



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DEL TAMAÑO Y TIPO DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA HENRY DEL SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO EN SUS CARACTERÍSTICAS, TRUJILLO 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Juan David Felix Paz

Asesor:

Mg. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Juan David Felix Paz**, denominada:

“INFLUENCIA DEL TAMAÑO Y TIPO DE AGREGADO GRUESO DE LA
CANTERA HENRY DEL SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO, EN SUS
CARACTERÍSTICAS, TRUJILLO 2017”

Mg. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

ASESOR

Ing. Juan Paul Edward Henriquez Ulloa

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz

JURADO

Ing. Carlos Humberto Fernández Fernández

JURADO

DEDICATORIA

A mis Padres, a quienes amo con todo mi corazón, por apoyarme, guiarme y brindarme su comprensión durante toda mi carrera, por sus sabios consejos que me orientaron a tomar las mejores decisiones y principalmente por creer en mí; a partir de este momento todos mis logros serán en su memoria.

A mis queridos hermanos, por consentirme tanto, por su cariño, su apoyo incondicional y principalmente por su gran ejemplo de vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, principalmente, a Dios por protegerme durante todo este camino y darme las fuerzas para superar todos y cada uno de los obstáculos y dificultades que se me presentaron.

A mis Padres y familiares por su amor incondicional, su apoyo espiritual y económico, por enseñarme a luchar y lograr mis objetivos; y sobre todo por enseñarme a ser feliz.

A mi asesor de tesis, Ing. Iván Eugenio Vásquez, por su sapiencia, consejo y orientación, quién más que un asesor demostró ser un amigo digno de admiración y respeto.

A mis queridos amigos Mílary, Romy y José, ya que sin ellos mi vida en la universidad no hubiera sido tan divertida y complicada a la vez, gracias de todo corazón por apoyarme hasta el último momento.

A la Universidad privada del Norte y a todos los docentes que me capacitaron para afrontar los retos que conlleva la carrera de ingeniería Civil.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	10
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Justificación	14
1.4. Limitaciones.....	15
1.5. Objetivos.....	15
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. <i>Agregados para el concreto</i>	21
2.2.2. <i>Diseños de mezcla</i>	29
2.3. Hipótesis.....	32
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	33
3.1. Diseño de investigación.....	33
3.2. Diseño de investigación.....	34
3.3. Unidad de estudio.....	34
3.4. Población.....	34
3.5. Muestra.....	34
3.5.1. <i>Diseño de contrastación</i>	35
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	35
3.6.1. <i>Técnicas de recolección de datos</i>	36
3.6.2. <i>Instrumentos de recolección de datos</i>	36
3.6.3. <i>Procedimiento de recolección de datos</i>	37
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	51
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	53
4.1. Ensayos físicos.....	53
4.2. Ensayos químicos.....	55

4.3. Ensayo mecánico	56
4.4. Diseños de mezcla	56
4.5. Análisis de costos	57
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	58
5.1. Ensayos físicos.....	58
5.2. Ensayos químicos.....	71
5.3. Ensayo mecánico	74
5.4. Diseños de mezclas.....	75
5.5. Costos de producción	76
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS.....	81
ANEXOS.....	83
APÉNDICE.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1: Hipótesis general.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla N° 2: Operacionalización de variables.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla N° 3: Matriz de diseño.</i>	<i>35</i>
<i>Tabla N° 4: Diagrama de operaciones del proceso de investigación</i>	<i>37</i>
<i>Tabla N° 5: Datos de cantera.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla N° 6: Instrumento de recolección de datos para humedad.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla N° 7: Instrumento de recolección de datos para granulometría.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla N° 8: Capacidad de molde para el peso unitario suelo y compactado</i>	<i>41</i>
<i>Tabla N° 9: Espesor de molde para el unitario suelo y compactado</i>	<i>41</i>
<i>Tabla N° 10: Instrumento de recolección de datos para peso unitario</i>	<i>43</i>
<i>Tabla N° 11: Instrumento de recolección de datos para contenido de vacíos.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla N° 12: Instrumento de recolección de datos para peso específico y absorción.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla N° 13: Instrumento de recolección de datos para durabilidad de sulfatos.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla N° 14: Instrumento de recolección de datos para resistencia a la degradación por abrasión.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla N° 15: factor de seguridad según el esfuerzo a compresión.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla N° 16: Relación a/c en función al esfuerzo a compresión.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla N° 17: Volumen de agua para mezcla.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla N° 18: Volumen de agregado grueso</i>	<i>51</i>
<i>Tabla N° 19: Humedad promedio del agregado grueso</i>	<i>53</i>
<i>Tabla N° 20: Absorción promedio del agregado grueso.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla N° 21: Peso específico de masa promedio del agregado grueso.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla N° 22: Peso específico de masa saturado superficialmente seco del agregado grueso.</i>	<i>53</i>
<i>Tabla N° 23: Peso específico aparente promedio del agregado grueso</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 24: Peso unitario suelto seco promedio del agregado grueso.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 25: Peso unitario compacto seco promedio del agregado grueso.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 26: Contenido de vacíos promedio del peso unitario suelto seco del agregado grueso ...</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 27: Contenido de vacíos del peso unitario compacto seco del agregado grueso.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 28: Contenido de finos promedio del agregado grueso.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla N° 29: Datos granulométricos del agregado grueso.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla N° 30: Durabilidad al sulfato de magnesio promedio del agregado grueso.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla N° 31: Reactividad agregado/álcali promedio del agregado grueso.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla N° 32: Abrasión promedio del agregado grueso.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla N° 33: Parámetros para el diseño de mezcla de concreto del agregado grueso.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla N° 34: Resumen de los diseños de mezcla del agregado grueso</i>	<i>57</i>
<i>Tabla N° 35: Costo por m³ de producción de concreto del agregado grueso de 1/2".....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla N° 36: Costo por m³ de producción de concreto del agregado grueso de 3/4".....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla N° 37: Determinación del contenido de humedad del agregado grueso.</i>	<i>107</i>

<i>Tabla N° 38: Determinación del contenido de humedad del agregado grueso.</i>	<i>108</i>
<i>Tabla N° 39: Determinación del peso unitario seco suelto y compactado del agregado grueso. ...</i>	<i>109</i>
<i>Tabla N° 40: Determinación del contenido de vacíos del agregado grueso.</i>	<i>110</i>
<i>Tabla N° 41: Determinación de la cantidad de material que pasa por la malla N° 200</i>	<i>111</i>
<i>Tabla N° 42: Análisis granulométrico del agregado grueso natural de 1/2"</i>	<i>111</i>
<i>Tabla N° 43: Análisis granulométrico del agregado grueso natural de 3/4"</i>	<i>112</i>
<i>Tabla N° 44: Análisis granulométrico del agregado grueso chancado de 1/2"</i>	<i>113</i>
<i>Tabla N° 45: Análisis granulométrico del agregado grueso chancado de 3/4"</i>	<i>114</i>
<i>Tabla N° 46: Determinación de la durabilidad al sulfato de magnesio</i>	<i>115</i>
<i>Tabla N° 47: Determinación de la resistencia a la abrasión del agregado grueso</i>	<i>116</i>
<i>Tabla N° 48: Determinación del contenido de humedad del agregado fino.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla N° 49: Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla N° 50: Granulometría del agregado fino.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla N° 51: Diseño de mezcla de concreto del agregado grueso de 1/2"</i>	<i>118</i>
<i>Tabla N° 52: Diseño de mezcla de concreto del agregado grueso de 3/4"</i>	<i>119</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1: Ubicación de canteras.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura N° 2: NTP 339.185:2013 - Humedad promedio.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura N° 3: NTP 400.021:2013 - Absorción promedio</i>	<i>59</i>
<i>Figura N° 4: NTP 400.021:2013 - Peso específico de masa promedio</i>	<i>61</i>
<i>Figura N° 5: NTP 400.021:2013 - Peso específico de masa saturado superficialmente seco</i>	<i>62</i>
<i>Figura N° 6: NTP 400.021:2013 - Peso específico aparente promedio.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura N° 7: NTP 400.017:2011 Peso unitario suelto seco promedio</i>	<i>65</i>
<i>Figura N° 8: NTP 400.017:2011 Peso unitario compacto seco promedio</i>	<i>66</i>
<i>Figura N° 9: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, PUSS.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura N° 10: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, PUCS.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura N° 11: NTP 400.018:2013 - Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200</i>	<i>69</i>
<i>Figura N° 12: NTP 400.016:2011 - Durabilidad a los sulfatos promedio</i>	<i>71</i>
<i>Figura N° 13: NTP 334.099:2011 - Reactividad agregado/álcali promedio</i>	<i>73</i>
<i>Figura N° 14: NTP 400.019:2014 - Abrasión promedio del agregado grueso</i>	<i>74</i>
<i>Figura N° 15: Relación agua/cemento del diseño de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$</i>	<i>75</i>
<i>Figura N° 16: Costo de producción de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$</i>	<i>76</i>
<i>Figura N° 17: Apilamiento de los agregados.</i>	<i>83</i>
<i>Figura N° 18: Lugar de extracción de agregados.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura N° 19: Lugar de trituración del agregado</i>	<i>83</i>
<i>Figura N° 20: Contenido de humedad - Estufa.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura N° 21: Peso específico del agregado grueso - secado superficial con franelas.</i>	<i>83</i>
<i>Figura N° 22: Peso específico del agregado grueso - peso sumergido.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura N° 23: Peso unitario</i>	<i>84</i>
<i>Figura N°24: Granulometría</i>	<i>84</i>
<i>Figura N° 25: Cantidad de finos - lavado del material por el tamiz N°200.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura N° 26: Durabilidad a los sulfatos - agregados sumergidos en solución de magnesio.</i>	<i>84</i>
<i>Figura N° 27: Durabilidad a los sulfatos - agregados lavados con cloruro de bario.</i>	<i>85</i>
<i>Figura N°28: Durabilidad a los sulfatos - muestras en estufa.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura N°29: Máquina de Los Ángeles.....</i>	<i>85</i>

RESUMEN

La presente investigación, se desarrolló con el objetivo de determinar las características con las que cuenta el agregado grueso, en función al tamaño y tipo de este, para esto se realizaron ensayos físicos, químicos y mecánicos, los cuales son muy importantes en un diseño de mezcla y garantizan la resistencia deseada en el concreto. Para analizar las características que cuenta cada agregado; se realizaron ensayos establecidos por la Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

En nuestra ciudad aún se construyen obras de Ingeniería Civil de la forma tradicional, donde la materia prima para la construcción de dichas obras es el concreto, sin embargo existe la problemática para conocer qué tipo de agregado grueso es el adecuado para lograr la mejor calidad de mezcla que cumpla con la resistencia adecuada para dicha construcción.

Con respecto a los ensayos físicos: en el ensayo de humedad, el agregado chancado contiene menos humedad que el agregado natural, lo mismo sucede con la absorción. En cuanto al peso específico se obtuvieron en las piedras de 1/2" valores de 2570 kg/m³ para las piedras naturales y 2630 kg/m³ para las piedras chancadas; en el tamaño de 3/4" se obtuvieron valores de 2700 kg/m³ para ambas piedras. En el peso unitario se obtuvo valores en las piedras de 1/2" de 1570 kg/m³ en las naturales y 1490 kg/m³ en las chancadas, para el tamaño de 3/4" se obtuvieron valores de 1530 kg/m³ en las naturales y 1510 kg/m³ en las chancadas, concluyendo que las piedras naturales se acomodan mejor que las chancadas en las piedras de 1/2".

Respecto al contenido de finos las piedras naturales contienen mucho más finos que las piedras chancadas, en las piedras de 1/2" las naturales contienen 0.8% y las chancadas 0.3%, y en las piedras de 3/4" las naturales contienen 0.7 y las chancadas 0.3%. En cuanto a la granulometría se refiere, todas las piedras están dentro de los límites establecidos por los husos granulométricos según cada porcentaje retenido acumulado de cada piedra.

Con respecto a las características químicas del agregado de durabilidad a los sulfatos de magnesio en las piedras de 1/2" tiene una desagregación de material de 5.3% en las piedras naturales y en las chancadas una desagregación de 1.3%; y en las piedras de 3/4" las piedras naturales tienen una desagregación de 4.3% mientras que las piedras chancadas solo tiene 0.2%, las piedras chancadas tienen mayores resistencia al ataque de sulfatos que las piedras naturales.

Al realizar el ensayo mecánico de abrasión, se obtuvo un desgaste para las piedras de 1/2" de procedencia natural de 29% y de 22% para las chancadas. En las piedras de tamaño 3/4"; las piedras naturales tuvieron un desgaste de 27% y las chancadas 12%, con esto queda demostrado que las piedras chancadas tienen mayor resistencia al desgaste que las piedras naturales.

ABSTRACT

The present investigation, it developed with the aim to determine the characteristics which the thick attaché possesses, in function to the size and origin of this one, for this there were realized physical, chemical and mechanical tests, which are very important in a design of mixture and guarantee the resistance wished in the concrete one. To analyze the characteristics that every attaché counts; there fulfilled tests established by the Technical Peruvian Norm NTP 400.037.

In our city still there are constructed works of Civil Engineering of the traditional form, where the raw material for the construction of the above mentioned works is the concrete one, nevertheless the problematics exists to know what type of thick attaché is adapted to achieve the best quality of mixture that expires with the resistance adapted for the above mentioned construction This investigation is based on the need to obtain information of the characteristics of the attachés natural and crushed

With regard to the physical tests: in the test of dampness, the crushed attaché contains less dampness than the natural attaché, the same thing happens with the absorption. As for the specific weight values of 2570 kg/m³ were obtained in the stones of 1/2" kg/m³ for the natural stones and 2630 kg/m³ for the ground stones; in the size of 3/4" values of 2700 obtained kg/m³ for both stones. In the unit weight values were obtained in the stones of 1/2" of 1570 kg/m³ in the naturales and 1490 kg/m³ in the ground ones, for the size of 3/4" values of 1530 obtained kg/m³ in the naturales and 1510 kg/m³ in the ground ones, concluding that the natural stones get accommodated better than the ground ones in the stones of 1/2".

With regard to the content of thin the natural stones contain much thinner than the crushed stones, in the stones of 1/2" the naturales contain 0.8% and the crushed ones 0.3%, and in the stones of 3/4" the naturales contain 0.7 and the crushed ones 0.3%. As for the granulometry it refers, all the stones are inside the limits established by the granulometric spindles according to every retained percentage accumulated of every stone.

With regard to the chemical characteristics of the attache of permanence to the sulfates of magnesium in the stones of 1/2" there has a disaggregation of material of 5.3% in the natural stones and in the ground ones a disaggregation of 1.3%; and in the stones of 3/4" the natural stones have a disaggregation of 4.3% whereas the stones ground only it has 0.2%, the crushed stones have resistance bigger than the assault of sulfates that the natural stones.

On having realized the mechanical test of resistance to the wear, where there was obtained that the stones of 1/2" of natural origin 29% and 22% in the crushed ones; in the stones of size 3/4" the natural stones 27% and 12% in the crushed ones, with this remain demonstrated that the crushed stones have major resistance to the wear that the natural stones.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hoy en día debido al incremento de la construcción es importante contar con una buena línea de investigación en los materiales de construcción. En Guatemala la extracción de los agregados para el concreto se obtiene de canteras y ríos, y controlan la calidad de dichos agregados con la norma técnica Guatemalteca NTG-41007, pues todas las canteras no son recomendables para la extracción. (Mendoza, 2008). En México el 100% de los concretos elaborados utilizan para su fabricación agregados obtenidos de dos fuentes: en depósitos de origen natural y producto de trituración de roca cumpliendo con la norma Características de los Materiales CMT 2-02-002 (Chan Yam, Solís Carcaño y Moreno, 2010). En El Salvador se hacen estudios acerca del concreto con el uso de agregado grueso para su utilización en obras viales bajo la norma Salvadoreña NSO 91.13.01:03 (Barahona y Zelaya, 2013)

En Perú además de utilizar el agregado de diferentes canteras para su uso en el concreto y demás obras de ingeniería, existen zonas donde no es posible encontrar estos puntos de explotación, es por eso que se están haciendo investigaciones usando agregados pétreos de ríos, para tener una base referencial que contribuya ahondar aún más los conocimientos acerca del uso del concreto clasificado de río como agregado en la fabricación del concreto, rigiéndose con la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 "Especificaciones Normalizadas para Agregados en Concreto" que brinda ciertos parámetros y contiene una serie de requisitos y recomendaciones para las prácticas exitosas de seguridad y calidad.

En la ciudad de Trujillo existen muchas canteras de las cuales se extraen materiales pétreos para la construcción de diversas obras de ingeniería, como edificaciones, principalmente. Sin embargo muchas canteras no cuentan con estudios que verifiquen la calidad de dichos materiales, siendo de esta manera informales, quienes ofrecen sus productos a menores precios, esto ocasiona que la gran mayoría de construcciones se ejecuten con materiales de mala calidad o materiales que no han sido estudiados, por lo tanto se desconoce las propiedades que puedan tener para el uso en la construcción, trayendo como consecuencia obras de mala calidad.

Estrada y Páez (2014) Señala que la morfología de los agregados pétreos define e influye de manera considerable la resistencia del concreto, pues las características físicas y químicas de este, juegan un rol importante. Contreras (2014) Menciona que por ser el agregado grueso uno de los componentes del concreto que más porcentaje de intervención tiene en las mezclas, la forma de este influye en gran medida en la consistencia del concreto en estado fresco y en la resistencia a la compresión en su estado endurecido. Ortega (2013) En su preocupación por la calidad de los agregados provenientes de diferentes canteras, investigó la influencia de las propiedades de estos en la elaboración de hormigón para la construcción

de obras civiles, en donde menciona que dichos agregados deben cumplir con ciertos requisitos técnicos para la elaboración de un concreto de calidad.

En nuestro País existen muchas empresas dedicadas a la elaboración de concretos de calidad, una de ellas es la empresa Pacasmayo, la cual cuenta con siete plantas de elaboración de concreto premezclado, con un laboratorio especializado que controla la calidad de los materiales utilizados para su elaboración. También la empresa peruana UNICON utiliza agregados chancados con la intención de producir concretos premezclados de calidad consistente y garantizada, avalada por la certificación ISO 9001-2008. Es importante contar con este tipo de empresas dedicadas a la elaboración de concreto, pues estas están enfocadas en hacer investigaciones realizadas a cada tipo de material en específico como, cemento, piedra, agua y ciertos aditivos con el único fin de brindar la mejor calidad de concreto que se pueda obtener para la construcción de grandes y pequeñas obras.

Sin embargo en la ciudad de Trujillo, existe una pequeña parte del sector de la construcción que no trabaja con este tipo de empresas que ofrecen y garantizan un concreto de calidad, lo que lleva a que muchas empresas constructoras realicen sus obras de la forma tradicional y de esta manera se sigue construyendo sin tener algún conocimiento sobre las características favorables que se puede tener si se usa de manera correcta al agregado, conociendo sus características y la influencia de estas en la elaboración de concreto. Debido a que producto de la mala calidad de los agregados pueden presentarse problemas de humedad o filtraciones en paredes, mayor cantidad de desperdicio de materiales en construcciones, baja resistencia y deterioro prematuro de concretos, cangrejeras, entre otros problemas derivados. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2017)

En nuestra ciudad aún se construyen grandes y pequeñas obras de Ingeniería Civil de la forma tradicional, donde la materia prima para la construcción de dichas obras es el concreto, sin embargo existe la problemática para conocer qué tipo de agregado grueso es el adecuado para lograr la mejor calidad de mezcla que cumpla con la resistencia adecuada para dicha construcción. En muchas ocasiones, maestros de obra y también muchos ingenieros civiles, afirman firmemente que la piedra chancada es mejor en todos los aspectos en comparación a la piedra natural, pero no se sabe el porqué de esta razón, ni el porcentaje de variación en cuanto a la resistencia ofrecida por ambos agregados en el diseño de una misma resistencia a la comprensión del concreto.

Es por ello que en el presente trabajo de investigación se pretende evaluar la influencia del tamaño y procedencia del agregado grueso sobre sus características físicas, químicas y mecánicas, aplicado en un diseño de mezcla de concreto, siendo esta una fuente teórica que permitirá lograr una mejor comprensión del importante papel que las características de los agregados desempeñan en las construcciones de edificaciones elaboradas en base a concreto además de un diseño de mezcla. Es importante destacar que, de no realizarse esta

investigación, se desconocerá la influencia del tamaño y procedencia del agregado grueso sobre sus características y las variaciones de estas, de una partícula respecto a la otra en función al tamaño y forma del agregado, por lo tanto, es importante para hacer el uso más inteligente del agregado y conseguir las propiedades adecuadas y deseadas en el concreto.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida el tamaño y tipo de agregado grueso de la cantera Henry influyen en sus características?

1.3. Justificación

La investigación se basa en la necesidad de obtener información acerca de la influencia de las características que tiene el tamaño y procedencia del agregado grueso (natural o chancada), sobre sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, cuyo material de estudio fue extraído de la cantera "Henry" ubicada en el sector El Milagro, distrito de Huanchaco, eligiéndose esta cantera convenientemente por su fácil acceso, además de estar alejada de la contaminación industrial y por ser una de las pocas en contar con equipo de trituración para la preparación de la piedra chancada teniendo a la venta solo los tamaños máximos nominales de 1/2" y 3/4", estos dos tamaños son los más comerciales en la construcción civil. Según la información brindada por la Gerencia Regional de Energía, Minas e Hidrocarburos (*Anexo 2*) existen 15 empresas de explotación de agregados.

La cantera ensayada no figura dentro de la lista de canteras existentes, siendo informal. Además el sector El Milagro es considerado como uno de los mejores suelos de la ciudad de Trujillo, lo cual lo hace óptimo para el estudio de diferentes tipos de agregados, en esta oportunidad, el estudio del agregado grueso. También se busca llenar el vacío que existe en las investigaciones realizadas hasta el momento, pues en muchas de ellas no se evalúa químicamente al agregado grueso en función a las reacciones que se puede tener con el cemento durante la elaboración del concreto.

Para determinar las características con las que cuenta el agregado grueso, en función al tamaño y procedencia de este, se realizarán ensayos físicos, químicos y mecánicos como: humedad, granulometría, peso unitario y contenido de vacíos, pesos específico, absorción, contenido de finos, resistencia al desgaste, durabilidad a los sulfatos y reactividad agregado-álcali, dado que estos ensayos son muy importantes para realizar un diseño de mezcla y para garantizar la resistencia deseada en el concreto.

El sentido práctico que se desarrolla con esta investigación, es el aporte es una alternativa fiable del uso de agregado grueso en función a su tamaño y procedencia, para fines de construcción donde se requiera de la utilización de agregado grueso, ya sea natural o chancado en la elaboración de concreto, además de aportar un diseño de mejora para una resistencia del concreto $f'c$ 210 kg/cm² según el tipo de piedra utilizada.

La información obtenida en esta investigación será de gran ayuda para los constructores, entidades públicas y usuarios particulares dedicadas al sector construcción ya que conocerán la fiabilidad de los agregados empleados, pues la investigación desarrollará y determinará la variación de las características que se puede obtener según la utilización de agregado en cuanto a su tamaño y procedencia, aportando así el uso correcto de este en la elaboración de concreto para su utilización en la ejecución de proyectos de construcción civil, especialmente en edificaciones.

Esta investigación también busca llenar el vacío académico que existe en cuanto a la realización de ensayos de laboratorio se refiere para clasificar a los agregados, ya que hasta el momento solo se realizan ensayos físicos y mecánicos, dejando de lado los ensayos químicos, pues la dificultad para realizarlos es elevada, para esto se desarrollaron pautas prácticas y sencillas para la elaboración de estos según norma vigente. Es fundamental conocer las características que se obtienen de los ensayos de laboratorio, tanto físicas, mecánicas y químicas dado que, de ello depende conocer la calidad del agregado, el cual se utilizará para la ejecución de los proyectos de ingeniería que utilicen al concreto como materia prima y para ello es necesario realizar estos ensayos correctamente para evitar grandes márgenes de error en los diseños de concreto.

1.4. Limitaciones

Para la realización de los ensayos químicos son necesarias algunas soluciones, las cuales están fiscalizadas en el País, esto limita su obtención haciendo imposible realizar ciertos ensayos sin alguna autorización.

Información limitada sobre la cantidad de empresas dedicadas a la explotación de canteras de agregados en la ciudad de Trujillo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar en qué medida el tamaño y tipo de agregado grueso de la cantera Henry influyen en sus características.

1.5.2. Objetivos específicos

- Elaborar los ensayos físicos de humedad, granulometría, peso unitario y contenido de vacíos, peso específico, absorción, y contenido de finos para caracterizar al agregado grueso según las normas NTP 339.185; NTP 400.012; NTP 400.017; NTP 400.021; NTP 400.022; NTP 400.018; respectivamente.

- Analizar al agregado grueso mediante ensayos químicos de durabilidad a los sulfatos y reactividad agregado-álcali, según las normas; NTP 400.016; NTP 334.099 respectivamente.
- Realizar el ensayo mecánico de resistencia al desgaste en agregados gruesos por medio de la máquina de abrasión Los Ángeles según la norma NTP 400.019.
- Diseñar una mezcla de concreto y un análisis de costos para un concreto de resistencia de 210 kg/cm².

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En el ámbito internacional encontramos los siguientes antecedentes:

Título: "INFLUENCIA DE LA MORFOLOGÍA DE LOS AGREGADOS EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO"

Estrada y Páez (2014) Demostrar que la morfología de dos agregados pétreos diferentes y del banco de materiales Agustín Morales Gordillo obtenidos en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz; definen e influyen de manera considerable la resistencia del concreto. Se ejecutó 108 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, conservando la relación A/C para los diferentes diseños que se realizaron, y el tamaño máximo de los agregados de $\frac{3}{4}$ ", para un $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$. Se realizaron los ensayos de granulometría, absorción, densidad, peso volumétrico, prueba estándar de revenimiento, resistencia a la compresión. Los agregados redondeados, que son los más baratos y con mayor disponibilidad en la región, obtuvieron bajas resistencias que el agregado chancado. Esto no significa que el agregado redondeado sea de baja calidad, puesto que los especímenes elaborados con este agregado alcanzaron su resistencia óptima; pero el agregado chancado superó dichos resultados de resistencia en 200 kg/cm^2 y 250 Kg/cm^2 , siendo la misma relación agua/cemento para el primer diseño en ambos casos de agregados (grava y grava chancada) y así mismo dos relaciones de agua/cemento, diferentes en los diseños restantes 250 Kg/cm^2 y 300 Kg/cm^2 .

Se debe tener en cuenta que no siempre la piedra chancada por ser roca se comportara mejor que el agregado redondeado, se concluye esto en base a los resultados obtenidos en la práctica donde se observó que el diseño de la mezcla, la relación agua/cemento, curado, transporte, cabeceo influyen de manera importante en el comportamiento del concreto.

Este estudio aporta una clara idea respecto a la influencia que produce los agregados de diferente tipo de procedencia, con los resultados de esta tesis se demostró que los agregados chancados tienen mejores características con respecto a los agregados redondeados en una mezcla de concreto.

Título: "LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS DE TRES CANTERAS DE LA CIUDAD DE AMBATO Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES"

Ortega (2013) Determinar las propiedades de los agregados que se utilizan en la construcción de obras civiles en la ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua, establecer si los agregados que se utilizan en la construcción de obras civiles en la ciudad de Ambato Provincia de Tungurahua, son aptos para la elaboración de hormigón y proponer las dosificaciones adecuadas para la elaboración de hormigón, de acuerdo a las propiedades de

los agregados. Se ejecutó el muestreo de dos fuentes de extracción de los agregados para realizar los ensayos correspondientes. Se realizaron los ensayos de: Análisis granulométrico, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, capacidad de absorción y resistencia al desgaste. La cantera natural: en el ensayo de abrasión se obtuvo una resistencia al desgaste de 42.5% que es menor al 50% que es el porcentaje máximo admisible para agregados gruesos de buena resistencia, su granulometría es admisible dando un módulo de finura de 2.5 que es bajo pero aceptable. En la cantera chancada ensayada: en el ensayo de abrasión se obtuvo una resistencia al desgaste de 40.36% que es menor al 50% que es el porcentaje máximo admisible para agregados gruesos de buena resistencia.

Los agregados chancados cuentan con mayor dureza y resistencia, respecto a los agregados naturales.

Este estudio aporta las características principales en las que influyen los diferentes tipos de agregados extraídos de cuatro canteras como el análisis granulométrico, resistencia al desgaste, resultando como el mejor tipo de agregado a los chancados ya que cuentan con mejor resistencia y durabilidad.

Título: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGREGADOS PARA CONCRETO, EN EL DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN”

Mendoza (2008) Evaluar las propiedades físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de dos canteras de agregados utilizados en la construcción en el departamento de Totonicapán. Se ejecutó el muestreo de dos canteras de agregados para realizar los ensayos correspondientes. Se realizaron los ensayos de: Resistencia a la abrasión e impacto, examen petrográfico y método estándar para reactividad potencial de los agregados. Con respecto a las muestras del agregado fino del río Samalá: el porcentaje que pasó por el tamiz N°200 fue 1.60%. El límite cuando se trata de arena es hasta 7.0 %, por lo tanto, si cumple. El módulo de finura es 2.48, la especificación indica que debe estar entre 2.3 y 3.1. Por lo tanto, sí cumple. 7.0 %, por lo tanto, no cumple. El módulo de finura es 3.92, la especificación indica que debe estar entre 2.3 y 3.1 por lo que no cumple. El ensayo de abrasión utilizando la máquina de los Ángeles se obtuvo un desgaste del 19.7%, la norma establece que no debe ser más del 50%, por lo tanto, si cumple. Respecto al ensayo químico por el uso de sulfato de magnesio se obtuvo resultados bajos de 1.55% y 2.57% del agregado grueso siendo 15% el límite establecido, por lo tanto, si cumple.

Este estudio proporciona los ensayos obligatorios que determinaron que los agregados de dos canteras guatemaltecas no son recomendables para fabricar concreto con cemento Pórtland, ya que no cumplen con los límites y requisitos que establecen la norma técnica guatemalteca NTG 410017.

Título: “EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE MEZCLA DE CONCRETO, ELABORADAS CON AGREGADOS DE ORIGEN PÉTREO (CANTO RODADO Y TRITURACIÓN) Y ESCORIA DE ACERÍA”

Soto (2008) Caracterizar los tres tipos de agregado grueso y agregado fino utilizados, con base a procedimientos y especificaciones de las normas COGUANOR y ASTM, elaborar concretos utilizando agregados pétreos de canto rodado y trituración, y escoria de acería, con trabajabilidad y proporciones iguales. Se ejecutó el muestreo de dos de origen pétreo (chancado y canto rodado) y el otro escoria de acería. Se realizaron los ensayos de: Contenido de humedad, peso específico, peso unitario, porcentaje de vacíos, porcentaje de absorción, contenido de materia orgánica, porcentaje de material que pasa la malla No. 200, módulo de finura y granulometría. Los tres agregados evaluados pueden utilizarse en mezclas de concreto. El concreto de escoria de acería tiene mayor masa unitaria, debido a la densidad de la escoria, esto genera cargas muertas mayores y por lo tanto requiere mayor sección en el diseño. La forma y composición de los agregados de trituración y canto rodado influyen en el desarrollo de la resistencia a compresión a edades tempranas para 1, 3 y 7 días de edad, el concreto de trituración tiene los valores más altos de resistencia a compresión. La forma y composición de los agregados influyen en el desarrollo de la adherencia alcanzada. El concreto de trituración tiene los valores más altos de adherencia en las dos edades. El uso del agregado de canto rodado acelera los tiempos de fraguado del concreto elaborado con este agregado grueso, esto es un inconveniente para su manejo y colocación, por lo que debe de tomarse en cuenta.

Los tres agregados evaluados pueden utilizarse en mezclas de concreto, limitando el uso del agregado de escoria de acería a ciertas aplicaciones, dadas sus características de densidad, baja absorción y alta porosidad además de una relativa resistencia al desgaste.

Este estudio aporta los resultados promedios recomendables para fabricar concreto con cemento Pórtland, ya que cumplen con los límites y requisitos que establecen las normas. Además los resultados de los ensayos realizados a tres diferentes agregados señalan que los agregados naturales y chancados influyen en el desarrollo de la resistencia a compresión a edades tempranas para 1, 3 y 7 días de edad.

En el ámbito nacional encontramos los siguientes antecedentes:

Título: "INFLUENCIA DE LA FORMA Y TEXTURA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA OLANO EN LA CONSISTENCIA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EL DISTRITO DE JAÉN - CAJAMARCA"

Contreras (2014) Medir la influencia de la forma y textura del agregado grueso (redondeado y angular) de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, en el distrito de Jaén - Cajamarca, determinar la forma y textura de la piedra chancada y grava de la Cantera Olano y diseñar dos mezclas de referencia según el método del ACI 211, con

$f'c$ de 175 Kg/cm² y 210 Kg/cm², para agregado fino y piedra chancada de la Cantera Olano y portland tipo I. Se realizaron los ensayos de: Análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico, peso unitario suelto, peso unitario compactado, y capacidad de absorción. Concluye que la mayor resistencia que se dio en los testigos de piedra chancada, se debió a la influencia de su textura áspera que permitió una buena adherencia mecánica. En la cantera Olano, las piedras chancadas o trituradas tienen forma angular y textura áspera (rugosa), mientras que las gravas de río son de forma redondeada y de textura lisa. Para el mismo diseño de mezclas, los concretos elaborados a base de piedra chancada de forma angular y textura áspera tienen mayor resistencia a la compresión que los concretos hechos con grava de río de forma redondeada y textura lisa (en porcentajes que varían entre 8% y 16%).

La forma y textura del agregado grueso influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto entre concretos elaborados con piedra chancada y grava redondeada.

Este estudio aporta la influencia que de la forma y textura que cuenta los agregados extraídos de una cantera respecto a sus características mecánicas del concreto. Además señala la que los agregados chancados de forma angular y textura áspera logra mayor resistencia de compresión en comparación con los agregados naturales de forma redondeada y textura lisa.

Título: "USO DEL HORMIGÓN CLASIFICADO DE RÍO EN LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA Y SU EXPLOTACIÓN COMO AGREGADO GLOBAL"

Anchayhua (2005) Determinar las diferentes características y propiedades del concreto fabricado con concreto de río haciendo la clasificación del agregado grueso y fino mediante el método de diseño Peso Unitario Compactado Global (PUC) y comparar los resultados con otro concreto fabricado con agregado global natural. Para el diseño de mezcla se sigue el procedimiento descrito en el reporte del comité del ACI 211.1.81, donde se requieren los datos de laboratorio de análisis granulométrico, tamaño máximo del agregado grueso, tamaño máximo nominal, peso específico, absorción y contenido de humedad y peso específico del cemento Portland Tipo I. Concluye que para los concretos fabricados con agregado de río la resistencia a los 28 días es aleatorio siendo menores los concretos fabricados con agregado de río en 5% para la relación $a/c= 0.60$, 9% en $a/c= 0.80$; sin embargo en relación $a/c=0.70$ es superior a 2% con respecto al diseño normal. Y para los concretos fabricados con agregado convencional (fabricado con piedra chancada) tienen mayor resistencia llegando a 16% con respecto al diseño normal y 21% al diseño global de río.

Este estudio aporta el diseño de mezcla respecto al comité del ACI 211.1.81, para elaborar diseños adecuados para las diferentes características físicas, químicas y mecánicas que cuentan los agregados luego de ser ensayados bajo la norma técnica peruana NTP 400.037. Siendo el más adecuado la relación a/c de 0.50.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agregados para el concreto

Los agregados que componen el concreto son materiales granulares inertes, de tamaño comprendido entre 0 mm y 100 mm, de naturaleza inorgánica, alguna vez orgánica, y de procedencia natural o artificial que contribuyen a la estabilidad de volumen, resistencias y economía de los morteros y concretos u hormigones. (Cánovas, 2013)

2.2.1.1. Clasificación de los agregados

Generalmente a los agregados se les clasifica en función al tamaño y procedencia del mismo

2.2.1.1.1. Clasificación según su tamaño

Según Cánovas (2013), la división más simple de árido sería en dos fracciones que se denomina “árido fino” y “árido grueso”.

Los áridos pueden proceder de machaqueo de rocas o bien de canteras o graveras en las que se encuentran formando gránulos de tamaños muy diversos que, a veces, oscilan desde partículas pulverulentas hasta grandes mampuestos.

Con una mezcla de gránulos de este tipo, tal como existen en la naturaleza, o se obtiene de una machacadora, sería muy difícil hacer un buen hormigón o concreto, y por esto se fijan unos límites inferiores y superiores que dan un entorno dentro del cual están comprendidos los tamaños útiles.

Dentro de este entorno, las partículas se suelen dividir en varios grupos comprendidos entre diferentes tamaños que reagrupándolos, en las proporciones adecuadas, dan lugar a un árido compuesto que tenga características determinadas siendo una de las más importantes la máxima compacidad.

2.2.1.1.2. Clasificación según su procedencia

Según Cánovas (2013), los áridos pueden ser: materiales granulares naturales rodados o procedentes de machaqueo; artificiales, escorias siderúrgicas enfriadas al aire, o procedentes de reciclado que reúnan, en igual o superior grado, las características de resistencia y durabilidad exigidas al hormigón o al mortero.

Se eligen de acuerdo a su naturaleza, resistencia, forma, absorción de agua, granulometría, durabilidad, etc.; sin embargo, muchas veces

hay que contentarse con los áridos disponibles en el lugar donde radica la obra o en sus proximidades.

Muchas de las propiedades de los áridos dependen de las rocas de las que proceden, como ocurre con su composición química, estructura petrográfica, resistencia, dureza, densidad, compacidad, color, etc. Todas estas propiedades tienen una influencia muy marcada en las características del hormigón o concreto, tanto fresco como endurecido, en el que entren a formar parte.

2.2.1.2. Propiedades de los agregados

2.2.1.2.1. Propiedades físicas de los agregados

En general son primordiales las características en los agregados de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

– **Humedad:** La humedad que poseen los áridos, es muy importante por la gran repercusión que puede tener esta, en la relación agua/cemento real que se esté empleando en el hormigón o concreto. (Cánovas, 2013)

– **Granulometría:** El análisis granulométrico de un árido consiste en determinar la distribución por tamaños de las partículas que lo forman, o sea, en separar al árido en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, o de tamaños comprendidos dentro de determinado límites, y en hallar el porcentaje, en que entra en el árido cada una de éstas fracciones. (Cánovas, 2013)

El volumen de los espacios entre las partículas de los agregados es mayor cuando las partículas son de tamaño uniforme. Cuando es utilizado un rango de tamaños, las partículas más pequeñas pueden ocupar los espacios vacíos dejados por las partículas más grandes. Cuando es utilizado un rango de tamaños, las partículas más pequeñas pueden ocupar los espacios vacíos dejados por las partículas más grandes. (Céspedes García, 2003)

– **Densidad:** Generalmente, los áridos tienen poros que pueden ser accesibles, abiertos o con comunicación con el exterior e

inaccesibles, cerrados o aislados del exterior. Esto hace que no se pueda hablar de una sola densidad del árido sino de varias que dependerán de que en el volumen que se esté contemplando se incluyan o no en los dos tipos de poros y que la muestra de árido esté seca en estufa o posea agua llenando sus poros abiertos, es decir, que se encuentre en el estado denominado saturada de agua pero con superficie seca. (Cánovas, 2013)

– **Porosidad y absorción:** Tiene una gran influencia en su adherencia con la pasta de cemento y por tanto, en las resistencias mecánicas del concreto. Igualmente, influye en el comportamiento de los áridos frente a los ciclos hielo-deshielo y en definitiva en su durabilidad. (Cánovas, 2013)

Existen diversas porosidades que se presentan en los agregados, de las cuales la que suele medirse son la porosidad superficial o saturable. Cuanto más poroso es, menos resistencia mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mejor calidad. Desde el punto de vista de la porosidad y la capacidad de absorción de agua, el grano de agregado puede presentar una de las siguientes cuatro posibilidades:

Absolutamente seco: Con todos los poros vacíos, internos y superficiales.

Seco al aire o exteriormente: Con parte de la masa y de los poros internos llenos.

Saturado y superficialmente seco: Con toda la masa y los poros internos y de superficie llenos, pero con la superficie seca.

Húmedo: Cuando además de llenos todos sus poros, internos y superficiales, y de saturada toda su masa, se acumula humedad en la superficie.

2.2.1.2.2. Propiedades químicas del agregado

Existe una forma de ataque químico sobre los agregados, que es la más importante desde el punto de vista de sus consecuencias en la durabilidad del concreto y que es producida por la reacción de ciertos agregados con los álcalis del cemento produciendo compuestos expansivos.

– **Reacción álcali-agregado.** Determinados áridos reaccionan con los cementos portland dando expansiones peligrosas para el hormigón

o concreto. Una reacción muy importante es la que puede producirse entre los óxidos alcalinos del cemento y ciertos áridos que contengan sílice reactiva, como son los ópalos o, con determinadas calizas o dolomitas y siempre que existan condiciones adecuadas de humedad. (Cánovas, 2013)

2.2.1.2.3. Propiedades mecánicas de los agregados

Gutiérrez (2003) Indica que las propiedades mecánicas de los agregados son:

- **Dureza:** Propiedad que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. En la elaboración de concretos sometidos a elevadas tasas de desgaste por roce o abrasión, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva para la selección de los materiales.
- **Resistencia:** El agregado grueso, en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interface de contacto entre pasta y agregado). De esta manera, la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que éste nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca.

La falla a través del agregado grueso se produce bien sea porque tiene una estructura pobre entre los granos que constituyen las partículas o porque previamente se le han inducido fallas a sus partículas durante el proceso de explotación (especialmente cuando éste se hace por voladura) o por un inadecuado proceso de trituración.

2.2.1.2.4. Propiedades Individuales:

Los agregados como elementos aislados tienen propiedades físicas macroscópicas: dimensión, forma, redondez, densidad, propiedades de superficie, porosidad, permeabilidad, dureza superficial, módulo elástico, conductividad térmica, dilatación, etc. Asimismo presentan unas propiedades químicas macroscópicas: solubilidad, alterabilidad, hinchamiento, etc. (Uber, 2014)

2.2.1.2.5. Propiedades de conjunto:

Las propiedades de conjunto de los agregados pétreos son sus características como un todo. La distribución de la redondez o desgaste de los agregados es una propiedad de gran interés, por cuanto va influir sobre el rozamiento entre los elementos del agregado. (Uber, 2014)

2.2.1.3. Efectos de las características de los agregados del concreto

En cuanto a la forma de los fragmentos, es necesario considerar separadamente los agregados naturales de los que son chancados, ya que existen diferencias fundamentales en su proceso de fragmentación. Por otra parte, la forma de la partícula de los agregados naturales es una característica dada, en la que poco puede hacerse para modificarla, en tanto que al producir agregados mediante la trituración de roca, existe la posibilidad de influir en la forma resultante de los fragmentos.

Finalmente podemos entender que los agregados de canto rodado tendrán menor superficie específica en comparación con la roca chancada o chancada, a partir de esta premisa podemos asegurar que los concretos elaborados con agregados con mayor superficie específica tienen mayor enganche mecánico, finalizando que estos tendrán mayor resistencia a la compresión. (Uber, 2014)

2.2.1.4. Funciones del agregado en el concreto

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica de concreto.
- Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o del intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

2.2.1.5. Propiedades principales del concreto fresco

2.2.1.5.1. Trabajabilidad

El tiempo en que el concreto se encuentra en su estado fresco es corto, pero decisivo. En efecto, las características que presenta el concreto en su estado endurecido dependen de manera radical

del conocimiento y control de distintas propiedades que caracterizan al concreto fresco.

Es imprescindible, por lo tanto, estudiar aquellas propiedades del concreto fresco que contribuirán a la consecución de una mezcla cuyo transporte, puesta en obra, compactación y acabado superficial pueda realizarse de forma fácil y sin segregación.

2.2.1.5.2. Consistencia

Una de las propiedades más características del concreto fresco es la consistencia del mismo. Esta muestra la capacidad que una mezcla fresca de concreto tiene de fluir, esto es su movilidad, su fluidez o, en otras palabras la oposición que presenta un concreto fresco a experimentar deformaciones.

Otro punto a favor del cono de Abrams es su aplicación como medio de control de obra, ya que permite detectar fácilmente cambios entre diferentes masas, ya sean debidos a variaciones de agua de amasado, en la humedad de los agregados e incluso en la granulometría de estos, especialmente en las arenas, siendo por consiguiente, un ensaye que permite verificar la regularidad del material.

2.2.1.5.3. Compactibilidad

El concreto fresco obtenido debe ser diseñado de tal forma que se pueda alcanzar la máxima densidad de compactación con una cantidad razonable de trabajo, o con la cantidad disponible bajo unas determinadas circunstancias. El hecho de requerir una mezcla que sea compactable como una de las características básicas de cualquier concreto en estado fresco, puede entenderse a partir del estudio de la relación existente entre el grado de compactación y la resistencia resultante.

En relación con esto, es importante tener claro que los huecos en el concreto son tanto burbujas de aire atrapado como espacios que quedan una vez ha desaparecido el exceso de agua; las burbujas de aire representan el aire "accidental", es decir, el aire retenido dentro de un material granular suelto durante los procesos de mezcla y transporte, son función de la granulometría de las partículas más finas que encontramos en la mezcla, y pueden ser

eliminadas más fácilmente de una mezcla más húmeda que de una seca.

2.2.1.5.4. Estabilidad

El concreto es una mezcla de componentes sólidos muy distintos y de un líquido, por consiguiente y por su propia naturaleza, tiene que ser un material heterogéneo, al mismo tiempo sin embargo, es evidente la necesidad de homogeneidad en el material, hecho que se traduce aquí en el propósito de obtener una mezcla uniformemente heterogénea, es decir, en cualquier parte de su masa los componentes del concreto deben estar perfectamente mezclados y en la proporción prevista al diseñar la mezcla.

2.2.1.6. Propiedades principales del concreto endurecido

2.2.1.6.1. Resistencia

La resistencia del concreto endurecido es la propiedad más importante para cumplir con la exigencia estructural, por lo que usualmente es considerada como la propiedad más valiosa del concreto; sin embargo no debemos olvidar que en muchas ocasiones otras características como la durabilidad y la permeabilidad, resultan ser más importantes.

Con todo, se trata de una propiedad muy importante, pues proporciona una visión general de la calidad del concreto al estar directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento hidratada.

El concreto es un material que resiste a las solicitaciones de compresión, tracción y flexión; la resistencia que presenta frente a los esfuerzos de compresión es la más elevada de todas, siendo unas diez veces superior a la de tracción, y es la que más interés presenta en su determinación, dado que en la mayor parte de las aplicaciones del concreto se hace uso de esa capacidad resistente y a que, por otra parte, la resistencia a compresión es un índice muy fácil de determinar.

En general, las especificaciones del concreto exigen una resistencia a la compresión determinada a los 28 días.

Factores que influyen en la resistencia mecánica del concreto

- Contenido de cemento

El cemento es el material más activo de la mezcla de concreto, por tanto sus características y sobre todo su contenido (proporción) dentro de la mezcla tienen una gran influencia en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor. (Osorio, 2017)

- Influencia de los agregados

La distribución granulométrica juega un papel importante en la resistencia del concreto, ya que si esta es continua permite la máxima capacidad del concreto en estado fresco y una mayor densidad en estado endurecido, lo que se traduce en una mayor resistencia. (Osorio, 2017)

Un grano de cantos redondeados proporciona ventajas solamente al concreto fresco; así como en el concreto normal la adherencia se presenta mejor con granos de cantos angulosos (como la piedra chancada), y por lo tanto mejora su resistencia, de igual manera se comportan los áridos ligeros. La superficie de los granos influye sobre la superficie del concreto y sobre la adherencia del árido con la pasta de cemento en el concreto ya fraguado.

El tamaño de los granos también influye en las propiedades de la mezcla, ya que en su elaboración, al aumentar el tamaño puede disminuir su densidad, rigidez y resistencia, por lo que el diámetro no debe ser mayor a 25 mm (1"); para alta resistencia se recomienda que éste no sobrepase los 19 mm (3/4"). (Gerardo Rivera, 2006)

- Tamaño máximo del agregado

Recientes investigaciones sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en la resistencia del concreto concluyen lo siguiente:

Para concretos de alta resistencia, mientras mayor sea la resistencia requerida, menor debe ser el tamaño del agregado para que la eficiencia del cemento sea mayor.

Para concretos de resistencia intermedia y baja, mientras mayor sea el tamaño del agregado, mayor es la eficiencia del cemento.

En términos de relación agua-cemento, cuando esta es más baja, la diferencia en resistencia del concreto con tamaños máximos, menores o mayores es más pronunciada. (Osorio, 2017)

- Temperatura

Durante el proceso de curado, temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas de la hidratación aumentando la resistencia del concreto a edades tempranas, sin producir efectos negativos en la resistencia posterior.

Temperaturas muy altas durante los procesos de colocación y fraguado del concreto incrementan la resistencia a muy temprana edad pero afectan negativamente la resistencia a edades posteriores, especialmente después de los 7 días, debido a que se da una hidratación superficial de los granos de cemento que producen una estructura físicamente más pobre y porosa. (Osorio, 2017)

2.2.1.6.2. Durabilidad

El concepto de durabilidad del concreto se asocia a la capacidad del mismo de mantenerse en servicio durante el tiempo para el cual la estructura de la que forma parte ha sido proyectada.

Una larga vida en servicio se considera sinónimo de durabilidad; pero lo que bajo determinadas condiciones podemos considerar como durable puede que no lo sea en otras distintas, por lo que se hace necesario incluir referencias generales sobre el ambiente al que va a estar expuesto el concreto durante su vida útil.

2.2.2. Diseños de mezcla

Tienen por finalidad encontrar las proporciones en que hay que mezclar a los diferentes componentes de los mismos, tales como piedra, arena y cemento, principalmente, para conseguir mezclas que posean determinadas características de: consistencia, compacidad, resistencia, durabilidad, etc. (Cánovas, 2013)

El método estudiado en el presente trabajo tiene como base el procedimiento del American Concrete Institute elaborado por el Comité ACI 211. El método americano ACI es el más conocido y ampliamente usado, fundamentado en el principio básico de la relación agua/cemento desarrollado por Abrams, que consiste en seguir en forma ordenada una secuencia de pasos y determinar la cantidad de cada material en peso y

en volumen, para 1m³ de concreto. Los factores más importantes que deben considerarse al seleccionar el proporcionamiento de los agregados son en el orden propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI 211), según lo siguiente:

2.2.2.1. Elección del tamaño máximo del agregado

Los agregados de tamaño máximo o agregados bien graduados tienen menos vacíos que los tamaños pequeños. Por lo tanto, concretos con tamaños más grandes requieren menos mortero por unidad de volumen del concreto.

En algunas ocasiones estas limitaciones se descartan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales, que el concreto pueda ser colado sin que se formen cavidades o vacíos. Cuando se desea un concreto de alta resistencia los mejores resultados se obtienen reduciendo el tamaño máximo del agregado, ya que estos producen resistencias altas con una relación Agua/Cemento determinada.

2.2.2.2. Determinación del agua de mezclado y contenido de aire

Según Estrada y Páez (2014) La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir determinado revenimiento, depende del tamaño máximo, de la forma de la partícula y granulometría de los agregados, así como de la cantidad de aire incluido.

Los requerimientos de agua no se reflejan necesariamente en la resistencia, ya que existen otros factores que compensan y que pueden estar incluidos. Por ejemplo, con un agregado grueso redondo y uno angular, ambos similarmente bien graduados y de buena calidad, pueden producirse concretos de aproximadamente igual resistencia a la compresión utilizando la misma cantidad de cemento, a pesar de las diferencias en la relación agua/cemento resultante de los distintos requerimientos de agua de mezclado.

2.2.2.3. Elección de la relación agua/cemento

Según Estrada y Páez (2014) La relación agua/cemento requerida se determina no sólo por los requisitos de resistencia, sino también por otros factores como la durabilidad y las propiedades del acabado, puesto que los diferentes agregados y cementos generalmente producen distintas resistencias empleando la misma relación agua/cemento, es muy deseable establecer una relación entre la resistencia y la relación agua/cemento para los materiales que de hecho van a emplearse.

2.2.2.4. Estimación del contenido de agregado grueso

Los agregados con tamaño máximo y granulometría esencialmente iguales producirán concreto con una trabajabilidad satisfactoria cuando un volumen dado de agregado grueso, seco y varillado, es utilizado por unidad de volumen de concreto.

2.2.2.5. Estimación del contenido de agregado fino

Todos los insumos del concreto han sido estimados excepto el agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia.

Si se desea obtener un cálculo teóricamente exacto del peso del concreto fresco por metro cúbico, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$U_m = 10G_a(100 - A) + C_m \left(1 - \frac{G_a}{G_c}\right) - W_m(G_a - 1)$$

Donde:

U_m = Peso volumétrico del concreto fresco

G_a = Promedio obtenido de los pesos específicos de los agregados fino y grueso combinados al granel

G_c = Peso específico del cemento, por lo general es de 3.15

A = Contenido de aire, en %

W_m = Requerimiento de agua de mezclado Kg/m³

C_m = Requerimiento de cemento, Kg/m³

2.2.2.6. Ajustes por el contenido de humedad del agregado

Debe considerarse la humedad del agregado para que pueda pesarse correctamente. Por lo general, los agregados están húmedos, y su peso en seco habrá que incrementar el porcentaje de agua que contenga, tanto absorbida como superficial. El agua de mezclado que se agrega a la mezcla, debe reducirse en una cantidad igual a la humedad libre contenida en el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

2.2.2.7. Ajustes en la mezcla de prueba

Las proporciones calculadas de la mezcla deben verificarse mediante de mezclas de prueba, fabricaciones y curados de muestras de concreto para pruebas a tensión y compresión en el laboratorio o por medio de mezclas reales en el campo. Sólo debe usarse el agua suficiente para producir el revenimiento requerido, independientemente de la cantidad supuesta al dosificar los componentes de la prueba.

Deben verificarse el peso unitario y el rendimiento del concreto, así como el contenido de aire. También debe tenerse cuidado de lograr la trabajabilidad apropiada y ausencia de segregación, así como las propiedades del acabado [ACI 211]

2.3. Hipótesis

El tamaño de 3/4" y de tipo chancada del agregado grueso de la cantera Henry influirá favorablemente en sus características, aplicado en un diseño de mezcla de concreto en la ciudad de Trujillo 2017.

Tabla N° 1: Hipótesis general.

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
El tamaño de 3/4" y de procedencia chancada del agregado grueso de la cantera Henry influirá favorablemente en sus características, aplicado en un diseño de mezcla de concreto en la ciudad de Trujillo – Perú 2017.	<u>Independiente 01:</u> Tamaño del agregado.	Agregado grueso de la cantera Henry.	Influirá favorablemente	La ciudad de Trujillo	2017
	<u>Independiente 02:</u> Procedencia del agregado.				
	<u>Dependiente:</u> Características físicas, químicas y mecánicas del agregado grueso.				

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño de investigación

Tabla N° 2: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Características del agregado.	Singularidades que presenta el agregado para identificar las cualidades y el comportamiento frente a productos elaborados a partir de este material.	Parámetros obtenidos de la Norma Técnica Peruana (NTP), de acuerdo a los ensayos realizados al agregado grueso para realizar un correcto diseño de mezcla.	Físicas	- Humedad (%)	- Peso húmedo - Peso seco
				- Granulometría (%)	- Peso retenido
				- Peso unitario (kg/m ³) y contenido de vacíos (%)	- Peso suelto - Peso compacto
				- Peso específico (kg/m ³) y absorción (%)	- Peso seco - Peso húmedo -Peso saturado superficialmente seco - Peso sumergido
				- Contenido de finos (%)	- Peso seco natural - Peso seco lavado
			Químicas	- Durabilidad a los sulfatos (%)	- Peso retenido natural - Peso sometido a sulfatos
				- Reactividad agregado-álcali (mmol/L)	- Contenido de alcalinidad - Contenido de sílice
			Mecánicas	- Desgaste por medio de la máquina de abrasión Los Ángeles (%)	- Peso seco - Peso sometido a abrasión
			Diseño de Mezcla	- Relación agua/cemento.	-Volumen de agua y cemento
			Análisis de Costos	- Cantidad de materiales por metro cúbico.	-Precio unitario

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

3.2. Diseño de investigación

Según (Rubio, 2014), el diseño de la investigación es experimental, debido a que los diseños experimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, además, existe una respuesta y una hipótesis para contrastar con la investigación del comportamiento del tamaño y procedencia del agregado grueso sobre sus características físicas, químicas y mecánicas.

De los diseños experimentales que se tiene, esta investigación, se encuentra enmarcada dentro de los diseños Pre-experimentales, para ser más preciso, es un diseño de un solo grupo con una sola medición, teniendo el siguiente código de formalización:

G: X O₁

Esto quiere decir que a un grupo se le administra un estímulo, en este caso la variación del tamaño y procedencia del agregado, para después realizar la medición de dicha variable para observar cual es el nivel del grupo en estas variables.

3.3. Unidad de estudio

Agregado grueso de 1/2" y 3/4" de la cantera "Henry" ubicada en el Sector El Milagro.

3.4. Población

Todos los agregados de las canteras ubicadas en la ciudad de Trujillo.

3.5. Muestra

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia, clasificado así según el manual de estadística de la Universidad Privada del Norte.

(Rubio, 2014) Sugiere que este tipo de muestreo, muestreo por conveniencia, suele ser utilizado ante un ensayo previo a la realización a un estudio.

Se realizarán 9 ensayos de las propiedades físicas, químicas y mecánicas por cada tipo de agregado (fino y grueso). Además se aplicarán 3 réplicas según lo sugerido por el asesor y teniendo en cuenta las normas que se usarán para la realización de los ensayos donde se indica el margen de error para 1 y 2 réplicas de una misma muestra en un mismo laboratorio, en esta investigación se realizaran diferentes ensayos a la muestra como: Humedad, granulometría, peso unitario y contenido de vacíos, peso específico y absorción, contenido de finos, durabilidad a los sulfatos, reactividad agregado-álcali, y desgaste por medio de la máquina de abrasión Los Ángeles, bajo las normas: NTP 339.185.2013, NTP 400.021.2013, NTP 400.022.2013, NTP 400.017.2011, NTP 400.012.2013, NTP 400.018.2013, NTP 400.019.2002, NTP 339.146.2000 y NTP 400.016.2013. Siendo un total de 108 ensayos.

3.5.1. Diseño de contrastación

A: Tamaño del agregado grueso y B: Procedencia del agregado grueso

- AB1: Agregado grueso natural de 3/4"
- AB2: Agregado grueso chancado de 3/4"
- AB3: Agregado grueso natural de 1/2"
- AB4: Agregado grueso chancado de 1/2"

C: Características

- C11: Humedad (%)
- C12: Granulometría (%)
- C13: Peso unitario (kg/m³) y contenido de vacíos (%)
- C14: Peso específico (kg/m³) y absorción (%)
- C15: Cantidad de finos (%)
- C21: Reactividad agregado/álcali (mmol/L)
- C22: Durabilidad a los sulfatos (%)
- C31: Resistencia a la abrasión (%)

Tabla N° 3: Matriz de diseño.

Parámetros		AB			
		AB1	AB2	AB3	AB4
C	C1 1	AB1C11	AB2C11	AB3C11	AB4C11
	C1 2	AB1C12	AB2C12	AB3C12	AB4C12
	C1 3	AB1C13	AB2C13	AB3C13	AB4C13
	C1 4	AB1C14	AB2C14	AB3C14	AB4C14
	C1 5	AB1C15	AB2C15	AB3C15	AB4C15
	C1 6	AB1C16	AB2C16	AB3C16	AB4C16
	C2 1	AB1C21	AB2C21	AB3C21	AB4C21
	C2 2	AB1C22	AB2C22	AB3C22	AB4C22
	C3 1	AB1C31	AB2C31	AB3C31	AB4C31

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

$$n^{\circ} \text{ ensayos Físicos (C1)} = 132$$

$$\begin{aligned}
 C &= V.I. \times V.D. \times n^{\circ} \text{ réplicas} \\
 &= [1 \times 4] \times [1 \times 6] \times 3 \\
 &= 72
 \end{aligned}$$

$$n^{\circ} \text{ ensayos Químicos (C2)} = V.I. \times V.D. \times n^{\circ} \text{ réplicas}$$

$$\begin{aligned}
 &= [1 \times 4] \times [1 \times 2] \times 3 \\
 &= 24
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n^{\circ} \text{ ensayos Mecánicos (C3)} &= V.I. \times V.D. \times n^{\circ} \text{ réplicas} \\ &= [1 \times 4] \times 1 \times 3 \\ &= 12\end{aligned}$$

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada en esta investigación, será la observación, la cual es una técnica que implica seleccionar, ver y registrar sistemáticamente los fenómenos y características que presenta la variable independiente en función a la variable dependiente, que permitirá obtener información sistemática acerca de la influencia del tamaño y forma del agregado grueso sobre sus características físicas, químicas y mecánicas,

Se eligió esta técnica pues, la observación brinda información más confiable de los fenómenos que están ocurriendo.

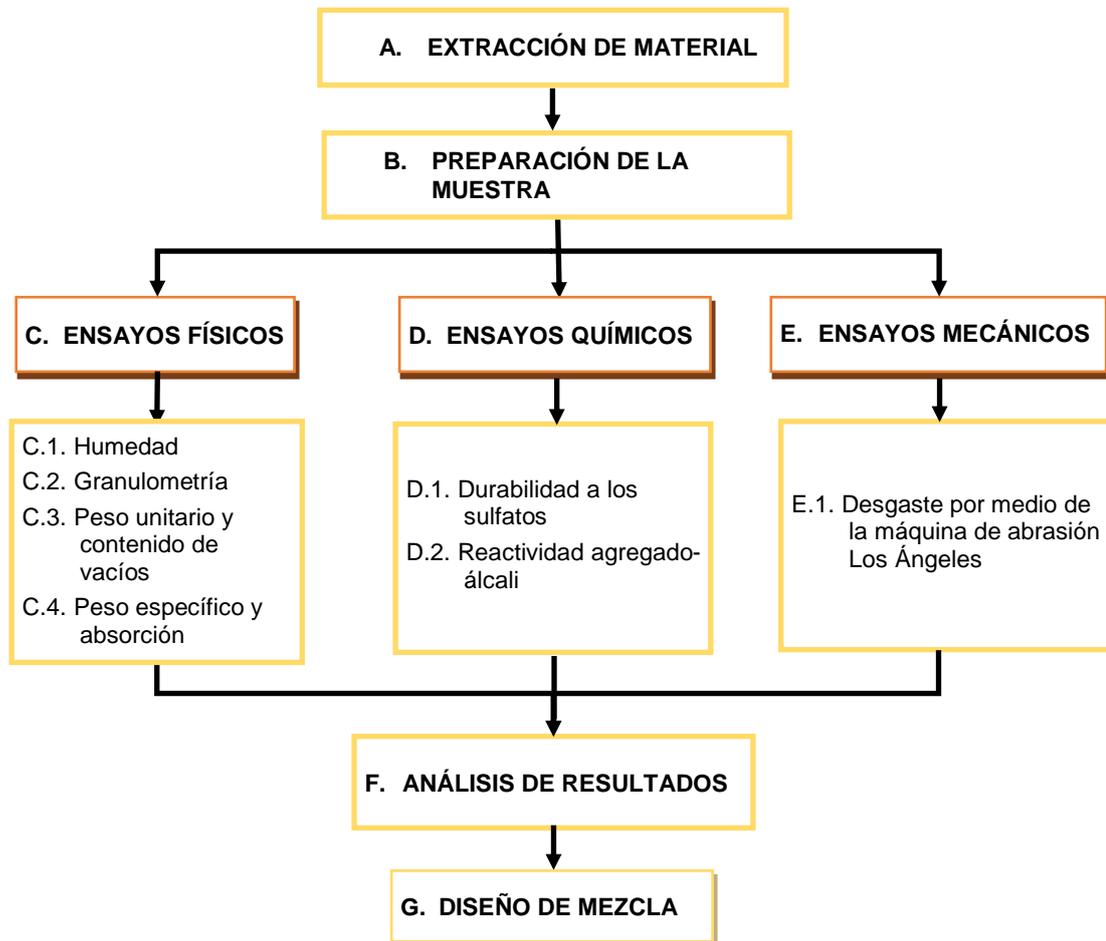
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Según los indicadores de la *Tabla N° 2: Operacionalización de variables*, se utilizarán diferentes tipos de tablas en función a cada ensayo realizado, que permitirán obtener información y datos de la realidad, de esta manera, estas servirán de instrumento para sintetizar los datos correspondientes a los indicadores y, por lo tanto, a las variables de investigación. Las tablas se presentaran en el procedimiento de recolección de datos, según ensayo.

3.6.3. Procedimiento de recolección de datos

En la siguiente tabla se muestra el diagrama de operaciones del proceso y procedimientos que se realizaron para la investigación.

Tabla N° 4: Diagrama de operaciones del proceso de investigación



Fuente: Base de datos, elaboración propia.

A. Extracción de material

Se eligió la cantera Henry por ser una de las pocas canteras del sector El Milagro que cuenta con equipos de trituración para la obtención de piedra chancada, además de su fácil acceso. De esta cantera se compró piedra chancada y piedra natural de tamaño 3/4" y 1/2", este agregado, al igual que todos los agregados, se vende por metro cubico. El traslado del material se realizó en tres baldes con capacidad de 28 kg cada uno aproximadamente, los cuales se les preparó para evitar pérdidas y la contaminación con agentes externos; se etiquetó para evitar confusiones en cuanto al tamaño y procedencia del agregado, además se contrató una movilidad con la que se pudo llevar el material desde la cantera, hasta la Universidad Privada del Norte, para realizar los ensayos previstos.

Tabla N° 5: Datos de cantera.

Información de la Cantera								
Cantera	Tipo de Cantera	Clasificación		Tipo de agregado explotado	Zona o Localidad	Ubicación (coordenadas UTM)	Accesibilidad	Formal o Informal
		Según su explotación	Según el material a explotar					
Cantera "Henry"	De roca o peña.	A cielo abierto: en corte.	No consolidados.	Fino y grueso natural o chancado.	El Milagro - Huanchaco	17 L X=711908 m Y= 9115119 m	Km 587 Panamericana Norte	Informal

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 1: Ubicación de canteras.

Fuente: Google Maps, elaboración propia.

B. Preparación de la muestra

Se encontró al agregado grueso dentro de la cantera Henry, en diferentes tamaños y formas; y en grandes volúmenes, de los cuales se escogió agregado grueso natural y chancada de 3/4" y 1/2" de acuerdo a la norma NTP 400.010, obteniendo de esta forma muestras de campo representativas, obtenidas de la parte superior, media e inferior del cumulo de agregado, en función al tamaño máximo nominal. El material se colocó en tres baldes plásticos de 20 litros de volumen, de los cuales solo fueron escogidos dos de ellos para conjuntarlos, y finalmente poder realizar los ensayos físicos, químicos y mecánicos previstos según norma del agregado grueso.

C. Ensayos físicos

C.1. Humedad según la norma NTP 339.185

Se escoge el peso de la muestra en función al tamaño máximo nominal de acuerdo a lo que establece la norma, 3000 gr para las piedras de 3/4" y 2000 gr para las piedras de 1/2"; y se realiza, posteriormente, las siguientes actividades:

- Se pesa la muestra en estado natural (D), luego colocar dicha muestra en la estufa eléctrica a una temperatura de 110° C por 24 horas o hasta alcanzar peso constante y se retira la muestra del horno para determinar el peso seco de la muestra.(E)
- Finalmente se determina el contenido de humedad usando la siguiente expresión.

$$W\% = \frac{(D-E)}{E} \times 100$$

Tabla N° 6: Instrumento de recolección de datos para humedad.

Parámetros	Piedra “”					
	1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (g)						
PESO TARA HORNO (g)						
B = Peso tara + M. Húmeda (g)						
C = Peso tara + M. Seca (g)						
D = (B-A): Peso M. Húmeda (g)						
E = (E-A): Peso M. Seca (g)						
W%= (D-E)/E x 100						
Humedad Promedio (%)						

Fuente: Base de datos elaboración propia

C.2. Granulometría por tamizado según la norma NTP 400.012

Se escoge el peso de la muestra en función al tamaño máximo nominal de acuerdo a lo que establece la norma, 5000 gr para las piedras de 3/4" y 2000 gr para las piedras de 1/2"; y se realiza las siguientes actividades:

- Lavar la muestra por la malla N° 200 con el fin de eliminar las impurezas y finos que existen en el material y colocarla en la estufa eléctrica durante 24 horas para secarla o hasta tener peso constante.
- Luego retirar el material de la estufa, se registra el peso seco y se toma datos de la serie de tamices a emplear, registrando: el peso del tamiz, el número y abertura de la malla.

- Colocar las mallas estándar (tamices) ordenadas descendientemente, de diámetro mayor a menor, y en el fondo la malla ciega y en la parte superior la tapa, estas mallas deben cumplir los requisitos de la norma ASTM E11 luego colocar el material por partes y tamizar, esto para evitar que el exceso de peso rompa a la malla.
- Realizar el proceso de vibración de las mallas, girando 5° cada 25 segundos, esto para garantizar el tamizado homogéneo de las piedras y pesar los contenidos de cada malla (tamiz) para obtener las cantidades retenidas de la muestra.
- Finalmente se anotan los pesos retenidos en cada tamiz, se tabulan los resultados, se grafica la curva granulométrica y se determina el Módulo de finura, el coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

Tabla N° 7: Instrumento de recolección de datos para granulometría

GRANULOMETRÍA – HUSO: _ _							
Tamiz Abertura (")	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límite superior %	Límite inferior %
2 1/2 "	63.00						
2 "	50.00						
1 1/2 "	37.50						
1 "	25.00						
3/4 "	19.00						
1/2 "	12.50						
3/8 "	9.50						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
FONDO	-						
TOTAL							

Fuente: Base de datos elaboración propia

- Módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado (6", 3", 1 1/2" + 3/4" + 3/8" + N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

- Coeficiente de uniformidad

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

- Coeficiente de curvatura

$$Cc = (D_{30})^2 / (D_{60} \times D_{10})$$

C.3. Peso unitario y contenido de vacíos según la norma NTP 400.017

Para elegir la capacidad y espesor del molde, se debe tener en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado tal y como se muestran en las siguientes tablas:

Tabla N° 8: Capacidad de molde para el peso unitario suelo y compactado

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de la medida	
mm	Pulgadas	L (m³)	p³
12.5	1/2	2.8 (0.0028)	0
25.0	1	9.3 (0.0093)	1/3
37.5	1 1/2	14.0 (0.014)	1/2
75.0	3	28.0 (0.028)	1
112.0	4 1/2	70.0 (0.070)	2 1/2
150.0	6	100.0 (0.100)	3 1/2

Fuente: NTP 400.017

Tabla N° 9: Espesor de molde para el unitario suelo y compactado

Espesor del metal (mínimo)			
Capacidad de medida	Fondo	Sobre 1 1/2" ó 38 mm de pared	Espesor adicional
Menos de 0.4 p³	0.20 "	0.10 "	0.10 "
De 0.4 p³ a 1.5 p³, incluido	0.20 "	0.20 "	0.12 "
Sobre 1.5 a 2.8 p³, incluido	0.40 "	0.25 "	0.15 "
Sobre 2.8 a 4.0 p³ incluido	0.50 "	0.30 "	0.20 "
Menos de 11 L	5.0 mm	2.5 mm	2.5 mm
11 a 42 L, incluido	5.0 mm	5.0 mm	3.0 mm
Sobre 43 a 80 L, incluido	10.0 mm	6.4 mm	3.8 mm
Sobre 80 a 133 L, incluido	13.0 mm	7.6 mm	5.0 mm

Peso Unitario Suelto Seco (PUSS)

- Se toma una muestra representativa de 10 kg aproximadamente y se toma el molde cilíndrico metálico para determinar el volumen (V) en m³ y luego pesarlo (T).
- Determinar el volumen interno del recipiente, vertiendo agua en el molde hasta llenarlo, luego tomar el peso; para calcular el volumen (V) del molde se usa la siguiente formula:

$$\text{Volumen del recipiente} = \left[\frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Factor del agua a } 23^{\circ}\text{C} \left(997.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\right)} \right]$$

- Después verter la muestra a una altura no mayor de 50 mm (2") sobre el borde superior del recipiente hasta llenarlo y enrasar la superficie con el agregado para eliminar el material sobrante, luego se pesa el molde más el contenido y se registra el peso (G).
- Finalmente se determina el peso unitario suelto seco con la siguiente expresión:

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

Peso Unitario Seco Compacto (PUCS)

- Se toma una muestra representativa de 10 kg aproximadamente y se toma el molde cilíndrico metálico para determinar el volumen (V) en m³ y luego pesarlo (T).
- Determinar el volumen interno del recipiente, vertiendo agua en el molde hasta llenarlo, luego tomar el peso; para calcular el volumen (V) del molde se usa la siguiente formula:

$$\text{Volumen del recipiente} = \left[\frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Factor del agua a } 23^{\circ}\text{C} \left(997.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\right)} \right]$$

- Luego echar el material sobre el recipiente en 3 capas de igual volumen aproximadamente, cada capa deberá ser compactada con la varilla de 5/8" de diámetro y una longitud de 24" con 25 golpes en forma de espiral, y el molde también deberá ser golpeado 15 veces por fuera en cada capa.
- Finalmente se enrasa el material y se limpia el exceso de agregado para pesar (G) y determinar el peso unitario seco compactado con la siguiente expresión:

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

Tabla N° 10: Instrumento de recolección de datos para peso unitario

Parámetros	Piedra ""					
	1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3
PUSS / PUCS						
T= Peso recipiente (Kg)						
V= Volumen recipiente (m ³)						
G= P. Recipiente + P. Muestra (Kg)						
Peso unitario = (G-T)/ V						
Peso unitario Promedio (kg/m³)						

Fuente: Base de datos elaboración propia

Contenido de vacíos en los agregados

- Los vacíos en los agregados se calculan empleando el peso unitario suelto o compactado, utilizando la siguiente expresión:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{(AxW)-B}{AxW} \times 100$$

Siendo:

A = Peso específico aparente (Kg/m³)

B = Peso unitario de los agregados (Kg/m³)

W = Peso unitario del agua, 1000 Kg/m³

Tabla N° 11: Instrumento de recolección de datos para contenido de vacíos

Parámetros	Piedra ""		
	1/2" / 3/4"		
	m1	m2	m3
Contenido de vacíos - PUSS			
W = P. Unitario agua (kg/m ³)			
A = P. Específico aparente (gr/cm ³)			
B = P. Unitario seco (kg/m ³)			
% de vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100			
Promedio de contenido de vacíos (%)			
Contenido de vacíos - PUCS			
W = P. Unitario agua (kg/m ³)			
A = P. Específico aparente (gr/cm ³)			
B = P. Unitario seco (kg/m ³)			
% de vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100			
Promedio de contenido de vacíos (%)			

Fuente: Base de datos elaboración propia

C.4. Peso específico y absorción según la norma NTP 400.021

Se escoge el peso de la muestra en función al tamaño máximo nominal de acuerdo a lo que establece la norma, 3000 gr para las piedras de 3/4" y 2000 gr para las piedras de 1/2"; y se realiza las siguientes actividades:

- Sumergir el agregado dentro de agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas luego sacar, extender y secar superficialmente la muestra con un paño absorbente para determinar el peso en la balanza eléctrica de 6000 gr con una precisión de ± 0.1 gramos después pesar en condición saturado superficialmente seco SSS. (E).
- Colocar rápidamente la muestra SSS. en la cesta de malla de alambre con abertura correspondiente al tamiz N°4 y determinar su peso dentro del agua con una balanza de 30 kg con precisión de ± 10 gramos. (F)

Tabla N° 12: Instrumento de recolección de datos para peso específico y absorción

Parámetros	Piedra ""					
	1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (g)						
B = Peso canastilla (g)						
C = Peso sumergido + P. Canastilla (g)						
D = Peso seco + P. Tara (g)						
E' = Peso saturado (g) + P. Tara (g)						
E = (E'-A) Peso saturado neto (g)						
F = (C-B): Peso sumergido (g)						
G = (D-A): Peso seco (g)						
Peso específico de masa = $G/(E-F)$						
Peso específico de masa saturado superficialmente seco = $E/(E-F)$						
Peso específico aparente = $G/(G-F)$						
Absorción (%) = $(E-G/G) \times 100$						
Pem : Peso específico de Masa Promedio (kg/m³)						
PemSSS : Peso específico de Masa Saturado Superficialmente Seco Promedio (kg/m³)						
Pea : Peso específico Aparente Promedio (kg/m³)						
Abs: Absorción Promedio (%)						

Fuente: Base de datos elaboración propia

- Finalmente se seca la muestra hasta peso constante a $110 \pm 5^{\circ}$ C en la estufa
- eléctrica para obtener el peso seco de la muestra (G) y se obtiene los pesos específicos y absorción utilizando las siguientes expresiones:

Peso específico de masa (kg/m³): $P. E. N. = \frac{G}{(E-F)}$

Peso específico de masa S.S.S. (kg/m³): $P.E.S.S.S. = \frac{E}{(E-F)}$

Peso específico aparente (kg/m³): $P.E.A. = \frac{G}{(G-F)}$

Absorción: $Abs(\%) = \frac{(E-G)}{G} \times 100$

D. Ensayos químicos

D.1. Durabilidad a los sulfatos bajo la norma NTP 400.016:2013

Para este ensayo existen dos tipos de soluciones: la primera es usando sulfato de sodio (NaSo) y la segunda usando sulfato de magnesio (MgSo).

- Se prepara la solución de sulfato de magnesio disolviendo el peso necesario de sal de la forma anhídrida ($MgSO_4$) en agua destilada hasta lograr que la solución este saturada y que quede un exceso de cristales cuando la solución esté preparada. Para conseguir una saturación completa en 1 litro de agua destilada se necesita como mínimo 1400 g de sal de la forma anhídrida.
- Una vez obtenida la solución, se agita bien y luego se deja reposando por lo menos durante 48 horas antes de emplearla. Luego lavar bien la muestra de agregado grueso para eliminar impurezas y dejar secar la muestra en una estufa eléctrica a una temperatura de 110° C por 24 horas o hasta alcanzar peso constante.
- Después separar el material en fracciones, para eso se tamiza el material y los residuos de cada tamiz, se pesan y se colocan, por separado, en recipientes que se utilizarán para cada ensayo luego sumergir las muestras en la solución de sulfato de magnesio contenido en los recipientes y se deja reposar durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor a 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra.
- Los recipientes se cubren para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias externas y después de pasar las 16 horas, se saca la muestra de la solución dejándola escurrir durante 15 minutos, se lava por la malla N°4 y se introduce en la estufa eléctrica a una temperatura de 110° C por 24 horas o hasta alcanzar peso constante. Una vez alcanzado el peso constante se sumerge nuevamente las muestras en la solución.
- Realizar 3 ciclos desde, sumergir las muestras en la solución, escurrir y lavar; hasta secar a peso constante. Después de terminar el último ciclo y de que la muestra haya enfriado, se lava con cloruro bórico ($BaCl_2$) hasta que dicha muestra, quede exenta de magnesio. Luego las muestras se secan hasta obtener peso constante y se pasan por el tamiz que habían retenido la muestra

y finalmente se pesan para determinar el desgaste de las partículas en presencia de los sulfatos y para determinar la pérdida total se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Pérdida total (\%)} = \frac{P. \text{ de la fracción ensayada} - P. \text{ ret. después del ensayo}}{P. \text{ de la fracción ensayada}} \times 100$$

$$\text{Pérdida corregida (\%)} = \frac{\text{Grad. original} - \text{Pérdida total}}{100}$$

Tabla N° 13: Instrumento de recolección de datos para durabilidad de sulfatos

Fracción		Tamaño y procedencia del agregado				
Pasa	Retiene	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
1"	3/4"					
3/4"	1/2"					
1/2"	3/8"					
3/8"	N° 4					
N° 4	-					
Total						

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

D.2. Reactividad agregado/álcali según la norma NTP 334.099

- Se prepara una disolución patrón de hidróxido sódico 1 ± 0.010 N, que se valora utilizando una disolución patrón de ftalato ácido de potasio. En esta preparación de la disolución se emplea agua destilada hervida con el fin de eliminar el anhídrido carbónico, Luego se prepara una disolución patrón de ácido clorhídrico 0.05 N que se valora hasta ± 0.0001 N utilizando NaOH 0.05 N; una disolución alcohólica de fenolftaleína disolviendo 1 gramo de fenolftaleína en 100 cm³ de etanol 1:1 y una disolución de anaranjado de metilo disolviendo 0.1 gramo de anaranjado de metilo en 100 cm³ de agua.
- Luego pulverizar la muestra de tal manera que pase por el tamiz N°50 y quede retenida en el N°100 y para eliminar el material fino que pasa por el tamiz N°100, se lava la muestra sobre dicho tamiz, luego se deja secar la muestra en la estufa eléctrica a una temperatura de 110° C por 24 horas o hasta alcanzar peso constante y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Una vez enfriada la muestra, el material, se vuelve a tamizar por la malla N° 100, reservando para el ensayo la parte retenida en dicha malla luego se pesa, por separado, tres porciones de 25 gramos de la fracción seca y se coloca cada una de estas fracciones en un recipiente de reacción, se añaden 25

cm³ de disolución de NaOH y en un recipiente aparte, se ponen 25 cm³ de la misma disolución para realizar un ensayo en blanco.

- Se cierran los recipientes de reacción y se agitan con suavidad para desprender las burbujas de aire que pueden haber quedado ocluidas después colocar los recipientes en una estufa a una temperatura de 80 °C como mínimo durante 24 horas, luego enfriar los recipientes por debajo de 30 °C con agua corriente durante 15 minutos.
- Luego de enfriados los recipientes, se abren y se filtra el líquido que contienen, para lo cual se utiliza un crisol de placa filtrante colocando sobre la placa un disco de papel de filtro.

Para la determinación de sílice soluble

- Se utilizan 10 ml de la solución y se coloca en una cápsula de platino luego añadir de 5 a 10 ml de ácido clorhídrico (HCl) y la misma cantidad de agua destilada. Colocar en baño a vapor durante 10 minutos y luego se diluye 15 ml de agua destilada caliente.
- Pasar a un crisol de platino los dos líquidos filtrados y dejar en una estufa a una temperatura de 1110°C – 1200°C por 24 horas.
- Humedecer el residuo, luego añadir 10 ml de ácido fluorhídrico y una gota de ácido sulfúrico concentrado.
- La sílice soluble se calcula con la siguiente expresión:

$$SiO_2 = (W_1 - W_2) \times 3330$$

Donde:

W1: gramos de SiO hallados en 100 cm³ de solución diluida.

W2: gramos de SiO, encontrados en el ensayo en blanco.

Para la determinación de la reducción de la alcalinidad:

- Se toma con una pipeta 20 ml de la solución diluida y se coloca en un matraz luego añadir dos gotas de fenolftaleína valorada con la solución de ácido clorhídrico (HCl) hasta que el color rosa de la fenolftaleína desaparezca.
- Después se anota la cantidad de HCl utilizado y se añaden dos gotas de anaranjado de metilo.
- Finalmente se repite la misma valoración y nuevamente se anota la cantidad de HCl utilizada.

$$V_2 - V_3 = 2P - T$$

$$Rc = \frac{20N}{V_1} \times (V_2 - V_3) - 1000$$

Donde:

V1: Son los ml de la disolución diluida utilizados en el ensayo.

V2: Son los ml de HCl utilizados para neutralizar el ion hidróxilo en la muestra de ensayo.

V3: Son los ml de HCl utilizados para neutralizar el ion hidróxilo en el ensayo en blanco.

P: Son los ml de HCl necesarios para lograr el viraje de fenolftaleína.

T: Es la cantidad total de HCl utilizada desde el principio de la valoración y necesaria para lograr el viraje de anaranjado de metilo.

N: Es la normalidad de HCl utilizado en la valoración.

E. Ensayo mecánico

E.1. Resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles según la norma NTP 400.019

- Se seleccionan 5000 gramos de material que se empleará en el ensayo y se prepara de acuerdo a la gradación a utilizar. Luego lavar el material seleccionado para eliminar las impurezas y secar en una estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas o hasta obtener peso constante.
- Pesar el material y determinar el peso inicial. Después colocar el material dentro de la máquina de abrasión de Los Ángeles, con la cantidad de esferas según el método a usar de acuerdo a la gradación; dejar 15 minutos en la máquina y después retirar el material, tamizar y lavar por la malla N°12.
- Finalmente se seca el material en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas para obtener el peso final y se calcula el porcentaje de desgaste con la siguiente expresión:

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Tabla N° 14: Instrumento de recolección de datos para resistencia a la degradación por abrasión

Parámetros	Piedra ""					
	1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (g)						
B = P. Muestra seca + P. Tara (g)						
C= P. Muestra tamiz N°12 + P. Tara (g)						
Pa = (B-A): P. Muestra seca (g)						
Pb = (C-A): P. Muestra tamiz N°12 (g)						
% de desgaste = ((Pa-Pb)/Pa) x 100						
Desgaste promedio (%)						

Fuente: Base de datos elaboración propia

F. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla del concreto se realizó para una resistencia a la compresión $f'c$ de 210 kg/cm², por ser esta resistencia la más óptima para los elementos estructurales de concreto, en lo que respecta a los parámetros para el agregado fino, se hizo la caracterización de una arena, la cual se utilizaron los mismos parámetros para el diseño de todas las mezclas, es decir para el diseño de mezcla del agregado natural de 3/4" y 1/2" y el agregado triturado o chancado de 3/4" y 1/2", esto con el fin de neutralizar estos parámetros en la resistencia del concreto y obtener solo la influencia del agregado grueso, teniendo en cuenta los parámetros obtenidos de los ensayos físicos, este diseño se realizó según la norma ACI 211 de acuerdo a lo siguiente:

- En primer lugar escoger la resistencia requerida.
- Luego determinar el factor de seguridad según la siguiente tabla:

Tabla N° 15: factor de seguridad según el esfuerzo a compresión.

$f'c$	$f'cr$
<210	$f'c+70$
210 a 350	$f'c+84$
>350	$f'c+98$

Fuente: ACI-318

- Después se selecciona la relación agua/cemento, con el factor de seguridad adicionado, según la siguiente tabla:

Tabla N° 16: Relación a/c en función al esfuerzo a compresión.

F'c (kg/cm ²)	Relación agua/cemento	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	----
420	0.41	----
450	0.38	----

Fuente: ACI-211

- Determinar el volumen de agua a utilizar que está en función al tamaño máximo nominal, al concreto con aire incorporado y slump.

Tabla N° 17: Volumen de agua para mezcla

CANTIDAD APROXIMADA DE AGUA PARA AMASADO								
SLUMP	Tamaño Máximo de Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: ACI-211

- Se determina el volumen de cemento en función a la relación agua/cemento con el peso específico del cemento a utilizar.
- Para determinar el volumen de agregado grueso se utiliza la siguiente tabla que está en función al tamaño máximo nominal del agregado:

Tabla N° 18: Volumen de agregado grueso

VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO				
Tamaño Máximo de Agregado	Módulo de Fineza de la Arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI-211

- Por último determinar el peso del agregado fino y se obtiene un diseño de mezcla, sin embargo a este diseño se deben realizar correcciones de acuerdo a la absorción, humedad, contenido de agua en los agregados y el agua de mezcla, todo esto para obtener la relación agua/cemento real y obtener el nuevo diseño de mezcla corregido.

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para el análisis de datos se realizó la clasificación de los resultados obtenidos de cada ensayo realizado, se determinó el promedio o media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación para eliminar los datos que no están dentro del rango establecido por cada norma.

Además, se utilizarán gráficos estadísticos para una mejor interpretación de los resultados obtenidos.

- El promedio o media aritmética se determinó con la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

Σ = sumatoria

n = cantidad de datos

X_i = valor de un dato

\bar{x} = valor del promedio

- La varianza se determinó con la siguiente formula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Donde:

Σ = sumatoria

\bar{x} = valor del promedio

x = valor de un dato

σ = Varianza

n = cantidad de datos

- La desviación estándar se determinó con la siguiente formula:

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde:

δ = Varianza

DS= Desviación estándar

- Coeficiente de variación se determinó con la siguiente formula:

$$CV = \frac{DS}{\bar{x}} \times 100$$

Donde:

DS = Desviación estándar

\bar{x} = Media Aritmética

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Ensayos físicos

Tabla N° 19: Humedad promedio del agregado grueso

Parámetros					
Tipo	Tamaño	Humedad Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de varianza	Desviación estándar NTP 339.185
Piedra Natural	1/2"	0.9	0.1	0.1	0.8
	3/4"	0.6	0.1	0.2	
Piedra chancada	1/2"	0.4	0.1	0.2	
	3/4"	0.3	0.0	0.1	

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 20: Absorción promedio del agregado grueso

Parámetros				
Tipo	Tamaño	Absorción Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de varianza
Piedra Natural	1/2"	2.6	0.1	0.0
	3/4"	1.8	0.1	0.1
Piedra chancada	1/2"	1.3	0.2	0.2
	3/4"	1.0	0.1	0.1

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 21: Peso específico de masa promedio del agregado grueso.

Parámetros				
Tipo	Tamaño	Peso esp. masa Promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Piedra Natural	1/2"	2400	0.0	0.0
	3/4"	2570	0.1	0.0
Piedra chancada	1/2"	2530	0.1	0.0
	3/4"	2600	0.0	0.0

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 22: Peso específico de masa saturado superficialmente seco promedio del agregado grueso.

Parámetros				
Tipo	Tamaño	Peso esp. S.S.S. Promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Piedra Natural	1/2"	2470	0.1	0.0
	3/4"	2600	0.0	0.0
Piedra chancada	1/2"	2600	0.0	0.0
	3/4"	2600	0.0	0.0

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 23: Peso específico aparente promedio del agregado grueso

Parámetros				
Tipo	Tamaño	Peso esp. aparente Promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Piedra Natural	1/2"	2570	0.1	0.0
	3/4"	2700	0.0	0.0
Piedra chancada	1/2"	2630	0.1	0.0
	3/4"	2700	0.0	0.0

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 24: Peso unitario suelto seco promedio del agregado grueso

Parámetros					
Tipo	Tamaño	PUSS Promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Desviación estándar ASTM C29
Piedra Natural	1/2"	1460	8.9	0.0	40.0
	3/4"	1400	23.6	0.0	
Piedra chancada	1/2"	1340	9.5	0.0	
	3/4"	1350	7.6	0.0	

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 25: Peso unitario compacto seco promedio del agregado grueso

Parámetros					
Tipo	Tamaño	PUCS Promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Desviación estándar ASTM C29
Piedra Natural	1/2"	1570	5.9	0.0	40.0
	3/4"	1530	20.5	0.0	
Piedra chancada	1/2"	1490	1.4	0.0	
	3/4"	1510	1.8	0.0	

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 26: Contenido de vacíos promedio del peso unitario suelto seco del agregado grueso

Parámetros				
Tipo	Tamaño	Contenido de vacíos - PUSS Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Piedra Natural	1/2"	44	0.3	0.0
	3/4"	48	0.9	0.0
Piedra Chancada	1/2"	48	0.4	0.0
	3/4"	50	0.3	0.0

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 27: Contenido de vacíos promedio del peso unitario compacto seco del agregado grueso

Parámetros				
Tipo	Tamaño	Contenido de vacíos - PUCS Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Piedra Natural	1/2"	40	0.2	0.0
	3/4"	43	0.7	0.0
Piedra Chancada	1/2"	43	0.1	0.0
	3/4"	44	0.1	0.0

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 28: Contenido de finos promedio del agregado grueso

Parámetros			
Tipo	Tamaño	NTP 400.037	Contenido de finos Promedio (%)
Piedra Natural	1/2"	1.0 % máximo	0.8
	3/4"		0.7
Piedra Chancada	1/2"		0.3
	3/4"		0.3

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 29: Datos granulométricos del agregado grueso

Datos granulométricos				
Parámetros	Piedra natural		Piedra chancada	
	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"
Huso	67	5	6	5
Tamaño máximo	3/4"	1"	3/4"	1"
Tamaño máximo nominal	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"
Módulo de finura	3.3	4.6	3.4	4.7

Fuente: Base de datos elaboración propia

4.2. Ensayos químicos

Tabla N° 30: Durabilidad al sulfato de magnesio promedio del agregado grueso.

Parámetros			
Tipo	Tamaño	Límite máximo NTP 400.037	Durabilidad al Sulfato Promedio (%)
Piedra Natural	1/2"	18.0%	5.3
	3/4"		4.3
Piedra Chancada	1/2"		1.3
	3/4"		0.2

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 31: Reactividad agregado/álcali promedio del agregado grueso

Parámetros				
Tipo	Tamaño	Límite máximo permisible - NTP 339.088	Alcalinidad Promedio (p.p.m.)	Sílice soluble promedio (p.p.m.)
Piedra Natural	1/2"	1000 p.p.m.	686	790
Piedra Chancada	3/4"		790	820

Fuente: Base de datos elaboración propia

4.3. Ensayo mecánico

Tabla N° 32: Abrasión promedio del agregado grueso

Parámetros						
Tipo	Tamaño	NTP 400.037	Abrasión Promedio (%)	Desviación estándar	Coficiente de variación	Desviación estándar NTP 400.019
Piedra Natural	1/2"	50% Máximo	29	0.5	0.0	5.7
	3/4"		27	0.3	0.0	
Piedra Chancada	1/2"		22	0.3	0.0	
	3/4"		12	0.3	0.0	

Fuente: Base de datos elaboración propia

4.4. Diseños de mezcla

Tabla N° 33: Parámetros para el diseño de mezcla de concreto del agregado grueso para un esfuerzo a la compresión de 210 kg/cm²

Parámetros	Cemento Pacasmayo Tipo I	Agregado Fino	Piedra Natural 1/2"	Piedra Chancada 1/2"	Piedra Natural 3/4"	Piedra Chancada 3/4"
Humedad (%)	-	0.7	0.9	0.4	0.6	0.4
Absorción (%)	-	1.1	2.5	1.3	1.8	1.1
Peso específico (gr/cm ³)	2.9	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7
PUCS - Peso unitario compacto suelto (Kg/m ³)	-	-	1570	1490	1530	1510
Asentamiento (Pulg.)	3"- 4"					
MF - Modulo de Finura	-	2.7	3.3	3.4	4.6	4.7
TMN - Tamaño Máximo Nominal (Pulg.)	-	-	1/2"		3/4"	

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 34: Resumen de los diseños de mezcla del agregado grueso para un esfuerzo a la compresión de 210 kg/cm²

Diseño de mezcla de concreto f'c=210 kg/cm ²				
Parámetros	Piedra natural 1/2"	Piedra natural 3/4"	Piedra chancada 1/2"	Piedra chancada 3/4"
	Cantidad por m ³			
Relación agua/cemento	0.63	0.63	0.61	0.61
Cemento (kg/m ³)	386	366	386	366
Agua (Lt/m ³)	243	229	237	225
Agregado Grueso (kg/m ³)	887	970	838	955
Agregado Fino (kg/m ³)	785	796	832	808
Total	2301	2361	2293	2354

Fuente: Base de datos elaboración propia

4.5. Análisis de costos

Tabla N° 35: Costo por m³ de producción de concreto F'c=210 kg/cm² del agregado grueso de 1/2" (sin incluir mano de obra)

Costo unitario por m ³			Piedra Natural 1/2"			Piedra Chancada 1/2"		
Ítem	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
1	Cemento Portland Tipo Ico (42.5 kg)	bls	9.0824	18.12	164.57	9.0824	18.12	164.57
2	Agregado grueso 1/2"	m ³	0.3412	20.00	6.82	0.3223	30.00	9.67
3	Arena gruesa	m ³	0.2907	10.00	2.91	0.3081	10.00	3.08
4	Agua	m ³	0.2430	2.50	0.61	0.2370	2.50	0.59
Sub Total			S/. 174.91			S/. 177.92		
IGV (18%)			S/. 31.48			S/. 32.02		
Total			S/. 206.40			S/. 209.90		

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 36: Costo por m³ de producción de concreto F'c=210 kg/cm² del agregado grueso de 3/4" (sin incluir mano de obra)

Costo unitario por m ³			Piedra Natural 3/4"			Piedra Chancada 3/4"		
Ítem	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
1	Cemento Portland Tipo Ico (42.5 kg)	bls	8.6118	18.12	156.05	8.6118	18.12	156.05
2	Agregado grueso 3/4"	m ³	0.3593	10.00	3.59	0.3537	20.00	7.07
3	Arena gruesa	m ³	0.2948	10.00	2.95	0.2993	10.00	2.99
4	Agua	m ³	0.2290	2.50	0.57	0.2250	2.50	0.56
Sub Total			S/. 163.16			S/. 166.68		
IGV (18%)			S/. 29.37			S/. 30.00		
Total			S/. 192.50			S/. 196.70		

Fuente: Base de datos elaboración propia

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

La realización de los ensayos para evaluar la influencia del agregado grueso sobre sus características físicas, químicas y mecánicas, las cuales estarán aplicadas para la elaboración de un diseño de mezcla de 210 kg/cm², se determinaron según las normas de la NTP 400.037:2014, en la cual se indican los procedimientos para los ensayos que se evaluaron. Estas normas se adaptaron en función a la necesidad de cada ensayo con el fin de obtener resultados correctos y de esta manera encontrar la variación de propiedades positivas para el concreto, que presenta la piedra chancada frente a la piedra natural estudiadas.

5.1. Ensayos físicos

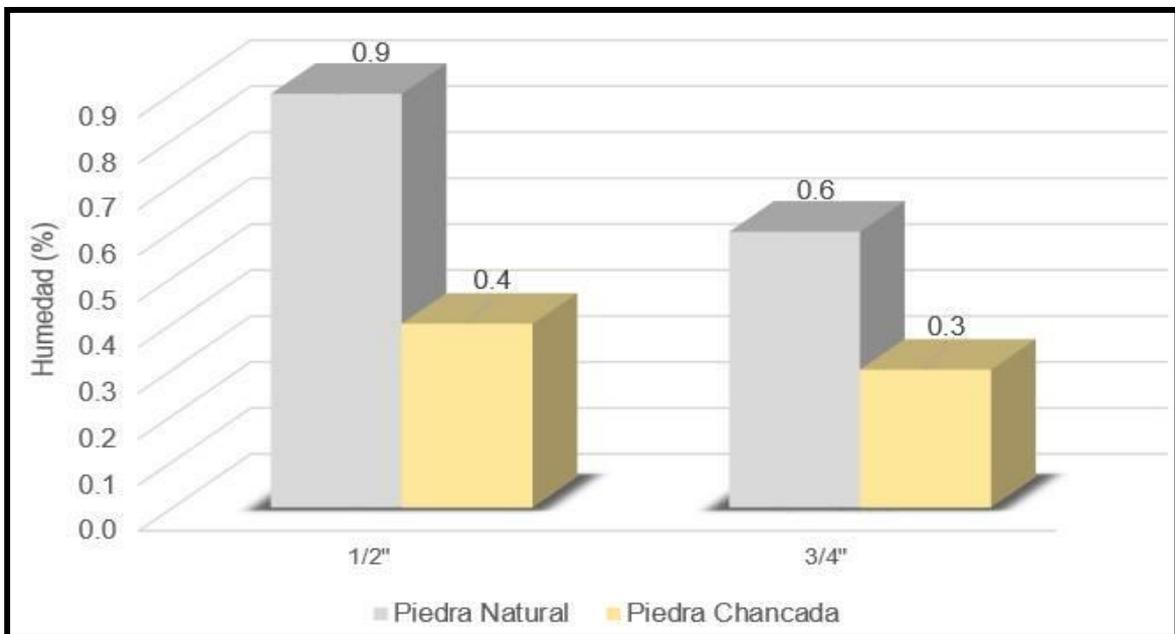


Figura N° 2: NTP 339.185:2013 - Humedad promedio.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 2 expuesta se puede apreciar claramente que la piedra natural presenta más humedad que la piedra chancada, siendo para la piedra de 1/2" una variación menor del 56% y en la piedra de 3/4" una variación menor del 50%, ambas respecto a la piedra natural, estas variaciones se dan entre piedras del mismo tamaño pero de procedencia diferente, demostrando así que la procedencia del agregado grueso influye en la característica física de humedad.

Esta variación se debe, principalmente, por el proceso de obtención del agregado, ya que en el caso del agregado chancado, este proviene de rocas de tamaño excesivo que, en ocasiones, hay que fraccionar con explosivos y posteriormente reducir por machaqueo, sometiéndolas luego a un tamizado para obtener los tamaños adecuados. Todo este proceso hace que los agregados pierdan humedad, por el contrario los agregados naturales provienen de la desintegración natural

y erosión de rocas, estando en contacto con agentes externos como la lluvia o ríos, haciendo así que la humedad que albergan en su interior sea mayor.

En cuanto al tamaño se refiere, se observa que entre las piedras de diferente tamaño pero de igual procedencia también hay una variación de humedad, 33% para las piedras de procedencia naturales de 1/2" y 3/4", siendo mayor la de 1/2" y 25% para las piedras de procedencia chancada de 1/2" y 3/4", siendo mayor la de 1/2" también, con esto se demuestra que el tamaño de la piedra influye, también, en esta característica.

Esto quiere decir que mientras más pequeña sea la piedra, la capacidad de que sus poros se llenen con agua aumenta respecto a su peso, esto está relacionado a sus poros capilares de la piedra, ya que mientras más pequeños sean estos, el agua tiende a subir con más facilidad lo que lleva a que las piedras más pequeñas tengan en su interior más humedad que las piedras de mayor tamaño cuyos poros capilares son de mayor diámetro.

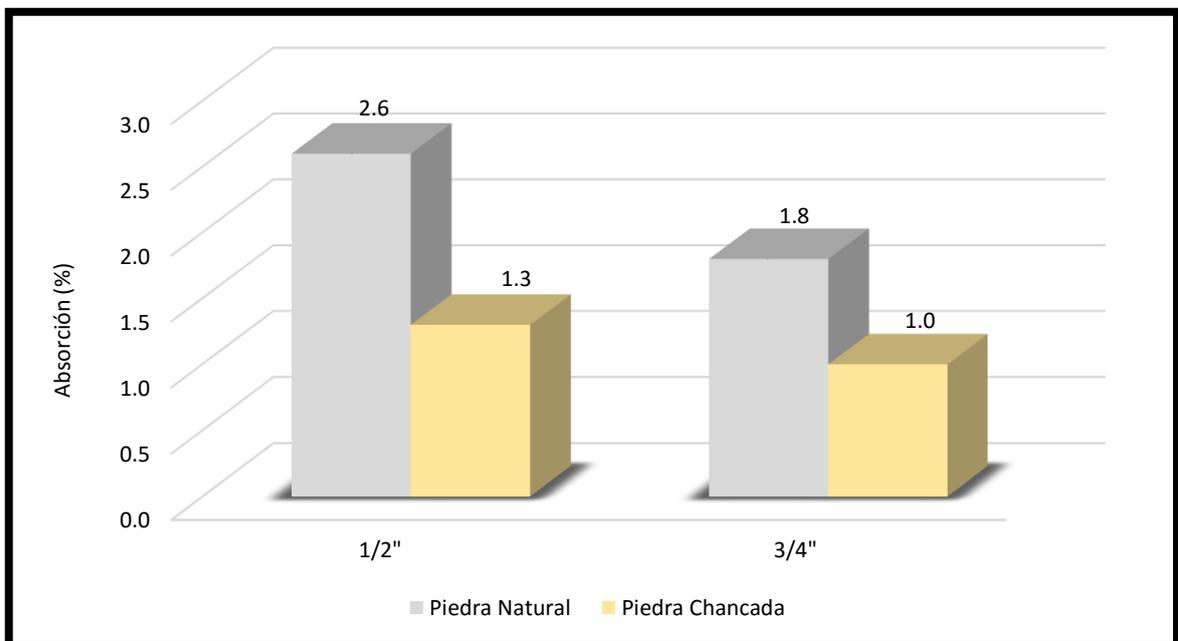


Figura N° 3: NTP 400.021:2013 - Absorción promedio

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 3 expuesta se puede apreciar que la piedra natural presenta más absorción que la piedra chancada, siendo para la piedra de 1/2" una variación menor del 50% y en la piedra de 3/4" una variación menor del 44%, ambas respecto a la piedra natural, estas variaciones son en cuanto a la procedencia se refiere ya que se dan entre piedras del mismo tamaño pero de diferente procedencia, de 1/2" de procedencia natural y 3/4" de procedencia chancado. Esto debido a que las piedras naturales contienen más cantidad de poros que las piedras chancadas, teniendo de esta manera más capacidad para absorber agua, pues el agua se aloja en estos poros.

También existe variación de absorción entre piedras de igual procedencia pero de diferente tamaño, notándose que mientras más grande es el agregado grueso, la capacidad para absorber agua disminuirá, 31% para las piedras de procedencia naturales de 1/2" y 3/4"; y 23% para las piedras de procedencia chancado de 1/2" y 3/4", estas variaciones son respecto a las piedras de 1/2", esto debido a que la absorción es inversamente proporcional a la masa sólida del agregado, es decir mientras más grande sea la masa de este, menor será la absorción presente en dicho agregado. Con esto se demuestra que tanto el tamaño y procedencia de la piedra influyen, también, en esta característica.

En ambos casos, tanto en el contenido de humedad (figura N° 2) como en la absorción (figura N° 3) se puede observar que los valores resultantes de estos disminuyen en función al tamaño y procedencia del agregado, mientras menor es el tamaño del agregado y mientras sea de diferente procedencia, natural respecto al chancado, el contenido de humedad y absorción disminuyen.

Estos valores juegan un rol muy importante en el diseño de mezcla, pues el contenido de humedad junto con la absorción, definen la cantidad de agua que se necesita para lograr un concreto con la resistencia requerida; es decir, afectan e influyen en la relación agua/cemento, pues al hablar de esta relación, conviene distinguir entre la que se denomina "efectiva" y "teórica". Entonces, cuando los áridos están secos o húmedos sin saturar absorben agua de la introducida en la elaboración del concreto, en este caso, hay una disminución del agua disponible con lo que la relación agua/cemento efectiva será inferior a la teórica. Por el contrario si los áridos están saturados con superficie seca la relación agua/cemento efectiva coincide con la teórica. Dependiendo de estos estados del agregado se tendrá que aumentar si el agregado no está saturado totalmente o disminuir la cantidad de agua si el agregado contiene un exceso de agua por factores externos, como lluvia o por su lavado.

Generalmente, el agregado grueso presenta poros, los cuales están relacionados a la humedad y absorción, estos poros pueden ser accesibles, abiertos o con comunicación con el exterior e inaccesibles, cerrados o aislados del exterior. Esto hace que el peso específico se divida en:

- Peso específico aparente. (P.E.A.)
- Peso específico de masa saturado superficialmente seco. (P.E.M.S.S.S.)
- Peso específico de masa. (P.E.M.)

Esto quiere decir que se hablará de diferentes pesos específicos, los cuales dependerán del estado en que se encuentren dichos poros, estos pesos específicos clasifican al agregado en:

- Livianos: < 2500 kg/m³.
- Normal: 2500 kg/m³ - 2750 kg/m³.
- Pesados: > 2750 kg/m³.

Peso específico de masa

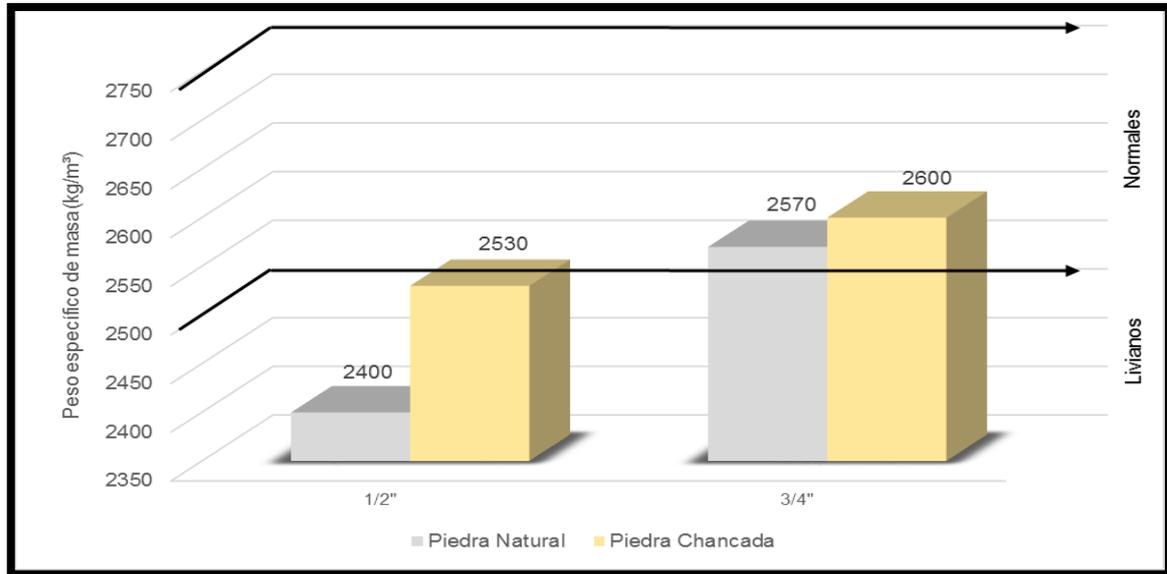


Figura N° 4: NTP 400.021:2013 - Peso específico de masa promedio

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 4 se puede apreciar que, la piedra natural presenta menos P.E.M. que la piedra chancada, siendo para la piedra de 1/2" una variación mayor del 5% y en la piedra de 3/4" una variación mayor del 1%, ambas respecto a la piedra natural, estas variaciones son en cuanto a la procedencia se refiere ya que se dan entre piedras del mismo tamaño pero de diferente procedencia, de 1/2" de procedencia natural y 3/4" de procedencia chancado. Estas variaciones se deben a que el P.E.M. relaciona la cantidad de masa seca y el volumen de esta, el cual incluye el volumen del sólido más el volumen de los poros, la suma de estos dos valores representan el volumen total del agregado, entonces, respecto a la piedra chancada, se puede decir que la cantidad de masa sólida que tiene es mayor en comparación con la piedra natural, pues la cantidad de poros presentes en la piedra chancada es menor respecto a la natural, es decir la porosidad de una piedra es inversamente proporcional al peso específico de este.

También existe variación de P.E.M. entre piedras de igual procedencia pero de diferente tamaño, 7% para las piedras naturales de 1/2" y 3/4" siendo mayor la de 3/4" y 3% para las piedras chancadas de 1/2" y 3/4" siendo mayor la de 3/4" también, estas variaciones son respecto a las piedras de 1/2"; esto quiere decir que al aumentar el tamaño de la piedra el P.E.M. aumenta dado que la cantidad de masa sólida es mayor en las piedras más grandes, lo contrario ocurre con las piedras pequeñas, ya que por tener menos cantidad de masa sólida y que para ocupar el mismo volumen que una piedra grande se necesitan más piedras pequeñas, hace que los poros que tiene cada piedra pequeña se sumen y perjudiquen al volumen de la masa total sólida de dicha piedra. Con esto se demuestra que tanto el tamaño y procedencia de la piedra influyen, también, en esta característica.

Peso específico de masa saturado superficialmente seco

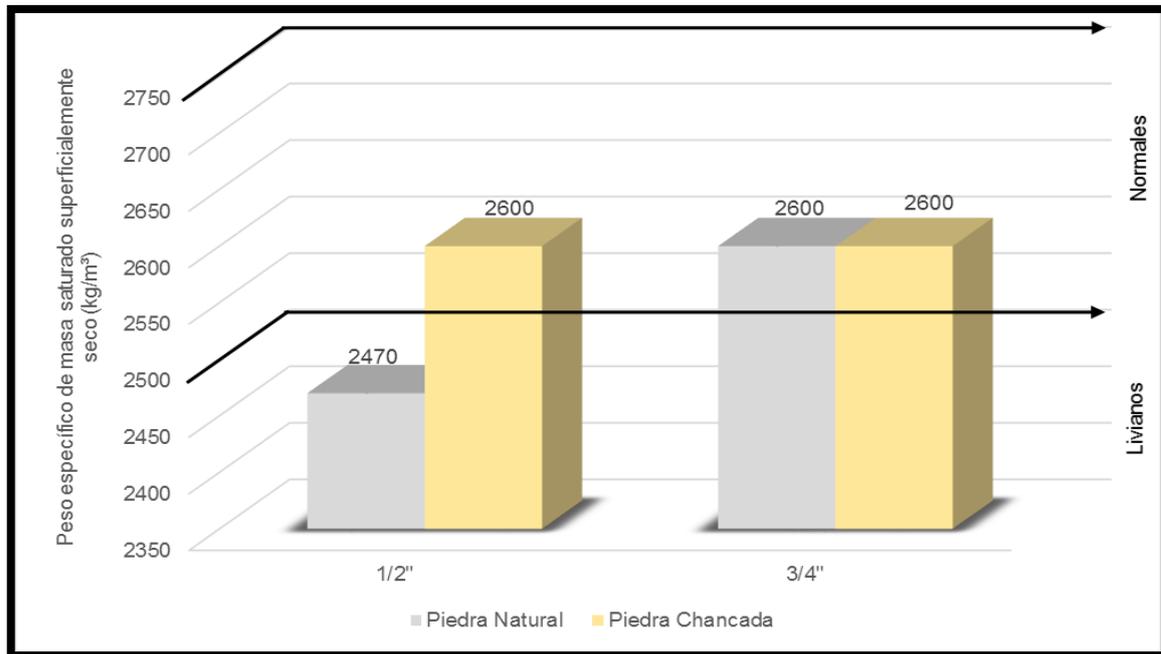


Figura N° 5: NTP 400.021:2013 - Peso específico de masa saturado superficialmente seco promedio

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 5 se puede apreciar que, existe variación de P.E.M.S.S.S. en cuanto a su procedencia, solo en la piedra de tamaño de 1/2" siendo en este caso una variación de 5% mayor en la piedra chancada respecto a la piedra natural, mientras que en la piedra de 3/4" no existe variación. Esto debido a que el P.E.M.S.S.S. relaciona la masa sólida de una muestra del agregado más la masa de agua contenida en los poros a ella, entre el volumen aparente de la misma, es decir el que ocupa la parte sólida de la muestra más el volumen de los poros existentes en ella, entonces como se mencionó anteriormente, esto quiere decir que la parte solida del agregado chancado es más respecto a sus poros, que el de la piedra natural, esto se puede apreciar comprando la figura N° 4 con la figura N° 5, donde se aprecia que en las piedras de 1/2", respecto a su procedencia y teniendo en cuenta que el P.E.M.S.S.S solo varia por la cantidad de agua que se introduce en sus poros ya que el volumen sigue siendo el mismo respecto al P.E.M, existe una variación igual para ambas de 70 kg/m³, se puede decir con esto que la cantidad de poros en las piedras de este tamaño, pueden ser los mismos, sin embargo la diferencia incide en que en las piedras chancadas la cohesión interna de sus partículas es mayor, haciendo que la masa solida de esta sea mayor también, esto se puede notar en la figura N° 3, donde se aprecia que la piedra natural tiene mayor absorción respecto a su masa sólida, con esto podemos decir que la masa de la piedra natural contiene prácticamente la misma cantidad de poros accesibles que la piedra chancada, sin embargo existen también poros inaccesibles en las piedras, los cuales hacen perder rigidez y en este caso le pasa esto a las piedras naturales.

Lo mencionado anteriormente, también le pasa lo mismo a las piedras de tamaño de 3/4" respecto a su procedencia, pues a pesar de que en la figura N° 5 se aprecia que el P.E.M.S.S.S. es igual en ambos casos, lo que realmente sucede se puede explicar comparándolo con la figura N° 4, pues como se mencionó, la diferencia incide en la cantidad de agua ingresada en los poros accesibles en el agregado, ya que para las piedras naturales existe una variación de 30 kg/m³ mientras que para la piedra chancada no existe ninguna variación, esto debido a que nuevamente, las piedras chancadas contienen mayor masa sólida que las piedras naturales, y en este caso también se puede notar que los poros accesibles son menores, pues en la figura N° 3 se aprecia que solo existe una absorción del 1% respecto a la masa sólida del agregado chancado, siendo esto despreciable para el cálculo del peso específico, por esta razón que no existe variación alguna entre el P.E.M.S.S.S. y el P.E.M. del agregado chancado, lo contrario ocurre en el agregado natural, el cual aumenta, esto sucede a que el agua ingresada en los poros es mayor, lo que significa que esta piedra contiene mayores poros abiertos respecto a su masa sólida.

En cuanto al tamaño entre piedras de la misma procedencia se refiere, en la figura N° 5 se aprecia que hay una variación del 5% mayor de la piedra natural de 3/4" respecto a la piedra natural de 1/2" y que en las piedras chancadas no existe variación respecto al tamaño. La variación entre las piedras naturales respecto al tamaño y en comparación con el P.E.M. el cual incluye el volumen del agregado, el cual contempla el volumen de los poros más el volumen de la parte sólida de este, para el caso de las piedras chancadas donde no existe variación respecto al tamaño, se debe a que en las piedras pequeñas se necesitan más unidades de estas para alcanzar la masa de las piedras grandes, y como la variación del P.E.M. entre el P.E.M.S.S.S. depende de la masa saturada y el volumen de agua destilada que genere cada piedra, entonces como existe más piedras pequeñas para ocupar el mismo volumen en las piedras grandes, los poros en cada una de estas piedras se llenarán de agua que en conjunto igualaran a la masa de las piedras grandes, los cuales por necesitar menos piedras para llenar un determinado volumen, y por ende tendrán menos poros que llenen de agua, la masa saturada de las piedras grandes, será menor a la masa del agregado de menor tamaño, generando así que el agua destilada de piedra pequeña sea igual o semejante al agua que destile la piedra grande, generando de esta manera una igualdad o proximidad en el P.E.M.S.S.S. dependiendo de la cantidad de porosidad y de los poros inaccesibles que tenga una piedra, pues de eso depende que tan sólida es esta, esto solo se da en las piedras chancadas dado que estas tienen mayor parte de masa sólida respecto al agregado natural, pues como se aprecia en la figura N° 5, a pesar de que se gana peso por la cantidad de poros, este no es suficiente para igualar al volumen generado por las piedras de mayor tamaño, por el simple hecho de que las piedras naturales no solo tienen mayor cantidad de poros accesibles, si no también mayor cantidad de poros inaccesibles en su interior lo que disminuye la masa sólida de la piedra natural. Con esto queda demostrado que las piedras naturales son más porosas y menos sólidas que las piedras chancadas, dependiendo del tamaño y procedencia de la misma.

Peso específico aparente

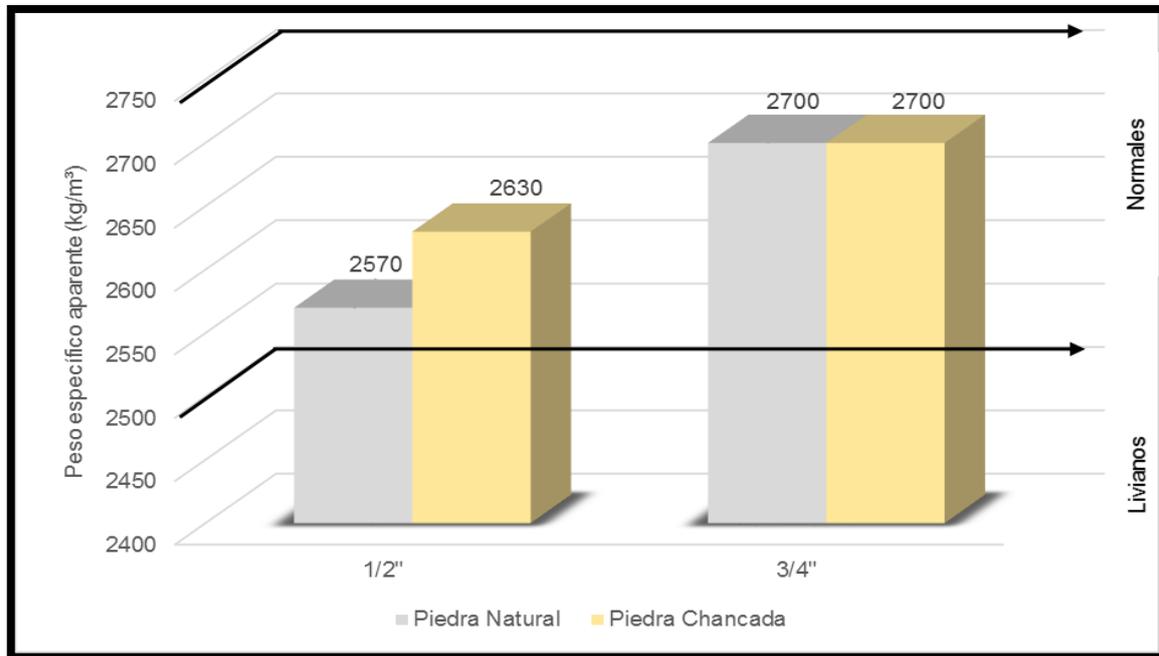


Figura N° 6: NTP 400.021:2013 - Peso específico aparente promedio

Fuente: Elaboración propia

El P.E.A. de una piedra, es sumamente importante para realizar un diseño de mezcla, pues de este parámetro se conoce el volumen que la piedra ocupará respecto al volumen total del concreto utilizado, este parámetro, que en cuanto al sistema internacional de unidades, el termino correcto sería densidad, relaciona la masa de un volumen del material entre la masa igual al volumen de agua destilada, es decir define la masa de material por metro cúbico de volumen. En un diseño de mezcla se utiliza este parámetro, pues el P.E.A. brinda la relación, solo, de material seco, entre el agua destilada que produce dicha masa seca, incluyendo solo a los poros inaccesibles que tiene la muestra, dando idea de la solidez del agregado.

Respecto a las variaciones presentadas en la figura N° 6, en cuanto a la procedencia en las piedras de 1/2" existe una variación de 2% mayor en la piedra chancada respecto a la natural, mientras que en la de 3/4" no existe variación alguna, con esto se puede decir que, al ser la variación mínima, entre ambos tipos de piedra, natural y chancada, ambas piedras tienen la misma solidez y no existe inconveniente alguno en utilizar una u otra piedra en el diseño de mezcla de un concreto y que ambas son óptimas para dicho diseño, sin embargo, si analizamos un poco más y como se dijo anteriormente en el P.E.M. y P.E.M.S.S.S. las piedras naturales contienen mayor porosidad, en este caso también se puede decir lo mismo dado que las piedras naturales tienen una forma redondeada, lo que le hace ganar masa respecto a las piedras chancadas, ya que éstas son angulares, y mientras la forma de las piedras se aproximen más a una esfera, estas ganaran masa también, en cambio las piedras chancadas son angulosas, es decir, presentan ángulos,

aristas y superficies más o menos planas, generando así la pérdida de masa dado que son aciculares en comparación con las piedras naturales, que al ser redondeadas se asimilan a la forma de una esfera por lo que contienen más masa, esto podría llevar a la conclusión de que al tener esta característica, ocupando el mismo volumen ambas piedras, las piedras naturales contengan más masa y con esto un mayor P.E.A. respecto a las piedras chancadas, sin embargo esto no sucede, ya que la piedra chancada contiene, en el caso de las piedras de tamaño de 1/2" mayor peso específico y en el caso de las piedras de tamaño de 3/4" igual peso específico, es decir, a pesar de no tener una forma esférica con mayor masa, las piedras chancadas contienen mayor masa sólida, o menor cantidad de poros inaccesibles, lo que le hace tener mejores cualidades respecto a la piedra natural, que a pesar de ser redondeada y contener más masa, esta no supera a la piedra chancada por contener entre esta, poros, los cuales son inaccesibles haciéndoles perder rigidez y masa por unidad de volumen.

En cuanto al tamaño, se aprecia en la *figura N° 6* que existe una variación en las piedras naturales entre 1/2" y 3/4" de 5% mayor en las piedras de 3/4" respecto a la de 1/2", y en las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" de 3% mayor en las piedras de 3/4" respecto a la de 1/2", esto quiere decir que mientras el tamaño aumenta en una piedra, esta aumenta también su masa sólida, por ende genera mayor peso específico, sin embargo se nota una gran diferencia entre las piedras naturales y chancadas en cuanto a los resultados y se nota claramente la existencia de porosidad entre piedras, ya que en las piedras naturales hay más variación de peso específico respecto a la chancada, que por tener mayor masa sólida la variación entre tamaños es poca, esto explica la existencia de poros inaccesibles en mayor magnitud en las piedras de procedencia natural.

Peso Unitario Seco Suelto

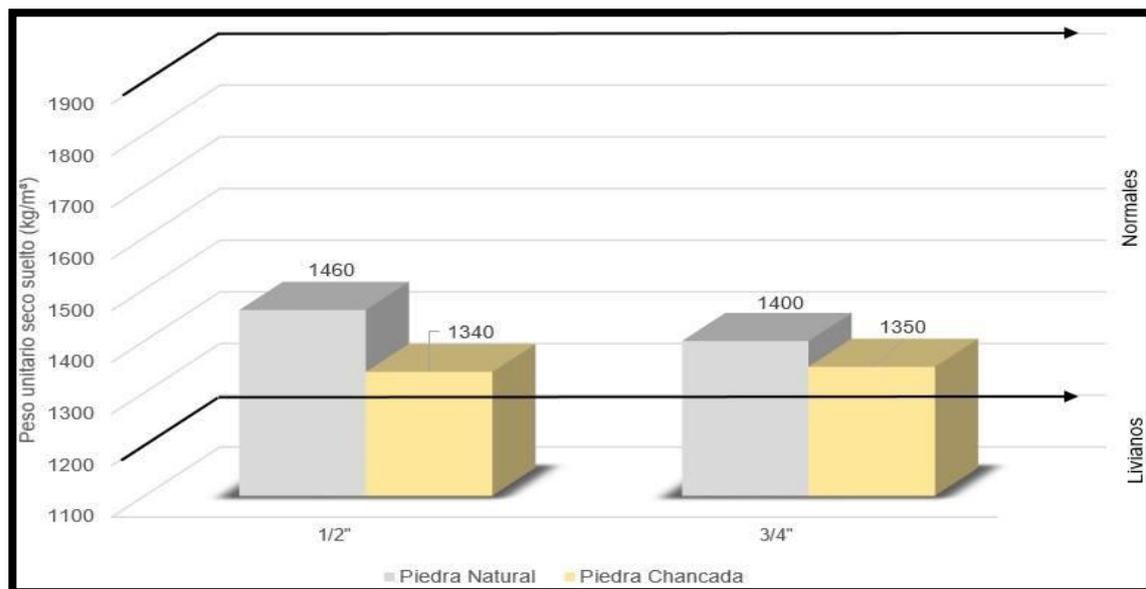


Figura N° 7: NTP 400.017:2011 Peso unitario suelto seco promedio

Fuente: Elaboración propia

En la *figura N° 7* se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación menor de 8% respecto a la piedra natural, y en las piedras de 3/4" hay una variación menor de 4%. Esto quiere decir que en la piedra natural existen más unidades de partículas de piedras en comparación a la piedra chancada, es decir existe un mejor acomodo entre partículas debido a la forma de estas, y al igual que como se explicó en el P.E.M.S.S.S. esto se debe a que las piedras naturales por ser redondeadas albergan un poco más de masa que las piedras chancadas, por ende el acomodo entre partículas albergan menos vacíos, sin mencionar los poros internos inaccesibles, lo contrario ocurre con las piedras chancadas, que por tener forma angulara impide el acomodo natural entre partículas dejando más vacíos entre ellos en comparación con la piedra natural.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación de 4% respecto a la piedra de 1/2" mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" es de 1%, respecto a la piedra de 1/2". Esto debido a que, como se dijo anteriormente, las piedras naturales tienden a acomodarse mejor por la forma redondeada que tienen, y mientras más pequeñas son, estas se acomodan mejor, sin embargo esto no sucede para las piedras de procedencia chancada, ya que estas tienen la misma característica, es decir son angulares las dos, lo lógico sería que las piedras de menor tamaño tengan mejor acomodo y por lo tanto más P.U. pero esto no sucede así, y aunque la variación es mínima, esto indica que a pesar que existe mayor cantidad de vacíos entre partículas, las piedras chancadas de 3/4" contiene más masa sólida que las de 1/2".

Peso Unitario Compacto Seco

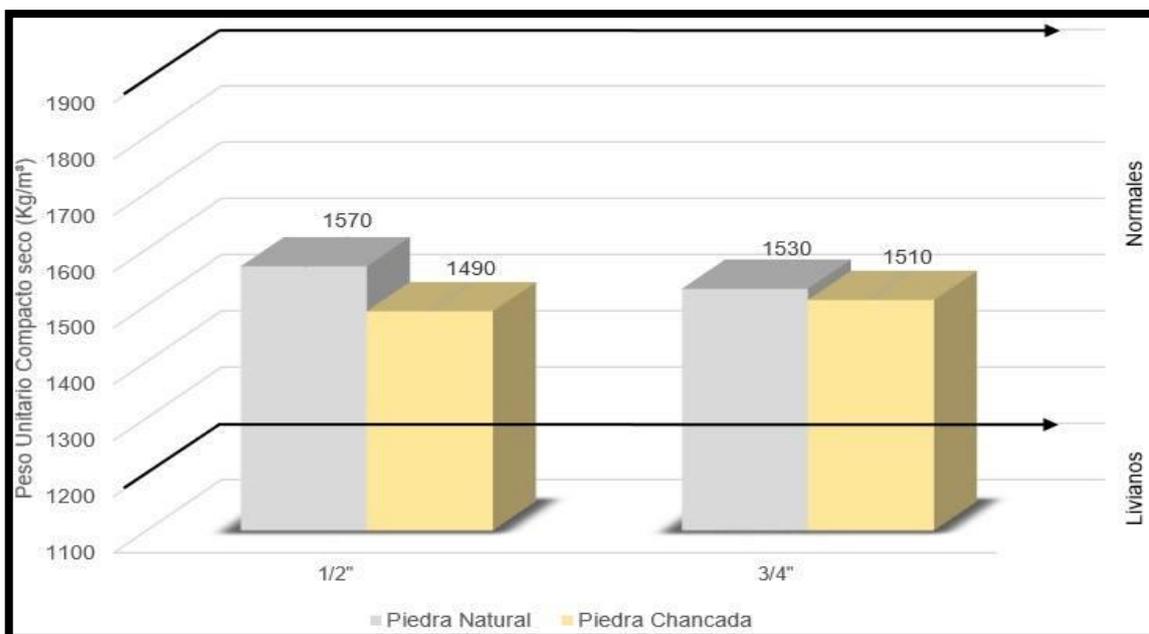


Figura N° 8: NTP 400.017:2011 Peso unitario compacto seco promedio

Fuente: Elaboración propia

En la *figura N° 8* se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación menor de 5% respecto a la piedra natural, y en la piedra de 3/4" hay una variación menor de 1% de la piedra chancada respecto a la natural.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación de 3% siendo mayor la piedra de 1/2" mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" es de 1%, siendo mayor la de 3/4", ambas variaciones respecto a la piedra de 1/2".

Las variaciones existentes en los resultados del P.U.C.S. se deben a lo ya explicado anteriormente, pues sucede de la misma manera que en el P.U.S.S. demostrando de esta manera que tanto la procedencia como el tamaño del agregado grueso, influyen en sus características.

Conocer el P.U. de los agregados es sumamente importante para hacer un diseño de mezclas, pues con este parámetro junto con el peso específico vamos a determinar la cantidad de material que se va a utilizar en un metro cubico de concreto; además este parámetro indica la cantidad de aire atrapado que puede existir entre las partículas y sirve para transformar pesos a volúmenes o viceversa.

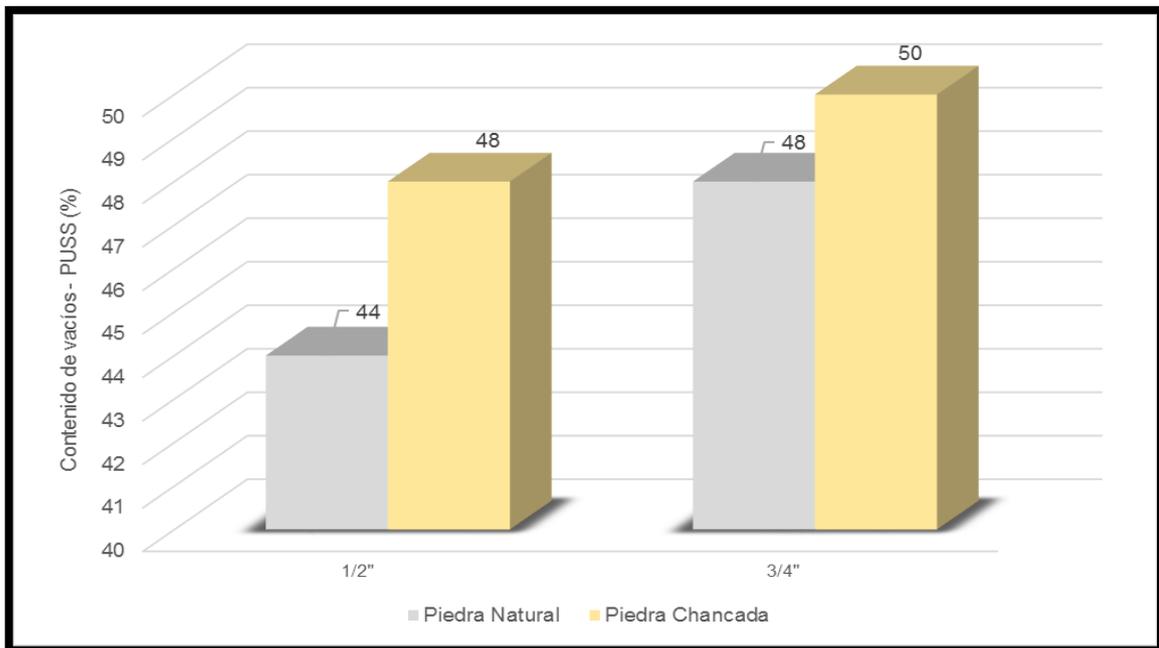


Figura N° 9: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, P.U.S.S.

Fuente: Elaboración propia.

En la *figura N° 9* se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación mayor de 9% respecto a la piedra natural, y en la piedra de 3/4" hay una variación mayor de 4% de la piedra chancada respecto a la natural.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación de 9% siendo mayor la piedra de 3/4" mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" es de 4%, siendo mayor la de 3/4", ambas respecto a la piedra de 1/2".

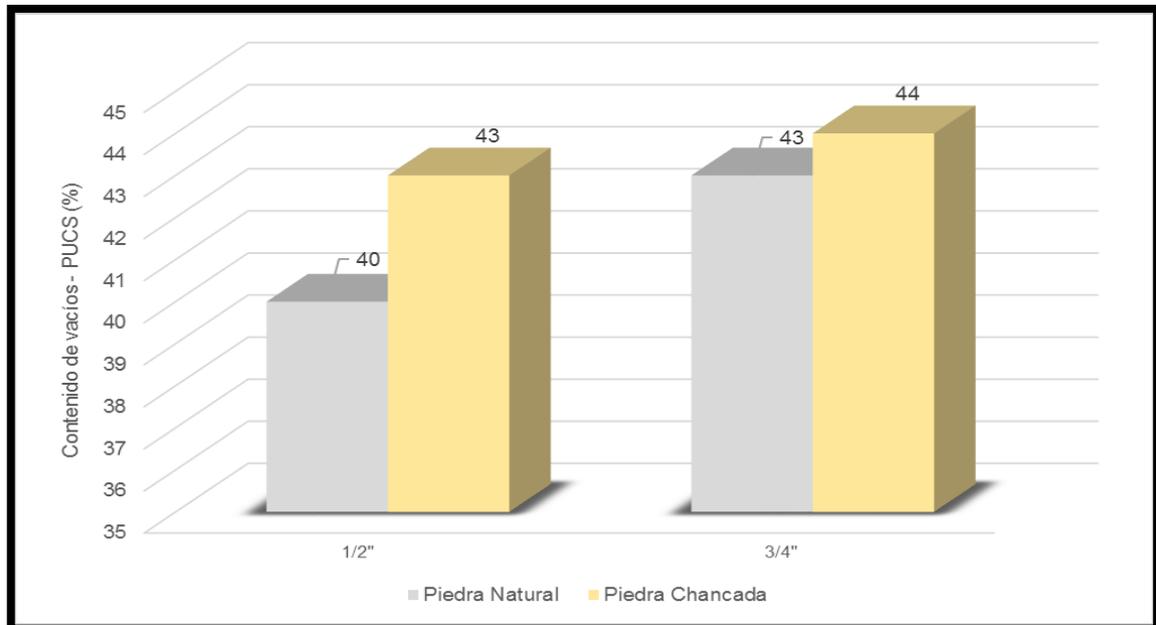


Figura N° 10: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, PUCS

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 10 se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación mayor de 8% respecto a la piedra natural, y en la piedra de 3/4" hay una variación mayor de 1% de la piedra chancada respecto a la natural.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación de 3% siendo mayor la piedra de 3/4" mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" es de 2%, siendo mayor la de 3/4", ambas respecto a la piedra de 1/2".

Estas variaciones respecto al peso unitario se deben a la existencia de aire atrapado entre partículas de las piedras, además del acomodo entre ellas; se aprecia también, en cuanto a la procedencia se refiere, que las piedras chancadas generan mayores vacíos que las piedras naturales, tanto compactadas como sueltas, esto porque las piedras chancadas son angulosas y al unirse unas con otras, estos ángulos generan vacíos entre sí, lo que no ocurre con las piedras naturales, pues al ser redondeadas tienden a ocupar o a llenar con más masa un determinado espacio o volumen, sin embargo sucede lo contrario al aumentar de tamaño entre piedras de la misma procedencia, pues se aprecia que mientras más grande es el agregado, el espacio entre partículas aumenta, siendo este aumento de espacios vacíos mayor para las piedras naturales en

comparación con las piedras chancadas, esto debido a que las partículas del agregado tienen un mayor diámetro, generando que estas al unirse unas con otras, y por su gran tamaño, ya no sean capaces de llenar los pequeños vacíos que se dejan, lo contrario ocurre con la piedra chancada, que por ser de forma angular, estas se unen mejor y al aumentar el tamaño dejan menos espacios libres entre ellas. En resumen, respecto a la procedencia, en las piedras del mismo tamaño, las naturales se acomodan mejor y respecto al tamaño, mientras más grande el tamaño del agregado, las piedras chancadas dejan menos cantidad de espacios libres que las piedras naturales. **Estrada y Páez (2014)** Señala que los agregados redondeados, que son los más baratos y con mayor disponibilidad en la región, obtuvieron bajas resistencias que el agregado chancado.

Esta característica es importante en el diseño de mezcla pues indica la cantidad de vacíos que existe entre las partículas de piedras, esto quiere decir que para llenar estos vacíos es necesario utilizar arena por lo tanto, las piedras chancadas necesitarán de más agregado fino que las piedras naturales lo cual se verá reflejado en el análisis de costos unitarios de la elaboración de un metro cúbico de concreto.

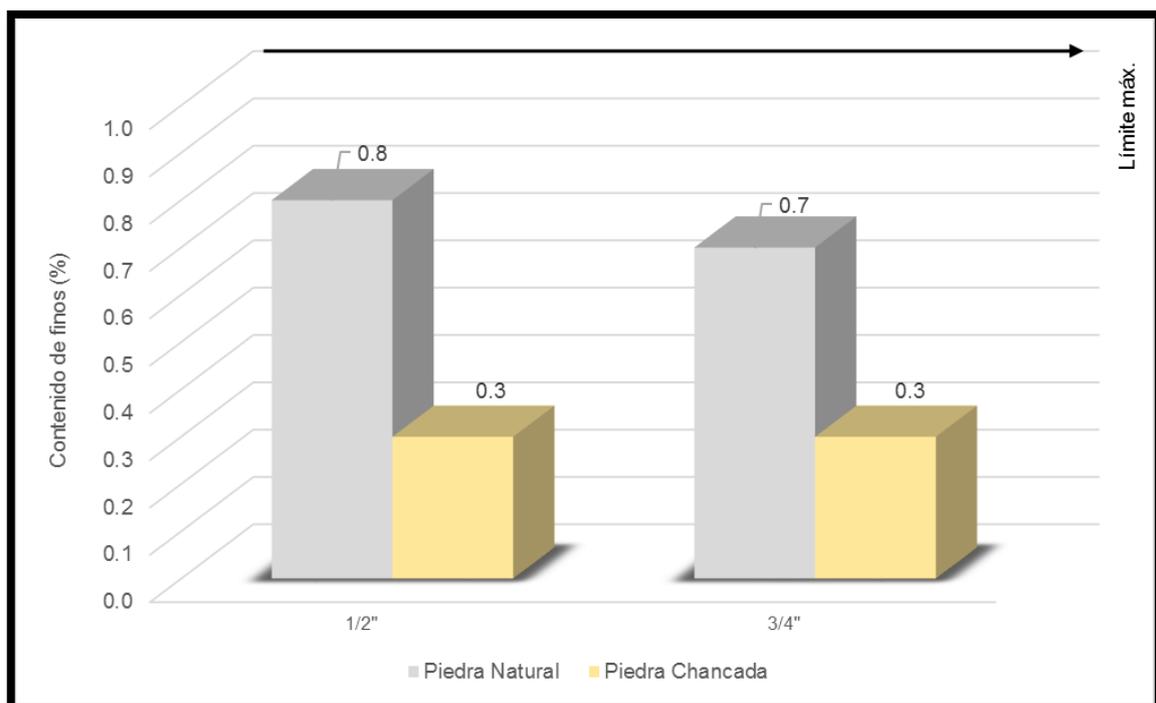


Figura N° 11: NTP 400.018:2013 - Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 11 se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación menor de 63% respecto a la piedra natural, y en la piedra de 3/4" hay una variación menor de 57% de la piedra chancada respecto a la natural.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación menor de 13% de la piedra de 3/4" respecto a la piedra de 1/2", mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" no existe variación.

Se aprecia claramente que las piedras naturales contienen más cantidad de material fino, esto debido a que las piedras naturales están en presencia directa con agentes externos de la naturaleza, caso contrario ocurre con la piedra chancada, la cual proviene de piedras de mayor tamaño y debido al proceso de trituración, ese pierde material fino, y pesar de que existe finos por el proceso mencionado anteriormente, estos son mucho menos en comparación a la piedra natural.

La cantidad de material fino presente en el agregado grueso no tiene que ser mayor del 1% y tiene incidencia en el diseño de mezcla pues, si los áridos tienen depositados sobre sus superficies partículas finas tales como polvo, arcilla o en el caso de las piedras chancadas, finos procedentes del propio machaqueo de estos, la adherencia con la pasta de cemento queda muy disminuida e incluso, los concretos y morteros hechos con ellos, pueden exigir mayor cantidad de agua de amasado como consecuencia del pequeño tamaño de estos, entonces es necesario que los finos estén presentes en una cantidad que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla.

La granulometría de un agregado es una característica muy importante debido a que, gracias a esta, es posible determinar los requerimientos de la pasta para lograr un concreto trabajable y debido a que el cemento es el componente más costoso del concreto, es deseable, minimizar al máximo el costo del concreto utilizando la menor cantidad de pasta consistente con la producción de un concreto que pueda ser manejado, compactado, acabado y proporcionar la resistencia y durabilidad necesaria. De este modo la cantidad de pasta depende de la cantidad de espacios vacíos que deben ser llenados y de la cantidad total de superficie de los agregados que debe ser recubierta por la pasta.

El análisis granulométrico de un árido consiste en determinar la distribución por tamaños de las partículas que lo conforman, es decir, en separar al árido en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, o de tamaños comprendidos dentro de determinados límites, y en hallar el porcentaje en que entra en el árido cada una de estas fracciones.

En el anexo 6: en las tablas N° 45, 46, 47, y 48 se puede apreciar que la distribución granulométrica de los agregados estudiados cumplen con los husos granulométricos establecidos por la norma, NTP 400.037:2014, es decir son óptimos para la elaboración de concreto.

El tamaño máximo de los agregados influye en los requerimientos de la pasta del concreto, así mismo la granulometría óptima del agregado grueso depende del tamaño máximo. El tamaño máximo es la abertura del menor tamiz a través del cual pasa el 100% de la muestra. Normalmente los requerimientos de granulometría están en el tamaño máximo nominal.

Conforme aumenta el tamaño máximo del agregado, disminuye la cantidad de pasta de cemento requerida. Debido a que la relación agua/cemento puede ser disminuida, para una trabajabilidad dada y contenido de cemento, la resistencia del concreto aumenta conforme aumenta el tamaño del agregado.

5.2. Ensayos químicos

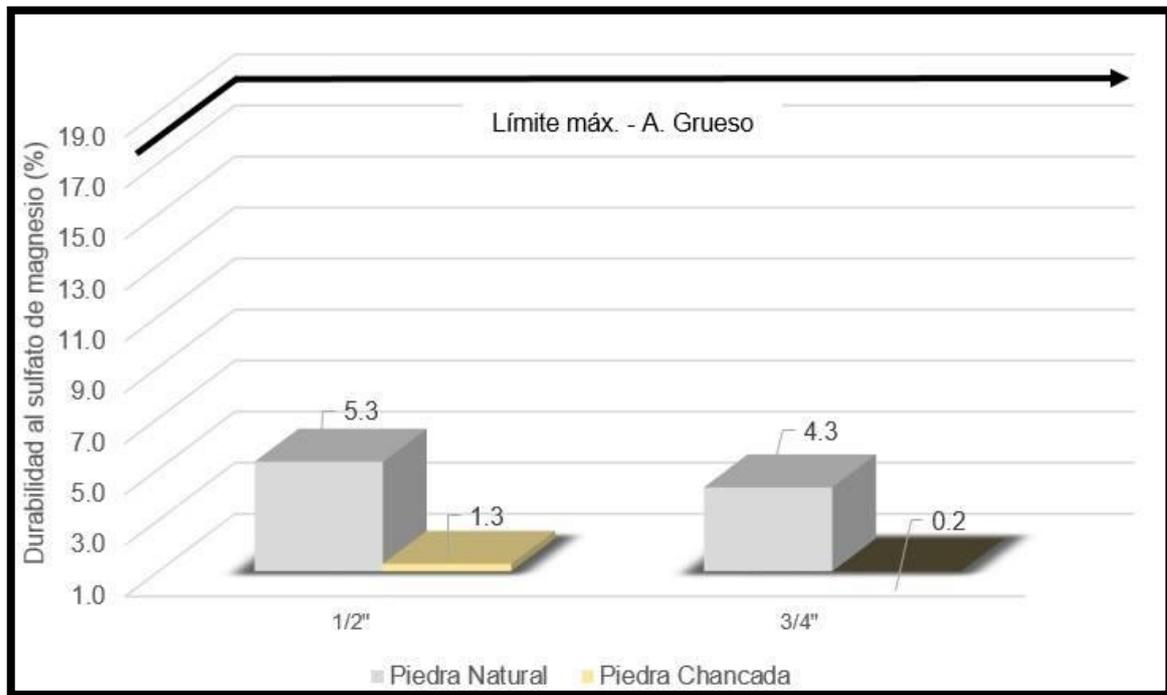
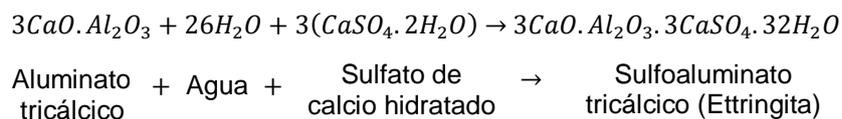


Figura N° 12: NTP 400.016:2011 - Durabilidad a los sulfatos promedio

Fuente: Elaboración propia

El ataque del concreto por sulfatos es una de las causas de agresión más peligrosas, lo que produce la desagregación de este material.

En el ataque por sulfatos se produce una reacción entre el sulfato de calcio hidratado y el aluminato tricálcico hidratado procedente del cemento, dando lugar a la formación de sulfoaluminato tricálcico hidratado que es expansivo y que se conoce como "sal de Candlot", "ettringita", o "bacilo de cemento", de acuerdo con la siguiente reacción:



La ettringita formada es altamente expansiva con un aumento de volumen producido por la gran cantidad de agua cristalizada que posee, esta expansión da lugar a que el concreto se fisure haciendo que penetre el agua agresiva con mayor facilidad y provocando la desagregación del mismo.

El agua agresiva no solo afecta a la pasta de cemento, sino también a los áridos que componen al concreto, si estos presentan una gran resistencia al ataque de sulfatos, la desagregación del concreto se verá reducido, ocurrirá lo contrario si los áridos tienen poca resistencia al ataque de sulfatos, estos se verán afectados y se desintegraran formando grietas y de esta manera generando que el concreto pierda una gran cantidad de resistencia.

Es por ello que la norma NTP 400.016:2014 establece un método de ensayo para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

En la *figura N° 12* se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación menor de 75% respecto a la piedra natural, y en la piedra de 3/4" hay una variación menor de 95% de la piedra chancada respecto a la natural.

Estas variaciones quieren decir que el agregado chancado tiene mayor resistencia que la piedra natural frente al ataque de sulfatos, este grado de ataque depende de la posibilidad de penetración de la solución en los agregados, y en este sentido cuando más pequeño sea el diámetro de los poros y más viscoso sea la solución menor será la posibilidad de ataque.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación de 19% siendo menor la piedra de 3/4" mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" es de 85%, siendo menor la de 3/4", ambas respecto a la piedra de 1/2".

Esto quiere decir que al aumentar el tamaño de una piedra de la misma procedencia, el ataque de sulfatos se reduce, siendo más grande la reducción de desintegración en la piedra chancada que la piedra natural.

Diferentes agentes externos pueden afectar al concreto, por ejemplo, los suelos pueden tener sulfatos de sodio, las aguas de mar poseen sulfato de sodio y de magnesio, entre otros. Las aguas residuales de procesos industriales pueden poseer igualmente una gran variedad de sulfatos, por esta razón y dependiendo del tipo de construcción que pueda hacerse, la norma NTP 400.037:2014 establece límites máximos permitidos para cada tipo de agregado siendo de 15% para el agregado fino y de 18% para el agregado grueso.

Además del ataque por sulfatos, existe otro tipo de ataque químico que es muy importante estudiar, la reducción de alcalinidad y sílice soluble, no solo en el concreto sino también en los agregados, cuya participación en la elaboración de concreto es de aproximadamente el 70%.

La reacción se produce entre los hidróxidos alcalinos procedentes del Na_2O y K_2O y los minerales silíceos del árido, dando lugar a la formación de un gel de sílice-álcali y a una alteración en la parte externa de este. El gel absorbe el agua dando lugar a un entumecimiento o hinchazón importante que puede originar fuertes presiones sobre la pasta de cemento produciendo su rotura.

El efecto destructor de la expansión está relacionado con: el contenido de alcalinos en el cemento, la forma y unión de estos en el mismo, el tipo de cemento, la naturaleza mineralógica de los áridos, así como la cantidad y tamaño máximo de los mismos, porosidad del concreto, y presencia de agua. También puede influir, aunque no de forma tan importante, el contenido de alcalinos en el agua de amasado, los aditivos, la temperatura y humedad relativa del ambiente, así como la tensión mecánica a que esté sometido el concreto. Sin embargo los álcalis libres y peligrosos proceden del cemento ya que los que acompañan al agua de amasado, por su poca cantidad, son despreciables.

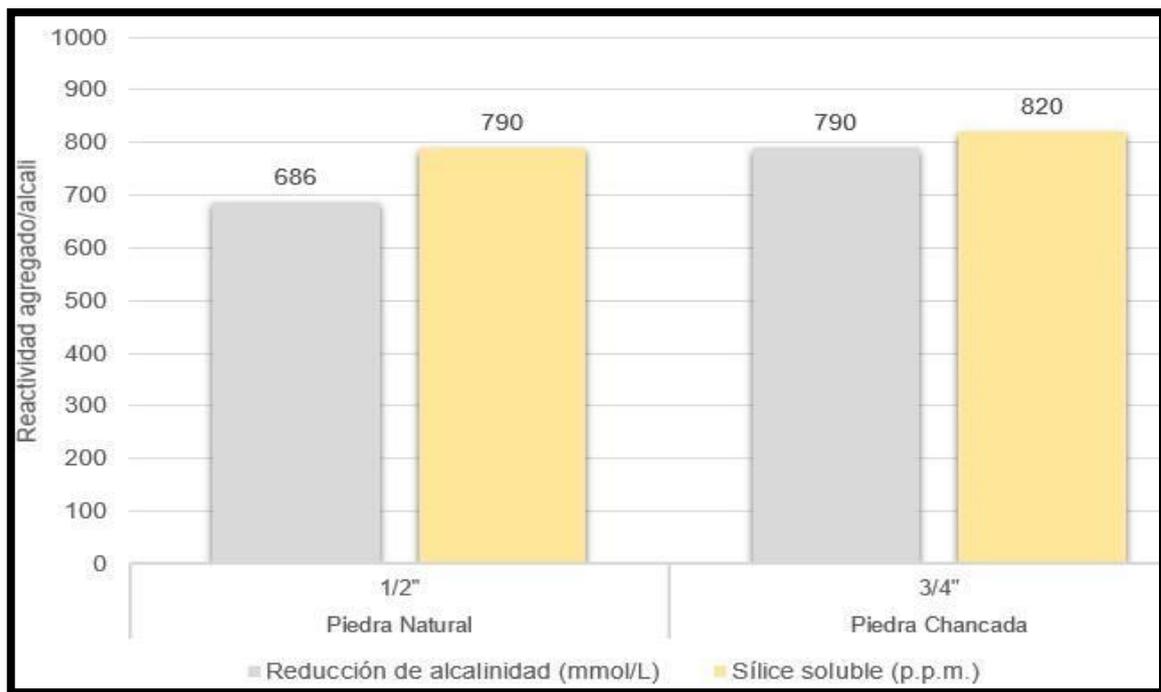


Figura N° 13: NTP 334.099:2011 - Reactividad agregado/álcali promedio

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 13 se aprecia que los valores obtenidos para el agregado grueso son: 686 mmol/L y 790 mmol/L para la reducción de la alcalinidad y de 790 ppm y 820 ppm de sílice. Esto quiere decir que la piedra chancada presenta más reactividad que la piedra natural, y que al aumentar el tamaño la cantidad de esta aumenta.

Comparando estos resultados con la figura que está en el Anexo 4 los agregados se clasifican en potencialmente reactivos. La norma NTP 334.099:2011 indica que un grado potencialmente deletéreo de reactividad álcali es indicado si alguno de los tres puntos Rc, Sc recae en el lado deletéreo de la curva sin embargo, los agregados potencialmente deletéreos representados por puntos situados por encima de la línea de trazos en dicho anexo pueden generar expansiones relativamente bajas en mortero o concreto aun cuando sean extremadamente reactivos con los álcalis. Esos agregados deberán ser considerados para indicar un grado potencialmente deletéreo

hasta que el comportamiento inocuo del agregado se demuestre por registros de calidad histórica o por ensayos suplementarios de acuerdo con la NTP 334.067, NTP 334.110 o ASTM C1293, como aplicable.

5.3. Ensayo mecánico

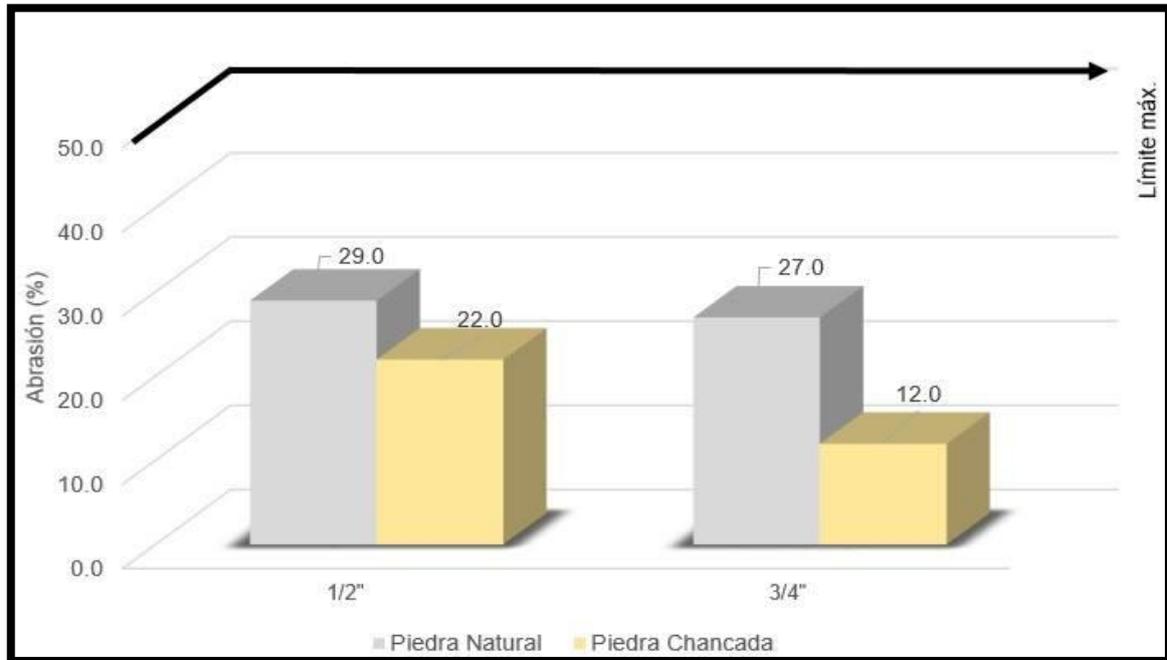


Figura N° 14: NTP 400.019:2014 - Abrasión promedio del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 14 se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación menor de 24% respecto a la piedra natural, y en la piedra de 3/4" hay una variación menor de 56% de la piedra chancada respecto a la natural.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación de 7% siendo menor la piedra de 3/4" mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" es de 45%, siendo menor la de 3/4", ambas respecto a la piedra de 1/2".

Esto quiere decir que las piedras chancadas tienen mayores resistencias al desgaste que las piedras naturales y que al aumentar el tamaño del agregado, las resistencias mejoran, en mayor medida para las piedras chancadas que para las naturales, esto está relacionado también a la masa sólida que tenga cada partícula de agregado, pues si este contiene más poros en su interior el desgaste será magnificado como sucede en las piedras naturales. **Ortega (2013)** Señala que la cantera natural: en el ensayo de abrasión se obtuvo una resistencia al desgaste de 42.5% que es menor al 50% que es el porcentaje máximo admisible para agregados gruesos de buena resistencia,

La resistencia a la abrasión del concreto es un fenómeno progresivo. Inicialmente la resistencia está muy relacionada con la resistencia a la compresión en la superficie de desgaste, y la mejor forma de juzgar el desgaste de un piso es en base a esta resistencia. A medida que la pasta se desgasta los agregados finos y gruesos quedan expuestos; la abrasión y los impactos provocarán una degradación adicional relacionada con la resistencia de la adherencia entre la pasta y los agregados y la dureza de los agregados.

5.4. Diseños de mezclas

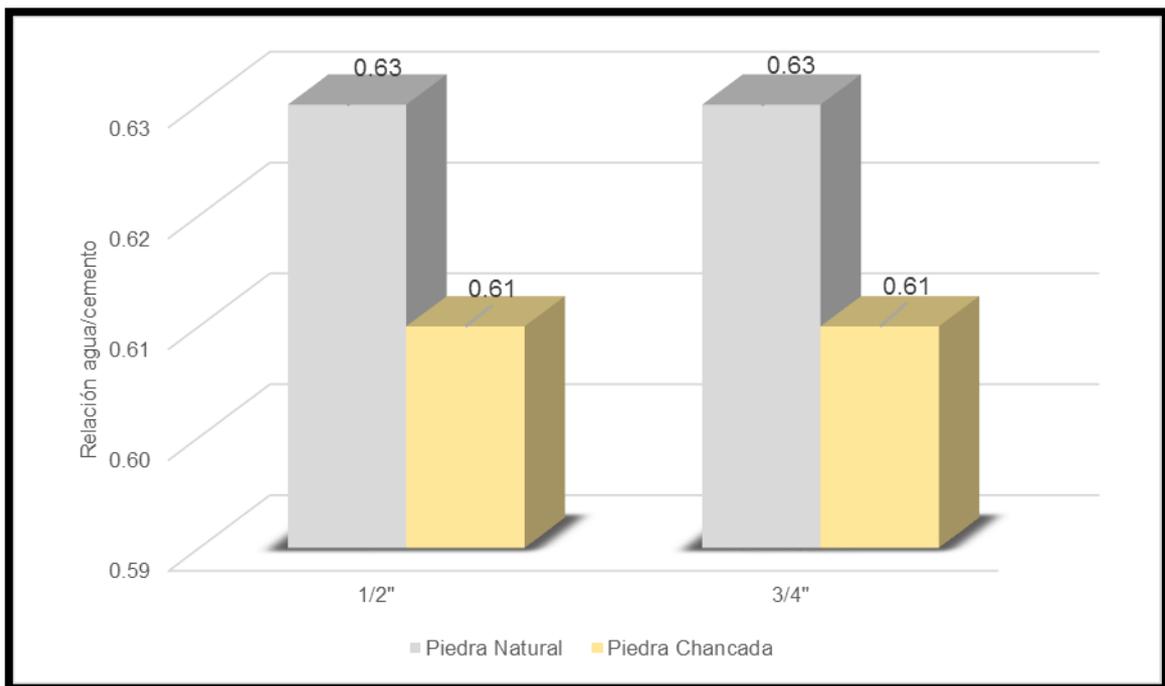


Figura N° 15: Relación agua/cemento del diseño de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

La relación agua/cemento es muy importante en el diseño de mezcla, pues de este depende la resistencia que se desea tener en el concreto. Cuando la relación agua cemento es muy elevada, las propiedades mecánicas del concreto se ven afectadas negativamente, además si la relación es alta, esta es responsable de la alta porosidad, alta absorción y baja densidad en el concreto.

Sin embargo el contenido de agua depende mucho de las características físicas del agregado, como la absorción y contenido de humedad, pues de estas dependerá finalmente el contenido de agua que hay que agregarle al concreto, pues como se sabe, al hablar de la relación agua/cemento, es necesario distinguir entre la que se denomina "efectiva" y "teórica". Estas dependen del estado en que se encuentre el agregado, es decir una relación agua/cemento es teórica cuando el agregado se encuentra totalmente seco, y es efectiva cuando en este existe contenido de humedad presente dentro del agregado y por ende habrá necesidad de agregar o disminuir el agua de mezcla en el concreto.

En la *figura N° 14* se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación menor de 3% respecto a la piedra natural, y en la piedra de 3/4" hay una variación menor de 3% de la piedra chancada respecto a la natural.

Con esto se sabe que las piedras chancadas tienen menos relación agua/cemento, esto no es porque se necesite de más cemento, sino que se necesite menos cantidad de agua, pues como se sabe, el agregado chancado contiene menos porosidad y menos contenido de humedad que las piedras naturales.

Estas relaciones son las mismas en cuanto al tamaño se refiere, esto debido a que como se dijo anteriormente que de relación agua/cemento depende la resistencia a la compresión del concreto a la que se quiere llegar, y como se hizo un diseño de $F'c=210\text{kg/cm}^2$, es lógico que ambas relaciones sean las mismas para lograr las mismas resistencias.

Sin embargo, esto no quiere decir que en ambos diseños se necesite la misma cantidad de material a utilizarse, pues depende de las características de los agregados para determinar finalmente si se necesitara más o menos cemento para lograr dicha resistencia esperada, además del agua a emplearse para dicho fin, lo cual se verá reflejado en el análisis de costos unitarios, donde se verá el aporte de cada uno de los materiales utilizados.

5.5. Costos de producción

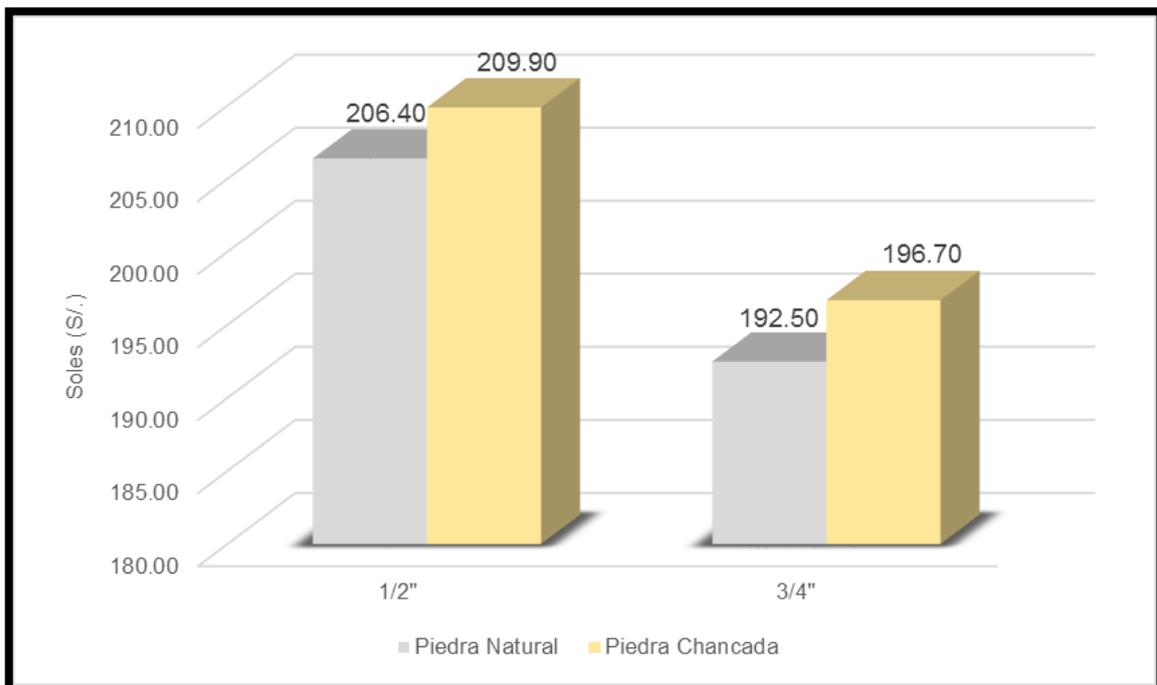


Figura N° 16: Costo de producción de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración propia

En la *figura N° 16* se aprecia que en cuanto a la procedencia se refiere, la piedra chancada de 1/2" tiene una variación mayor de 2% respecto a la piedra natural, esto quiere decir que para elaborar

concreto de resistencia a la compresión $F'c=210\text{kg/cm}^2$ el costo por metro cúbico elaborado con piedra chancada, será el 2% más caro que la piedra natural; y en la piedra de 3/4" hay una variación menor de 2% de la piedra chancada respecto a la natural, esto quiere decir que el costo de concreto elaborado con piedra chancada será el 2% más caro que la piedra natural.

En cuanto al tamaño también existe variación; para las piedras de procedencia natural entre 1/2" y 3/4" hay una variación de 7% siendo menor la piedra de 3/4" mientras que para las piedras chancadas entre 1/2" y 3/4" es de 6%, siendo menor la de 3/4", ambas respecto a la piedra de 1/2". Esto quiere decir que, al aumentar el tamaño de la piedra para llegar a una misma resistencia, en este caso $F'c=210\text{kg/cm}^2$, el costo del metro cúbico del concreto disminuirá, pues para elaborar concreto se utiliza más cemento en las piedras de menor tamaño que en las piedras grandes, y como el cemento es el material más costoso en la elaboración de concreto, incide en gran magnitud su precio por metro cúbico.

Los costos de la *figura N° 16* están elaborados sin tener en cuenta el precio por mano de obra ni por equipos, esto con la intención de conocer solo la influencia del costo del agregado grueso chancado versus el agregado grueso natural.

En la *Tabla N° 38* y *N° 39* se puede apreciar el aporte unitario de los materiales por metro cúbico de concreto y la influencia de su participación en el costo total para la elaboración del concreto. Así se puede apreciar que a pesar que el agregado chancado excede su precio en 10.00 soles respecto al agregado natural, gracias a las mejores características de este, el precio final solo excede en 3.50 soles por metro cúbico de concreto en las piedras de 1/2" y de 4.20 soles en las piedras de 3/4".

Estos costos se minimizan porque para elaborar un metro cúbico de concreto de resistencia $F'c=210\text{kg/cm}^2$, las piedras chancadas ocupan menos volumen que las piedras naturales, por esta razón en el diseño de mezcla se necesitara menos piedras chancadas que las naturales, disminuyendo significativamente el costo del concreto.

Referente al tamaño, el precio sí varía considerablemente, pues entre piedras naturales de 1/2" y 3/4" el costo disminuye 13.90 soles, mientras que para las chancadas disminuye 13.20 soles. Estos costos se minimizan demasiado, no por la incidencia de la piedra, sino por la cantidad de cemento que se necesita en las piedras más pequeñas respecto a las grandes, pues como se sabe, al necesitarse más cantidad de cemento en una respecto a la otra, el costo aumenta considerablemente porque el precio en el mercado del cemento supera en demasía a todos los demás materiales utilizados en la elaboración de concreto.

En lo que respecta al agua y a la arena no representan gran incidencia en el costo de la elaboración de concreto debido al bajo costo de su precio en el mercado, así la variación del precio respecto a la procedencia y tamaño no supera los 0.20 soles por metro cúbico de concreto.

CONCLUSIONES

- Se determinó que las características del tamaño y tipo de agregado grueso influyen favorablemente en un diseño de mezcla de concreto. Las mejores características obtenidas fueron los agregados con un tamaño de 3/4" respecto al tamaño de 1/2" y tipo chancado respecto al natural, debido a que los agregados chancados tienen mayor resistencia al desgaste en un 56%, menor cantidad de finos en un 57% y una mayor durabilidad a los sulfatos en un 95% respecto a los agregados naturales. Todas las características del agregado cumplen con los requisitos de las normas NTP 339.185; NTP 400.012; NTP 400.017; NTP 400.021; NTP 400.022; NTP 400.018, NTP 400.016; NTP 334.099, NTP 400.019 de humedad, granulometría, peso unitario y contenido de vacíos, peso específico, absorción, contenido de finos, durabilidad a los sulfatos, reactividad agregado-álcali, y de resistencia al desgaste en agregados gruesos por medio de la máquina de abrasión Los Ángeles, respectivamente.
- Se elaboraron los ensayos físicos para evaluar las características del agregado de humedad, absorción, peso específico, peso unitario, contenido de vacíos y contenido de finos, y granulometría. En donde se obtuvo que la humedad respecto a la procedencia en las piedras de 1/2", el agregado chancado tiene 0.4% y el agregado natural 0.9%, y en las piedras de 3/4" el agregado chancado tiene 0.3% y el agregado natural 0.6% lo que indica que el agregado chancado contiene menos humedad que el agregado natural y mientras el tamaño aumenta la humedad disminuye en ambas piedras de la misma procedencia, lo mismo sucede con la absorción, teniendo resultados para las piedras de 1/2" de 2.6% en las piedras naturales y 1.3% en las chancadas, en las de tamaño 3/4" se tiene una absorción de 1.8% en las naturales y de 1% para las chancadas. En cuanto al peso específico se obtuvieron en las piedras de 1/2" valores de 2570 kg/m³ para las piedras naturales y 2630 kg/m³ para las piedras chancadas; en el tamaño de 3/4" se obtuvieron valores de 2700 kg/m³ para ambas piedras. En el peso unitario se obtuvieron valores en las piedras de 1/2" de 1570 kg/m³ en las piedras naturales y 1490 kg/m³ en las chancadas, para el tamaño de 3/4" se obtuvieron valores de 1530 kg/m³ en las piedras naturales y 1510 kg/m³ en las piedras chancadas, concluyendo de esta manera que las piedras naturales se acomodan mejor que las chancadas; esto se ve reflejado en el contenido de vacíos, pues las piedras chancadas por su forma angular tienden a dejar más vacíos que las piedras naturales, siendo en las piedras de 1/2" 40% en las piedras naturales mientras que para las chancadas los vacíos son de 43% y en las piedras de tamaño de 3/4" las piedras naturales tienen 43% y 44% las chancadas, es así que conforme el tamaño aumenta los vacíos también aumentan. Respecto al contenido de finos las piedras naturales contienen mucho más finos que las piedras chancadas, en este caso en las piedras de 1/2" las naturales contienen 0.8% y las chancadas 0.3%, y en las piedras de 3/4" las naturales contienen 0.7 y las chancadas 0.3%. en cuanto a la granulometría se refiere, todas las piedras están dentro de los

límites establecidos por los husos granulométricos según cada porcentaje retenido acumulado de cada piedra.

- Se analizaron las características químicas del agregado de durabilidad a los sulfatos y de reactividad agregado-álcali, obteniendo para la durabilidad al sulfato de magnesio en las piedras de 1/2" una desagregación de material de 5.3% en las piedras naturales y en las chancadas una desagregación de 1.3%; y en las piedras de 3/4" las piedras naturales tienen una desagregación de 4.3% mientras que las piedras chancadas solo tiene 0.2%, con esto se entiende que al aumentar el tamaño de la piedra la resistencia de esta aumenta mientras que respecto a la procedencia, las piedras chancadas tienen mayores resistencia al ataque de sulfatos que las piedras naturales. En cuanto a la reactividad agregado-álcali se encontró que ambas piedras, tanto la natural como la chancada, son potencialmente deletéreas, es decir estas generan expansión al reaccionar con los álcalis del cemento, sin embargo la norma NTP 334.099:2011 dice que estas expansiones son relativamente bajas en morteros o concreto.
- Se realizó el ensayo mecánico de resistencia al desgaste, donde se obtuvieron valores en las piedras de 1/2" 29% en las de procedencia natural y 22% en las chancadas; en las piedras de tamaño 3/4" se obtuvieron valores de 27% en las piedras naturales y 12% en las chancadas, con esto queda demostrado que las piedras chancadas tienen mayor resistencia al desgaste que las piedras naturales y cuando el tamaño de la partícula aumenta esta resistencia al desgaste, también aumenta.
- Se diseñó una mezcla de concreto y un análisis de costos para un concreto de resistencia de 210 kg/cm² donde se obtuvieron valores de 0.63 en las piedras naturales y de 0.61 en las piedras chancadas verificando así que la relación agua/cemento es menor para las piedras chancadas; con respecto al costo unitario por metro cúbico para la elaboración de concreto elaborado con piedra chancada de 1/2" cuesta 3.50 soles más que las piedras naturales de 1/2" y que en las piedras de 3/4" las piedras chancadas cuestan 4.20 soles más que las piedras naturales, ambos precios representan solo el 2% de variación del costo de la piedra chancada respecto al costo de la piedra natural.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las empresas constructoras, no solo determinar las características físicas que intervienen en un diseño de mezcla, sino también determinar las características químicas y mecánicas que pueden influenciar la durabilidad del concreto y garantizar la resistencia deseada en el concreto.
- Se recomienda el uso a los constructores, entidades públicas y usuarios particulares elaborar concretos utilizando piedra chancada en edificaciones expuestas a lluvia, en cimentaciones expuestas a napa freática, en edificaciones en proximidades con la costa, entre otras que estén expuestas con agentes externos agresivos que pueden fácilmente contaminar al concreto y por ser la piedra chancada más resistente y contener mayor masa sólida, lo hace ideal para este tipo de construcciones al representar solo una variación del 2% respecto al precio del agregado natural, si bien es cierto esto representa un mayor costo, pero con las piedras chancadas se puede evitar el uso de aditivos, pues la resistencias finales serán óptimas para la utilización de este material en el concreto para los casos ya mencionados.
- Se recomienda el uso de agregado chancado para las empresas constructoras dedicadas al rubro vial, dado que las piedras chancadas tienen mayor resistencia al desgaste que las piedras naturales, lo cual lo hace ideal para su uso en obras viales.
- Se recomienda el uso de agregados de 3/4" porque tienen mejores características favorables, para un diseño de mezcla; además cuenta con mejor resistencia y durabilidad en comparación con los agregados de 1/2".
- Realizar los ensayos de humedad, absorción, peso específico, peso unitario, granulometría, son de suma importancia para la elaboración de los diseños de mezclas, además de tener en cuenta el contenido de finos, durabilidad a los sulfatos, reactividad agregado – álcali y resistencia al desgaste en agregados gruesos bajo la norma técnica peruana - NTP 400.037:2014.
- Se recomienda a futuros investigadores, realizar estudios de los agregados y determinar la influencia de la procedencia y del tamaños en sus características físicas, químicas y mecánicas, en otras canteras que produzcan ambos tipos de agregado y comparar los resultados y las variaciones obtenidas en cada ensayo para verificar si estas coinciden con la de esta investigación.
- Se recomienda a futuros investigadores elaborar concreto para determinar las resistencias finales a las que puede llegar este, utilizando piedra natural y piedra chancada, además de verificar la trabajabilidad del concreto con el uso de diferentes tamaños y procedencia del agregado grueso.

REFERENCIAS

- Anchayhua, G. (2005). Uso del hormigón clasificado de río en la fabricación del concreto de mediana a baja resistencia y su explotación como agregado global. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Barahona, R. A., Martínez, M. V., & Zelaya, S. E. (2013). Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, el carmen, aramuaca y la pedrera, de la zona oriental de el salvador. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de El Salvador, San Miguel, El Salvador.
- Cánovas, M. (2013). Hormigón (10.^a ed.). Madrid, España: Garceta.
- Céspedes García, M. (2003). Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido. Piura: Universidad de Piura.
- Chan Yam, J. L., Solís Carcaño, R., & Moreno, E. (2010). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Ingeniería, 7(2), 39-46. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770203>
- Contreras, W. A. (2014). Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén-Cajamarca. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú.
- Estrada, C. G., & Páez, R. (2014). Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Veracruzana, Coatzacoalcos, México.
- Gerardo Rivera, L. (2006). Concreto simple. Colombia: Universidad de Cauca.
- Gutiérrez, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción (2.^a ed.). Manizales, Colombia.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2017). Patologías y durabilidad del concreto. Construcción y Tecnología del Concreto.
- Mendoza, V. G. (2008). Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de totonicapán. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Totonicapán, Guatemala.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2014). Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Obtenido de <http://www.vivienda.gob.pe/>

- Ortega, A. (2013). La calidad de los agregados de tres canteras de la ciudad de ambato y su influencia en la resistencia del hormigón empleado en la construcción de obras civiles. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Osorio, J. D. (28 de Junio de 2017). 360° en concreto - Blog de concreto 2017. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/resistencia-mecanica-del-concreto-y-resistencia-a-la-compresion/>
- Rubio, L. A. (2014). Manual de estadística. Guía de investigación , Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- Soto, R. E. (2008). Evaluación y análisis de mezcla de concreto, elaboradas con agregados de origen pétreo (canto rodado y trituración) y escoria de acería. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Uber, R. M. (2014). Influencia del tamaño máximo del agregado grueso de la cantera Condorire en el diseño de mezclas asfálticas en caliente para la carretera Puno – Tiquillaca - 2014. Puno: Universidad Nacional del Antiplano.

ANEXOS

Anexo 1: Panel Fotográfico



Figura N° 17: Apilamiento de los agregados.
(Propia)



Figura N° 18: Lugar de extracción de agregados.
(Propia)



Figura N° 19: Lugar de trituración del agregado
(Propia)



Figura N° 20: Contenido de humedad - Estufa.
(Propia)



Figura N° 21: Peso específico del agregado grueso - secado superficial con franelas. (Propia)



Figura N° 22: Peso específico del agregado grueso - peso sumergido. (Propia)



Figura N°24: Granulometría (Propia)



Figura N° 25: Cantidad de finos - lavado del material por el tamiz N°200. (Propia)



Figura N° 23: Peso unitario (Propia)



Figura N° 26: Durabilidad a los sulfatos - agregados sumergidos en solución de magnesio.



Figura N° 27: Durabilidad a los sulfatos - agregados lavados con cloruro de bario.



Figura N°29: Máquina de Los Ángeles. (Propia)



Figura N°28: Durabilidad a los sulfatos - muestras en estufa. (Propia)

Anexo 2. Canteras en La Libertad – Gerencia Regional de Energía, Minas e Hidrocarburos.

Derechos Mineros y UEAs

Reportes | Datamart | Mapas | Ayuda

Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (91 Registros)

1 2 3 4 5 [Siguiente](#)

NOMBRE TITULAR	CODIGO	NOMBRE	TIPO	ESTADO	SITUACION	SUSTANCIA	REGION	PROVINCIA	DISTRITO
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA MOTIL	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Otisco	Aguelampa
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA LA PAIPA	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Julcan	Julcan
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100004030AF	CANTERA PARAISO	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Julcan	Julcan
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100006030AF	CANTERA SHOREY	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100006030AF	CANTERA QUIRMITA	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100007030AF	CANTERA PAIPA LA JULIA	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100006030AF	CANTERA CALLACUYAN	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010001104F	CANTERA CHISAMA I	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Chicama
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010018104F	CANTERA HUANCHACO I	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010001915AF	CANTERA ROCA	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Santiago De Chiro
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002015AF	CANTERA QUEBRADA SECA	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002115AF	CANTERA LLARAY	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002210AF	CANTERA GUADALUPE	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Yru	Guacabugo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002115AF	CANTERA PASAMAYO	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Cabrillon
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002310AF	CANTERA CAMPO NUEVO	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Yru	Guacabugo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002315AF	CANTERA LOMAS	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Argamarcas
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002115AF	CANTERA PAIPAMARCA II	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Argamarcas
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010003311AF	CANTERA CHILCO 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Pasasmayo	San Pedro De Lobos
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010004514AF	CANTERA COSCOBAMBA 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Yru	Chico
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010004712AF	CANTERA CERRO CHILCO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pasasmayo	San Pedro De Lobos

BIUSCAR

Código Unidad:

Nombre Unidad:

cantera:

Titular:

Titulares vigentes

Cesionados vigentes

Todo el histórico

Región:

La Libertad

Provincia:

Todas

Distrito:

Todas

Tipo Expediente:

Todas

Estado:

Todas

Situación:

Todas

Sustancia:

No Metalica

Coordenada Este:

Coordenada Norte:

Zona UTM:

Seleccionar

Datum:

Derechos Mineros y UEAs
 Reportes   
 Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (91 Registros)

Anterior 1 2 3 4 5 Siguiente

NOMBRE TITULAR	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ESTADO	SITUACIÓN	SUSTANCIA	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA COSCOBAWISA 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA OSERRO CHILCO 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA COSCOBAWISA 3	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA CERRO ORILLO 3	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA COSCOBAWISA 4	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Vir	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA SAN PEDRO DE LLOC	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA LAS PAUPES	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Ricun
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA LAS TONNES	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA CHICANA	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Chicama
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA SOLEDAD 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Chicama
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA EL MILAGRO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Huanchaco
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA CHAO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA JOSMAR	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Huanchaco
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA CHAO 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA CAJALTA 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Guacastigo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA CAJALTA 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Guacastigo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA LARECO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Vir	Lureo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA RIO SECO 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Vir	Sabany
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA URU 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Vir
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010026144F	CANTERA GUADALUPITO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vir	Guacastigo

BUSCAR
 Código Unidad:
 Nombre Unidad:
 Titular:
 Titulares vigentes
 Cesionados vigentes
 Todo el histórico
 Región:
 Localidad:
 Provincia:
 Todos:
 Distrito:
 Todos:
 Tipo Expediente:
 Todos:
 Estado:
 Todos:
 Situación:
 Todos:
 Sustancia:
 No Metálica:
 Coordenada Esq:
 Coordenada Norte:
 Zona UTM:
 Selector:
 Datos:
 Selector:

Derechos Mineros y UEAs

Reportes Mapas

Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (91 Registros)

Anterior 1 2 3 4 5 Siguiente

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ESTADO	SITUACIÓN	SUSTANCIA	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO
0100066134F	CANTERA GUADALUPE	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	Guadalupe
0100066144F	CANTERA HUACA CORRAL	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vtú	Guadalupe
0100066134F	CANTERA CUERBADA GUADALUPE	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	Guadalupe
0100066134F	CANTERA TALAMBO	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Chepén	Chepén
0100066134F	CANTERA LOS CERCOS	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Chepén	Pueblo Nuevo
0100070134F	CANTERA EL ANGEL 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Chepén	Chepén
030001600	CANTERA SAN BERNARDO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
03001600	CANTERA SAN BERNARDO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascópe	Chicama
03004300	CANTERA ISAAC	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
03004810	CANTERA LA PAIPA 3010	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascópe	Razuri
03005810	CANTERA CUCULCOTE	TT-TITULADO (CONCESION)		VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascópe	Ascópe
03008613	CANTERA HOREB	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascópe	Chicama
03008011	CANTERA EL SOL	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Lobos
03008409	CANTERA CAMELIA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Lobos
03008413	CANTERA H & M	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
03008607	CANTERA CAMILITA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TT-TITULADO (CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vtú	Guadalupe
030010615	CANTERA EL ALTO POR ENIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir
030010615	CANTERA EL ALTO POR ENIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir
030010615	CANTERA EL ALTO POR ENIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir
030010615	CANTERA EL ALTO POR ENIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir

BUSCAR

Código Unidad:

Nombre Unidad:

cantera

Titular:

Titulares vigentes

Cesionados vigentes

Todo el histórico

Región:

La Libertad

Provincia:

Todos

Distrito:

Todos

Tipo Expediente:

Todos

Estado:

Todos

Situación:

Todos

Sustancia:

No Metalica

Coordenada Este:

Coordenada Norte:

Zona UTM:

Seleccionar

Datut:

Seleccionar

Derechos Mineros y UEAs
 Reportes | Datamart | Mapas | Ayuda

Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (91 Registros)

Anterior 1 2 3 4 5 Siguiente

CODIGO	NOMBRE	TPO	ESTADO	SITUACION	SUSTANCIA	REGION	PROVINCIA	DISTRITO
030010615	CANTERA EL ALTO PORVENIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir
030010709	CANTERA CHILCO ROMAR	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Peasamayo	San Pedro De Lloc
030011209	CANTERA CERRO CAMPANA SAC	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO(CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Peasamayo	San Pedro De Lloc
030011215	CANTERA LOS FIGUS	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Peasamayo	San Pedro De Lloc
030011515	CANTERA SEÑOR CAUTIVO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
030013509	CANTERA CERRO CAMPANA SAC 3	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Razuri
030015711	CANTERA EL ARENAL I	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO(CONCESION)	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Ascope
030021214	CANTERAS SAN FELIPE	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Chicama
030021615	CANTERA CAG	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
030021615	CANTERA CAG	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Chicama
030023115	CANTERA LAZARO 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
030023316	CANTERA ADELMO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Otuzco	La Oroya
030023316	CANTERA ADELMO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Otuzco	Panamayo
030023413	CANTERAS EL OJO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Peasamayo	San Pedro De Lloc
030024008	CANTERA PIEDRAS GORDAS	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO(CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
030027003	CANTERA DELMA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO(CONCESION)	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
030028008	CANTERA ALONSO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO(CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
030029816	CANTERA LA CONCORDIA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Ascope
030029816	CANTERA LA CONCORDIA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Casa Grande
030035414	CANTERA ARENIA ELMICA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir

Buscar
 Código Unidad:
 Nombre Unidad:
 cantera
 Titular:
 Titulares vigentes
 Cesionados vigentes
 Todo el histórico
 Región:
 La Libertad
 Provincia:
 Todas
 Distrito:
 Todos
 Tipo Expediente:
 Todos
 Estado:
 Todos
 Situación:
 Todas
 Sustancia:
 No Metalica
 Coordenada Este:
 Coordenada Norte:
 Zona UTM:
 Seleccionar
 Datum:
 Seleccionar

Derechos Mineros y UEAs

Reportes | Dashboard | Mapas | Ayuda

Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (91 Registros)

Avanzar 1 2 3 4 5

NOMBRE TITULAR	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ESTADO	SITUACIÓN	SUBSTANCIA	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO
MACHARRA ABAYTO CARLOS MANUEL	60005414	CANTERA ARENIA BLANCA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
CORRALES VEGA ADELMO	60026772	CANTERA RUBIO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO (CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
CORPORACION MINERA SAN MANUEL S.A.	600418508	LA CANTERA	DEMANDA (D.LEG. 185 Y ANTERIORES)	TIT-TITULADO (CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Gran Chimo	Sayapolo
MINIKOR S.A.C.	600002713	CANTERA HUANCHACO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
ESCOBAR PIUTO FRITZ	600000811	CANTERA SAN FRANCISCO XXX	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
MORENO MEJIA CARLOS ANTONIO	60001112	CANTERA MORENO MEJIA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Llos
CARCAMO PASAPERA PEDRO PABLO	60001212	CANTERA CARCAMO PASAPERA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ancash	Chilama
TESSAROLO BARRION ARTURO	600002015	CANTERA TESSAROLO I	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ancash	Chilama
TESSAROLO BARRION ARTURO	60001115	CANTERA TESSAROLO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Llos
PERALTA DE BETETA AURORA VICTORIA	60007010	CANTERA CAMUJTA I	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO (CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Yau	Guaucabligo
CHUQUIPOMA LLALLAHUACA MANUEL ANO	60014811	CANTERA LA REFUGIO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO (CONCESION)	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ancash	Ancash

Anexo 3: Precio de Cemento Pacasmayo Extraforte ICo

SODIMAC [Inicia sesión](#) / [Regístrate](#)

Cemento Extraforte 42.5 Kg Pacasmayo

SKU113279-2 [f](#) [t](#) [@](#)

PACASMAYO
CEMENTO
EXTRA FORTE
CON ADICIONES ACTIVAS
MAYOR RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
RECOMENDADO PARA COLUMNAS, MURAS, CERRAJES, TUBERÍAS Y CERRAJES EN CEMENTO, REFORZADO Y ACABADO EN SUPERFICIE DEL HORMIGÓN
42.5kg

Precio corresponde a tienda:
Trujillo.
El precio puede cambiar al modificar la ciudad de despacho o retiro.

S/ 22.10 C/U
Acumulas: 22 CMR Puntos

Cantidad: 1 [+](#) [-](#) [Agregar al carro](#) [Agregar a mi lista](#)

REVISAR LA DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO A:

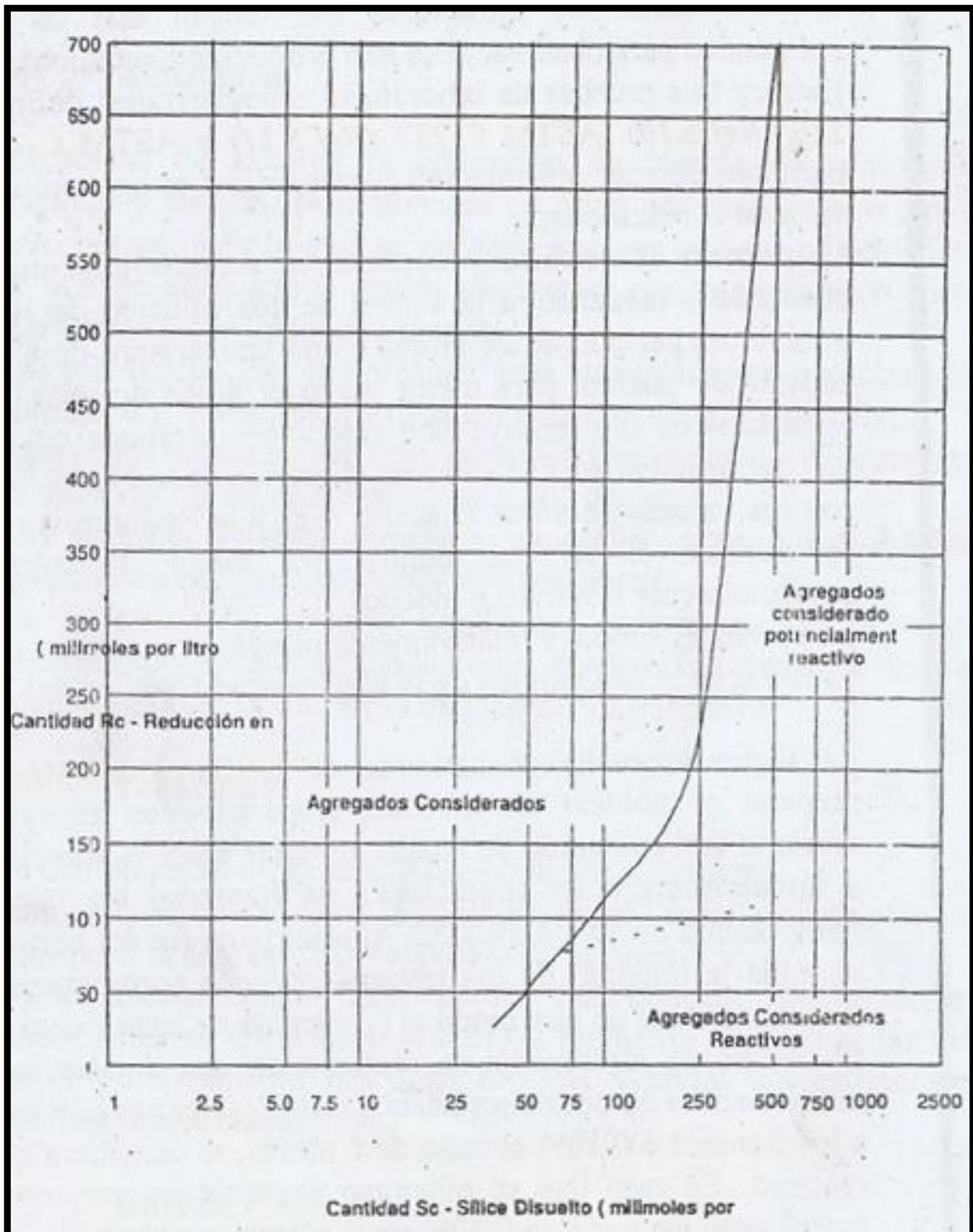
- Despacho a domicilio
- Retiro en tienda
- Disponibilidad en tiendas

[Imagen](#)

Anexo 4: Ficha técnica del Cemento Pacasmayo Extraforte ICo

		CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. Calle La Colonia Nro.150 Urb.El Vivero de Monterizo Santiago de Surco - Lima Carretera Panamericana Norte Km.666 Pacasmayo - La Libertad Teléfono 317 - 6000		 SGC-REG-06-G0002 Versión 01	
CEMENTO EXTRAFORTE Cemento Portland Compuesto Tipo ICo Conforme a la NTP 334.090 Pacasmayo, 20 de Julio del 2016					
COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA		Requisito NTP 334.090	
MgO	%	2.2	Máximo 6.0		
SO3	%	2.4	Máximo 4.0		
PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA		Requisito NTP 334.090	
Contenido de Aire	%	4	Máximo 12		
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80		
Superficie Específica	cm ² /g	5640	NO ESPECIFICA		
Retenido M325	%	4.2	NO ESPECIFICA		
Densidad	g/mL	2.92	NO ESPECIFICA		
Resistencia Compresión :					
Resistencia Compresión a 3 días	MPa (Kg/cm ²)	23.4 (239)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)		
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (Kg/cm ²)	29.6 (302)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)		
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (Kg/cm ²)	36.7 (374)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)		
Tiempo de Fraguado Vicat :					
Fraguado Inicial	min	134	Mínimo 45		
Fraguado Final	min	290	Máximo 420		
<p>Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016</p>					
 Ing. Ivanoff V. Rojas Tello Superintendente de Control de Calidad					
Solicitado por :		Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.			
<small>Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.</small>					

Anexo 5: Evaluación de la reactividad potencial a los álcalis por el método químico.



Anexo 6: Normativa

NORMA TÉCNICA **NTP 400.037**
PERUANA **2014**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para
agregados en concreto**

AGGREGATES. Standard Specification for Concrete Aggregates

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI esta basada en la norma
ASTM C 33/C33M:2013, Standard Specification for Concrete Aggregates, Derecho de autor de ASTM
International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización
de ASTM International

2014-12-30
3ª Edición

R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14 Precio basado en 20 páginas
I.C.S.:91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: Agregados, concreto, requisitos

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.010
2001

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras

AGGREGATES. Standard practice for sampling aggregates

2001-01-24
2ª Edición

R.0011-2001/INDECOPI-CRT. Publicada el 2001-02-07

Precio basado en 06 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: agregados, extracción, preparación de muestras agregados, exploración de canteras potenciales, muestreo y medidas necesarias para estimar las características.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.012
2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2013-01-16
3ª Edición

R.0006-2013/CNB-INDECOPI Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 15 páginas
I.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE
Descriptor: agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis
granulométrico

© INDECOPI 2013

NORMA TÉCNICA NTP 400.016
PERUANA 2011

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle De la Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de
agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de
magnesio**

AGGREGATE. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or
Magnesium Sulfate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI esta basada en la Norma ASTM C 88-2003
Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate,
Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.
-Reimpreso por autorización de ASTM International

2011-02-02
3ª Edición

R.0002-2011/ CNE- INDECOPI Publicada el 2011-03-12 Precio basado en 17 páginas
I.C.S.: 91.100.10 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: Agregados, sulfato de magnesio, sulfato de sodio, inalterabilidad, intemperismo

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.017
2011**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle De la Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
determinar la masa por unidad de volumen o densidad
("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados**

AGGREGATE. Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 29/C29M-2009 Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2011-02-02
3ª Edición

R.0002-2011/ CNB- INDECOPI Publicada el 2011-03-12 Precio basado en 14 páginas
IC.S.: 91110030 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario,
vacíos en agregados

NORMA TÉCNICA **NTP 400.018**
PERUANA **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 **Lima, Perú**

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para
determinar materiales más finos que pasan por el tamiz
normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados**

**AGGREGATES. Standard test method for determine materials finer than 75 μm (N° 200) sieve in
aggregates by washing.**

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI esta basada en la Norma ASTM C 117:2013
Standard Test Method for Materials Finer than 75 μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregate by Washing.
Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.
-Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-12-26
3ª Edición

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 **Precio basado en 10 páginas**
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptores: Agregados, agregado grueso, agregado fino, gradación, pérdida por lavado, tamiz 75- μm
(N° 200), análisis granulométrico.

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

NORMA TÉCNICA **NTP 400.021**
PERUANA **2013**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

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

**AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of
course Aggregate**

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 127-2012
Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Course
Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA
19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-12-26
3ª Edición

R.0113-2013/CNB-INDECOPI Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 17 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado
fino, densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

NORMA TÉCNICA **NTP 334.099**
PERUANA **2011**

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 **Lima, Perú**

**CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la
reactividad potencial álcali-silice de los agregados.
Método químico**

CEMENT. Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 289:2007 Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method), Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. - Reimpreso por autorización de ASTM International

2011-12-29
1ª Edición

R.0067-2011/ CNE-INDECOPI. Publicada el 2012-01-13 Precio basado en 21 páginas
I.C.S.: 91.100.10 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: alcali, reactividad del agregado, reactividad álcali-silice, agregados de concreto.

Anexo 7: Reporte de servicios externos



H&F LABORATORIOS S.A.C
DESDE 1999

Análisis químico de minerales, concentrados,
aleaciones, agua, aire.
Control ambiental
Fabricación y venta de reactivos químicos

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

Solicitante : Juan David Felix Paz
Tipo de Muestra : Piedras
Procedencia : Trujillo
Fecha de Recepción : 16 de agosto del 2017
Referencia : H&F 1032,1033/2017

Denominación de muestra	RESULTADOS DE ANÁLISIS	
	Rc mmoles/L	SiO ₂ ppm
Piedra Canchada (P.CH.) ½ "	790	820
Piedra Natural (P.N.) ½ "	686	790

MÉTODO DE ANÁLISIS: NTP 334.099 /2011

Lima, 11 de Setiembre de 2017



JUAN FERNÁNDEZ TRUJILLO
Ing. Químico
C.I.P. 31839

H&F LABORATORIOS S.A.C.
SERVICIOS ANALÍTICOS



ALBINO HUAYTALLA H.
DIRECTOR

Oficina: Av. Colonial N°1583-Lima Tel: 334-4562/425-6179 E-mail: hfventas@hyflaboratorio.com
 Laboratorio: Mz. E5 Lt. 6 Parque Industrial Pachacutec – Ventanilla
 Página web: <http://www.hyflaboratorio.com/>

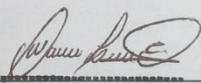
Anexo 8: Reporte de ensayos realizados en la U.P.N

CONSTANCIA
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que el Sr. Juan David Felix Paz, identificado con D.N.I N° 48172877, ha realizado ensayos de contenido de humedad, granulometría, contenido de finos, peso específico y absorción, peso unitario, abrasión y durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio en las instalaciones del laboratorio de **Concreto y Estructuras** de esta universidad, requeridos para la tesis ***"Influencia del Tamaño y Procedencia del Agregado Grueso Sobre sus Características Físicas, Químicas y Mecánicas; Aplicado en un Diseño de Mezcla de Concreto, Trujillo 2017"***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

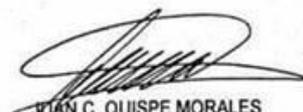
Se expide esta constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 18 de octubre del 2017



Coordinador de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Anexo 9: Certificados de calibración.

METROTEC		METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>
<i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Masas</i>		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 203 - 2017
		<small>Página 1 de 4</small>
1. Expediente	17086	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	
3. Dirección	Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Capacidad Máxima	4100 g	
División de escala (d)	0,01 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	OHAUS	
Modelo	PAJ4102	
Número de Serie	8332050515	
Capacidad mínima	0,50 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	1-011843 (*)	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Calibración	2017-04-26	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2017-04-28		
	 JUAN C. QUISPE MORALES	
<small>Metrología & Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ Telf: (511) 540-0642 Cel: (511) 971 439 272 / 971 439 282 RPM: *N49272 / #971439282 / #942635342</small>		<small>email: metrologia@metrologiatecnicas.com ventas@metrologiatecnicas.com WEB: www.metrologiatecnicas.com</small>

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.
Urb. Dean Saavedra Mz. G Lt. 24 San Isidro - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	27,4 °C	27,4 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005	PESAS (Clase de Exactitud: F1)	INACAL LM-C-535-2016
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-317-2016 / LM- 491-2016.	PESAS (Clase de Exactitud: M1)	METROIL M-0774-2016
PESAS (Clase de exactitud F2) DM-INACAL LM-414-2016.		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017**

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	27,4 °C	27,4 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,50	0,50	5	0	0	0,51	5	10	10	100
1,00	1,00	5	0	0	1,00	6	-1	-1	100
10,00	10,00	6	-1	-1	10,01	7	8	8	100
50,00	50,00	6	-1	-1	50,01	7	8	8	100
100,00	100,00	6	-1	-1	100,01	7	8	8	100
500,00	500,01	7	8	8	500,01	6	9	9	200
1 000,00	1 000,01	7	8	8	1 000,01	6	9	9	200
2 000,00	2 000,02	6	19	19	2 000,01	8	7	7	300
3 000,00	3 000,02	7	18	18	3 000,02	8	17	17	300
4 100,01	4 100,02	7	8	8	4 100,02	7	8	8	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0,0000485 \text{ g}^2 + 0,000000000230 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,00000864 \text{ R}$



12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

APÉNDICE

Apéndice 1: Ensayos de agregados

Tabla N° 37: Determinación del contenido de humedad del agregado grueso.

Parámetros	Piedra natural						Piedra chancada					
	1/2"			3/4"			1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (g)	30	31	24	36	30	23	31	27	28	38	43	26
B = Peso tara + M. Húmeda (g)	113	119	138	324	259	171	105	148	193	312	423	201
C = Peso tara + M. Seca (g)	112	118	137	323	258	170	105	147	193	311	421	200
D = (B-A): Peso M. Húmeda (g)	83	88	114	288	229	148	75	121	166	273	380	174
E = (E-A): Peso M. Seca (g)	82	87	114	287	228	148	74	120	165	273	379	174
W%= (D-E)/E x 100	0.8	1.0	0.8	0.6	0.7	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
Humedad Promedio (%)	0.9			0.6			0.4			0.3		
Varianza (%)	0.0			0.0			0.0			0.0		
Desviación estándar (%)	0.1			0.1			0.1			0.0		
Coefficiente de variación (%)	0.1			0.2			0.2			0.1		

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 38: Determinación del contenido de humedad del agregado grueso.

Parámetros	Piedra natural						Piedra chancada					
	1/2"			3/4"			1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (g)	250	280	291	147	119	246	43	38	36	280	62	118
B = Peso canastilla (g)	1640	1645	1642	1638	1637	1634	1651	1649	1644	1639	1642	1645
C = Peso sumergido + P. Canastilla (g)	1784	1817	1871	1903	1865	1933	1817	1861	1825	1877	1851	1868
D = Peso seco + P. Tara (g)	484	565	662	568	482	724	308	379	329	661	396	474
E' = Peso saturado (g) + P. Tara (g)	490	572	672	575	488	733	311	384	333	665	399	478
E = (E'-A) Peso saturado neto (g)	144	172	229	265	228	299	166	212	181	238	209	223
F = (C-B): Peso sumergido (g)	234	285	371	421	363	478	265	341	293	381	334	356
G = (D-A): Peso seco (g)	240	292	381	428	369	487	268	346	297	385	337	360
Peso específico de masa = G/(E-F)	2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6
Peso específico de masa saturado superficialmente seco = E/(E-F)	2.5	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Peso específico aparente = G/(G-F)	2.6	2.5	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7
Absorción (%) = (E-G/G) x 100	2.6	2.5	2.7	1.7	1.7	1.9	1.1	1.5	1.4	1.0	0.9	1.1
Pem : Peso específico de Masa Promedio (kg/m³)	2400			2570			2530			2600		
PemSSS : Peso específico de Masa Saturado Superficialmente Seco Promedio (kg/m³)	2470			2600			2600			2600		
Pea : Peso específico Aparente Promedio (kg/m³)	2570			2700			2630			2700		
Abs: Absorción Promedio (%)	2.6			1.8			1.3			1.0		

Parámetros	Piedra natural 1/2"				Piedra natural 3/4"				Piedra chancada 1/2"				Piedra chancada 3/4"			
	Pem	PemSSS	Pea	Abs	Pem	PemSSS	Pea	Abs	Pem	PemSSS	Pea	Abs	Pem	PemSSS	Pea	Abs
Varianza (kg/m³)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Desviación estándar (kg/m³)	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
Coefficiente de variación (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 39: Determinación del peso unitario seco suelto y compactado del agregado grueso.

Parámetros	Piedra natural						Piedra chancada					
	1/2"			3/4"			1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
PUSS												
T= Peso recipiente (Kg)	8.7											
V= Volumen recipiente (m³)	0.00417											
G= P. Recipiente + P. Muestra (Kg)	14.8	14.8	14.7	14.4	14.6	14.6	14.3	14.2	14.3	14.3	14.3	14.3
Peso unitario = (G-T)/ V	1472	1465	1455	1374	1412	1418	1348	1330	1344	1359	1345	1358
Peso unitario Promedio (kg/m³)	1460			1400			1340			1350		
Varianza (kg/m³)	79.2			557.2			90.7			58.5		
Desviación estándar (kg/m³)	8.9			23.6			9.5			7.6		
Coefficiente de variación (%)	0.0			0.0			0.0			0.0		
PUCS												
T= Peso recipiente (Kg)	8.7											
V= Volumen recipiente (m³)	0.00417											
G= P. Recipiente + P. Muestra (Kg)	15.2	15.2	15.2	15.1	15.1	15.0	14.9	14.9	14.9	15.0	15.0	15.0
Peso unitario = (G-T)/ V	1563	1566	1574	1535	1543	1505	1488	1491	1488	1510	1507	1507
Peso unitario Promedio (kg/m³)	1570			1530			1490			1510		
Varianza (kg/m³)	35.0			419.7			1.9			3.3		
Desviación estándar (kg/m³)	5.9			20.5			1.4			1.8		
Coefficiente de variación (%)	0.0			0.0			0.0			0.0		

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 40: Determinación del contenido de vacíos del agregado grueso.

Parámetros	Piedra natural						Piedra chancada					
	1/2"			3/4"			1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
Contenido de vacíos - PUSS												
W = P. Unitario agua (kg/cm ³)	1000											
A = P. Específico aparente (gr/cm ³)	2.6			2.7			2.6			2.7		
B = P. Unitario seco (kg/cm ³)	1472.0	1465.0	1455.0	1374.0	1412.0	1418.0	1348.0	1330.0	1344.0	1359.0	1345.0	1358.0
% de vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100	43	44	44	49	48	47	48	49	48	50	50	50
Promedio de contenido de vacíos (%)	44			48			48			50		
Varianza (%)	0.1			0.8			0.1			0.1		
Desviación estándar (%)	0.3			0.9			0.4			0.3		
Coefficiente de variación (%)	0.0			0.0			0.0			0.0		
Contenido de vacíos - PUCS												
W = P. Unitario agua (kg/cm ³)	1000											
A = P. Específico aparente (g/cm ³)	2.6			2.7			2.6			2.7		
B = P. Unitario seco (kg/cm ³)	1563	1566	1574	1535	1543	1505	1488	1491	1488	1510	1507	1507
% de vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100	40	40	39	43	43	44	43	43	43	44	44	44
Promedio de contenido de vacíos (%)	40			43			43			44		
Varianza (%)	0.0			0.6			0.0			0.0		
Desviación estándar (%)	0.2			0.7			0.1			0.1		
Coefficiente de variación (%)	0.0			0.0			0.0			0.0		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

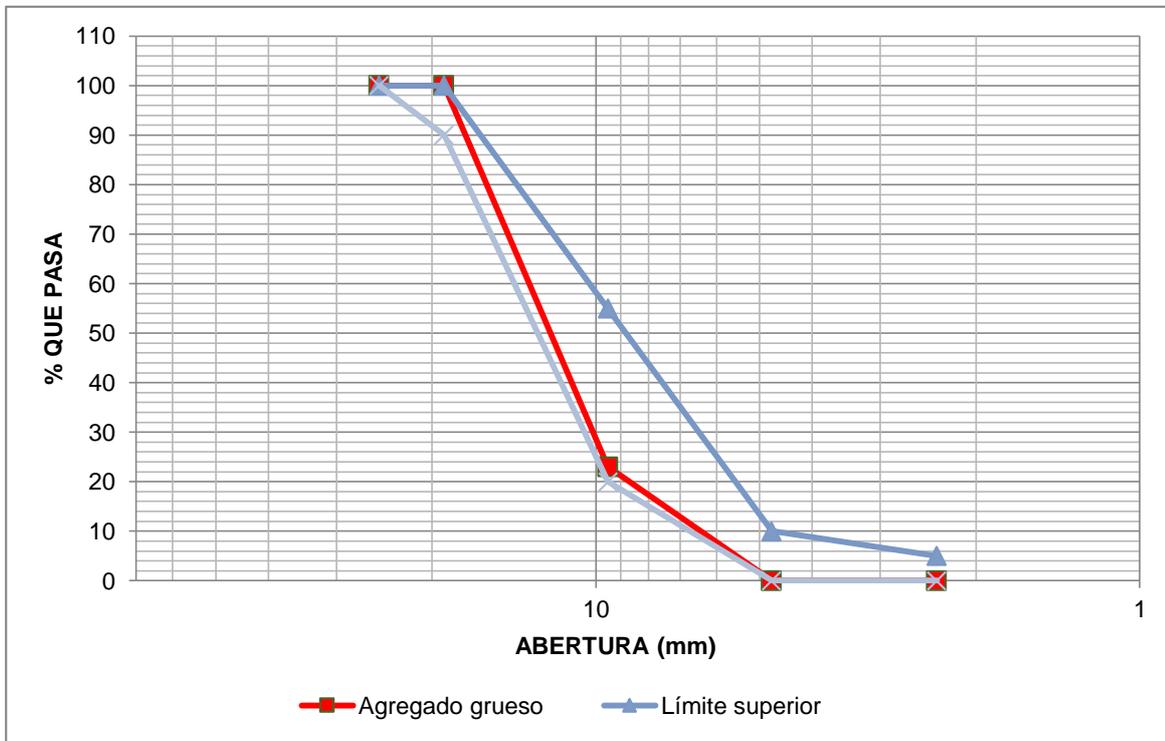
Tabla N° 41: Determinación de la cantidad de material que pasa por la malla N° 200

Parámetros	Piedra natural		Piedra chancada	
	1/2"	3/4"	1/2"	3/4"
A = Peso muestra seca sin lavar (g)	811	807	819	802
B = Peso muestra seca lavada (g)	805	801	817	800
% de material fino = $((A-B)/A) \times 100$	0.8	0.7	0.3	0.3

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 42: Análisis granulométrico del agregado grueso natural de 1/2"

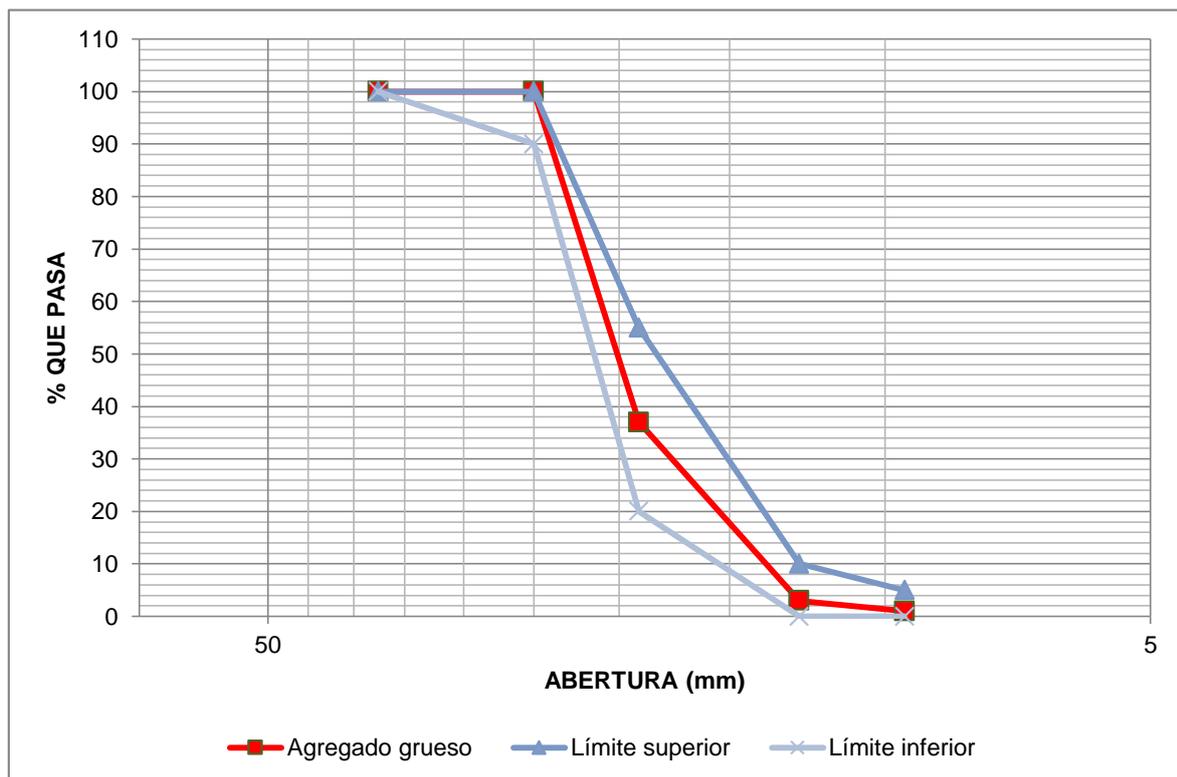
GRANULOMETRÍA – HUSO 67							
Tamiz Abertura (")	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límite superior %	Límite inferior %
2 1/2 "	63.00	0	0	0	100		
2 "	50.00	0	0	0	100		
1 1/2 "	37.50	0	0	0	100		
1 "	25.00	0	0	0	100	100	100
3/4 "	19.00	0	0	0	100	100	90
1/2 "	12.50	415	52	52	48	-	-
3/8 "	9.50	208	26	77	23	55	20
N° 4	4.75	178	22	100	0	10	0
N° 8	2.36	3	0	100	0	5	0
FONDO		7.00	0	100	0		
TOTAL		811	100				



Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 43: Análisis granulométrico del agregado grueso natural de 3/4"

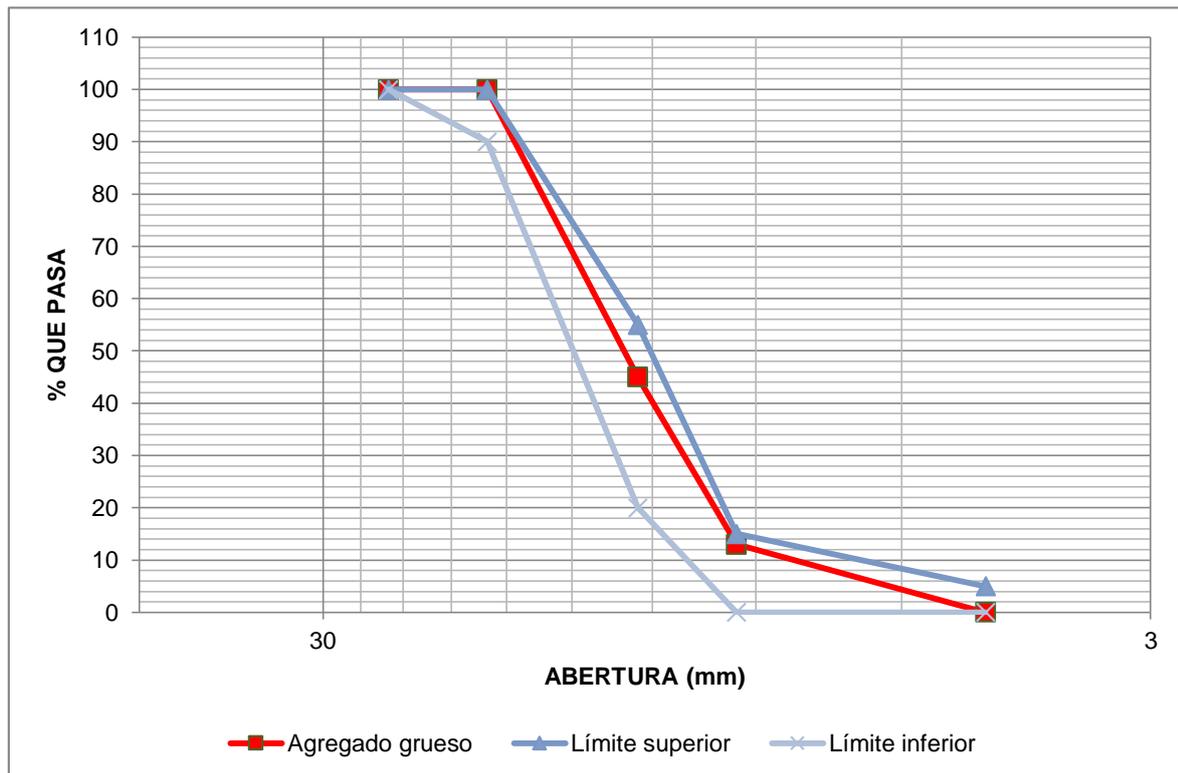
GRANULOMETRÍA HUSO – 5							
Tamiz Abertura (")	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límite superior %	Límite inferior %
2 1/2 "	63.00	0	0	0	100		
2 "	50.00	0	0	0	100		
1 1/2 "	37.50	0	0	0	100	100	100
1 "	25.00	0	0	0	100	100	90
3/4 "	19.00	511	64	64	36	55	20
1/2 "	12.50	276	34	98	2	10	0
3/8 "	9.50	13	2	100	0	5	0
N° 4	4.75	1	0	100	0		
N° 8	2.36	0	0	100	0		
FONDO		6	0	100	0		
TOTAL		807	100				



Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 44: Análisis granulométrico del agregado grueso chancado de 1/2"

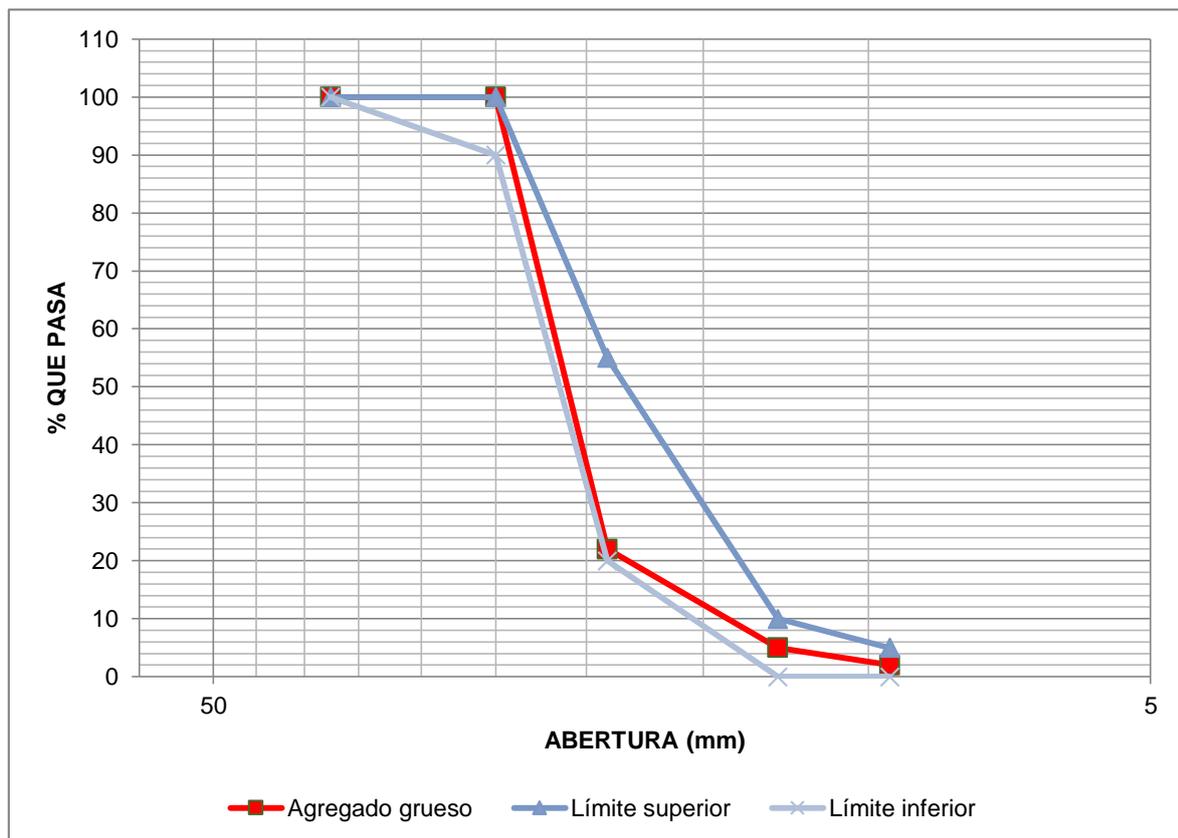
GRANULOMETRÍA HUSO – 6							
Tamiz Abertura (")	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límite superior %	Límite inferior %
2 1/2 "	63.00	0	0	0	100		
2 "	50.00	0	0	0	100		
1 1/2 "	37.50	0	0	0	100		
1 "	25.00	0	0	0	100	100	100
3/4 "	19.00	0	0	0	100	100	90
1/2 "	12.50	450	55	55	45	55	20
3/8 "	9.50	261	32	87	13	15	0
N° 4	4.75	105	13	100	0	5	0
N° 8	2.36	0	0	100	0		
FONDO		3	0	100	0		
TOTAL		819	100				



Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 45: Análisis granulométrico del agregado grueso chancado de 3/4"

GRANULOMETRÍA HUSO – 5							
Tamiz Abertura (")	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Porcentaje Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa Acumulado	Límite superior %	Límite inferior %
2 1/2 "	63.00	0	0	0	100		
2 "	50.00	0	0	0	100		
1 1/2 "	37.50	0	0	0	100	100	100
1 "	25.00	0	0	0	100	100	90
3/4 "	19.00	627	78	78	22	55	20
1/2 "	12.50	135	17	95	5	10	0
3/8 "	9.50	21	3	98	2	5	0
N° 4	4.75	15	2	99	1		
N° 8	2.36	2	0	100	0		
FONDO		2	0	100	0		
TOTAL		802.00	100.00				



Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 46: Determinación de la durabilidad al sulfato de magnesio

		Piedra natural 1/2"					Piedra natural 3/4"				
Pasa	Retiene	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.9	2468.4	2327.7	5.7	2.8
3/4"	1/2"	31.5	1508.5	1389.1	7.9	2.5	44.9	2218.2	2177.1	1.9	0.8
1/2"	3/8"	25.8	1237.2	1128.0	8.8	2.3	4.2	207.5	189.1	8.9	0.4
3/8"	N° 4	42.7	2042.0	2015.3	1.3	0.6	1.0	48.6	37.6	22.6	0.2
N° 4	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		100.0	4787.7	4532.4	-	5.3	100.0	4942.7	4731.5	-	4.3
Fracción		Piedra chancada 1/2"					Piedra chancada 3/4"				
Pasa	Retiene	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (g)	Peso retenido después del ensayo (g)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.5	4062.1	4050.9	0.3	0.2
3/4"	1/2"	53.4	2659.7	2654.3	0.2	0.1	18.1	903.1	901.9	0.1	0.0
1/2"	3/8"	25.9	1288.4	1232.9	4.3	1.1	0.3	16.2	16.2	0.0	0.0
3/8"	N° 4	20.7	1032.9	1029.2	0.4	0.1	0.1	5.7	5.7	0.0	0.0
N° 4	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		100.0	4981.0	4916.4	-	1.3	100.0	4987.1	4974.7	-	0.2

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 47: Determinación de la resistencia a la abrasión del agregado grueso

Parámetros	Piedra natural						Piedra chancada					
	1/2"			3/4"			1/2"			3/4"		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (g)	304	303	305	268	265	266	214	210	219	242	245	240
B = P. Muestra seca + P. Tara (g)	5242	5239	5279	5240	5244	5238	5194	5198	5195	5220	5226	5246
C = P. Muestra tamiz N°12 + P. Tara (g)	3830	3827	3810	3919	3920	3890	4100	4129	4115	4617	4618	4610
Pa = (B-A): P. Muestra seca (g)	4938	4936	4974	4973	4979	4972	4980	4988	4976	4978	4981	5006
Pb = (C-A): P. Muestra tamiz N°12 (g)	3526	3524	3505	3652	3655	3624	3886	3919	3896	4375	4373	4370
% de desgaste = ((Pa-Pb)/Pa) x 100	29	29	30	27	27	27	22	21	22	12	12	13
Desgaste promedio (%)	29			27			22			12		
Varianza (%)	0.3			0.1			0.1			0.1		
Desviación estándar (%)	0.5			0.3			0.3			0.3		
Coefficiente de variación (%)	0.0			0.0			0.0			0.0		

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 48: Determinación del contenido de humedad del agregado fino

Parámetros	m1	m2	m3
A = Peso tara (g)	39	36	32
B = Peso tara + M. Húmeda (g)	204	225	157
C = Peso tara + M. Seca (g)	203	224	156
D = (B-A): Peso M. Húmeda (g)	165	189	124
E = (C-A): Peso M. Seca (g)	164	187	124
W% = (D-E)/E x 100	0.9	0.7	0.6
Humedad Promedio (%)	0.7		
Varianza (%)	0.0		
Desviación estándar (%)	0.1		
Coefficiente de variación (%)	0.1		

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 49: Determinación del peso específico y absorción del agregado fino.

Parámetros	m1	m2	m3
A = Peso Tara (g)	196	196	196
B = Peso Fiola (g)	171	171	171
C = P. Fiola + Muestra (g)	671	671	671
D = P. Seco + P. Tara (g)	690	691	690
E = (C-B): P. Muestra Seca (g)	495	495	494
F = P. Fiola + Agua (cm ³)	668	668	668
G = P. Fiola + P. Muestra + Agua (g)	979	979	978
S = P. Muestra Saturada (g)	500	500	500
Peso Específico de Masa = E/(F+S-G)	2.6	2.6	2.6
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco = S/(F+S-G)	2.7	2.7	2.6
Peso Específico Aparente = E/(F+E-G)	2.7	2.7	2.7
Absorción (%) = (S-E/E) x 100	1.1	1.0	1.1
Peso Específico de Masa Promedio (kg/m³)	2620		
Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco Promedio (kg/m³)	2650		
Peso Específico Aparente Promedio (kg/m³)	2700		
Absorción Promedio (%)	1.1		

Parámetros	Cantera 4			
	Pem	PemSSS	Pea	Abs
Varianza (kg/m ³)	0.0	0.0	0.0	0.0
Desviación estándar (kg/m ³)	0.0	0.0	0.0	0.1
Coefficiente de variación (%)	0.0	0.0	0.0	0.1

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 50: Granulometría del agregado fino

Parámetros		Agregado fino			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.0	0	0	0	100
1 1/2"	37.5	0	0	0	100
1"	25	0	0	0	100
3/4"	19	555	69	69	31
1/2"	12.5	234	29	98	2
3/8"	9.5	12	1	100	0
N° 4	4.76	0	0	100	0
N° 8	2.36	0	0	100	0
N° 16	1.18	0	0	100	0
N° 30	0.6	0	0	100	0
N° 50	0.3	0	0	100	0
N° 100	0.15	0	0	100	0
N° 200	0.08	0	0	100	0
Fondo	-	4	0	100	0
TOTAL		805	100	-	

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 51: Diseño de mezcla de concreto del agregado grueso de 1/2" para un esfuerzo a la compresión de 210 kg/cm²

Parámetros	Piedra Natural 1/2"	Piedra Chancada 1/2"
I. Cálculo de la resistencia promedio (f'cr) ; 210 kg/cm²		
F.S.	84	
F'cr	294	
II. Relación Agua/Cemento (a/c)		
R a/c	0.56	
III. Volumen unitario de agua: Asentamiento = 3"- 4" , TMN = 1/2"		
Agua (Lt/m ³)	216	
IV. Cantidad de cemento		
Kg/m ³	386	
Bolsas	10	
V. Cantidad de agregado grueso: TMN= 1/2"		
MF - Modulo de Finura	2.7	2.7
P.U.C.S. - A.G. (Kg/m ³)	1570	1490
Factor	0.56	0.56
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	879	834
VI. Cantidad de agregado fino		
Volumen A. Grueso (m ³)	0.34	0.32
Volumen Agua (m ³)	0.22	
Volumen Aire (m ³)	0.025	
Volumen Cemento (m ³)	0.13	
Suma de volúmenes (m ³)	0.71	0.69
Volumen A. Fino (m ³)	0.29	0.31
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	780	826
VII. Resumen de cantidad de agregados por m³		
Cemento (kg/m ³)	386	
Agua (Lt/m ³)	216	
Agregado Grueso (kg/m ³)	879	834
Agregado Fino (kg/m ³)	780	826
VII. Corrección por contenido de humedad en agregados		
Agregado Grueso (kg/m ³)	887	838
Agregado Fino (kg/m ³)	785	832
VII. Corrección de cantidad de agua		
Agregado Grueso (Lt/m ³)	14	8
Agregado Fino (Lt/m ³)	12	13
Agua (Lt/m ³)	243	237

Fuente: Base de datos elaboración propia

Tabla N° 52: Diseño de mezcla de concreto del agregado grueso de 3/4" para un esfuerzo a la compresión de 210 kg/cm²

Parámetros	Piedra Natural 3/4"	Piedra Chancada 3/4"
I. Cálculo de la resistencia promedio (f'cr) ; 210 kg/cm²		
F.S.	84	
F'cr	294	
II. Relación Agua/Cemento (a/c)		
R a/c	0.56	
III. Volumen unitario de agua: Asentamiento = 3" - 4", TMN = 3/4"		
Agua (Lt/m ³)	205	
IV. Cantidad de cemento		
Kg/m ³	366	
Bolsas	9	
V. Cantidad de agregado grueso: TMN= 3/4"		
MF - Modulo de Finura	2.7	2.7
P.U.C.S. - A.G. (Kg/m ³)	1530	1510
Factor	0.63	0.63
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	964	951
VI. Cantidad de agregado fino		
Volumen A. Grueso (m ³)	0.36	0.35
Volumen Agua (m ³)	0.21	
Volumen Aire (m ³)	0.02	
Volumen Cemento (m ³)	0.13	
Suma de volúmenes (m ³)	0.71	0.70
Volumen A. Fino (m ³)	0.29	0.30
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	790	803
VII. Resumen de cantidad de agregados por m³		
Cemento (kg/m ³)	366	
Agua (Lt/m ³)	205	
Agregado Grueso (kg/m ³)	964	951
Agregado Fino (kg/m ³)	790	803
VII. Corrección por contenido de humedad en agregados		
Agregado Grueso (kg/m ³)	970	955
Agregado Fino (kg/m ³)	796	808
VII. Corrección de cantidad de agua		
Agregado Grueso (Lt/m ³)	12	7
Agregado Fino (Lt/m ³)	13	13
Agua (Lt/m ³)	229	225

Fuente: Base de datos elaboración propia