figura 46. Resistencia a la compresión a diferentes edades y por cada tanda elaborada.**

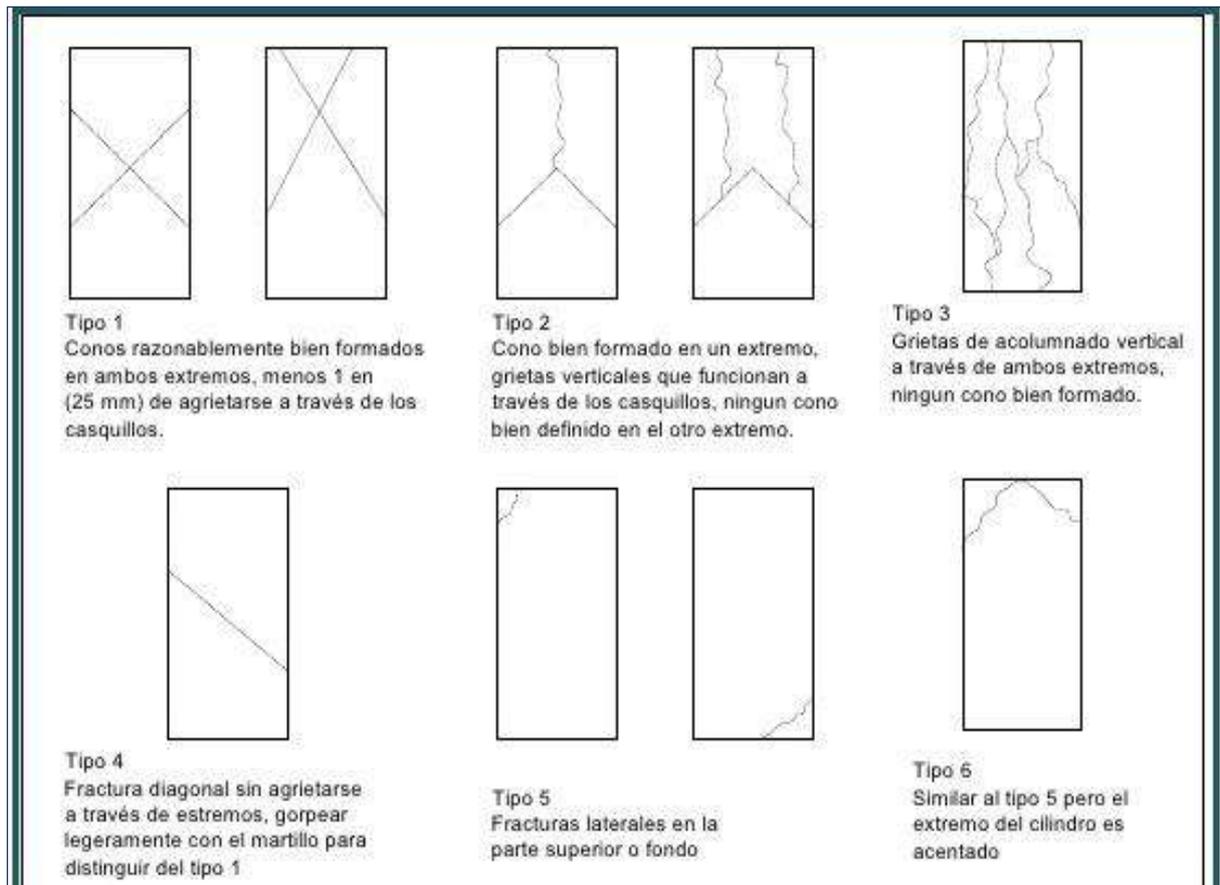
Fuente: Elaboración propia

Para el concreto PR40 se muestra una caída importante de resistencia, esto se dio producto de la pésima trabajabilidad y deficiencia notoria en la cantidad de pasta lo cual ocasionó una cohesión deficiente entre agregados y pasta, adicional a ello se tuvo la presencia de un alto volumen de vacíos, resultando la resistencia a compresión baja a diferentes edades como se aprecia en la Figura 46, y mucho más a los 90 días, se cree producto de un desmoronamiento interno del material al contacto con el agua.

A continuación en la Tabla 4 se muestran los testigos clasificados según el tipo de falla tomándose de referencia la información de la

Figura 47. Las siguientes imágenes fueron tomadas después de realizado el ensayo en el laboratorio LEMC.

Se consideran como fallas típicas las de cono, cortes verticales y sus combinaciones. Por otro lado, la falla de tipo “columnar” es considerada como un modo de falla atípica en mezclas de concreto y común en morteros de alta resistencia o hechas con cemento puro.



**Figura 47. Diagrama esquemático de los patrones típicos de la fractura.**  
Fuente: UTPL – ACI, Ecuador

**Tabla 4. Tipos de falla en probetas a compresión.**

%Reemplazo	Tipo Falla	Muestra
CP	Tipo 2-Cono  Tipo 5- Fracturas Laterales	 

<b>PR5</b>	Tipo 3 Grietas Verticales	
<b>PR20</b>	Tipo 3 Grietas Verticales	
<b>PR40</b>	Tipo 1 Conos en extremos	

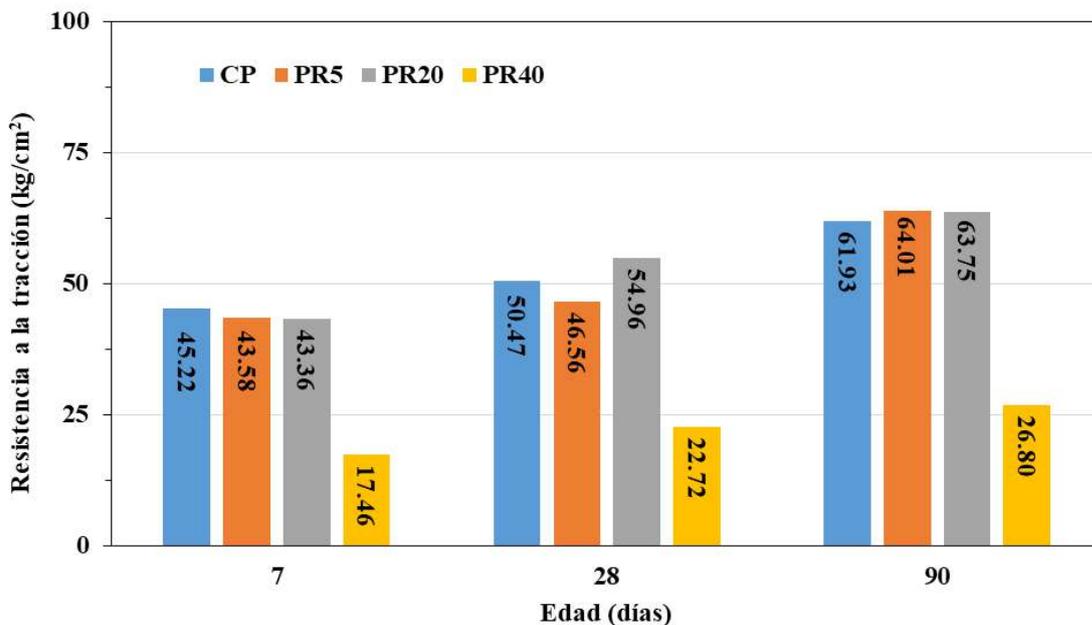
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se pudo observar que las probetas con menor porcentaje de reemplazo como es el caso de PR5, en su mayoría tienen tipo de falla internas que difícilmente se manifiestan, salvo por la que se pudo observar fallas columnares con mayor énfasis, como muestra la imagen de las probetas de PR20, donde se observa fracturas de tipo columnar. Ambas fallas de tipo columnar suelen manifestarse en concretos con una buena cohesión de sus partículas; por lo cual se le puede dar mérito a la acción del filler y menores valores de volumen de vacíos.

En las probetas PR40 se puede observar las fallas típicas de Cono, las cuales se deberían a la poca cohesión por falta de material cementante que cubra la superficie de los agregados y RCA, que conlleva a un elevado volumen de vacíos.

### 3.3.3. Resistencia a la tracción indirecta por compresión diametral.

En la Figura 48 se muestra la resistencia a la tracción en los diferentes porcentajes de CP, PR5, PR20, PR40.



**Figura 48. Resistencia a la tracción a diferentes edades y por cada tanda elaborada.**

Fuente: Elaboración propia

La resistencia a la tracción de PR5 y PR20 se mantuvieron con valores cercanos también al CP, se esperó estos resultados debido al ya mencionado efecto filler que tiende a aumentar la cohesión interna de las partículas del concreto, este efecto puede traernos resultados beneficiosos para la resistencia a tracción de nuestro concreto.

Para establecer una comparación tanto a tracción como a compresión, los concretos PR5 y PR20 mantuvieron una relación entre el 90% y 110% con respecto a la resistencia del concreto CP, mostrando así resultados positivos del uso de filler calcáreo en el concreto.

Con respecto a PR40, éste mantuvo una relación menor a 45% con respecto a la resistencia del concreto CP, mostrando una notoria deficiencia en resistencia como ya hemos visto también a compresión.





## Conclusiones

1. A partir de lo visto en la parte experimental se ha dado una alternativa de producción de filler calcáreo a través de un molino de martillos móviles y el tamizado manual del material produciendo características granulométricas similares entre el cemento y el RCA verificadas en la presente investigación.

2. Según los resultados del análisis químico realizado, la concha de abanico posee un 53% de óxido de calcio lo que comprueba su naturaleza calcárea y puede ser comparado con otros materiales de la misma composición calcárea, pero considerando que éste al ser un material reciclado no altera los recursos naturales y contribuye al cuidado del medio ambiente.

3. Respecto a los resultados obtenidos con la absorción y el volumen de vacíos del concreto analizado se ve que el concreto PR5 y el PR20 tienen una tendencia a menores valores en cantidad de vacíos y absorción en la cual se aprecia la acción del efecto filler ya descrito por los autores Abdurrahman (2016) y Bonavetti (1998) donde a mayor tiempo de curado, éstos valores tienden a ser menores.

4. Con respecto a la resistencia a la compresión y tracción por poco y no hubo variaciones en los reemplazos de hasta el 20%, es más se calculó la relación entre estas y varía entre 90% y 110% con respecto a las resistencias del concreto CP.

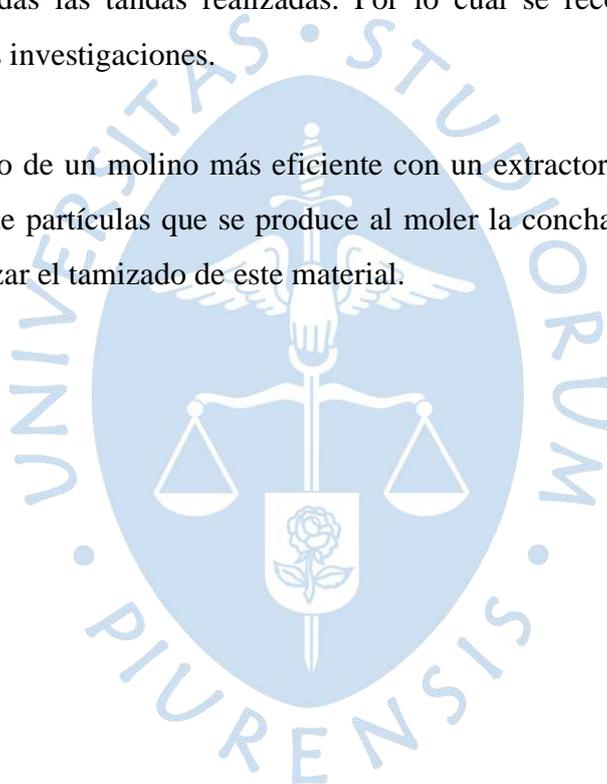
5. Se puede ver que la cantidad de pasta en la mezcla es un factor que influyó mucho en PR40, el cual tuvo menor pasta que todas las tandas, ello se vio reflejado en los resultados de resistencia muy bajos que obtuvo.



## **Recomendaciones**

1. Uno de los factores por los cuales el concreto PR40 resultó con una deficiente trabajabilidad y alta porosidad, se pudo dar el uso de poco plastificante, ya que la dosis utilizada fue constante para todas las tandas realizadas. Por lo cual se recomienda el aumento de plastificante en futuras investigaciones.

2. Evaluar el uso de un molino más eficiente con un extractor de partículas pequeñas, debido a la cantidad de partículas que se produce al moler la concha de abanico y debido al tiempo que toma realizar el tamizado de este material.





## Referencias bibliográficas

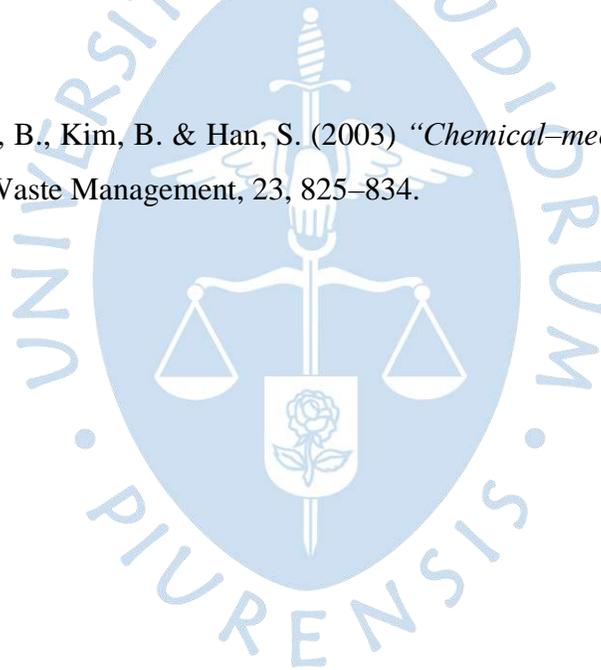
- Alexander, M. & Mindess, S. (2005). *Aggregates in concrete*. Taylor & Francis e-Library, tercera edición 2010. New York, USA.
- ASTM C138 / C138M - 2008. *Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete*.
- Becker, E. (2000). Cemento portland con filler calcáreo. Control. Recuperado de <http://www.lomanegra.com.ar/trabajos-loma-negra.asp>
- Bederina, M., Makhloufi, Z. & Bouziani, T. (2011). *Effect of limestone fillers the physic-mechanical properties of limestone concrete*. Physics Procedia, 21, 28–34.
- Bermejo, E. B., Moragues, A., Gálvez, J. C. & Fernández Cánovas, M. (2010). Permeabilidad y estructura porosa de hormigones autocompactantes de resistencia moderada. *Materiales de Construcción*, 60(299), 37–51.
- Bonavetti, V. (1998). Cementos de filler calcáreo (Tesis de maestría en tecnología y construcciones de hormigón). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Castañeda Granda, D. (2017). Análisis de la granulometría de la concha de abanico triturada para su uso como agregado en concretos (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Perú.

- Chávez Quiroga, L. G. (2016). Evaluación geoeconómica del área costera de la Región Piura orientada al estudio de agregados para concreto (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Perú.
- Damineli, B. L., Pileggi, R. G. & John, V. M. (2013). Eco-efficient concrete. University of Sao Paulo, Brazil, 26-44.
- Echeverry, V. (2013). Caracterización de impactos ambientales en la industria de la construcción. Colombia: Redacción 360 en concreto. Recuperado de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion>
- Elgalhud, A. A., Dhir, R. K. & Ghataora, G. (2016). Limestone addition effects on concrete porosity. *Cement and Concrete Composites*, 72, 222–234.
- Eziefula, U. G., Ezeh, J. C. & Eziefula, B. I. (2018). Properties of seashell aggregate concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 192, 287–300.
- Garrote Villar, E. (2006). El ensayo de tracción indirecta. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3324/55872-8.pdf?sequence=8>.
- INDECOPI. (1999). NTP 400.017. AGREGADOS: Método normalizado para determinar el peso unitario del agregado. Lima, Perú.
- INDECOPI. (2001). NTP 334.001. CEMENTOS. Definición y nomenclatura. Lima, Perú.
- INDECOPI. (2001). NTP 400.012. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
- INDECOPI. (2002). NTP 400.022. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Lima, Perú.

- INDECOPI. (2008). NTP 339.034. HORMIGÓN. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. Lima, Perú.
- INDECOPI. (2009). NTP 339.035. HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. Lima, Perú.
- Kuo, WT., Wang, HY. Shu, CY. & Su, DS. (2013). *Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells*. Construction and Building Materials, 46, 128-133.
- Meng, Y., Ling, T., & Hung, K. (2018). *Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An overview*. Resources, Conservation & Recycling, 138(July), 298–312.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales. Lima, Perú (mayo del 2016).
- Monita, O., Annisa, A. & Lita, D. (2015). *Mechanical Properties of Seashell Concrete*. Indonesia: The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum. Procedia Engineering 125, 760 – 764.
- Nizama L., Douglas (2014). Valoración de residuos crustáceos para concretos de baja resistencia (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Perú.
- Poicón Rivas, S. (12-08-2014). *En Sechura se arrojan 100 mil toneladas al año de residuos de concha de abanico*. Diario “EL TIEMPO”, p. 3.
- Poicón Rivas, S. (12-08-2014). *Los maricultores piden al Estado respetar su trabajo*. Diario “EL TIEMPO”.
- Poicón Rivas, S. (12-08-2014). *Producción se reúne hoy con las empresas para tartar soluciones ante la contaminación*. Diario “EL TIEMPO”, p. 3.

- Robillard, C. (2012). *Etude de valorisation des coproduits marins coquilliers sous forme d'additions et de granulats dans les matériaux cimentaires* (Ph D thesis). Universidad de Caen, Normandía, Francia, 246p.
- Ruiz, J. T., Cipirán, A. I., Oyola, M. C. & Atarama, J. S. (2012). Recursos de la zona béntica de la bahía de Sechura. *Ciencia y Desarrollo*, 15, 19-50.
- Saavedra Gonzaga, R. (2016). Interacción de la concha de abanico triturada con los agregados triturados y redondeados en mezclas de concreto (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Piura.
- Sadeghian, P. (2018). Recycled Ground Oyster Shell for Use as Filler in Self-Consolidated Grout. *Building Tomorrow's Society*, 13, 1-8.
- Sanchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Biblioteca de la construcción, Santa Fé de Bogotá, Colombia, Bhandar Editores Ltda.
- Seddik, M., Lmbachiya, M. C. & Dhir, R. K. (2014). Potential use of binary and composite limestone cements in concrete production. *Construction and Building Materials*, 58, 193–205.
- Soltanzadeh, F., Emam Jomeh, M., Edalat Behbahani, A. & Soltan Zadeh, Z. (2018). Development and characterization of blended cements containing seashell powder. *Construction and Building Materials*, 161, 292–304.
- Varhen, C. (2017). *Avaliação do impacto do uso de fíler calcário como substituição ao cimento no comportamento reológico e retração de microconcretos* (Tesis de maestría). Universidad de Sao Paulo, Brazil.
- 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.

- Varhen, C., Dilonardo, I., de Oliveira Romano, R. C., Pileggi, R. G., & de Figueiredo, A. D. (2016). *Effect of the substitution of cement by limestone filler on the rheological behaviour and shrinkage of microconcretes*. Construction and Building Materials, 125, 375–386.
- Yang, El. Yi, ST. & Leem, YM. (2005). “*Effect of oyster substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties*”. Cement and Concrete Research, 35, 2175-2182.
- Yang, K., Park, HG. & Yi, ST. (2010). *Effect of partial replacement of sand with dry oyster shell on the long-term performance of concrete*. Construction and Building Materials, 24, 758-765.
- Yoon, G., Kim, B., Kim, B. & Han, S. (2003) “*Chemical–mechanical characteristics of crushed oyster-shell*”. Waste Management, 23, 825–834.





**Anexos**





## Anexo 1. Resultados de Análisis Químico de RCA



ARPL Tecnología Industrial S.A.

## INFORME DE ENSAYOS

N° 569-JL18

Formato: AD-01  
Revisión: 01-18

N° DE SOLICITUD : 158/18  
 SOLICITANTE : Anner Ernesto Guerrero García  
 DIRECCIÓN : Av. Ramón Castilla 117  
 TIPO DE MUESTRAS : Residuos de concha de abanico  
 PRESENTACIÓN : Fino, 0.5kg en bolsa plástica<sup>(1)</sup>  
 REFERENCIA : SDL 283/18  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 23/07/2018  
 FECHA DE ENSAYO : 26-31/07/2018  
 FECHA DE EMISIÓN : 31/07/2018

## MÉTODOS

Pág. 1 de 1

ARPL PEX-02 : Análisis Químico de Caliza y Material calizo por Fluorescencia de Rayos X

AASTHO T291 : Water Soluble Chloride Content in Soil

RESULTADOS		RCAT-UDEP	MÉTODO
Dióxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	%	0.5	ARPL PEX-02
Tríóxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.2	*
Tríóxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0.08	*
Oxido de calcio, CaO	%	53.3	*
Oxido de magnesio, MgO	%	0.20	*
Tríóxido de azufre, SO <sub>3</sub>	%	0.21	*
Oxido de sodio, Na <sub>2</sub> O	%	0.15	*
Oxido de potasio, K <sub>2</sub> O	%	0.02	*
Dióxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	%	0.0	*
Pentóxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.1	*
Oxido de manganeso, MnO	%	0.2	*
Oxido de estroncio, SrO	%	0.1	*
Pérdida por calcinación	%	44.2	*
Cloruros, Cl-	%	0.009	AASTHO T291
TOTAL	%	99.3	

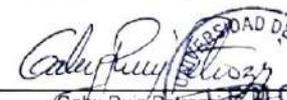
## OBSERVACIONES:

1. La muestra, su identificación y los datos de referencia fueron libremente elegidos y proporcionados por el solicitante.
2. Los resultados indicados son válidos para la muestra entregada por el cliente y analizada en ARPL.
3. El informe no puede ser utilizado como un Certificado de Conformidad de Producto.



## Anexo 2. Resultados del concreto endurecido (compresión y tracción)

### 2.1. Resistencia a la compresión

		<b>UNIVERSIDAD DE PIURA</b> LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN					
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO</b> Norma: NTP 339.034 1999							
Orden de servicio N°	: 21454	Informe N°	: 190528				
Fecha de recepción	: 30/04/2018						
Fecha de ensayo	: Según lo detallado en el cuadro						
Fecha de emisión	: 01/03/2019						
<b>EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:</b>							
<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ						
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico						
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura						
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante						
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm						
<b>Resistencia especificada</b>	: 280 kg/cm <sup>2</sup>						
<b>Fecha de moldeo</b>	: Según lo detallado en el cuadro						
<b>RESULTADOS:</b>							
Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
AC - 1	27/04/18	03/05/18	6	10.1	26364	329	280
AC - 2	27/04/18	03/05/18	6	10.1	20463	255	280
AC - 3	27/04/18	03/05/18	6	10.1	22243	278	280
<b>Observaciones:</b> La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada. Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante. Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.							
<b>Realizó el ensayo</b>	: Téc. Estiwar Campos E.						
<b>Presenció el ensayo</b>							
	 Gaby Ruiz Potroza, E.I.C. Ingeniero Civil CIP 46912 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.							



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 04/05/2018  
Fecha de emisión : 01/03/2019

Informe N° : 190531

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
BC - 1	27/04/18	04/05/18	7	10.1	19316	241	-
BC - 2	27/04/18	04/05/18	7	10.1	26287	328	-
BC - 3	27/04/18	04/05/18	7	10.3	24574	298	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

  
Gaby Ruiz Pettozzi  
Ingeniero Civil  
CJP 46912  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 190532  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 04/05/2018  
Fecha de emisión : 01/03/2019

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

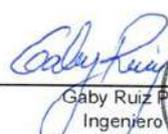
RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
CC - 1	27/04/18	04/05/18	7	10.1	25589	319	-
CC - 2	27/04/18	04/05/18	7	10.3	25037	303	-
CC - 3	27/04/18	04/05/18	7	10.4	23838	281	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

  
Gaby Ruiz Petro  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 190527  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : Según lo detallado en el cuadro  
Fecha de emisión : 01/03/2019

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: 280 kg/cm <sup>2</sup>
Fecha de moldeo	: Según lo detallado en el cuadro

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
DC - 1	26/04/18	03/05/18	7	10.1	6460	81	280
DC - 2	26/04/18	03/05/18	7	10.1	7566	94	280
DC - 3	26/04/18	03/05/18	7	10.1	6998	87	280

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

  
Gabry Ruiz Petroz E.I.C.  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182743  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 24/05/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 26/04/2018

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
AC - 4	26/04/18	24/05/18	28	10.1	28612	357	-
AC - 5	26/04/18	24/05/18	28	10.2	24989	306	-
AC - 6	26/04/18	24/05/18	28	10.2	30229	370	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

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

  
Gaby Ruiz Petrucci  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182745  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 25/05/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
BC - 4	27/04/18	25/05/18	28	10.2	27059	331	-
BC - 5	27/04/18	25/05/18	28	10.1	28786	359	-
BC - 6	27/04/18	25/05/18	28	10.0	27630	352	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

*Gaby Ruiz Petro*  
Gaby Ruiz Petro  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182746  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 25/05/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
CC - 4	27/04/18	25/05/18	28	10.0	24753	315	-
CC - 5	27/04/18	25/05/18	28	10.1	27796	347	-
CC - 6	27/04/18	25/05/18	28	10.3	23944	287	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

  
Gaby Ruiz Paredes  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182744  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 24/05/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 26/04/2018

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
DC - 4	26/04/18	24/05/18	28	10.1	11130	139	-
DC - 5	26/04/18	24/05/18	28	10.2	5833	71	-
DC - 6	26/04/18	24/05/18	28	10.3	10887	131	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

  
Gaby Ruiz Petrucci  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21645 Informe N° : 182668  
Fecha de recepción : 20/06/2018  
Fecha de ensayo : 17/07/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 26/04/2018

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
AC - 7	26/04/18	17/07/18	82	10.0	34153	435	-
AC - 8	26/04/18	17/07/18	82	10.0	31544	402	-
AC - 9	26/04/18	17/07/18	82	10.0	36531	465	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

  
Gaby Ruiz Petrezi  
Ingeniero Civil  
CIP 46943  
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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21645 Informe N° : 182669  
Fecha de recepción : 20/06/2018  
Fecha de ensayo : 17/07/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
BC - 7	27/04/18	17/07/18	81	10.0	26629	339	-
BC - 8	27/04/18	17/07/18	81	10.0	36424	464	-
BC - 9	27/04/18	17/07/18	81	10.0	36973	471	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

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

  
UNIVERSIDAD DE PIURA  
LEMC.  
Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 469123  
Responsable  
LABORATORIO DE ENSAYO 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-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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182670  
Fecha de recepción : 20/06/2018  
Fecha de ensayo : 17/07/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
CC - 7	27/04/18	17/07/18	81	10.0	33643	428	-
CC - 8	27/04/18	17/07/18	81	10.0	34909	444	-
CC - 9	27/04/18	17/07/18	81	10.0	35807	456	-

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo

*Gaby Ruiz Petro*  
UNIVERSIDAD DE PIURA  
LEMC.  
Ingeniero Civil  
CIP 45312  
Responsable 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-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.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO  
Norma: NTP 339.034 1999

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182671  
Fecha de recepción : 20/06/2018  
Fecha de ensayo : 17/07/2018  
Fecha de emisión : 02/08/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 26/04/2018

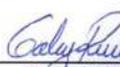
RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia especificada (kg/cm <sup>2</sup> )
DC - 7	26/04/18	17/07/18	82	10.1	11606	145	-
DC - 8	26/04/18	17/07/18	82	10.0	8012	102	-
DC - 9	26/04/18	17/07/18	82	10.0	4055	52	-

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

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

  
Gaby Ruiz  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
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.

## 2.2. Resistencia a la tracción

	<b>UNIVERSIDAD DE PIURA</b> LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN																																
	<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO</b> Norma: ASTM C496																																
<b>Orden de servicio N°</b> : 21454	<b>Informe N°</b> : 190529																																
<b>Fecha de recepción</b> : 30/04/2018																																	
<b>Fecha de ensayo</b> : Según lo detallado en el cuadro																																	
<b>Fecha de emisión</b> : 01/03/2019																																	
<b>EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:</b>																																	
<table border="1"> <tr> <td><b>Solicitante</b></td> <td>: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ</td> </tr> <tr> <td><b>Tesis</b></td> <td>: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico</td> </tr> <tr> <td><b>Ubicación</b></td> <td>: Lemc - Udep - Piura</td> </tr> <tr> <td><b>Muestreo realizado por</b></td> <td>: El solicitante</td> </tr> <tr> <td><b>Muestra</b></td> <td>: Probetas de concreto de 10 x 20 cm</td> </tr> <tr> <td><b>Resistencia especificada</b></td> <td>: -</td> </tr> <tr> <td><b>Fecha de moldeo</b></td> <td>: Según lo detallado en el cuadro</td> </tr> </table>		<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ	<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico	<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura	<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante	<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm	<b>Resistencia especificada</b>	: -	<b>Fecha de moldeo</b>	: Según lo detallado en el cuadro																		
<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ																																
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico																																
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura																																
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante																																
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm																																
<b>Resistencia especificada</b>	: -																																
<b>Fecha de moldeo</b>	: Según lo detallado en el cuadro																																
<b>RESULTADOS:</b>																																	
<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>Diámetro (cm)</th> <th>Longitud (cm)</th> <th>Carga máxima (kg)</th> <th>Resistencia de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AT - 1</td> <td>26/04/18</td> <td>03/05/18</td> <td>7</td> <td>10.2</td> <td>20.4</td> <td>9474</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>AT - 2</td> <td>26/04/18</td> <td>03/05/18</td> <td>7</td> <td>10.2</td> <td>20.4</td> <td>8913</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>AT - 3</td> <td>26/04/18</td> <td>03/05/18</td> <td>7</td> <td>10.2</td> <td>20.5</td> <td>9705</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>		Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	AT - 1	26/04/18	03/05/18	7	10.2	20.4	9474	29	AT - 2	26/04/18	03/05/18	7	10.2	20.4	8913	27	AT - 3	26/04/18	03/05/18	7	10.2	20.5	9705	30
Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )																										
AT - 1	26/04/18	03/05/18	7	10.2	20.4	9474	29																										
AT - 2	26/04/18	03/05/18	7	10.2	20.4	8913	27																										
AT - 3	26/04/18	03/05/18	7	10.2	20.5	9705	30																										
<b>Observaciones:</b> La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada. Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante. Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.																																	
<b>Realizó el ensayo</b> : Téc Estiwar Campos E. <b>Presenció el ensayo</b> : ---	 <b>Gaby Ruiz Peláez M.C.</b> Ingeniero Civil CIP 48912 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.																																	



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO  
Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 04/05/2018  
Fecha de emisión : 01/03/2019

Informe N° : 190533

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACION:

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/18

RESULTADOS:

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
BT - 1	27/04/18	04/05/18	7	10.2	20.4	11664	36
BT - 2	27/04/18	04/05/18	7	10.2	20.3	9335	29
BT - 3	27/04/18	04/05/18	7	10.2	20.4	8715	27

Observaciones:

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo : ---

*Geby Ruiz Petrozzi*  
UNIVERSIDAD DE PIURA  
Geby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil E.M.C.  
CJP 46042  
Responsable del Laboratorio 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-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.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 190534  
Fecha de recepción : 30/04/2018  
Fecha de ensayo : 04/05/2018  
Fecha de emisión : 01/03/2019

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACION:**

<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: 27/04/18

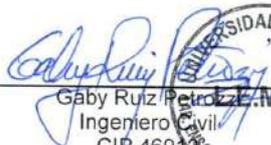
**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
CT - 1	27/04/18	04/05/18	7	10.2	20.4	9137	28
CT - 2	27/04/18	04/05/18	7	10.4	20.2	11302	34
CT - 3	27/04/18	04/05/18	7	10.3	20.1	8689	27

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo : ---

  
Gaby Ruiz Petro **LEMC**  
Ingeniero Civil  
CIP 4691  
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



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N : 190530  
 Fecha de recepción : 30/04/2018  
 Fecha de ensayo : Según lo detallado en el cuadro  
 Fecha de emisión : 01/03/2019

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

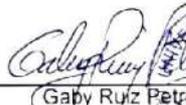
<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: Según lo detallado en el cuadro

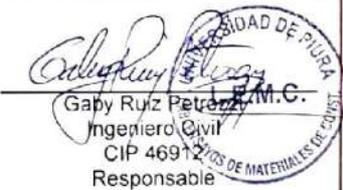
**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
DT - 1	26/04/18	03/05/18	7	10.1	20.7	3619	11
DT - 2	26/04/18	03/05/18	7	10.2	20.5	3717	11
DT - 3	26/04/18	03/05/18	7	10.1	20.6	3546	11

**Observaciones:**  
 La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

  
 Gaby Ruiz Petre  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46912  
 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.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE**  
**MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
 Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182741  
 Fecha de recepción : 30/04/2018  
 Fecha de ensayo : 24/05/2018  
 Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: 26/04/2018

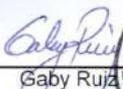
**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
AT - 4	26/04/18	24/05/18	28	10.3	20.1	10233	31
AT - 5	26/04/18	24/05/18	28	10.3	21.4	9939	29
AT - 6	26/04/18	24/05/18	28	10.2	20.2	10613	33

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

  
 Gaby Ruiz Petros  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46902  
 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.



UNIVERSIDAD DE PIURA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182747

Fecha de recepción : 30/04/2018

Fecha de ensayo : 25/05/2018

Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACION:**

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
BT - 4	27/04/18	25/05/18	28	10.1	20.4	9635	30
BT - 5	27/04/18	25/05/18	28	10.1	20.3	9503	30
BT - 6	27/04/18	25/05/18	28	10.1	20.3	8413	26

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

*Gaby Ruiz Petrezzi*  
 Gaby Ruiz Petrezzi  
 Ingeniero Civil  
 CIP 18912  
 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.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE**  
**MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
 Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182748  
 Fecha de recepción : 30/04/2018  
 Fecha de ensayo : 25/05/2018  
 Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: 27/04/2018

**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
CT - 4	27/04/18	25/05/18	28	10.2	20.5	11429	35
CT - 5	27/04/18	25/05/18	28	10.1	20.4	11442	35
CT - 6	27/04/18	25/05/18	28	10.3	20.1	11320	35

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 Gaby Ruiz E. M. C.  
 Ingeniero Civil  
 C. 146912  
 Responsable 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-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.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE**  
**MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
 Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182742  
 Fecha de recepción : 30/04/2018  
 Fecha de ensayo : 24/05/2018  
 Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: 26/04/2018

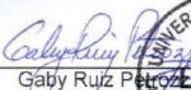
**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
DT - 4	26/04/18	24/05/18	28	10.2	20.1	4384	14
DT - 5	26/04/18	24/05/18	28	10.0	20.3	4450	14
DT - 6	26/04/18	24/05/18	28	10.0	20.2	5021	16

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

  
 Gaby Ruiz Petro  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46912  
 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.



UNIVERSIDAD DE PIURA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE  
MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182673

Fecha de recepción : 20/06/2018

Fecha de ensayo : 18/07/2018

Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: 26/04/2018

**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
AT - 7	26/04/18	18/07/18	83	10.0	20.1	13101	41
AT - 8	26/04/18	18/07/18	83	10.0	20.2	12313	39
AT - 9	26/04/18	18/07/18	83	10.1	20.1	13061	41

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

*Gaby Ruiz*  
 Gaby Ruiz R. L.M.C.  
 Ingeniero Civil  
 CIP 48912  
 Responsable 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-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.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE**  
**MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
 Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182674  
 Fecha de recepción : 20/06/2018  
 Fecha de ensayo : 18/07/2018  
 Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACION:**

<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: 27/04/2018

**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
BT - 7	27/04/18	18/07/18	82	10.0	20.1	13513	43
BT - 8	27/04/18	18/07/18	82	10.0	20.1	11677	37
BT - 9	27/04/18	18/07/18	82	10.0	20.1	13187	42

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : --

  
**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**LEMC**  
 Gaby Ruiz Petrucci  
 Ingeniero Civil  
 CIP 42912  
 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.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE**  
**MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
 Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182675  
 Fecha de recepción : 20/06/2018  
 Fecha de ensayo : 18/07/2018  
 Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

Solicitante	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
Tesis	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
Ubicación	: Lemc - Udep - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Muestra	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
Resistencia especificada	: -
Fecha de moldeo	: 27/04/2018

**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
CT - 7	27/04/18	18/07/18	82	10.1	20.2	13643	43
CT - 8	27/04/18	18/07/18	82	10.1	20.2	13150	41
CT - 9	27/04/18	18/07/18	82	10.0	20.1	12405	39

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

  
 Gaby Ruiz Betreza  
 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.



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE**  
**MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**  
 Norma: ASTM C496

Orden de servicio N° : 21454 Informe N° : 182676  
 Fecha de recepción : 20/06/2018  
 Fecha de ensayo : 18/07/2018  
 Fecha de emisión : 02/08/2018

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: ERNESTO GUERRERO GARCIA - EHTZEL GARCIA RAMIREZ
<b>Tesis</b>	: Proyectos de tesis - Filler de Conchas de abanico
<b>Ubicación</b>	: Lemc - Udep - Piura
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante
<b>Muestra</b>	: Probetas de concreto de 10 x 20 cm
<b>Resistencia especificada</b>	: -
<b>Fecha de moldeo</b>	: 26/04/2018

**RESULTADOS:**

Identificación del espécimen	Fecha de moldeo	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga máxima (kg)	Resistencia de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
DT - 7	26/04/18	18/07/18	83	10.0	20.1	5905	19
DT - 8	26/04/18	18/07/18	83	10.0	20.4	7204	22
DT - 9	26/04/18	18/07/18	83	10.0	20.0	5212	17

**Observaciones:**

La resistencia de rotura sólo refleja la resistencia individual a compresión de la probeta ensayada.  
 Los cuidados previos de los especímenes hasta la edad de ensayo, han sido hechos por: El solicitante.  
 Han sido recepcionadas, pertenecientes a la misma orden de servicio : 03 Especímenes  
 La identificación de los especímenes ha sido definida por el solicitante.

Realizó el ensayo : Téc Estiwar Campos E.  
 Presenció el ensayo : ---

  
  
 Gaby Ruiz Pedroza, M.C.  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46002  
 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.