



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS DE LAS CANTERAS DEL SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO EN UN DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO, TRUJILLO 2017”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Br. José Abel Castro Pacheco
Br. Mílary Jazmín Vera Castillo

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú
2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los bachilleres **José Abel Castro Pacheco y Mílary Jazmín Vera Castillo**, denominada:

**“INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS DE LAS
CANTERAS DEL SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO EN UN DISEÑO DE
MEZCLA DE CONCRETO, TRUJILLO 2017”**

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
ASESOR

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz
JURADO

Ing. Wiston Henry Azañedo Medina
JURADO

DEDICATORIA

A Dios por permitirnos haber llegado hasta este momento tan importante y habernos dado la fuerza y voluntad de enfrentar todos los obstáculos durante nuestra etapa académica.

A nuestros padres y hermanos por enseñarnos día a día valorar lo que tenemos en vida y así afrontar este gran reto y cada uno de los que se nos presentarán en el futuro.

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegernos durante todo este camino y darnos las fuerzas para superar los obstáculos y dificultades que se nos presentaron.

A nuestros padres por su incesante e incondicional apoyo, pues gracias a ellos logramos obtener el proceso de formación como futuros ingenieros.

A nuestro asesor Ing. Iván Vásquez Alfaro quien nos motivó, estimuló y facilitó en la elaboración de esta investigación, sus consejos y orientación fueron un apoyo fundamental para que las bases y finalizaciones de este trabajo se hayan conceptualizado de manera idónea.

A la Universidad Privada del Norte y a nuestro Director de carrera Ing. Wiston Azañedo Medina por todas las facilidades que nos fueron brindadas durante el transcurso de la realización del proyecto.

Finalmente agradecer a nuestros hermanos y amigos, quienes nos apoyaron y motivaron en todo momento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Justificación.....	17
1.4. Limitaciones.....	19
1.5. Objetivos.....	19
1.5.1. Objetivo general.....	19
1.5.2. Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Bases teóricas.....	24
2.2.1. Canteras.....	24
2.2.2. Agregados para la construcción.....	26
2.2.3. Agregados con granulometrías continuas y discontinuas.....	29
2.2.4. Tamaño máximo nominal (piedra – concreto).....	31
2.2.5. Calidad en la industria de las construcciones civiles.....	32
2.2.6. Diseño de mezcla.....	40
2.2.7. Patologías del concreto.....	41
2.2.8. Comportamiento del concreto.....	43
2.3. Hipótesis.....	46
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	48
3.1. Operacionalización de variables.....	48
3.1.1. Variable Independiente:.....	48
3.1.2. Variable Dependiente:.....	48
3.2. Diseño de investigación.....	50
3.3. Unidad de estudio.....	50
3.4. Población.....	50
3.5. Muestra.....	50
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	50
3.6.1. Técnicas de recolección y análisis de datos.....	50

3.6.2. Procedimiento experimental.....	53
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	79
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	80
4.1. Ensayos físicos.....	80
4.1. Ensayos químicos	86
4.2. Ensayo mecánico	87
4.3. Diseños de mezcla	87
4.4. Análisis de costos.....	92
4.5. Fichas técnicas de los agregados	94
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	98
5.1. Ensayos físicos.....	99
5.2. Ensayos químicos	114
5.3. Ensayo mecánico	118
5.4. Diseños de mezclas.....	119
5.5. Costos de producción	123
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	127
REFERENCIAS	129
ANEXOS.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1: Límites químicos para el agua de mezcla.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla N° 2: Especificaciones de los agregados para elaboración del concreto.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla N° 3: Huso granulométrico del agregado grueso.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla N° 4: Huso granulométrico del agregado fino.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla N° 5: Matriz de hipótesis.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla N° 6: Operacionalización de variable dependiente.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla N° 7: Matriz de diseño.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla N° 8: Circuito experimental.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla N° 9: Datos de las canteras.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla N° 10: Cantidad de material para realización de ensayos.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla N° 11: Formato de humedad.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla N° 12: Formato de peso específico y absorción del agregado fino.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla N° 13: Formato de peso específico y absorción del agregado grueso.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla N° 14: Capacidad de la medida.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla N° 15: Requisitos para los recipientes de medida.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla N° 16: Formato de peso unitario seco suelto y compactado.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla N° 17: Formato de contenido de vacíos.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla N° 18: Formato de granulometría del agregado fino y grueso.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla N° 19: Formato de datos adicionales de los agregados.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla N° 20: Composición de la muestra según tamaño del material.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla N° 21: Formato de contenido de finos.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla N° 22: Formato de arena equivalente.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla N° 23: Formato de reactividad agregado/álcali.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla N° 24: Formato de durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino y grueso.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla N° 25: Formato de ensayos químicos.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla N° 26: Número de esferas por gradación.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla N° 27: Gradación de las muestras de ensayo.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla N° 28: Formato de la resistencia a la abrasión.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla N° 29: Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla N° 30: Agua de mezclado y contenido de aire para concretos.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla N° 31: Relaciones entre agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla N° 32: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla N° 33: Cálculo tentativo del peso del concreto fresco.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla N° 34: Formato de datos para el diseño de mezcla de concreto.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla N° 35: Formato del diseño de mezcla de concreto.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla N° 36: Humedad promedio de los agregados.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla N° 37: Absorción promedio de los agregados.....</i>	<i>80</i>

<i>Tabla N° 38: Peso específico aparente promedio de los agregados.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla N° 39: Peso específico saturado superficialmente seco promedio de los agregados.</i>	<i>81</i>
<i>Tabla N° 40: Peso específico de masa promedio de los agregados.</i>	<i>82</i>
<i>Tabla N° 41: Peso unitario suelto seco promedio de los agregados.</i>	<i>82</i>
<i>Tabla N° 42: Peso unitario compacto seco promedio de los agregados.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla N° 43: Contenido de vacíos promedio del peso unitario suelto seco de los agregados.</i>	<i>83</i>
<i>Tabla N° 44: Contenido de vacíos promedio del peso unitario compacto seco de los agregados. .</i>	<i>84</i>
<i>Tabla N° 45: Contenido de material fino promedio de los agregados.</i>	<i>84</i>
<i>Tabla N° 46: Arena equivalente promedio del agregado fino.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla N° 47: Datos adicionales de los agregados.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla N° 48: Composición de la muestra del agregado fino.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla N° 49: Cloruros promedio del agua potable, agua destilada y agregados.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla N° 50: Durabilidad al sulfato de magnesio promedio de los agregados.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla N° 51: Reactividad agregado/álcali promedio de los agregados.</i>	<i>86</i>
<i>Tabla N° 52: Abrasión promedio del agregado grueso.</i>	<i>87</i>
<i>Tabla N° 53: Etapa 1 - Datos para el diseño de mezcla de concreto.</i>	<i>87</i>
<i>Tabla N° 54: Etapa 2 - Datos para el diseño de mezcla de concreto.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla N° 55: Etapa 1 - Diseño de mezcla de concreto.</i>	<i>89</i>
<i>Tabla N° 56: Etapa 2 - Diseño de mezcla de concreto.</i>	<i>90</i>
<i>Tabla N° 57: Resumen de los diseños de mezclas de concreto $f'c=210$ kg/cm².</i>	<i>91</i>
<i>Tabla N° 58: Costo de agregados de cada cantera por m³.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla N° 59: Costo de insumos para elaboración de concreto.</i>	<i>92</i>
<i>Tabla N° 60: Costo por m³ de producción de concreto $F'c=210$ kg/cm² (Sin incluir mano de obra)</i>	<i>93</i>
<i>Tabla N° 61: Ficha Técnica: Cantera 1 - San Bernardo.</i>	<i>94</i>
<i>Tabla N° 62: Ficha Técnica: Cantera 2 – Calderón.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla N° 63: Ficha Técnica: Cantera 3 - Santa Rosa.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla N° 64: Ficha Técnica: Cantera 4 - Rubio - Jaén.</i>	<i>97</i>
<i>Tabla N° 65: Etapa 1 - Humedad.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla N° 66: Etapa 1 - Peso específico y absorción del agregado fino.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla N° 67: Etapa 1 - Peso específico y absorción del agregado grueso.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla N° 68: Etapa 1 - Peso unitario suelto y compacto de los agregados.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla N° 69: Etapa 1 - Contenido de vacíos de los agregados.</i>	<i>153</i>
<i>Tabla N° 70: Etapa 1 - Contenido de material fino que pasa el tamiz N°200.</i>	<i>154</i>
<i>Tabla N° 71: Etapa 1 - Abrasión del agregado grueso.</i>	<i>154</i>
<i>Tabla N° 72: Etapa 1 - Granulometría del agregado fino.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla N° 73: Etapa 1 - Granulometría del agregado grueso.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla N° 74: Etapa 2 - Humedad.....</i>	<i>157</i>
<i>Tabla N° 75: Etapa 2 - Peso específico y absorción del agregado fino.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla N° 76: Etapa 2 - Peso específico y absorción del agregado grueso.....</i>	<i>159</i>

<i>Tabla N° 77: Etapa 2 - Peso unitario suelto y compacto de los agregados.</i>	160
<i>Tabla N° 78: Etapa 2 - Contenido de vacíos de los agregados.</i>	161
<i>Tabla N° 79: Etapa 2 - Contenido de material fino que pasa el tamiz N°200.</i>	162
<i>Tabla N° 80: Etapa 2 - Abrasión del agregado grueso.</i>	162
<i>Tabla N° 81: Etapa 2 - Arena equivalente del agregado fino.</i>	162
<i>Tabla N° 82: Etapa 2 - Granulometría del agregado fino.</i>	163
<i>Tabla N° 83: Etapa 2 - Granulometría del agregado grueso.</i>	164
<i>Tabla N° 84: Etapa 2 - Durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino.</i>	165
<i>Tabla N° 85: Etapa 2 - Durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso.</i>	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Explotación de canteras	25
Figura N° 2: Recubrimiento superficial en agregados.	29
Figura N° 3: Curva granulométrica continua.	30
Figura N° 4: Curva granulométrica discontinua.	31
Figura N° 5: Requisito para TMN: ACI 318/NTP E.060.	32
Figura N° 6: Modelo secuencial de procesos en la patología del concreto.	42
Figura N° 7: Eflorescencia presente en paredes de concreto.	46
Figura N° 8: Ubicación de canteras.	55
Figura N° 9: NTP 339.185:2013 - Humedad promedio.	99
Figura N° 10: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Absorción promedio.	100
Figura N° 11: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Peso específico de masa promedio.	102
Figura N° 12: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Peso esp. sat. sup. seco promedio.	103
Figura N° 13: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Peso específico aparente promedio.	103
Figura N° 14: NTP 400.017:2011 Peso unitario suelto seco promedio.	105
Figura N° 15: NTP 400.017:2011 Peso unitario compacto seco promedio.	106
Figura N° 16: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, PUSS.	107
Figura N° 17: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, PUCS.	108
Figura N° 18: NTP 400.018.:2013 - Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200.	108
Figura N° 19: NTP 339.146:2000 - Arena equivalente promedio del agregado fino.	110
Figura N° 20: Curva granulométrica del agregado fino - Etapa 1.	111
Figura N° 21: Curva granulométrica del agregado fino - Etapa 2.	112
Figura N° 22: Curva granulométrica del agregado grueso - Etapa 1.	113
Figura N° 23: Curva granulométrica del agregado grueso - Etapa 2.	114
Figura N° 24: NTP 400.016:2011 - Durabilidad a los sulfatos promedio.	116
Figura N° 25: NTP 334.099:2011 - Reactividad agregado/álcali promedio.	117
Figura N° 26: NTP 400.019:2014 - Abrasión promedio del agregado grueso.	119
Figura N° 27: Condiciones de la relación agua/cemento.	120
Figura N° 28: Relación agua/cemento del diseño de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$	121
Figura N° 29: Diseños de mezclas de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$	122
Figura N° 30: Costo de producción de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$	124
Figura N° 31: Apilamiento de los agregados.	141
Figura N° 32: Cantera 01 "San Bernardo"	141
Figura N° 33: Cantera 02 "Calderón".	141
Figura N° 34: Cantera 03 "Santa Rosa".	141
Figura N° 35: Cantera 04 "Rubio – Jaén".	141
Figura N° 36: Explotación de canteras.	141
Figura N° 37: Equipos para separar el agregado por tamaños.	142

<i>Figura N° 38: Almacenamiento de agregados para ensayarlos.</i>	142
<i>Figura N° 39: Contenido de humedad - Taras con muestra.</i>	142
<i>Figura N° 40: Contenido de humedad - Estufa. Fuente: Base de datos, elaboración propia.</i>	142
<i>Figura N° 41: Peso específico del agregado grueso - secado superficial con franelas.</i>	142
<i>Figura N° 42: Peso específico del agregado fino - preparación de muestra s.s.s.</i>	142
<i>Figura N° 43: Succión de aire utilizando una bomba de vacíos.</i>	143
<i>Figura N° 44: Peso específico del agregado grueso - peso sumergido.</i>	143
<i>Figura N° 45: Peso específico del agregado grueso - peso de la fiola más muestra s.s.s.</i>	143
<i>Figura N° 46: Peso unitario - enrase de material excedente.</i>	143
<i>Figura N° 47: Granulometría - tamizador eléctrico.</i>	144
<i>Figura N° 48: Granulometría - material retenido en tamices.</i>	144
<i>Figura N° 49: Peso unitario - peso del recipiente más agregado.</i>	144
<i>Figura N° 50: Cantidad de finos - lavado del material por el tamiz N°200.</i>	145
<i>Figura N° 51: Arena equivalente - material ensayado en reposo por 20 min.</i>	145
<i>Figura N° 52: Cantidad de finos - material retenido en el tamiz N°200.</i>	145
<i>Figura N° 53: Arena equivalente - medición para determinar porcentaje de material muy fino.</i>	145
<i>Figura N° 54: Cloruros - medición utilizando el conductímetro.</i>	146
<i>Figura N° 55: Durabilidad a los sulfatos - agregados sumergidos en solución de magnesio (1°C)</i>	146
<i>Figura N° 56: Durabilidad a los sulfatos - agregados sumergidos en solución de magnesio (2°C)</i>	146
<i>Figura N° 57: Cloruros - reposo de la muestra para ensayo de 4 días.</i>	146
<i>Figura N° 58: Durabilidad a los sulfatos - muestras en estufa.</i>	146
<i>Figura N° 59: Durabilidad a los sulfatos - muestra seca.</i>	146
<i>Figura N° 60: Resistencia a la abrasión - máquina de Los Ángeles.</i>	147
<i>Figura N° 61: Resistencia a la abrasión - cantidad de muestra retenida superior al tamiz N°12.</i>	147
<i>Figura N° 62: Resistencia a la abrasión - material para ensayar en la máquina de Los Ángeles.</i>	147
<i>Figura N° 63: Eliminación de la cantidad de excesos de finos.</i>	147
<i>Figura N° 64: Cantidad que excede el tamaño máximo nominal de ¾".</i>	147
<i>Figura N° 65: Construcción Informal en el Perú.</i>	148
<i>Figura N° 66: Construcción Formal en el Perú.</i>	148
<i>Figura N° 67: Cangrejeras en placa de concreto.</i>	148

RESUMEN

La presente investigación, se desarrolló con el objetivo de analizar la influencia de las características de los agregados de las canteras del sector El Milagro - Huanchaco; y así obtener las condiciones en las cuales se encuentran los agregados procedentes de las diferentes canteras que se utilizan para la construcción en la ciudad de Trujillo.

Esta investigación se basa en la necesidad de obtener información de las características de los agregados fino y grueso $\frac{3}{4}$ " extraídos de cuatro canteras, de las cuales dos son formales y dos informales, ubicadas en el Sector El Milagro - Huanchaco. Para analizar las características que cuenta cada agregado, se realizarán ensayos físicos, químicos y mecánicos de acuerdo con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037), basada en la norma de la Sociedad Americana de Prueba de Materiales (ASTM C33) como: humedad, peso específico, absorción, peso unitario, contenido de vacíos, arena equivalente, granulometría, cloruros, reactividad agregado/álcali, durabilidad a los sulfatos y abrasión.

Tener la información acerca de las características de los agregados de las canteras será de mucha utilidad para los constructores, entidades públicas y usuarios particulares ya que conocerán la fiabilidad de los agregados empleados. Al realizar los ensayos básicos (físicos), se obtuvieron resultados desfavorables en todas las canteras estudiadas, los cuales no cumplían con los parámetros establecidos por la norma. Los problemas principales encontrados fueron el exceso del contenido de finos y alta cantidad de partículas con tamaño superior al máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", para lo cual se realizaron modificaciones con la intención de optimizar el material, realizando una segunda etapa de ensayos, las modificaciones realizadas alteraron de forma positiva las características físicas y mecánicas de los agregados, cumpliendo con los requerimientos de calidad.

Siendo la mejor cantera "Rubio - Jaén" para el agregado fino y "Calderón" para el agregado grueso, obteniendo los siguientes resultados: humedad 0.6% y 0.4%, absorción 1.5%, peso específico 2650 kg/cm^3 y 2760 kg/cm^3 , peso unitario compacto 1780 kg/m^3 y 1470 kg/m^3 respectivamente para cada agregado, respecto a la granulometría el agregado fino se encuentra cercano a los límites del huso, con un módulo de finura de 2.9. Al analizar las características químicas se obtuvo que los agregados cumplen con los límites siendo 7.0% y 9.0% el ataque por sulfato de magnesio del agregado fino y grueso respectivamente y para el ensayo de reacción álcali-agregado por el método químico se obtuvo que son potencialmente deletéreos, según la clasificación de la norma NTP 334.099:2011. En el ensayo de abrasión por el método de desgaste Los Ángeles se obtuvo un 11% y 23% para el agregado grueso de ambas canteras.

ABSTRACT

The following report was developed with the objective of analyzing the influence of the characteristics of the aggregates of the quarries of the El Milagro - Huanchaco sector; and thus obtain the conditions in which they are the aggregates coming from the different quarries that are used for the construction in the city of Trujillo.

This report is based on the need to get information on the characteristics of the fine and coarse aggregates extracted from four quarries, of which two are formal and two informal, located in the Milagro – Huanchaco Sector. To determine the characteristics of each aggregate, physical, chemical and mechanical tests shall be carried out in accordance with the parameters established by the Peruvian Technical Standard (NTP 400.037), based on the American Society for Testing Materials (ASTM C33) as: humidity, specific gravity, absorption, unit weight, void content, sand equivalent, chlorides, aggregate / alkali reactivity, sulfate durability and abrasion.

Having the information about the characteristics of quarry aggregates will be very useful for builders, public entities and private users since they will know the reliability of the aggregates used. When performing the basic (physical) tests, unfavorable results were obtained in all the studied quarries, which did not comply with the parameters established by the NTP. The main problems found the excess content of fines and high quantity of particles with a size greater than the nominal maximum of $\frac{3}{4}$ ", for this purpose, modifications were made with the intention of optimizing the material, in a second stage of tests, the modifications made a positive change in the physical and mechanical characteristics of the aggregates, complying with the quality requirements.

As the best "Rubio - Jaén" quarry for the fine aggregate and "Calderón" for the coarse aggregate, obtaining the following results: moisture 0.6% and 0.4%, absorption 1.5%, specific weight 2650 kg/cm³ and 2760 kg/cm³ weight unit 1780 kg/m³ and 1470 kg/m³ respectively for each aggregate, with respect to the granulometry the fine aggregate is close to the limits of the spindle, with a modulus of fineness of 2.9. When analyzing the chemical characteristics it was obtained that the aggregates comply with the limits being 7.0% and 9.0% the attack by magnesium sulphate of the fine and coarse aggregate respectively and for the test of alkali-aggregate reaction by the chemical method were obtained that are potentially deleterious, according to the classification of the norm NTP 334.099: 2011. In the Los Angeles abrasion test, 11% and 23% were obtained for the coarse aggregate of amaba quarries.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En las últimas décadas, el incremento de la construcción a nivel mundial ha generado gran demanda en la calidad de los materiales utilizados en la producción de concreto. Lo que conlleva mantener un control de calidad adecuado para los mismos. (Arangurí Castillo, 2016)

En Estados Unidos en 1904 la asociación americana para pruebas de materiales ASTM C33 “Especificaciones Normalizadas de Agregados para Concreto”, publica por primera vez sus estándares de calidad para el cemento Portland, incluyendo los agregados pétreos. Actualmente estos estándares se utilizan mundialmente para definir la calidad del agregado, el tamaño máximo nominal y otros requisitos físicos, químicos y mecánicos. (Gonzalez Ruiz y Villa Plazas, 2013)

En México cuentan con la norma Características de los Materiales CMT 2-02-002 “Calidad de los agregados pétreos para el Concreto Hidráulico”. Esta norma contiene las características de calidad de los agregados que se utilizan en la fabricación del concreto hidráulico. El 100% de los concretos que se elaboran en México ocupan para su fabricación agregados que pueden ser obtenidos de dos fuentes: en depósitos de origen natural (ríos, playas, etc.) y como productos de trituración de roca. (Chan Yam, Solís Carcaño y Moreno, 2010)

En Colombia se tiene la Norma Técnica Colombiana NTC 174: “Especificaciones de los agregados para concretos”, que establece los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos para uso en concreto; además presenta información que puede ser utilizada por el contratista, el proveedor o el comprador de agregados para concreto.

En Perú se rigen con la Norma Técnica Peruana NTP 400.037:2014 “Especificaciones Normalizadas para Agregados en Concreto”, que contiene los requisitos de gradación y calidad de los agregados fino y grueso para uso en concreto de peso normal. (Comité Técnico de Normalización de Agregados, 2015)

Resulta fundamental el empleo de las normas y especificaciones al realizar los ensayos correspondientes para asegurar que los agregados empleados en las construcciones tengan buena resistencia, durabilidad, etc. En el sector inmobiliario a nivel mundial no siempre se cumple con un control de calidad, lo cual genera daños y defectos en las edificaciones. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2017)

En nuestro país uno de los problemas más graves es el alto índice de construcción informal de viviendas. Ello no solamente genera un crecimiento desordenado de las ciudades, sino también es un peligro para las familias que construyen viviendas

vulnerables. Cada año se levantan 50 mil viviendas informales, sin licencia de construcción que no cumplen con un control de calidad del proyecto, materiales y proceso constructivo adecuado. Cabe indicar que el 50% se caracteriza por carecer de calidad. El resto de las edificaciones se ejecutan a través de los programas de viviendas y de la oferta inmobiliaria de las grandes constructoras. (Grupo La República Publicaciones, 2013)

En la ciudad de Trujillo el boom inmobiliario que se ha generado en los últimos años no se ha dado de forma ordenada, así lo demuestran las estimaciones realizadas por la Gerencia de Desarrollo Urbano de la comuna provincial, según la cual el 60% de las construcciones en el distrito es informal. No tener asesoría técnica trae consigo algunos problemas como consecuencia de la falta de conocimiento, tales como una deficiente estructuración de las viviendas, baja calidad en la construcción y deficiencias en la arquitectura. (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2015)

La calidad del concreto empleado en nuestra ciudad depende fundamentalmente de los componentes utilizados en su elaboración. Estos materiales son de diversos tipos, algunos procedentes de la industria, mientras otros son materias primas provenientes de las zonas cercanas a la ciudad. En el caso concreto de los agregados, nos encontramos con el empleo de la materia prima en un entorno próximo al de su extracción, lo que incide en el resultado final de la calidad del producto elaborado. (Alayo Paredes, Esquivel Alayo y Mariño Rodríguez, 2015)

La exploración de canteras está orientada a ubicar la calidad, distancia y volumen de los tipos de materiales necesarios para la construcción, para ello, se debe ubicar y definir las canteras más convenientes por cada tipo de material. Una vez identificadas éstas se proceden a realizar las exploraciones, describiendo el material encontrado en cada una, las cuales se muestran en los registros de exploración. Los agregados usados en construcción son de suma importancia, son la materia prima para la preparación del concreto utilizado masivamente en nuestras construcciones y obras civiles en general. Ellos deben garantizar un producto de calidad que certifique el buen funcionamiento de las estructuras. (Arangurí Castillo, 2016)

Arangurí G. (2015), Señala que en el Perú hay un número indeterminado de canteras informales e ilegales que producen materiales que son insumo para la industria de la construcción, pero que no garantiza que los agregados sean aptos para el tipo de obra a emplear.

Herrera J. (2012) Explica la importancia de conocer la caracterización de los agregados cuando se desea evaluar la factibilidad de la explotación de una cantera. Dicho de otro modo; antes de explotar se debe verificar si la materia prima cumple con los requerimientos para su utilización como agregados para concreto o uso vial.

El concreto es un material compuesto, en el cual existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en los agregados pétreos. Siendo éstas de carácter físico y químico, producen diferentes efectos, tanto en la trabajabilidad del concreto como en su comportamiento en estado endurecido, el cual regirá su vida de servicio. Estos agregados se clasifican en finos (arena) y gruesos (piedra). Los agregados ocupan un porcentaje entre el 60% y 75% del volumen total del concreto así que por lo tanto su selección es muy importante. Los agregados finos generalmente consisten en arena natural o piedra triturada cuyas partículas sean menores que los 5 mm y los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm.

Los agregados son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forman la mayor parte del volumen del material, se consideran componentes críticos en el concreto y tienen un efecto significativo en el comportamiento de las estructuras. (Chan Yam, Solís Carcaño y Moreno, 2010)

Para obtener concretos de buena calidad, es imprescindible utilizar agregados que estén libres de impurezas, de alta resistencia, que cumplan con tamaños o la granulometría estipulados en las normas técnicas, permitiendo lograr el mejor concreto y al costo más económico. En la construcción de obras civiles, 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)

La mayoría de canteras existentes en la ciudad de Trujillo, no cuentan con los equipos e instrumentos necesarios para certificar la calidad de los agregados. Existen 24 canteras registradas en la ciudad de Trujillo y 15 de ellas están ubicadas en el distrito de Huanchaco a los alrededores del Sector El Milagro, según la Gerencia Regional de Energía, Minas e Hidrocarburos; muchas de estas se encuentran inhabilitadas para la extracción de materiales pétreos al no renovar su permiso, convirtiéndose así en informales (Ver anexo 1).

En la autoconstrucción se utiliza cualquier material disponible, lo que genera deficiencias constructivas como el problema de las cangrejeras, producido por la utilización de agregados que no cumplen con el tamaño necesario para ingresar correctamente en los elementos estructurales en la etapa de vaciado de concreto. (Alayo Paredes, Esquivel Alayo y Mariño Rodríguez, 2015)

Los agregados extraídos deberían cumplir con ciertos requisitos técnicos para la elaboración de concreto, sin embargo, ni los propietarios de las canteras ni los mismos constructores se han preocupado en determinarlas. De igual manera otro problema al momento de realizar concreto es que se utilizan cantidades asumidas a través de la experiencia del constructor o del mismo maestro de obra, sin embargo, es importante calcularla debido a que las características de los agregados no van a ser nunca las mismas. (Ortega Castro , 2013)

Los agregados pétreos se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con ligantes asfálticos. (Reynoso Hilario y Zelaya Contreras, 2014)

La realización de ensayos supone una parte importante del control de los agregados y de la mejora de la calidad del producto final. Para aliviar el elevado costo económico que supondría el efectuar un muestreo continuado poco sistemático, es imprescindible contar con una información exigente y masiva de los componentes empleados en la elaboración.

En este sentido las informaciones de las canteras de la ciudad de Trujillo juegan un destacable papel, debido a que sus propiedades físicas, químicas y mecánicas influyen directamente al reaccionar con el cemento para formar la mezcla de concreto.

De no llevarse a cabo la investigación se seguirán utilizando los agregados sin tener en cuenta las consecuencias que pueden producirse, por no conocer las características que cada agregado cuenta dependiendo de su origen y procedencia.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye las características de los agregados de las canteras del Sector El Milagro – Huanchaco en un diseño de mezcla de concreto, Trujillo 2017?

1.3. Justificación

Esta investigación se basa en la necesidad de obtener información de la influencia de las características de los agregados extraídos de cuatro canteras ubicadas en el Sector El Milagro – Huanchaco, en un diseño de mezcla de concreto. Según la información brindada por la Gerencia Regional de Energía, Minas e Hidrocarburos existen 15 empresas de explotación de agregados de las cuales 7 se encuentran vigentes actualmente y las demás no cuentan con los permisos necesarios siendo informales. Es por ello que se optó por escoger cuatro canteras, siendo dos formales y dos informales para poder analizar y comparar sus diferentes características y su influencia en la elaboración de concreto. Se eligió el Sector El Milagro que pertenece al distrito de Huanchaco, por ser el único sector de extracción de material pétreo que actualmente abastece a la ciudad de Trujillo. (Ver Anexo 1)

Toda obra civil requiere de un adecuado control de calidad, para la finalización exitosa del proyecto y así asegurar el cumplimiento de las especificaciones, requisitos y propósitos de los planos. Para ello es indispensable mantener un control veraz y actual sobre la inspección, que no sean solamente observaciones visuales y mediciones de campo sino también ensayos de laboratorio, recolección y evaluación de sus resultados.

De acuerdo a la información brindada por el Ing. Raúl Araya Neira, Sub Gerente de Minas de la Gerencia Regional de Energía, Minas e Hidrocarburos de la Región La Libertad; actualmente no hay entidades que promuevan el control de calidad de los agregados provenientes de las canteras, es por ello la necesidad de hacer un análisis de estos agregados que determinen si son aptos para su utilización en construcciones civiles. Y así determinar las características con las que cuenta cada agregado, se realizarán ensayos físicos, químicos y mecánicos como: humedad, peso específico, absorción, peso unitario, contenido de vacíos, arena equivalente, granulometría, cloruros, reactividad agregado/álcali, durabilidad a los sulfatos y abrasión; para determinar de manera certera las condiciones y características en las cuales se encuentran los agregados procedentes de las diferentes canteras de la ciudad de Trujillo.

Según la Municipalidad Provincial de Trujillo, en la ciudad de Trujillo se realizan construcciones civiles utilizando agregados de diferentes canteras, los constructores que adquieren dicho material lo utilizan sin conocer sus características y generándose un alto grado de incertidumbre al momento de elaborar el concreto, ya que al no conocer las características de sus componentes no podemos saber si este alcanzará la resistencia esperada.

Tener la información acerca de las características de los agregados extraídos de las canteras será de mucha utilidad para los constructores, entidades públicas y usuarios particulares ya que conocerán la fiabilidad de los agregados empleados y se sabrá de manera certera qué resistencia esperar del concreto que preparan en obra. Así mismo desde el punto de vista estético, con la información química de los agregados se evitarán eflorescencias, manchas y desprendimiento de concreto que causan la utilización de agregados de baja calidad.

Esta investigación se encuentra dentro de lo estipulado a las siguientes líneas de investigación de la Universidad Privada del Norte: "Calidad de nuevos materiales de construcción y estructuras".

Es fundamental e indispensable conocer la calidad de los agregados que se emplean en la industria de la construcción para la elaboración del concreto, debido a que forman gran parte del volumen final del mismo y si estos son de buena calidad entonces darán lugar a concretos de resistencia estable, durable y económica. De la calidad dependerá el sobre costo que se pueda tener, ya que muchos de ellos no cumplen con los requisitos

necesarios para ser usados en diseños de mezcla y esto lleva a tener la necesidad de manipular los agregados con el fin de hacer cumplir los requisitos mínimos y así tener diseños de buena calidad para el uso en diferentes tipos de obras civiles, teniendo en cuenta la investigación realizada por Arangurí Castillo, G.

Se elegirá el cemento Extraforte ICo de la empresa Pacasmayo, para elaborar los diseños de mezclas de concreto y sacar los costos de producción con los diferentes tipos de agregados de cada cantera analizada, porque este tipo de cemento es de uso general recomendado para columnas, vigas, losas, cimentaciones y otras obras que no se encuentren en ambientes salitrosos. Además de contener adiciones especialmente seleccionadas y formuladas que le brindan buena resistencia a la compresión y mejor manejabilidad (Pacasmayo, 2017). Los tipos de cementos que produce la empresa Pacasmayo son los más utilizados en los diferentes tipos de obras de construcción en la región de La Libertad (*Ver Anexo 2*), donde se encuentran ubicadas las canteras y la planta productora de este tipo de cemento.

1.4. Limitaciones

Limitada información acerca de la cantidad de empresas dedicadas a la explotación no mineral de canteras en Trujillo.

Para la evaluación de algunas propiedades químicas, las soluciones a emplear son fiscalizadas en nuestro país y de esta manera la obtención es limitada.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar la influencia de las características de los agregados de las canteras del sector El Milagro – Huanchaco en un diseño de mezcla de concreto, Trujillo 2017.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características físicas del agregado fino (arena gruesa) y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " (piedra), por humedad bajo la norma NTP 339.185, granulometría bajo la norma NTP 400.012, peso unitario y contenido de vacíos bajo la norma NTP 400.017, peso específico y absorción bajo la norma NTP 400.021/400.022, cantidad de finos bajo la norma NTP 400.018, equivalente de arena bajo la norma NTP 339.146, las características químicas de durabilidad a los sulfatos bajo la norma NTP 400.016, reactividad agregado-álcali bajo la norma NTP 334.099 y la característica mecánica resistencia a la abrasión bajo la norma NTP 400.019.
- Analizar químicamente los cloruros de los agregados en agua para elaboración de concreto teniendo como referencia la norma NTP 339.088.

- Realizar una corrección a los agregados que no cumplan con los parámetros establecidos en la NTP (Norma Técnica Peruana) 400.037:2014 identificando el mejor agregado fino y agregado grueso de $\frac{3}{4}$ " para ser empleado en diseño de concreto.
- Elaborar, analizar y estimar costos de un diseño de mezcla de concreto $f'c$ 210 kg/cm^2 con los resultados obtenidos del agregado fino y grueso de $\frac{3}{4}$ " de las canteras del sector el Milagro – Huanchaco.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Mendoza Camey, V. (2008) En su investigación “Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de Totonicapán” realizada en Guatemala. Tiene como objetivo: Evaluar las propiedades físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de dos canteras de agregados utilizados en la construcción, aplicando cuatro normas ASTM (Asociación Americana para Pruebas de Materiales), para determinar su calidad como agregados para concreto. Los ensayos realizados fueron resistencia a la abrasión e impacto, examen petrográfico y método estándar para reactividad potencial de los agregados. Las conclusiones obtenidas fueron conforme a la recopilación de los resultados y a la caracterización de las canteras, se determinó que las muestras de agregado fino no cumplen con algunas de las especificaciones de las normas correspondientes por lo tanto son consideradas inadecuadas para mezcla de concreto. Con respecto a las muestras del agregado fino del río Samalá: el porcentaje que pasó por el tamiz N°200 fue 1.6%, el límite cuando se trata de arena es hasta 7.0%, por lo tanto, sí cumple. El módulo de finura es 2.5, la especificación indica que debe estar entre 2.3 y 3.1 por lo tanto, sí cumple. Con respecto al agregado fino de La Aldea Vásquez: El porcentaje que pasó por el tamiz N°200 fue de 10.0%, el límite cuando se trata de arena manufacturada es hasta 7.0%, por lo tanto, no cumple. El módulo de finura es 3.9, la especificación indica que debe estar entre 2.3 y 3.1 por lo que no cumple. Al realizar el ensayo de desgaste utilizando la máquina de los Ángeles se obtuvo 20.0%, la norma establece que no debe ser más del 50.0%, por lo tanto, sí cumple e indica que se tiene un agregado grueso con dureza y tenacidad apta para concreto estructural. Respecto al ensayo químico sobre la bondad de los agregados 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 la norma.

Sanguero Girón, R. (2004) En su investigación “Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango” realizada en Guatemala. Tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de dos bancos (canteras) de agregados utilizados en la industria de la construcción. Se obtuvo para el agregado fino según los límites que establece la norma ASTM C33: El contenido de materia orgánica según la clasificación colorimétrica fue 5, por lo tanto, no cumple con el límite que es 3. El porcentaje que pasó por el tamiz N°200 fue 16.0% siendo el límite 7%, por lo tanto, no cumple. El módulo de finura es 1.8, la especificación indica que debe estar entre 2.3 y 3.1 por lo tanto no cumple. Al realizar el ensayo utilizando la máquina de Los Ángeles se obtuvo un desgaste del 65%, la norma establece que no debe ser más del 50%, por lo tanto, no cumple e indica que se tiene un agregado grueso con poca dureza y

tenacidad no apto para concreto estructural. El ensayo de reactividad potencial en ambas muestras fue inocuo, lo cual indica que los minerales silícicos que posee esta roca no producirán una reacción dañina con los álcalis del cemento Pórtland.

Hoyos Quiroz, E. (2013) En su investigación “Estudio de los agregados de cantera “Cruce Chanango” de la ciudad de Jaén - Cajamarca, para su uso en la elaboración de Concreto $f'c$ 210 kg/cm² realizada en Perú. Tiene como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Cruce Chanango de la ciudad de Jaén, para determinar su uso en la elaboración de un concreto de calidad y aplicar los parámetros de las propiedades físicas y mecánicas para la dosificación y realización en laboratorio de un concreto con resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm², y calcular la relación agua/cemento que más se ajuste a las propiedades físicas y mecánicas de los agregados en estudio. Los ensayos realizados fueron: análisis granulométrico, contenido de humedad, peso específico y absorción, abrasión, durabilidad al sulfato de sodio y magnesio, impurezas orgánicas y sales solubles. Los resultados fueron: respecto a la resistencia a la abrasión, los agregados en estudio cuentan con la dureza suficiente ya que presentan una pérdida del 12% de desgaste ante la abrasión de la máquina de los Ángeles. En el ensayo de durabilidad los resultados obtenidos para el agregado fino son: una pérdida de 8.30%, y para el agregado grueso es de 6.9%, la norma ASTM C33, establece que para el agregado fino sometido a los cinco ciclos no tendrá una pérdida en peso, no mayor del 10%, mientras que para el agregado grueso la pérdida en peso no será mayor de 12% y se obtuvo una relación agua/cemento de 0.54 para el diseño de mezcla $f'c$ 210 kg/cm²

Gonzales Ruiz, A. y Villa Plazas, E. (2013) En su investigación: “Caracterización de agregados pétreos de la cantera Tritupisvar para su uso en la elaboración de concreto” realizada en Colombia. Tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de agregados pétreos para determinar su calidad en la preparación de concreto. Los ensayos realizados fueron un estudio petrográfico macroscópico y microscópico de la roca con el fin de identificar y reconocer sus características mineralógicas. Se obtuvo en cuanto al estudio de la reactividad potencial álcali-sílice de los agregados, es un parámetro crítico en cuanto a la durabilidad del concreto, ya que la expansión y posible agrietamiento provocado por la reacción, repercute en el debilitamiento estructural y acorta la vida útil de las estructuras a base de concreto. El análisis del porcentaje de sílice por el método gravimétrico revela que la muestra SM1 contiene un porcentaje en sílice de 85.3% y para la muestra SM2 contiene un porcentaje en sílice de 96.2%. Son muestras que en su composición excede más del 50% en sílice, existiendo la posibilidad de que ocurra una reacción con los álcalis contenidos en el cemento. Los niveles de absorción de la muestra SM1 es de 0.64% y para SM2 es de 0.81%, por lo tanto, se encuentran dentro del rango permisible de 0.2% a 4%. El porcentaje de vacíos para SM1 es de 81.74% y para SM2 es de 81.17%, los cuales

están por fuera del rango permisible de 30% a 45%, generando resultados desfavorables de resistencia a la compresión en el concreto. Al determinar el desgaste en las muestras por ataque de sulfato de magnesio indican que son geo materiales muy resistentes a los agentes atmosféricos, al presentar un porcentaje menor al 1% del límite de 15% establecido en la norma.

Sanchez Muñoz, F. y Tapia Medina, R. (2015) En su investigación “Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días” realizada en Perú. Los agregados empleados en la investigación fueron extraídos de la cantera del Rio Bado, ubicado en la provincia de Sánchez Carrión – Departamento de La Libertad. El método empleado en el presente trabajo, se basa en la norma elaborado por el comité ACI (American Concrete Institute) 211. La resistencia seleccionada fue de 210 kg/cm², relación agua/cemento: 0.80, asentamiento máximo: 3”, tamaño máximo del agregado: ¾”, estimación de agua de mezclado: 216 kg/m³, contenido de cemento: 270 kg/m³ – 6.35 bolsas, módulo de fineza: 2.92, volumen de agregado: 0.608, peso de agregado grueso compactado: 1004.27 kg/m³. Teniendo como dosificación recomendada en volumen cemento: agregado fino: agregado grueso: agua, lo siguiente: 1: 2.50: 3.30: 1.10.

Arangurí Castillo, G. (2016) En su artículo “La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad” realizada en Perú. Tiene como objetivo enfatizar la importancia del agregado usado en construcción, que garantice un estudio previo de sus canteras, a través de ensayos de laboratorio que determinen sus características y especifiquen su uso. Los métodos empleados para la realización del artículo son descriptivos y están enfocados básicamente en lo siguiente: Información proporcionada por diarios nacionales sobre el uso informal de canteras de materiales no metálicos, visita a obras de la localidad, identificando que sus agregados no cuentan con ensayos ni proporcionan referencia concreta de su origen e información proporcionada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones sobre los ensayos mínimos y necesarios en los materiales usados en construcción y carreteras. Concluye que: Las canteras ilegales son el punto inicial de una mafia de la construcción, que perjudica a los usuarios y que implica daño ambiental, evasión tributaria, y lo más importante: proporciona material de mala calidad, que no cumple con la normatividad vigente y otorga un producto final de mala calidad.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Canteras

Fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros. (Constructor Civil, 2017)

2.2.1.1. Tipos de canteras

Existen dos tipos, estos dos tipos de canteras se diferencian básicamente en dos factores, los tipos de materiales que se explotan y los métodos de extracción empleados para obtenerlos.

- **Cantera de aluvi3n:** llamadas tambi3n canteras fluviales, en las cuales los r3os como agentes naturales de erosi3n, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energ3a cin3tica para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes dep3sitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas; la din3mica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotaci3n econ3mica, pero de gran afectaci3n a los cuerpos de agua y a su din3mica natural. En las canteras de r3o, los materiales granulares que se encuentran son muy competentes en obras civiles, debido a que el continuo paso y transporte del agua desgasta los materiales quedando al final aquellos que tiene mayor dureza. Estos materiales son extra3dos con palas mec3nicas y cargadores de las riberas y cauces de los r3os. (Herbert, 2007)

- **Cantera de roca:** m3s conocidas como canteras de pe3a, las cuales tienen su origen en la formaci3n geol3gica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, 3gneas o metam3rficas; estas canteras por su condici3n est3tica, no presentan esa caracter3stica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales.

Las canteras de pe3a, est3n ubicadas en formaciones rocosas, monta3as, con materiales de menor dureza, generalmente, que los materiales de r3os debido a que no sufren ning3n proceso de clasificaci3n; sus caracter3sticas f3sicas dependen de la historia geol3gica de la regi3n, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilizaci3n industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los dep3sitos. (Herbert, 2007)

2.2.1.2. Clasificación de canteras

Según explotación:

- A cielo abierto: explotaciones que se desarrollan en la superficie terrestre.
 - En laderas: cuando la roca se extrae en la falda de un cerro.
 - En corte: cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno.
- Subterráneas: explotación que se desarrolla por debajo de la superficie del terreno. (Herbert, 2007)



Figura N° 1: Explotación de canteras

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.

Según el material a explotar:

- Consolidados o roca.
- No consolidados: como suelos, agregados, terrazas aluviales y arcillas. (Herbert, 2007)

2.2.1.3. Cantera indicada para una construcción:

Los factores a tener en cuenta para considerar a un depósito como cantera, en líneas generales, son los siguientes:

- El depósito debe estar constituido por materiales o minerales no metálicos.
- Calidad de la roca a explorar.
- Volumen considerable a explotar de la cantera (potencia).
- Ubicación de la cantera.
- Accesibilidad.
- Impacto Ambiental.

- Economía de producción y transporte. (Universidad Nacional de Cajamarca, 2014)

2.2.2. Agregados para la construcción

Partículas de diversos tamaños que se pueden encontrar en la naturaleza, ya sea en forma de finos, arenas y gravas (piedra) o como resultado de la trituración de rocas. Los agregados naturales y los de trituración se distinguen por tener en general un comportamiento constructivo diferente, sin embargo, se pueden llegar a combinar teniendo la mezcla a su vez características diferentes. (Constructor Civil, 2017)

2.2.2.1. Características

2.2.2.1.1. Físicas

Para determinar las propiedades del agregado la norma NTP 400.037 basada en la norma ASTM C33, especifica los procedimientos y las características que deben cumplir los agregados para su uso. La norma recomienda ensayos de:

- **Granulometría:** Es la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados; se determina mediante el ensayo de análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de cuantía de cada fracción se denomina granulometrías. (Rivera, 2014)
- **Peso específico:** Las partículas del agregado están conformadas por masa del agregado, vacíos que se comunican con la superficie llamados permeables o saturables y vacíos que no se comunican con la superficie, es decir que quedan en el interior del agregado llamados poros impermeables o no saturables. (Rivera, 2014)
- **Absorción y humedad:** La absorción es el porcentaje de agua necesaria para saturar los agregados o el concreto con respecto al peso de los materiales secos. Y la humedad es la cantidad de agua retenida que tienen los agregados en sus poros internos; estos ensayos son importantes de manera que la cantidad de agua requerida en la mezcla pueda controlarse y sea la correcta. (Rivera, 2014)
- **Peso unitario:** es la masa del material necesario para llenar un recipiente de volumen unitario. En el peso unitario además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas. Esta se puede determinar compactada o suelta; el peso unitario compactado se emplea en algunos diseños de mezclas

como en el ACI 211 y el peso unitario suelto sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si estos se venden por volumen como ocurre comúnmente. (Rivera, 2014)

2.2.2.1.2. Químicas

Una de las causas del deterioro del concreto, que ha sido objeto de más estudios en los últimos treinta años es la denominada reacción álcali-agregado, que se origina entre determinados agregados activos y los óxidos de sodio y potasio del cemento, (Stanton, 2001). La reacción se inicia en la superficie del agregado y se produce en la interfase con la pasta de cementos formando un gel que toma agua y se dilata creando presiones internas que llevan a la rotura del material. Los primeros estudios fueron realizados por Stanton, dos años después.

Según Gonzáles (2003) la reacción álcali agregado comprende los siguientes sistemas:

- **Reacción Álcali-Carbonato:** Este tipo de reacción se produce por los álcalis del cemento que actúan sobre ciertos agregados calcáreos, como, por ejemplo, los calcáreos de grano fino que contienen arcilla, que son reactivos y expansivos. Este fenómeno se presenta cuando el concreto está sometido a atmósfera húmeda. La expansión se debe a la transformación de la dolomita en calcita y brucita, fuertemente expansiva, que tiene la forma de un gel que origina una presión debido al crecimiento de los cristales.
- **Reacción Álcali-Silicato:** Puede presentarse conjuntamente con la reacción álcali-sílice. Se caracteriza porque progresa más lentamente y forma gel en muy pequeña cantidad. Se estima que esta reacción se debe a la presencia de filosilicatos.
- **Reacción Álcali-Sílice:** Los álcalis en el cemento están constituidos por el Óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo Normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

2.2.2.1.3. Mecánicas

En consecuencia, a esto se ha desarrollado pruebas de resistencia a la trituración en muestra de rocas, el ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles Norma ASTM C131, permite conocer la resistencia al desgaste

de los agregados y es un indicador de calidad para el agregado, esta propiedad es esencial cuando se va a usar en concretos sujetos a desgaste.

2.2.2.2. Adherencia de los agregados

La adherencia de los agregados dependerá de las impurezas que este pueda contener.

Estas impurezas son todas aquellas partículas, presentes en el agregado, que modifican el proceso de hidratación del cemento ya sea retardando o acelerando el fraguado y la ganancia de resistencia con el tiempo, o lo que es más grave inhibiendo estos procesos. En general se pueden encontrar los siguientes tipos de impurezas:

- **De origen orgánico:** con esta denominación se conocen todos aquellos contaminantes presentes en el agregado y que provienen de la descomposición de material vegetal como por ejemplo, hojas, tallos y raíces; las cuáles se manifiestan en forma de humus (capa superior del suelo rica en materia orgánica). Estas partículas interfieren con las reacciones químicas de hidratación retardando el fraguado y en algunos casos inhibiéndolo. Hay más probabilidad de encontrar este tipo de impurezas en la arena que en la grava la cual se lava fácilmente. (Bolívar, 2003)

Entre las más perjudiciales se pueden encontrar tres tipos:

- **Arcillas:** Las arcillas son materiales que provienen de la meteorización de rocas alcanzando tamaños menores de $20\mu\text{m}$. Presenta efectos perjudiciales en el hormigón por que impide los enlaces entre la pasta de cemento y los agregados. La arcilla se puede presentar en los agregados en forma de recubrimiento superficial reduciendo así la resistencia y durabilidad del hormigón; por otra parte, si se trata de una arcilla expansiva se puede generar un problema adicional cuando el hormigón se humedece y las partículas de arcilla se expanden generando tensiones de tracción dentro de la masa de hormigón endurecido, que pueden conducir a fallas según sea el contenido es estas partículas.
- **Limos:** Los limos son materiales con tamaño entre $20\mu\text{m}$ y $60\mu\text{m}$ que han sido reducidos a este tamaño por procesos naturales de intemperismo.
- **Los finos de trituración:** son materiales que se desprenden de la roca durante el proceso de transformación de la piedra natural en

gravas o arenas. Si los limos y polvos de trituración se encuentran en alta proporción en los agregados el requerimiento de agua aumenta y por lo tanto el contenido de cemento para una misma relación agua/cemento debido a su mayor finura. (Bolívar, 2003)

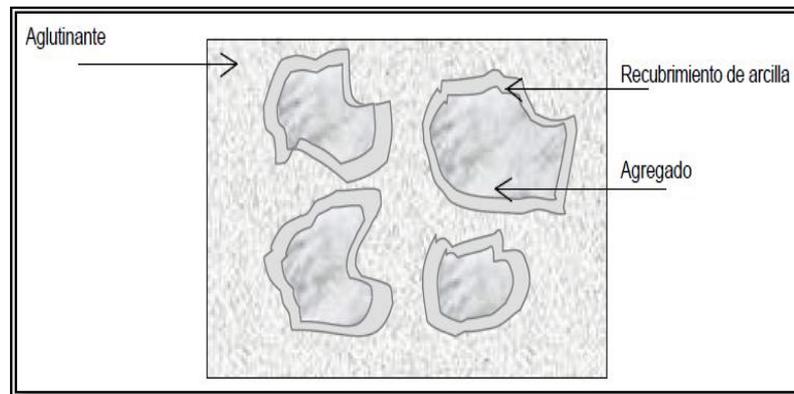


Figura N° 2: Recubrimiento superficial en agregados.

Fuente: Manual de agregados para el hormigón.

2.2.2.3. Adherencia de la pasta a los agregados

La adherencia de la pasta de cemento al árido depende de su forma, porosidad, naturaleza y especialmente de su estado superficial.

La superficie de los agregados debe ser la adecuada. La presencia en ella de arcilla es dañino, debido a que contribuye a disminuir la resistencia tracción por falta de adherencia.

La adherencia mecánica que permite la unión a escala macroscópica depende del estado superficial de los agregados. Es mayor cuanto más rugosa es la superficie. (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.3. Agregados con granulometrías continuas y discontinuas

2.2.3.1. Granulometría continua

Las granulometrías deben ser continuas, es decir que no debe faltar ningún tamaño intermedio de partícula.

La pasta de cemento debe recubrir todas las partículas de agregado para lubricarlas cuando el concreto está fresco y para unir las cuando el concreto está endurecido.

Por lo tanto, cuanto mayor sea la superficie de los agregados mayor será la cantidad de pasta necesaria.

Los husos granulométricos dependerán del tipo de agregado (fino o grueso), estos husos son formados por los límites granulométricos que se representan con curvas límites como se observa en la *Figura N°2 y N°3*. (Fernández Cánovas, 2013)

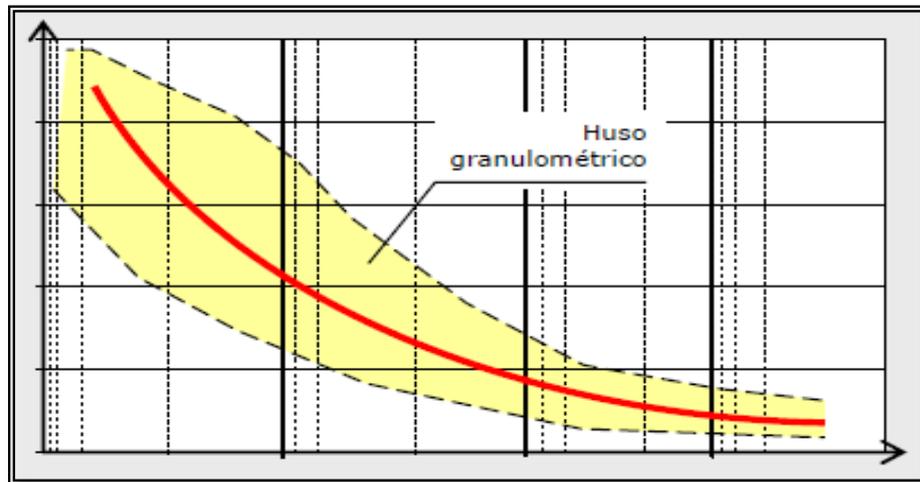


Figura N° 3: Curva granulométrica continua.

Fuente: Hormigón, Décima edición.

2.2.3.2. Granulometría discontinua

Consisten en solo un tamaño de agregado grueso siendo todas las partículas de agregado fino capaces de pasar a través de los vacíos en el agregado grueso compactado. Las mezclas con granulometría discontinua se utilizan para obtener texturas uniformes en concretos con agregados expuestos. También se emplean en concretos estructurales normales, debido a las posibles mejoras en densidad, permeabilidad, contracción, fluencia, resistencia, consolidación, y para permitir el uso de granulometría de agregados locales.

Una elección incorrecta, puede resultar en un concreto susceptible de producir segregación o alveolado debido a un exceso de agregado grueso o en un concreto de baja densidad y alta demanda de agua provocada por un exceso de agregado fino.

Normalmente el agregado fino ocupa del 25% al 35% del volumen del agregado total, el contenido de agregado fino depende del contenido del cemento, del tipo de agregado, y de la trabajabilidad.

Para mantener la trabajabilidad normalmente se requiere de inclusión de aire puesto que las mezclas con granulometría discontinua con revenimiento bajo hacen uso de un bajo porcentaje de agregado fino y a falta de aire incluido producen mezclas ásperas.

Se debe evitar la segregación de las mezclas con granulometría discontinua, restringiendo el revenimiento al valor mínimo acorde a una buena consolidación.

Si se requiere una mezcla áspera, los agregados con granulometría discontinua podrían producir mayores resistencias que los agregados normales empleados con contenidos de cemento similares. (Fernández Cánovas, 2013)

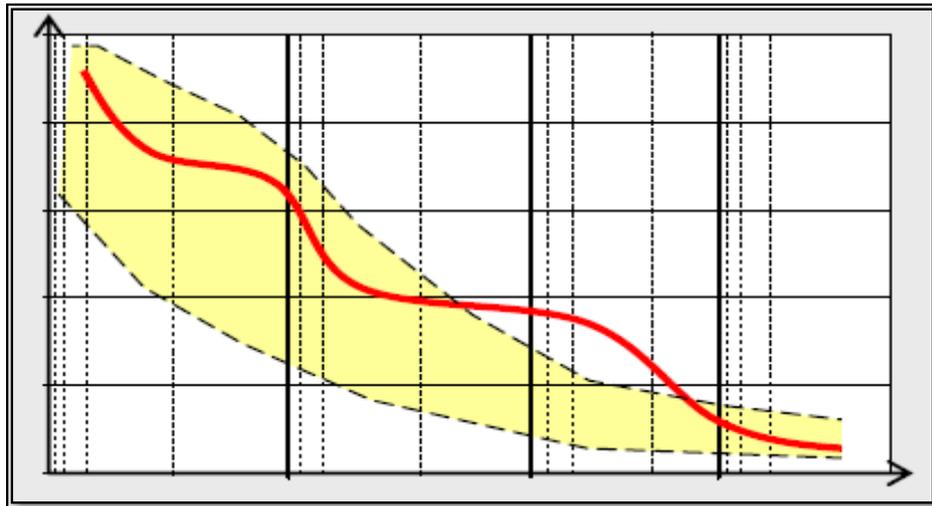


Figura N° 4: Curva granulométrica discontinua.

Fuente: Hormigón, Décima edición.

2.2.4. Tamaño máximo nominal (piedra – concreto)

Es el mayor tamaño del tamiz, sobre el cual se permite la retención de cualquier material, es más útil que el tamaño máximo porque indica de mejor manera el promedio de la fracción gruesa, mientras que el tamaño máximo solo indica el tamaño de la partícula más grande de la masa de agregados, la cual puede ser única.

El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se determinan generalmente en el agregado grueso.

Existen varias razones para especificar límites en las granulometrías y el tamaño máximo del agregado. La granulometría y el tamaño máximo afectan las proporciones relativas de los agregados, así como la cantidad de agua y cemento necesarios en la mezcla y también la manejabilidad, la economía, la porosidad y la contracción de concreto. Las variaciones en la gradación pueden afectar seriamente la uniformidad de una mezcla a otra. En general, los agregados deben de tener partículas de todos los tamaños con el fin de que las partículas pequeñas llenen los espacios dejados por las partículas más grandes, de esta forma se obtiene un mínimo de huecos o sea una máxima densidad; como la cantidad de

pasta (agua más cemento) que se necesita para una mezcla es proporcional al volumen de huecos de los agregados combinados. (Rivera, 2014)

En conclusión se debe tener en cuenta el tamaño máximo nominal adecuado para el tipo de estructura en donde será aplicado, como se puede observar en la siguiente figura, donde:

- h = espesor
- a = ancho
- s = separación

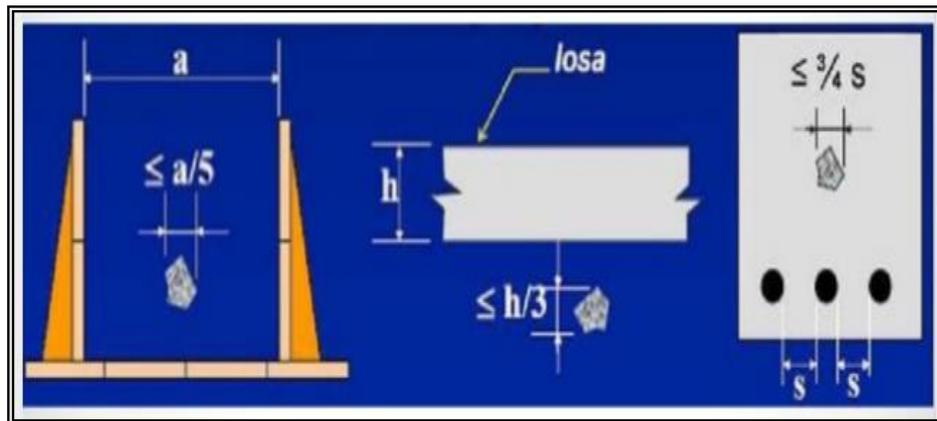


Figura N° 5: Requisito para TMN: ACI 318/NTP E.060.

Fuente: Colegio de Ingenieros del Perú (Consejo Departamental Ancash).

El tamaño máximo debe ser el mayor posible, esto es el máximo compatible con la estructura. Por ejemplo: para un tabique será de 19 mm, para un pavimento 50 mm, para el concreto en masa de una presa 120mm.

2.2.5. Calidad en la industria de las construcciones civiles

La calidad en la construcción es uno de los factores más importantes y necesarios para el éxito del proyecto. El enfoque del cumplimiento con los requisitos se adapta en la industria de la construcción principalmente por el cumplimiento con los diseños y las especificaciones. (Langford, 2000)

2.2.5.1. Control de calidad del agua para el diseño de concreto

Agua de mezcla.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. (Pasquel Carbajal, 1998)

Para que un agua sea apta para ser usado en el concreto debe estar limpia y encontrarse libre de impurezas por encima de determinados límites a fin de que no se produzcan alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en el tiempo de fraguado y endurecimiento, reducciones en sus resistencias, ni peligros en su durabilidad. El que un agua tenga aspecto limpio no ofrece seguridad suficiente sobre su pureza.

Determinadas impurezas tales como cloruros y otras sales, pueden actuar dando eflorescencias en las superficies vistas o provocando la corrosión del acero en el concreto armado.

Las aguas que serán empleadas para lavar y mezclarse con los agregados no deben contener excesiva cantidad de sustancias en suspensión o disueltas que produzcan películas dañinas o poco adherentes sobre las superficies de los agregados. (Fernández Cánovas, 2013)

Cloruros.

Los cloruros se hallan normalmente en el ambiente en las zonas cercanas al mar, en el agua marina, y en ciertos suelos y aguas contaminadas de manera natural o artificial. Hay que tener perfectamente claro el concepto de que los cloruros no tienen acción perjudicial directa sobre el concreto sino es a través de su participación en el mecanismo de la corrosión de metales embebidos en el concreto, produciéndose compuestos de hierro que al expandirse rompen la estructura de la pasta y agregados. (Pasquel Carbajal, 1998)

Ataque por Cloruros en el concreto.

El agua empleada en la elaboración del concreto deberá tener un contenido máximo de cloruros tal que la suma de los cloruros presentes en los constituyentes de la mezcla, incluyendo los aditivos, no sobrepase los límites.

En cuanto a agregados comunes, existe poca posibilidad, si no es que ninguna, de que contengan cloruros en concentración representativa, incluso cuando se empleen agregados tales como arenas de playa en la elaboración del concreto. Se debe tener especial cuidado en respetar la máxima concentración permisible de cloruros totales en la mezcla, para lo cual habrá que revisar la presencia de cloruros solubles en los agregados. (Vargas, 1998)

Tabla N° 1: Límites químicos para el agua de mezcla.

Ensayos	Límite máximo permisible
Cloruro	
I. En concreto pretensado, tableros de puentes o designados de otra manera.	500 ppm
II. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes.	1000 ppm
Sulfatos	3000 ppm
Álcalis	600 ppm
Sólidos totales por masa	50000 ppm

Fuente: NTP 339.088:2011, elaboración propia.

2.2.5.2. Control de calidad de agregados

Para el control de calidad de los agregados se tendrán en cuenta las especificaciones y requisitos de cada una de las normas técnica peruanas (NTP) que están basadas en las normas americanas (ASTM).

Tabla N° 2: Especificaciones de los agregados para elaboración del concreto.

Especificaciones técnicas de los agregados para el concreto			
Ensayo	Norma	Agregado Fino	Agregado Grueso
Requisitos Obligatorios			
Análisis Granulométrico	NTP 400.012	Ver Tabla N° 3	Ver Tabla N° 2
Terrones de arcilla y partículas friables	NTP 400.015	Máximo 3%	Máximo 5%
Material más fino que pasa tamiz N°200:	NTP 400.018	Máximo 3% para concretos sujetos a abrasión y 5% para otros concretos.	Máximo 1%
I. Agregado fino natural		Máximo 5% para concretos sujetos a abrasión y 7% para otros concretos.	
II. Agregado fino chancado			
Carbón y lignito	NTP 400.023	Máximo 0.5%	
I. Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante			
II. Otros concretos		Máximo 1%	
Impurezas orgánicas	NTP 400.013 NTP 400.024	El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica, cuando se determine conforme NTP 400.013, se deberá considerar satisfactorio. El agregado fino que no cumple con el ensayo anterior, podrá ser utilizado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros (NTP 400.024) la resistencia relativa a los 7 días no es menor del 95%.	-
Requisitos Complementarios			
Inalterabilidad por sulfatos (*)	NTP 400.016	Máximo 10% sulfato de sodio y 15% sulfato de magnesio.	Máximo 12% sulfato de sodio y 18% sulfato de magnesio.
Abrasión (Método los Ángeles)	NTP 400.019	-	Máxima pérdida de 50%
Valor de impacto del agregado (VIA)	NTP 400.038	-	Máxima pérdida de 30%
Requisitos Opcionales			
Reactividad agregado/álcali:	NTP 334.099	Inocuo	
I. Método químico			
II. Método barra de mortero	NTP 334.067	Expansión a 16 días < 0.10%	

Fuente: NTP 400.037:2014, elaboración propia.

(*) **NOTA:** Este ensayo es obligatorio solo para concretos sometidos a heladas.

Tabla N° 3: Huso granulométrico del agregado grueso.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50
1	3 1/2" - 1 1/2"	100	90 - 100	-	25 - 60	-	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-	-
2	2 1/2" - 1 1/2"	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-	-
3	2" - 1"	-	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-
357	2" - N°4	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	-	0 - 5	-	-	-
4	1/2" - 3/4"	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 5	-	0 - 5	-	-	-	-
467	1 1/2" - N°4	-	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5	-	-	-
5	1" - 1/2"	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-	-	-
56	1" - 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5	-	-	-
57	1" - N°4	-	-	-	-	-	100	95 - 100	-	25 - 60	-	0 - 10	0 - 5	-	-
6	3/4" - 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5	-	-	-
67	3/4" - N°4	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-
7	1/2" - N°4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	-	-
8	3/8" - N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5	-
89	1/2" - 3/8"	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	-	0 - 10	0 - 5
9	N°4 - N°16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	-	0 - 10	0 - 5

Fuente: NTP 400.037:2014, elaboración propia.

Tabla N° 4: Huso granulométrico del agregado fino.

Tamiz	Abertura (mm)	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.5	100	100
N° 4	4.8	95	100
N° 8	2.4	80	100
N° 16	1.2	50	85
N° 30	0.6	25	60
N° 50	0.3	5	30
N° 100	0.2	0	10

Fuente: NTP 400.037:2014, elaboración propia.

Las etapas del control de calidad del agregado son:

Explotación.

Para los efectos de exploración de cada cantera deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Equipo adecuado de explotación.
- Capacidad de producción y almacenaje.
- Condiciones de almacenaje.
- Sistema de muestreo rutinario.
- Frecuencia de muestreo.
- Ensayos de laboratorio de acuerdo a normas oficiales.

Manejo

El manejo de los agregados deberá impedir o reducir al mínimo cualquier posibilidad de contaminación, que puede tener lugar durante el transporte y almacenaje en el sitio de producción del concreto. (Afif, 2011)

Empleo.

En esta etapa del proceso es en donde se deberá poner un especial interés, ya errores que tendrán una influencia directa sobre el resultado final, por lo tanto es necesario vigilar las siguientes actividades:

- Almacenaje adecuado que evite la posible contaminación.
- Datos precisos de las características de los agregados.
- Contar con un diseño de mezcla adecuado para cada resistencia dada, según las especificaciones de cada obra.
- Sistema adecuado de dosificación de materiales.
- Conocimiento detallado de las especificaciones de obra.

- Supervisión de la elaboración de la mezcla para que sea elaborada en condiciones óptimas. (Afif, 2011)

Operación.

El sitio donde será colocado el concreto deberá ser analizado en busca de sustancias nocivas a los agregados que conforman este. Pueden ocurrir cambios en los agregados una vez que se encuentran en el concreto y cambiar así las condiciones en el mismo, en dicho caso es muy importante conocer estos cambios, para poder dar una solución al problema. (Afif, 2011)

2.2.5.3. Control de calidad del concreto

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesta de cemento portland y agua, une los agregados, normalmente arena y grava (piedra triturada, piedra machacada, pedrejón) creando una masa similar a una roca". (Kosmatka y Panarese, 2000).

2.2.5.3.1. Toma de muestras y ensayos a realizar

La realización de los ensayos de recepción en obra de los concretos deben efectuarla laboratorios de control que puedan ser públicos o privados debiendo estar acreditados oficialmente para la realización de ensayos.

La toma de muestra se realizará en el punto de vaciado del concreto, a la salida de éste y entre 1/3 y 3/4 de la descarga. El ensayo a efectuar en obra será el de consistencia que se efectuará sobre el concreto inmediatamente después de la descarga, debiendo llenarse en ese momento los moldes de ls probetas sobre los que se efectuaran los ensayos de resistencia. (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.5.3.2. Control de consistencia

El que un concreto cumpla con la especificación de consistencia dada por las especificaciones técnicas del expediente en obra, es fundamental para que ese concreto pueda colocarse adecuadamente en obra.

Para la determinación de la consistencia se utilizara el cono de Abrams y se realiza siempre que se tomen probetas para controlar la resistencia del concreto; en todos los diseños elaborados en obra. (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.5.3.3. Control de la resistencia

Los ensayos de control de resistencia del concreto se dividen en tres tipos fundamentales: unos que se realizan (cuando es necesario) antes de iniciar el vaciado y que son conocidos como ensayos previos y característicos. Estos tienen por finalidad comprobar la idoneidad de los materiales componentes y de las dosificaciones a emplear desde el punto de vista de resistencia a compresión y durabilidad. (Fernández Cánovas, 2013)

Un factor que influye en la resistencia final del concreto es:

- **Relación agua-cemento:** La relación agua/cemento (a/c) constituye un parámetro importante de la composición del concreto. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del concreto. La relación agua/cemento (a/c) es el valor característico más importante de la tecnología del concreto. De ella dependen la resistencia y la durabilidad del concreto. (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.5.4. Control de la 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. En otras épocas se creía que el concreto tenía una gran durabilidad, pero hoy en día se ve que ésta es limitada ya sea por causas relacionadas con el medio (heladas, ataques por sulfatos del terreno) o por causas internas (reacción álcali-agregado). (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.5.5. Control de calidad y aceptación de los ensayos.

Los ensayos de los agregados, tienen una precisión indicada por las normas técnicas peruanas (NTP) que rigen estos ensayos según el procedimiento a realizar, para que sean aceptados tienen que estar dentro de los límites estadísticos propuestos por estas normas, de lo contrario se recomienda que los ensayos sean realizados otra vez. Estas medidas de dispersión son promedio o media aritmética, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación, los cuales serán explicados a continuación.

- **Promedio o media aritmética:** Es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos.

- **Varianza:** Es una medida de dispersión que mide la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (Media).
- **Desviación estándar:** Es una medida de dispersión de variables, muy usada en trabajos de investigación. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar es necesario sacar la raíz a la varianza.
- **Coefficiente de variación:** Es una medida de dispersión que describe la cantidad de variabilidad en relación con la media. El coeficiente de variación no se basa en unidades, se utiliza en lugar de la desviación estándar como indican las normas técnicas peruanas para comparar la dispersión de los conjuntos de datos que tienen diferentes unidades o diferentes medias, se representa en porcentaje.

2.2.6. Diseño de mezcla

Proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica.

2.2.6.1. Instituto del concreto americano (ACI 211)

El método estudiado en el presente trabajo tiene como base el procedimiento del American Concrete Institute (ACI) 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 la proporción de los agregados son en el orden propuesto por el Instituto Americano del Concreto (ACI 211).

2.2.6.2. Método de Fuller:

Su aplicación está dirigida principalmente para diseños de concretos en los cuales el tamaño máximo del árido se encuentra comprendido entre mm, los áridos son rodados, no existen secciones fuertemente armadas y la cantidad de cemento por metro cúbico es superior a los 300 kg/m³. Para la aplicación del método se considera como tamaño máximo del árido la abertura del menor tamiz que retiene menos del 25% al pasar por él, sólo el árido de mayor tamaño (la grava), excluyéndose de esta determinación los grandes cantos de dimensiones anormales. La cantidad de cemento a introducir en el

diseño de la mezcla será la real que se vaya a emplear en la fabricación del concreto. La cantidad de agua dependerá de la tipología de árido utilizada, de su tamaño máximo y de la consistencia que deba tener el concreto. Si el concreto debe ser bombeable o se debe colocar en secciones estrechas, es conveniente emplear una consistencia blanda; si el concreto se va a consolidar por vibración enérgica puede emplearse consistencia seca. (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.6.3. Método de Bolomey:

Este método puede ser considerado como un perfeccionamiento del método de Füller; los datos para efectuar la dosificación por este método suelen ser los mismos que los utilizados por el método de Füller. La cantidad de agua necesaria por metro cúbico de concreto se determina utilizando las mismas tablas que en el método de Füller. Para la determinación del tamaño máximo del árido se sigue el mismo criterio utilizado en el método anterior, la cantidad de agua necesaria por metro cúbico de concreto se determina utilizando las mismas tablas que en el método de Füller. Para determinar en qué proporción se mezclan las distintas fracciones de árido, es en éste punto donde se aportan las modificaciones respecto al método anterior, Bolomey utiliza una curva de granulometría variable en función de la consistencia deseada en el concreto. (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.6.4. Método de Faury:

Este método es aplicable a concretos en masa o armados, siendo especialmente útil cuando se requiere dosificar mezclas en la construcción de concretos para piezas prefabricadas en las que predomina la superficie del molde sobre su volumen, es decir, aquellas en las que el efecto pared tiene un valor preponderante. (Fernández Cánovas, 2013)

2.2.7. Patologías del concreto

La patología del concreto puede definirse como el estudio sistemático de los procesos y características de los daños que puede sufrir el concreto, sus causas, consecuencias y soluciones.

Las estructuras de concreto pueden sufrir defectos o daños que alteran su estructura interna y su comportamiento. Algunos pueden estar presentes desde su concepción o construcción, otras pueden haberse contraído durante alguna etapa de su vida útil, y otras pueden ser consecuencia de accidentes. (Silva, 2016)

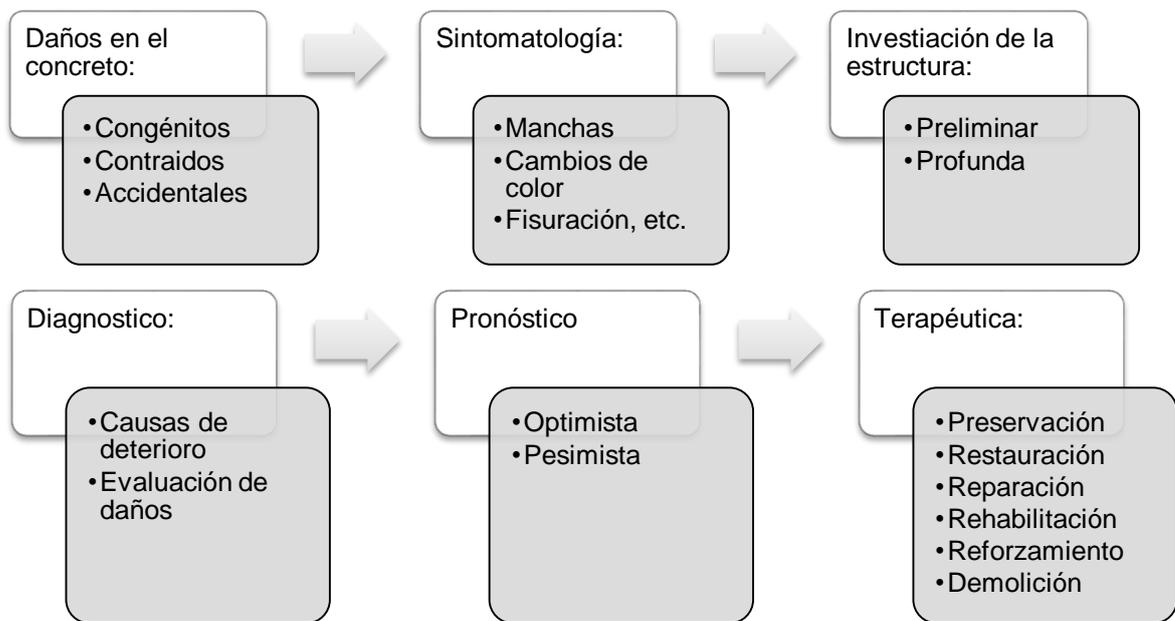


Figura N° 6: Modelo secuencial de procesos en la patología del concreto.

Fuente: Concreto al día – ACI Perú.

Al igual que en un ser humano, el concreto durante su vida útil, puede sufrir enfermedades que pueden ser congénitas (originados durante el diseño y/o construcción, como un mal cálculo o diseño de mezclas), contraídas por exposición a agentes químicos, por ejemplo o accidentales por explosiones o impactos.

Estas “enfermedades” o patologías como se conoce en el concreto, se manifestarán en su estructura interna o externa, a través de síntomas (manchas en el concreto, fisuración, etc.). El especialista hará una investigación de manera preliminar (inspección ocular y revisión de la historia de la estructura: planos de diseño, ocurrencias y registros durante la construcción, sondeos a los elementos estructurales, análisis de capacidades estructurales, etc.) y de ser necesario una investigación más profunda (ensayos de resistencia, extracción, ensayos y análisis de muestras – físicas, químicas, biológicas y microscópicas), que permitan establecer los reales mecanismos de falla.

Con estos antecedentes y detectado el mecanismo de falla, ya se puede hacer el diagnóstico de la estructura, mostrándolas causas que lo han afectado y el estado actual de competencia. Con ello se puede dar un pronóstico que puede incluir terapias de recuperación de la estructura (en el mejor de los casos) o de amputación o demoliciones, en otros. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)

Las terapias o tratamientos más conocidos se pueden clasificar en:

- **Preservación:** consiste en mantener las condiciones actuales de una estructura, para prevenir su deterioro.

- **Restauración:** consiste en restablecer los materiales, forma o apariencia de una estructura a sus condiciones originales.
- **Reparación:** consiste en reemplazar materiales o elementos dañados de una estructura.
- **Rehabilitación:** consiste en modificar una estructura y llevarla a una condición deseada, diferente a su original.
- **Reforzamiento:** consiste en aumentar la capacidad resistente de una estructura, para resistir mayores cargas.
- **Demolición:** consiste en retirar elementos dañados de una estructura que por su estado, ya no aportan capacidad resistente a la estructura. Puede ser parcial o total.

2.2.8. Comportamiento del concreto

El concreto no siempre se comporta como lo esperamos. Muchas veces, se presentan mecanismos de deterioro como fisuraciones, delaminaciones, desintegración, etc., que nos obligan primero a encontrar las posibles causas que los han provocado, antes de proponer un procedimiento de reparación del concreto. Entender las causas de deterioro nos permitirá desarrollar una estrategia de reparación efectiva y duradera. Y hoy, gracias a la patología del concreto, podemos entender mejor este comportamiento. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)

2.2.8.1. Factores que causan defectos en el concreto

- **Relacionados al diseño:** Durante la etapa de ingeniería, el elemento de concreto será diseñado en base al conocimiento y experiencia de los proyectistas, y a los procedimientos y los controles de revisión establecidos antes de emitir la ingeniería final. Cualquier diferencia u error en la estructuración de la edificación, el pre-dimensionamiento de los elementos, los metrados de cargas, la modelación estructural, los criterios, normas y estándares escogidos para el diseño, etc., impactan directamente en el comportamiento futuro del concreto. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)
- **Relacionados a los materiales:** La inadecuada selección de los materiales a emplear en la fabricación del concreto también afectarán su posterior desempeño. Todos los materiales empleados en su producción (cemento, agregados, agua y aditivos) deben pasar por un adecuado control de calidad. Debemos estar seguros de su procedencia y confiabilidad para lograr el estándar de diseño requerido. Asimismo un buen diseño de mezclas nos debe asegurar la correcta proporción de cada uno de ellos y, en la obra, la buena

práctica constructiva nos acercará a los valores esperados de resistencia y durabilidad. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)

- **Relacionados a la construcción:** La experiencia de la mano de obra, sumada a una buena supervisión de los procedimientos de construcción, mejorará el desempeño del concreto. Muchas veces confiamos en la producción del concreto a nuestro maestro de obra sin hacer una revisión de las cantidades, tiempos de mezclado, procedimiento de transporte, colocación, vibrado y curado del concreto.

La importancia de la relación agua/cemento empleada es el factor más importante para asegurar un concreto durable a futuro. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)

2.2.8.2. Factores que causan deterioro en el concreto

El deterioro en las estructuras de concreto está íntimamente ligado a su durabilidad, entendiéndose como durabilidad la capacidad que tiene el concreto para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea, de los ataques químicos o biológicos, de la abrasión y de cualquier otro mecanismo de deterioro. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)

- **Deterioro por acciones físicas:** La exposición del concreto a acciones físicas generan cambios volumétricos en él: los cambios de humedad, de temperatura, congelación y deshielo, etc., determinarán cambios en el peso unitario, porosidad y permeabilidad en el concreto. En este contexto, la relación agua/cemento de la mezcla tiene mucha importancia en la permeabilidad del concreto, que finalmente será la propiedad que determinará el grado de ataque. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)
- **Deterioro por acciones mecánicas:** Las acciones mecánicas están directamente asociadas a la aparición de microfisuras, fisuras y fallas en el concreto. La exposición a cargas y sobrecargas, deflexiones y movimientos excesivos, impactos previstos o imprevistos, vibraciones y mecanismos de abrasión generarán fisuración y agrietamiento en el concreto. Asimismo, la fisuración está directamente ligada a la durabilidad del concreto, pues ayudara a la penetración de sustancias agresivas al interior, y disminuirá la resistencia del concreto a fuerzas cortantes, fomentará la corrosión del refuerzo estructural, etc. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)
- **Deterioro por acciones químicas:** Durante su vida útil es posible que la estructura de concreto esté sujeta a ataques químicos, siendo los más desfavorables el ataque de ácidos, la lixiviación por aguas blandas, la

carbonatación, la formación de sales expansivas o sulfatos y reacciones álcali-agregado, entre otras.

Tan pronto se dé la reacción entre el concreto y el agente químico, el concreto comenzará a descomponerse en la medida que su permeabilidad lo permita. La adecuada compactación, sumada a una baja relación a/c y curado, favorecerán la compacidad del concreto y una menor permeabilidad. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)

- **Deterioro del acero de refuerzo:** El acero de refuerzo trabaja de manera conjunta en el concreto. el deterioro de uno influirá directamente en el otro y en la vulnerabilidad de la estructura. El fenómeno de la corrosión del acero solo se produce en el rango de humedad relativa entre 50% y valores próximos a la saturación.

Sin embargo, una reducción de la alcalinidad del concreto (de un pH óptimo de 13 a un pH de 8 ó 9) puede alentar el proceso de corrosión, pues el concreto reaccionará con sustancias ácidas. La carbonatación del concreto por presencia de CO₂ es uno de estos factores. Otro es la presencia de una cantidad suficiente de cloruros que atacarán la capacidad pasivante del concreto. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)

2.2.8.3. Otros factores que influyen en el concreto

- **Polución del medio ambiente:** La contaminación del aire ocasiona el tránsito de partículas de polvo y residuos que, por acción del viento, se van depositando en la superficie del concreto. Sumado a esto, las lluvias o la humedad del ambiente hará que estos residuos ingresen al concreto a través de los poros superficiales, contaminándolo e iniciando el proceso de deterioro. (Flores, Sotomayor, Torrealva, Baca y Tumialan, 2014)
- **Eflorescencia:** La eflorescencia en el concreto es un fenómeno muy común pero de los menos comprendidos. Es un residuo de sales con textura polvosa de color blanco tiza y se puede formar en la superficie de cualquier producto que contenga cemento, sin importar el color de éste. Este fenómeno ocurre cuando la humedad disuelve las sales de calcio en el concreto y migra a la superficie a través de la acción capilar. Cuando estas sales llegan a la superficie, reaccionan con el CO₂ en el aire y al evaporarse dejan un depósito mineral que es de carbonato de calcio. Este residuo de sal blanca puede aparecer en pocas o muchas cantidades, también puede formarse tanto de manera lenta como muy rápida; depende de la cantidad de humedad a la que se somete el concreto y del calcio libre presente en éste. La eflorescencia puede ser inducida por la lluvia, agua estancada, aspersores, bajas

temperaturas, condensación, rocío, el agua que se añade a la superficie del concreto fresco para facilitar el acabado con llana o palustra, en fin cualquier humedad sobre la superficie, porque el agua provoca la reacción para producir la eflorescencia.

La eflorescencia no causa problemas estructurales, pero puede ser estéticamente objetable sobre todo en los concretos decorativos. Este fenómeno no es tan evidente en los concretos ordinarios cementos blancos o grises y puede pasar sin notarse. Pero en los concretos de otros colores, una poca eflorescencia, puede ser la peor pesadilla para el contratista y propietario de la superficie. En los concretos de colores oscuros, el depósito de estas sales, puede tener el efecto de aclarar su tono o decolorarla, en los concretos de color rojo, la eflorescencia lo hace ver de color rosado, los de colores canela y negro se pueden ver como grises o incluso blancos. La buena noticia es que este fenómeno desaparece con el tiempo por su propia cuenta, cuando el calcio libre se agote dentro del concreto y la mala noticia es que esto puede llegar a tardar hasta 15 años y seguramente el propietario no querrá esperar este tiempo. (Encocretove, 2012)



Figura N° 7: Eflorescencia presente en paredes de concreto.

Fuente: Concreto al día – ACI Perú.

2.3. Hipótesis

Sí las características de los agregados de las canteras se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037, se obtendrá un adecuado diseño de mezcla de concreto.

Tabla N° 5: Matriz de hipótesis.

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
Sí las características de los agregados de las canteras se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037, se obtendrá un adecuado diseño de mezcla de concreto.	1. Agregados 2. Características físicas, químicas y mecánicas.	Límites establecidos de calidad bajo las normas NTP para un diseño óptimo de concreto.	Obtener	Sector El Milagro - Huanchaco	2017

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Variable Independiente:

- A = Canteras del sector El Milagro – Huanchaco.
 - a1: Cantera 1: San Bernardo – Formal.
 - a2: Cantera 2: Calderón – Informal.
 - a3: Cantera 3: Santa Rosa – Formal.
 - a4: Cantera 4: Rubio-Jaén – Informal.
- B = Agregados.
 - b1: Agregado Fino (arena gruesa)
 - b2: Agregado Grueso de $\frac{3}{4}$ " (piedra)

3.1.2. Variable Dependiente:

Características de los agregados.

- C: Físicas.
 - c1: Humedad (%).
 - c2: Peso específico (kg/m^3) y absorción (%).
 - c3: Peso unitario (kg/m^3) y contenido de vacíos (%).
 - c4: Granulometría (%).
 - c5: Contenido de finos (%).
 - c6: Arena equivalente (%).
- D: Químicas.
 - d1: Cloruros (p.p.m).
 - d2: Reactividad agregado/álcali (mmol/L).
 - d3: Durabilidad a los sulfatos (%).
- E: Mecánicas
 - e1: Resistencia a la abrasión (%).

Tabla N° 6: Operacionalización de variable dependiente.

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Características	Una cualidad que permite identificar a algo o alguien, distinguiéndolo de sus semejantes.	Físicas	Humedad (%)	- Peso húmedo. - Peso seco.
			Peso específico (kg/m ³) y absorción (%)	- Peso seco. - Peso húmedo. -Peso saturado superficialmente seco. - Peso sumergido.
			Peso unitario (kg/m ³) y contenido de vacíos (%)	- Peso suelto. - Peso compacto.
			Material fino (%)	- Peso seco natural. - Peso seco lavado.
			Granulometría (%)	- Peso retenido.
			Arena equivalente (%)	- Contenido de arena. - Contenido de arcilla.
			Químicas	Cloruros (p.p.m)
		Reactividad agregado/álcali (p.p.m)		- Contenido de alcalinidad. - Contenido de sílice.
		Durabilidad a los sulfatos (%)		- Peso retenido natural. - Peso sometido a sulfatos.
		Mecánica	Abrasión (%)	- Peso seco. - Peso sometido a abrasión.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental, los diseños cuasi experimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes.

3.3. Unidad de estudio

Canteras de agregados para concretos en La Libertad.

3.4. Población

Agregados fino y grueso $\frac{3}{4}$ " de las canteras del sector El Milagro – Huanchaco.

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.

Se realizarán 10 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, las normas son: 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 216 ensayos.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección y análisis de datos

Para esta investigación se realizó un diseño cuasi-experimental, donde se ensayan los agregados finos y gruesos de diferentes canteras para determinar sus características físicas, químicas y mecánicas.

A continuación se detallaran las variables a estudiar y la matriz de diseño que se tendrá en cuenta para la recolección de datos y así realizar el análisis de cada una de las variables y sub variables.

A: Canteras – B: Agregados

- a1: Cantera 1: San Bernardo
 - a1 b1: Agregado fino
 - a1 b2: Agregado grueso
- a2: Cantera 2: Calderón

- a2 b1: Agregado fino
- a2 b2: Agregado grueso
- a3: Cantera 3: Santa Rosa
- a3 b1: Agregado fino
- a3 b2: Agregado grueso
- a4: Cantera 3: Rubio - Jaén
- a4 b1: Agregado fino
- a4 b2: Agregado grueso

C: Características Físicas

- c1: Humedad (%).
- c2: Peso específico (kg/m^3) y absorción (%).
- c3: Peso unitario (kg/m^3) y contenido de vacíos (%).
- c4: Granulometría (%).
- c5: Contenido de finos (%).
- c6: Arena equivalente (%).

D: Características Químicas

- d1: Cloruros (p.p.m).
- d2: Reactividad agregado/álcali (mmol/L).
- d3: Durabilidad a los sulfatos (%).

E: Característica Mecánica

- e1: Resistencia a la abrasión (%).

Tabla N° 7: Matriz de diseño.

Parámetros		A							
		a1		a2		a3		a4	
		B							
		b1	b2	b1	b2	b1	b2	b1	b2
C	c1	a1b1c1	a1b2c1	a2b1c1	a2b2c1	a3b1c1	a3b2c1	a4b1c1	a4b2c1
	c2	a1b1c2	a1b2c2	a2b1c2	a2b2c2	a3b1c2	a3b2c2	a4b1c2	a4b2c2
	c3	a1b1c3	a1b2c3	a2b1c3	a2b2c3	a3b1c3	a3b2c3	a4b1c3	a4b2c3
	c4	a1b1c4	a1b2c4	a2b1c4	a2b2c4	a3b1c4	a3b2c4	a4b1c4	a4b2c4
	c5	a1b1c5	a1b2c5	a2b1c5	a2b2c5	a3b1c5	a3b2c5	a4b1c5	a4b2c5
	c6	a1b1c6	a1b2c6	a2b1c6	a2b2c6	-			
D	d1	a1b1d1	a1b2d1	a2b1d1	a2b2d1	a3b1d1	a3b2d1	a4b1d1	a4b2d1
	d2	a1b1d2	a1b2d2	a2b1d2	a2b2d2	a3b1d2	a3b2d2	a4b1d2	a4b2d2
	d3	a1b1d3	a1b2d3	a2b1d3	a2b2d3	a3b1d3	a3b2d3	a4b1d3	a4b2d3
	d4	a1b1d4	a1b2d4	a2b1d4	a2b2d4	a3b1d4	a3b2d4	a4b1d4	a4b2d4
E	e1	-				a3b1e1	a2b2e1	a4b1e1	a2b2e1

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

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

$$\begin{aligned} c1 &= V. I. x V. D. x n^{\circ} \text{ réplicas} \\ &= [A(a) x B (b1)] x C x 3 \\ &= [1(4) x 1 (1)] x 6 x 3 \\ &= 72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c2 &= V. I. x V. D. x n^{\circ} \text{ réplicas} \\ &= [A(a) x B (b2)] x C x 3 \\ &= [1(4) x 1 (1)] x 5 x 3 \\ &= 60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ ensayos Químicos (D) } &= V. I. x V. D. x n^{\circ} \text{ réplicas} \\ &= [A(a) x B (b)] x D x 3 \\ &= [1(4) x 1 (2)] x 3 x 3 \\ &= 72 \end{aligned}$$

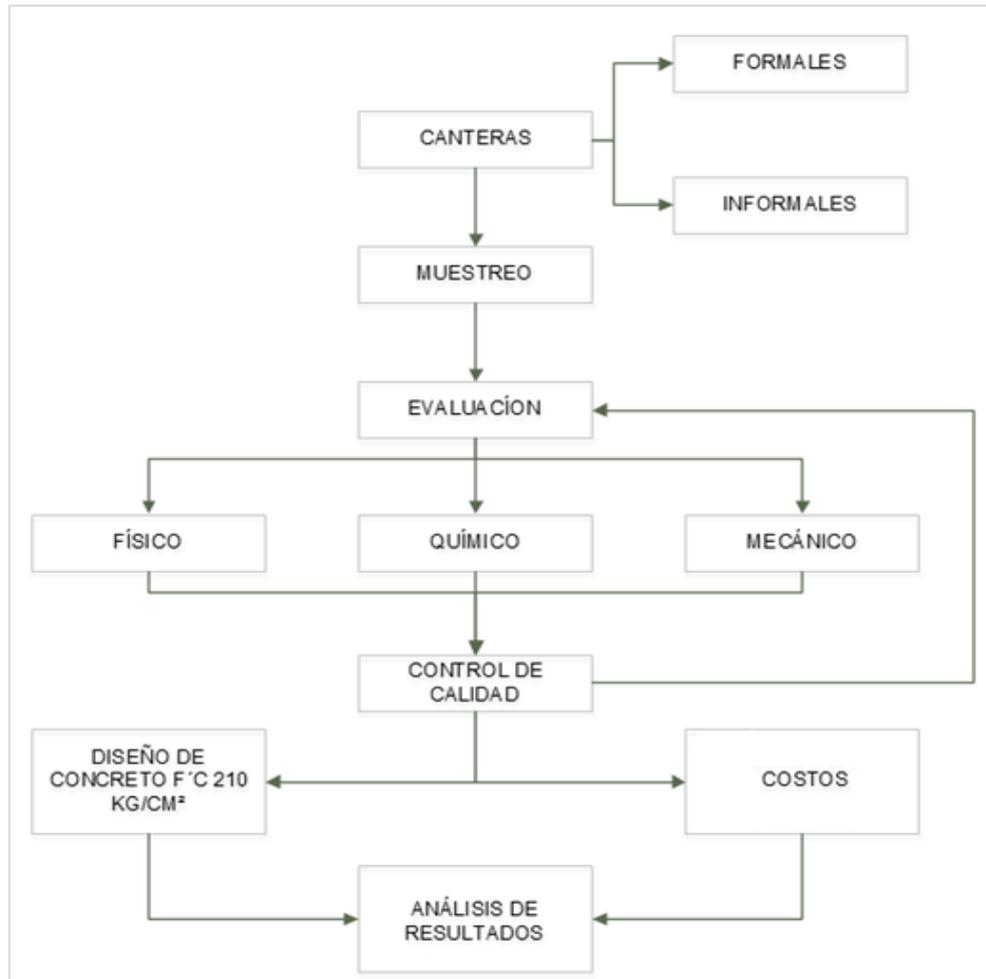
$$\begin{aligned} n^{\circ} \text{ ensayos Mecánicos (E) } &= V. I. x V. D. x n^{\circ} \text{ réplicas} \\ &= [A(a) x B (b2)] x E x 3 \\ &= [1(4) x 1 (1)] x 1 x 3 \\ &= 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n^{\circ} \text{ensayos} &= n^{\circ}C + n^{\circ}D + n^{\circ}E \\
 &= 132 + 72 + 12 \\
 &= 216
 \end{aligned}$$

3.6.2. Procedimiento experimental

La siguiente tabla presenta el circuito experimental realizado para esta investigación:

Tabla N° 8: Circuito experimental.



Fuente: Base de datos, elaboración propia.

3.6.2.1. Canteras formales e informales.

Para la obtención de materia prima del agregado fino (arena gruesa) y agregado grueso (piedra) de ¾”, se tuvo que ubicar y visitar las canteras de donde se obtendría el agregado, de esta manera se haría una cotización de los precios de cada cantera, estos precios fueron dados por metro cúbico, también se contrató una movilidad para el transporte del material de cada una de las canteras hacia la Universidad Privada del Norte, donde se realizarán cada uno de los ensayos para la evaluación (físicos, químicos y mecánicos).

Tabla N° 9: Datos de las canteras.

Información de las Canteras									
Cantera	Tipo de Cantera	Clasificación		Tipo de agregado explotado	Zona o Localidad	Ubicación (coordenadas UTM)	Accesibilidad	Formal o Informal	Propietario
		Según su explotación	Según el material a explotar						
Cantera 01: San Bernardo	De roca o peña.	A cielo abierto: en corte.	No consolidados.	Fino y grueso.	El Milagro - Huanchaco	17 M X=712899 m Y= 9116748 m	Km 588 Panamericana Norte	Formal	San Bernardo Cargo SAC
Cantera 02: Calderón	De roca o peña.	A cielo abierto: en corte.	No consolidados.	Fino, grueso.	El Milagro - Huanchaco	17 M X=711561 m Y=9115461 m	Km 587 Panamericana Norte	Informal	Transportes Calderón
Cantera 03: Santa Rosa	De roca o peña.	A cielo abierto: en corte.	No consolidados.	Fino y grueso.	El Milagro - Huanchaco	17 L X=711208 m Y=9112666 m	Km 584 Panamericana Norte	Informal	S/N
Cantera 04: Rubio- Jaén	De roca o peña.	A cielo abierto: en corte.	No consolidados.	Fino y grueso.	El Milagro - Huanchaco	17 L X=710974 m Y=9113174 m	Km 583 Panamericana Norte	Formal	Arenera Jaén SAC

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

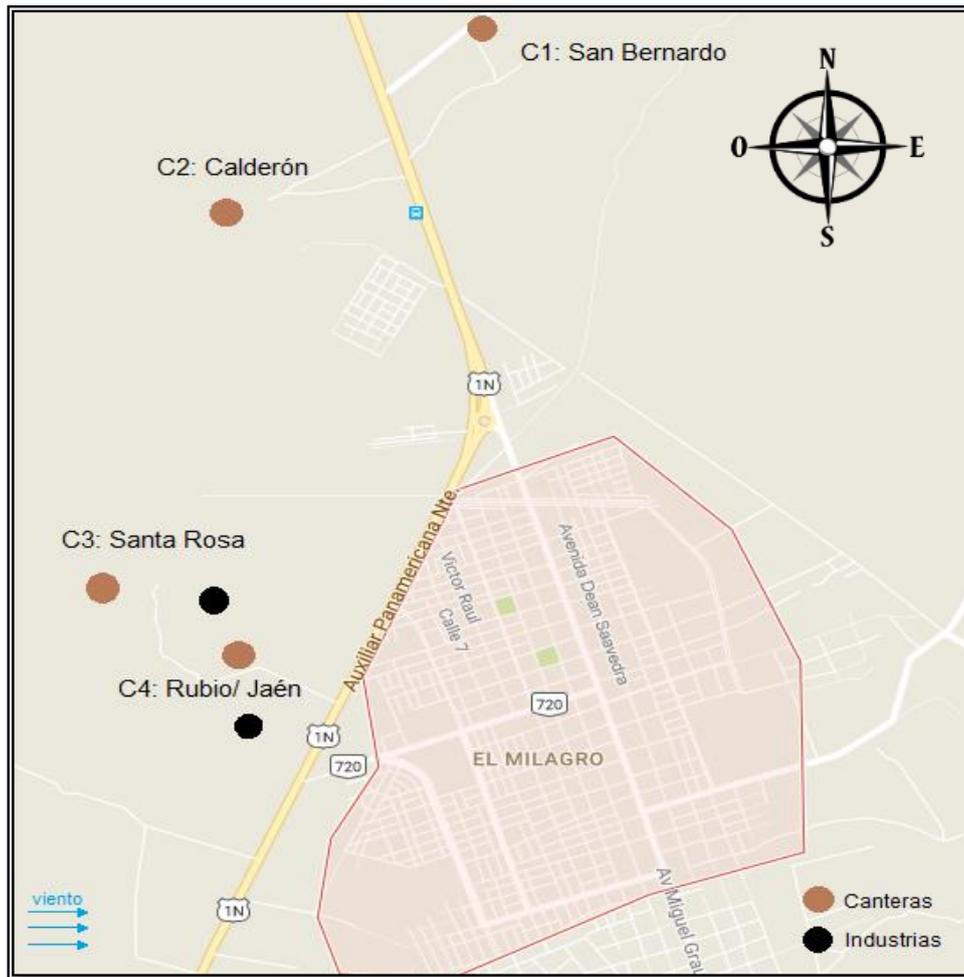


Figura N° 8: Ubicación de canteras.

Fuente: Google Maps, elaboración propia.

3.6.2.2. Muestreo

El material que fue extraído de las canteras se encuentra en grandes volúmenes. Se retiró el material de la parte inferior, medio y superior a manera de tener un mejor muestreo como indica la norma NTP 400.010, de esta forma se obtiene el material más uniforme y proporcionado para realizar la evaluación a cada material. Ese material fue colocado en 4 recipientes de plástico con capacidad de 30 kg aproximadamente cada uno, para realizar los ensayos físicos, químicos y mecánicos a los agregados.

Luego de finalizar los ensayos, se realizará una nueva evaluación a los agregados que no cumplan con los parámetros establecidos por las normas NTP 400.037.2014, teniendo así una nueva etapa con finalidad de optimizar las características para obtener un adecuado diseño de mezcla.

Tabla N° 10: Cantidad de material para realización de ensayos.

Ensayo	Normas		Agregado fino	Agregado grueso 3/4"
	NTP	ASTM	Cantidad mínima (gr)	
Humedad.	339.185:2013	C566	300	3000
Peso específico y absorción.	400.021:2013 400.022:2013	C127 C128	500	3000
Peso unitario y contenido de vacíos.	400.017:2011	C29	8000	8000
Granulometría.	400.012:2013	C136	500	5000
Cloruros	339.088:2013	C1602	500	500
Sólidos suspendidos	339.088:2013	C1602	500	500
Arena equivalente.	339.146:2000	D2419	1000	-
Abrasión.	400.019:2014	C131	-	5000
Durabilidad al sulfato.	400.016:2013	C88	1000	5000
Reactividad agregado/álcali.	334.099:2011	C289	500	1000
Cantidad de material fino.	400.018:2013	C117	300	2500

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

3.6.2.3. Evaluación

3.6.2.3.1 Ensayos físicos

Humedad bajo la norma NTP 339.185:2013

Se toma una muestra representativa de cada material a ensayar, 500 gramos para el agregado fino (arena gruesa) y 3000 gramos para el agregado grueso (piedra), estas cantidades están establecidas en la norma NTP 339.185 de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado.

- Pesar la tara (A) en la balanza electrónica con capacidad de 6000 gramos \pm 0.1 gramos y luego verter el agregado en la tara y se pesa nuevamente (B) en la balanza eléctrica con una precisión de 0.1 gramos como establece la norma.
- Se coloca la muestra en la estufa eléctrica a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, pasado ese periodo de tiempo se saca la muestra del horno (C) para obtener el porcentaje de humedad por cada muestra de material.

- Ec. (1): % Humedad.

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

Tabla N° 11: Formato de humedad.

Cantera :			
Parámetros (gr)	Agregado:		
	m1	m2	m3
A = Peso tara			
B = Peso tara + m. húmeda			
C = Peso tara + m. seca			
D = (B-A): peso m. húmeda			
E = (E-A): peso m. seca			
W%= (D-E)/E x 100			
Humedad promedio (%)			

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Peso específico y absorción del agregado fino bajo la norma NTP 400.022:2013

- Se coloca una muestra de 500 gramos aproximadamente, obtenido del cuarteo y se secará a peso constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en la estufa eléctrica. Después de haber secado la muestra, se retira de la estufa eléctrica y se cubre la muestra con agua, dejando reposar por 24 ± 4 horas.
- Se descarta el exceso de agua de la muestra y se esparce el material en una bandeja la cual estará expuesta a calor (cocina eléctrica), para garantizar un secado uniforme y que la muestra se encuentre en el estado saturado superficialmente seco (S.S.S.).
- Para saber si el agregado se encuentra en ese estado se realiza la prueba de humedad superficial, la cual consiste en llenar un molde cónico metálico de 40 mm \pm 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm \pm 3mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm \pm 3 mm de altura (medidas establecidas por la norma) y se compacta la muestra en tres capas apisonando suavemente 25 veces con un barra compactadora de metal de 340 gramos \pm 15 gramos de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm \pm 3mm de diámetro (datos establecidos por la norma).
- Se remueve el exceso de agregado fino y se levanta el cono; si el cono mantiene su forma, todavía no está listo, pero si tiene un asentamiento aproximadamente de 1/3 de la altura total es indicativo que el material se encuentra en estado S.S.S, por lo tanto, se procede a pesar el frasco volumétrico vacía (B) con capacidad de 500 cm³, luego se llena con agua y se pesa nuevamente (F).
- Se introduce el material en el frasco una muestra de 500 gramos y se vuelve a pesar (C), se llena con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³, luego se deja

reposar durante una hora para eliminar el aire que pueda existir y se vuelve a llenar con agua hasta los 500 cm³ y se pesa con la muestra introducida (G).

Finalmente se remueve el material del frasco y se deja secar en la estufa eléctrica a 110°C por 24 horas y se determina su masa seca (D).

– Ec. (2): *Peso Específico de Masa*

$$P. E. M. = \frac{E}{(F + S - G)}$$

– Ec. (3): *Peso Específico S.S.S.*

$$P. E. S. S. S. = \frac{S}{(F + S - G)}$$

– Ec. (4): *Peso Específico Aparente*

$$P. E. A. = \frac{E}{(F + E - G)}$$

– Ec. (5): *Absorción*

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

Tabla N° 12: Formato de peso específico y absorción del agregado fino.

Cantera :			
Parámetros	m1	m2	m3
B = Peso Fiola (grs)			
C = P. Fiola + Muestra (grs)			
D = P. Seco + P. Tara (grs)			
E = (C-B): P. Muestra Seca (grs)			
F = P. Fiola + Agua (cm ³)			
G = P. Fiola + P. Muestra + Agua (grs)			
S = P. Muestra Saturada (grs)			
Peso Específico de MAsa = E/(F+S-G)			
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco = S/(F+S-G)			
Peso Específico Aparente = E/(F+E-G)			
Absorción (%) = (S-E/E) x 100			
Peso Específico de Masa Promedio (kg/m³)			
Peso Específico S. S. Seco Promedio (kg/m³)			
Peso Específico Aparente Promedio (kg/m³)			
Absorción Promedio (%)			

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Peso específico y absorción del agregado grueso bajo la norma NTP 400.021:2013

- Se toma una muestra de 3000 gramos aproximadamente como indica la norma según el tamaño máximo nominal del agregado.
- Sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 ± 4 horas.
- Remover la muestra del agua y secar superficialmente con un paño grande absorbente y se determina el peso en la balanza eléctrica de 6000 gramos con una precisión de ± 0.1 gramos en su condición en este punto, la cual constituirá la masa saturada (E).
- Después de pesar se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de malla de alambre con abertura correspondiente al tamiz N°4 y se determina su peso en agua en una balanza de 30 kg con una precisión de ± 10 gramos.
- Secar la muestra hasta peso constante a $110 \pm 5^\circ$ C en la estufa, y esto será el peso seco de la muestra (D).

- *Ec. (6): Peso Específico de Masa*

$$P.E.M. = \frac{G}{(E - F)}$$

- *Ec. (7): Peso Específico S.S.S.*

$$P.E.S.S.S. = \frac{E}{(E - F)}$$

- *Ec. (8): Peso Específico Aparente*

$$P.E.A. = \frac{G}{(G - F)}$$

- *Ec. (9): Absorción.*

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

Tabla N° 13: Formato de peso específico y absorción del agregado grueso.

Cantera:			
Parámetros	m1	m2	m3
A = Peso Tara (grs)			
B = Peso Canastilla (grs)			
C = Peso Sumergido + P. Canastilla (grs)			
D = Peso Seco + P. Tara (grs)			
F = (C-B): Peso Sumergido (grs)			
G = (D-A): Peso Seco (grs)			
H = (E-A): Peso Saturado (grs)			
Peso Específico de Masa = $G/(H-F)$			
Peso Específico S.S. Seco = $H/(H-F)$			
Peso Específico Aparente = $G/(G-F)$			
Absorción (%) = $(H-G/G) \times 100$			
Peso Específico de Masa Promedio (kg/m³)			
Peso Específico S.S.S Promedio (kg/m³)			
Peso Específico Aparente Promedio (kg/m³)			
Absorción Promedio (%)			

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Peso unitario y contenido de vacíos bajo la norma NTP 400.017:2011

Peso Unitario Suelto Seco (PUSS)

- Se debe toma una muestra representativa de 8.0 kg aproximadamente. Luego medir el molde que será metálico, cilíndrico y rígido, se determina el volumen (V) y se pesa (T), la capacidad del molde está en función al tamaño máximo nominal del agregado que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 14: Capacidad de la medida.

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de la medida	
mm	Pulgadas	L (m ³)	p ³
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 400.017:2011, elaboración propia.

Tabla N° 15: Requisitos para los recipientes de medida.

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

Fuente: NTP 400.017:2011, elaboración propia.

- Luego el recipiente se llena con una cuchara desde una altura no mayor de 50 mm (2") y se debe enrasar para eliminar el material sobrante y obtener el peso del recipiente de medida más el contenido y registrar los pesos con aproximación de 0,05 kg. (G). Para mejores resultados se debe limpiar el exceso del agregado con la brocha.

- Ec. (10): Peso unitario suelto seco.

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

Peso Unitario Seco Compacto (PUCS)

De igual manera que para la determinación del PUSS.

- Se debe determinar las medidas para hallar el volumen del molde (V) y el peso (T)
- Luego se vierte el material en 3 capas de igual volumen aproximadamente, por cada capa se golpea 25 veces en forma de espiral con la varilla de 5/8" de diámetro, con una longitud de 24" y con el martillo de goma se golpea 15 veces afuera del molde.
- Luego se enrasa el material y se limpia el exceso de agregado con la brocha para finalmente pesar (G).

- Ec. (11): Peso unitario compacto seco.

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

Tabla N° 16: Formato de peso unitario seco suelto y compactado.

Cantera:			
Parámetros	P.U.		
	m1	m2	m3
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

- Para determinar el contenido de vacíos se necesita los datos del peso unitario seco suelto y compacto (B), además del peso específico aparente (A) y el peso específico del agua (W).

- Ec. (12): Porcentaje de contenido de vacíos

$$\% \text{ de vacíos} = \frac{(A \times W) - B}{(A \times W)} \times 100$$

Tabla N° 17: Formato de contenido de vacíos.

Cantera:			
Parámetros	Contenido de vacíos (PU)		
	m1	m2	m3
A = P. Específico Aparente (gr/cm ³)			
B = P. Unitario Suelto Seco (kg/cm ³)			
W = P. Unitario Agua (kg/cm ³)			
% De Vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100			
Promedio de contenido de vacíos (%)			

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Granulometría por tamizado bajo la norma NTP 400.012:2013

- Seleccionar la cantidad de muestra a ensayar, para el agregado fino (arena gruesa) será de 300 gramos mínimo y para el agregado grueso (piedra) será de 5000 gramos para un tamaño máximo nominal de ¾".
- La muestra a ensayar se lavará por el tamiz N°200 para eliminar todos los finos y/o impurezas que existan en el material, luego secar el material lavado en la estufa eléctrica por 24 horas a una temperatura de 110° C.
- Después se retira 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.

- Se coloca la serie de tamices de 8" de diámetro en el orden correspondiente y que cumplan con los requisitos de la norma ASTM E11 para cada serie a usar en los agregados (arena y piedra).
- Se ordena descendiendo desde la abertura más gruesa hacia la más fina, en el fondo la malla ciega y en la parte superior la tapa.
- Se coloca la muestra sobre el tamiz superior, se zarandea por un tiempo de 5 minutos. Luego se pesan los tamices y la bandeja para obtener las cantidades retenidas de la muestra, los pesos para el agregado fino (arena gruesa) se deben registrar en una balanza con precisión de 0.1 gramo y para el agregado grueso (piedra) en una balanza con precisión de 0.5 gramos.
- Finalmente se anotan los pesos retenidos en cada tamiz y se limpian con una brocha, se tabulan y grafican, determinando así el análisis granulométrico por tamizado.
- Para la gráfica de los resultados se debe tener en cuenta que en el eje Y van las aberturas y en el eje X los tamices, esta grafica es logarítmica.

Tabla N° 18: Formato de granulometría del agregado fino y grueso.

Cantera:							
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Malla (grs)	Peso Malla + Muestra (grs)	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
1 1/2"	37.50						
1"	25.00						
3/4"	19.00						
1/2"	12.50						
3/8"	9.50						
N° 4	4.76						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
Fondo	-						
Total							

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 19: Formato de datos adicionales de los agregados.

Datos Adicionales	Agregado:
Huso	
Tamaño máximo	
Tamaño máximo nominal	
Módulo de finura	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

- Ec. (13): Módulo de finura

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

- Ec. (14): Coeficiente de uniformidad

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

- Ec. (15): Coeficiente de curvatura

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

Donde:

D_x = La abertura del tamiz por el que pasa el porcentaje de la muestra.

Tabla N° 20: Composición de la muestra según tamaño del material.

Composición de la Muestra	
%Grava (3" a 3/8")	
%Arena gruesa (N°4 a N°8)	
%Arena media (N°16 a N°30)	
%Arena fina (N°50 a N°200)	
%Limo-arcilloso (<N°200)	
Total	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Cantidad de finos bajo la norma NTP 400.018:2013

- La cantidad mínima a ensayar será de 300 gramos para el agregado fino (arena gruesa) y 2500 gramos para el agregado grueso (piedra) con tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ".
- El material a ensayar se pesa en su estado natural (A) en una balanza eléctrica con precisión de 0.1 gramo para el agregado fino (arena gruesa) y 0.5 gramos para el agregado grueso (piedra).
- Lavar el material por el tamiz N°200 con abundante agua para eliminar todos los finos y/o impurezas que puedan existir.

- Secar el material lavado en la estufa eléctrica a una temperatura de 110°C durante 24 horas.
- Retirar el material de la estufa eléctrica y pesar para obtener la masa seca (B).
 - Ec. (16): Porcentaje de contenido de finos.

$$\% \text{ de finos} = \frac{(A \times B)}{A} \times 100$$

Tabla N° 21: Formato de contenido de finos.

Agregado:	
Parámetros (gr)	Cantera
A = Peso Muestra Seca Sin Lavar	
B = Peso Muestra Seca Lavada	
% de Material Fino = ((A-B)/A) x 100	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Arena equivalente del agregado fino bajo la norma NTP 339.146:2000

- Se requiere una muestra de 1.0 kg aproximadamente. Se debe preparar la solución para usar en el ensayo, la cual se elabora con: Cloruro de calcio, glicerina, formol y agua destilada. El cloruro de calcio se debe disolver en agua destilada, una vez disuelto se vierte la glicerina y se sigue removiendo hasta que la sustancia se encuentre en estado líquido. Para finalizar con la preparación de la solución se agrega formol y se pasa todo por papel filtro para eliminar las impurezas.
- Posteriormente, se debe seleccionar una cantidad de material de agregado fino (arena gruesa) que pase el tamiz N°4. Luego verter la solución preparada en el cilindro de plástico graduado que debe ser transparente, hasta la altura de 4”.
- Con ayuda del embudo viértase la muestra seleccionada (cantidad de muestra que entra en el molde de medida normado), mientras se va golpeando el fondo del cilindro varias veces con la palma de la mano, para liberar las burbujas de aire y remojar completamente la muestra.
- Después se deja reposar por 10 minutos. Al finalizar los 10 minutos, se debe tapar el cilindro con un tapón macizo de caucho, e invertir parcialmente el cilindro para luego agitarlo.
- Se debe sostener el cilindro y agitar vigorosamente con un movimiento lineal horizontal de extremo a extremo que no exceda los 20 cm por lado. Se agita el cilindro 90 veces durante 30 segundos.

- Inmediatamente después de la operación de agitación, se debe colocar el cilindro verticalmente sobre la mesa de trabajo y remueva el tapón.

Etapas de Irrigación: Durante el proceso de irrigación se mantiene el cilindro vertical.

- Colocar el tubo irrigador de acero inoxidable (de 20" de longitud con un diámetro 6.35mm), en la parte superior del cilindro. Luego aflojar la pinza de la manguera y lavar el material de las paredes del cilindro a medida que baja la solución por el irrigador.
- Colocar el irrigador en el fondo del cilindro aplicando suavemente una acción de presión y giro mientras que la solución fluye por la boca del irrigador, provocando un impulso hacia arriba del material fino. Llenar el cilindro hasta una altura de 15" y dejar el cilindro y el contenido en reposo por 20 minutos.
- Finalmente se toma lectura de la medida de arcilla de manera visual, a través de la graduación del cilindro.
- Luego para determinar la lectura de la medida de arena, se introduce dentro del cilindro, el conjunto del disco, la varilla y el sobrepeso, suavemente hasta que llegue sobre la arena.
- Cuando el conjunto toque la arena, anotar la lectura de arena, con el disco indicador. La lectura de arena se obtendrá restando 10" a la lectura tomada.
- Luego de tomar las lecturas se debe sacar el conjunto del cilindro y sacar el material del cilindro para poder lavar los equipos.
 - Ec. (17): % Porcentaje de arena equivalente.

$$A.E(\%) = \frac{B: \text{Lectura de arena}}{A: \text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

Tabla N° 22: Formato de arena equivalente.

Cantera:			
Parámetros	m1	m2	m3
Peso Tara (grs)			
Peso Muestra + Peso Tara (grs)			
Peso Muestra (grs)			
A = Lectura de arcilla (pulg.)			
B = Lectura de arena (pulg.)			
% de Arena equivalente = (B/A) x 100			
Arena equivalente promedio (%)			

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

3.6.2.3.2 Ensayos químicos

Reactividad agregado-álcali bajo la norma NTP 334.099:2011

- La muestra de agregado fino (arena gruesa) y agregado grueso (piedra) debe pasar el tamiz N°50 y quedar retenida en el tamiz N°100, en el caso del agregado grueso (piedra) este debe ser pulverizado para ser ensayado.
- Después de tener los agregados pulverizados se debe lavar por la malla N°100 y secar en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas.
- Pesar el material en tres recipientes de 25 gramos cada uno como mínimo y añadir la solución de hidróxido de sodio (NaOH) y en un recipiente aparte añadir solución sin material para el ensayo en “blanco” o “neutro”.
- Colocar los recipientes en una estufa a una temperatura de 80 °C como mínimo durante 24 horas, pasada las 24 horas se debe filtrar el líquido con un crisol de porcelana y tubo de ensayo graduado.

Para la determinación de sílice soluble:

- Utilizar 10 ml de la solución y colocar en una cápsula de platino.
- 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. Transcurrido este tiempo se diluye 15 ml de agua destilada caliente y pasar a un crisol de platino los dos líquidos filtrados y dejar en una estufa a una temperatura de 1110°C – 1200°C hasta peso constante.
- Humedecer el residuo, luego añadir 10 ml de ácido fluorhídrico y una gota de ácido sulfúrico concentrado.

– *Ec. (18): Sílice soluble.*

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

Donde:

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

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

Para la determinación de la reducción de la alcalinidad:

- Tomar con una pipeta 20 ml de la solución diluida y colocar en un matraz.
- Añadir dos gotas de fenolftaleína y valorar con la solución de ácido clorhídrico (HCl) hasta que el color rosa de la fenolftaleína desaparezca.
- Anotar la cantidad de HCl utilizado y añadir dos gotas de anaranjado de metilo y repetir la misma valoración y nuevamente anotar la cantidad de HCl utilizada.

– Ec. (19): Reducción de alcalinidad.

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

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

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.

Tabla N° 23: Formato de reactividad agregado/álcali.

Agregado:	
Parámetros	Cantera:
Rc: Reducción de la alcalinidad (mmoles/Lt)	
Sílice soluble (ppm)	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

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).

Preparación de la solución

Disolver 1400 gramos de sulfato de magnesio en 1 litro de agua destilada y dejar reposar durante 48 horas antes de ser usado.

Agregado Fino

Tamizar el material por la malla de 3/8" y obtener 100 gramos como mínimo de cada material retenido en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30 y N°50.

Agregado Grueso

Tamizar el material para eliminar todas las partículas inferiores al tamiz N°4, y seleccionar una cantidad de 5000 gramos y tamizar por las mallas respectivas de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado, en este caso para un TMN de ¾" se debe usar la serie de tamices de: ¾", ½", 3/8" y N°4.

- El material debe ser lavado y secado en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas. Luego se retira el material de la estufa y se enfría a temperatura ambiente durante 30 minutos. Luego sumergir el material retenido en cada tamiz para cada agregado (arena y piedra) en la solución preparada durante un periodo de 16 a 18 horas.
- Retirar el material de la solución y escurrir durante 10 – 15 minutos. Secar el material en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas. Luego volver a retirar el material y dejar enfriar durante 30 minutos y pesar en una balanza eléctrica con una dispersión de 0.1 gramo para el agregado fino (arena gruesa) y 1.0 gramo para el agregado grueso (piedra).
- Repetir el proceso de inmersión del material en la solución y secado en la estufa eléctrica durante tres ciclos como mínimo. Después de haber cumplido los ciclos requeridos, tamizar el material en una malla inferior al tamaño ensayado, es decir para una muestra con tamaño de ¾" se debe usar un tamiz de ½", para un tamaño de ½", un tamiz de 3/8" y así sucesivamente para cada tamaño.
- Anotar los pesos retenidos en cada tamiz después de haber ensayado las muestras.

– Ec. (20): Durabilidad a los sulfatos.

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

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

Tabla N° 24: Formato de durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino y grueso.

Cantera:						
Agregado:						
Fracción		Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
Pasa	Retiene					
Total						

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Cloruros del agregado en agua para mezcla bajo la norma NTP 339.088:2013

- Seleccionar una cantidad de material de agregado fino y grueso en una proporción de 2:1 (agregado: agua destilada).
- Colocar el material en vasos de precipitación y vaciar el agua destilada en la proporción ya mencionada.
- Remover por un periodo de 5 minutos y dejar reposar durante 30 minutos y tomar la lectura de los primeros datos con el conductímetro para obtener los resultados. El procedimiento se debe repetir durante 3 días como mínimo, dejando reposar el material en el mismo líquido.

Tabla N° 25: Formato de ensayos químicos.

Cantera:				
Agregado:				
Parámetros	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Temperatura (°C)				
Cloruros (p.p.m)				

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

3.6.2.3.3 Ensayo mecánico

Resistencia a la abrasión del agregado grueso bajo la norma NTP 400.019:2014

Para la realización de este ensayo se debe de seleccionar el método y el número de esferas según indican las siguientes tablas:

Tabla N° 26: Número de esferas por gradación.

Gradación	Número de esferas	Masa de la carga (grs)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: NTP 400.019:2014, elaboración propia.

Tabla N° 27: Gradación de las muestras de ensayo.

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (grs)			
Que Pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019:2014, elaboración propia.

- Seleccionar 5000 gramos de material que se empleará en el ensayo.
- Lavar el material para eliminar las impurezas y secar en una estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas. Luego pesar el material (Pa) y colocar en la máquina de abrasión de Los Ángeles, con la cantidad de esferas según el método a usar.
- Después de estar 15 minutos el material en la máquina de abrasión, retirar el material y tamizar por la malla N°12. Lavar el material retenido en el tamiz N°12 y secar el material en la estufa eléctrica a 110°C durante 24 horas para obtener el peso final (Pb).

– Ec. (21): Porcentaje de abrasión

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{\text{Peso inicial (Pa)} - \text{Peso final (Pb)}}{\text{Peso inicial (Pa)}} \times 100$$

Tabla N° 28: Formato de la resistencia a la abrasión.

Cantera:			
Parámetros	m1	m2	m3
A = Peso Tara (grs)			
B = P. Muestra Seca + P. Tara (grs)			
C= P. Muestra Tamiz N°12 + P. Tara (grs)			
Pa = (B-A): P. Muestra Seca (grs)			
Pb = (C-A): P. Muestra Tamiz N°12 (grs)			
% de Desgaste = ((Pa-Pb)/Pa)x100			
Desgaste promedio (%)			

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

3.6.2.4. Diseño de concreto f'c 210 kg/cm²

El diseño de concreto se realizará siguiendo los pasos que indica la norma ACI 211 de un diseño de concreto simple con el fin de ver la variación de cada diseño por cantera. Elección del revenimiento para cumplir los requisitos de trabajo:

Cuando no se especifica el asentamiento, puede seleccionarse un valor apropiado para la obra de los que aparecen en el siguiente cuadro:

Tabla N° 29: Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción.

Asentamiento		
Tipos de construcción	Máximo (cm)	Mínimo (cm)
Muros de cimentación y zapatas	8	2
Zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructuras sencillos	8	2
Vigas y muros reforzados	10	2
Columnas para edificios	10	2
Pavimentos y losas	8	2
Concreto masivo	8	2

Fuente: ACI 211, elaboración propia.

3.6.2.5. 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.

3.6.2.6. Determinación del agua de mezclado y contenido de aire:

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.

En el cuadro aparecen valores estimados del agua de mezclado requerida para concretos hechos con diversos tamaños máximos de agregados, con o sin aire incluido. Dependiendo de la textura y forma del agregado, los requerimientos de agua de mezclado pueden estar por encima o por debajo de los valores tabulados, pero son suficientemente precisos para una primera estimación.

Tabla N° 30: Agua de mezclado y contenido de aire para concretos.

Agua, l/m ³ de concreto para tamaño máximo nominal de agregado								
Revenimiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido								
De 1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
De 2" a 3"	228	216	205	193	181	169	145	124
De 6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incluido								
De 1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
De 2" a 3"	202	193	184	175	165	157	133	119
De 6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: ACI 211, elaboración propia.

3.6.2.7. Elección de la relación agua/cemento:

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.

Tabla N° 31: Relaciones entre agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Relación agua/cemento (Por peso)	
	Concreto sin incluir aire	Concreto con aire incluido
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: ACI 211, elaboración propia.

3.6.2.8. Cálculo del contenido de cemento:

La cantidad de cemento por volumen unitario de concreto se rige por las determinaciones expuestas en la *Tabla N°29*. El cemento requerido es igual al contenido estimado de agua de mezclado (*Tabla N°30*), dividido entre la relación agua/cemento (*Tabla N°31*)

Sin embargo, la especificación incluye un límite mínimo separado sobre el cemento aparte de los requerimientos para la resistencia y durabilidad, la mezcla debe basarse en el criterio que conduzca a una cantidad mayor de cemento.

3.6.2.9. 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.

Tabla N° 32: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo del agregado		Volumen de agregado varillado en seco, por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura			
Mm	Plg.	2.4	2.6	2.8	3.0
9.5	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.82	0.8	0.78	0.76
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211, elaboración propia.

3.6.2.10. Estimación del contenido de agregado fino:

Al término del paso indicado en la *tabla N°32*, todos los insumos del concreto han sido estimados excepto el agregado fino, cuya cantidad se determina por diferencia. Se pueden emplear cualquiera de estos procedimientos:

- Método por "peso".
- Método de "volumen absoluto".

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

- Ec. (22): Volumen del agregado fino

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

Donde:

U_m = Peso volumétrico del concreto fresco.

G_a = Promedio obtenido de los pesos específicos de los agregados, fino y grueso combinados.

G_c = Peso específico del cemento.

A = Contenido de aire, en %.

W_m = Requerimiento de agua de mezclado kg/m³

C_m = Requerimiento de cemento, kg/m³.

Tabla N° 33: Cálculo tentativo del peso del concreto fresco.

Tamaño máximo del agregado		Cálculo tentativo del peso del concreto kg/m ³	
Mm	plg.	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
9.5	3/8"	2280	2200
12.5	1/2"	2310	2230
19	3/4"	2345	2275
25	1"	2380	2290
37.5	1 1/2"	2410	2350
50	2"	2445	2345
75	3"	2490	2405
150	6"	2530	2435

Fuente: ACI 211, elaboración propia.

3.6.2.11. 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 la mezcla, debe reducirse en una cantidad igual a la humedad libre contenida en el agregado, es decir, humedad total menos absorción.

3.6.2.12. Ajustes en la mezcla de prueba:

Las proporciones calculadas de las mezclas 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).

Tabla N° 34: Formato de datos para el diseño de mezcla de concreto.

Cantera:			
Parámetros	Agregado Grueso	Agregado Fino	Cemento:
Humedad (%)			
Absorción (%)			
Peso específico (gr/cm ³)			
PUCS - Peso unitario compacto suelto (kg/m ³)			
Asentamiento (Pulg.)			
MF - Módulo de Finura			
TMN - Tamaño Máximo Nominal (Pulg.)			

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 35: Formato del diseño de mezcla de concreto.

Cantera:	
I. Cálculo de la resistencia promedio $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	
F.S.	
$F'cr$	
II. Relación Agua/Cemento (a/c)	
R a/c	
III. Volumen unitario de agua, Asentamiento = 3" - 4", TMN =	
Agua (Lt/m ³)	
IV. Cantidad de cemento	
Kg/m ³	
Bolsas	
V. Cantidad de agregado grueso; MF= ; TMN =	
P.U.C.S. - A.G. (kg/m ³)	
Factor	
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	
VI. Cantidad de agregado fino	
Volumen A. Grueso (m ³)	
Volumen Agua (m ³)	
Volumen Aire (m ³)	
Volumen Cemento (m ³)	
Suma de volúmenes (m ³)	
Volumen A.Fino (m ³)	
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	
VII. Resumen de cantidad de insumos por m³	
Cemento (kg/m ³)	
Agua (Lt/m ³)	
Agregado Grueso (kg/m ³)	
Agregado Fino (kg/m ³)	
VII. Corrección por contenido de humedad en agregados	
Agregado Grueso (kg/m ³)	
Agregado Fino (kg/m ³)	
VII. Corrección de cantidad de agua	
Agregado Grueso (Lt/m ³)	
Agregado Fino (Lt/m ³)	
Agua (Lt/m ³)	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

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:

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

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° 36: Humedad promedio de los agregados.

Parámetros	Agregado Fino					Agregado Grueso				
	Etapa1: Preliminar	Etapa 2: Final				Etapa1: Preliminar	Etapa 2: Final			
	Humedad Promedio (%)	Humedad Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de varianza	Desviación estándar NTP 339.185	Humedad Promedio (%)	Humedad Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de varianza	Desviación estándar NTP 339.185
Cantera 1	0.4	0.4	0.1	0.1	0.8	0.4	0.4	0.1	0.3	0.8
Cantera 2	1.0	1.1	0.2	0.1		0.4	0.5	0.1	0.2	
Cantera 3	1.0	1.2	0.1	0.1		0.4	0.5	0.1	0.1	
Cantera 4	0.6	0.7	0.1	0.1		0.3	0.5	0.1	0.2	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 37: Absorción promedio de los agregados.

Parámetros	Agregado Fino				Agregado Grueso			
	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final		
	Absorción Promedio (%)	Absorción Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de varianza	Absorción Promedio (%)	Absorción Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de varianza
Cantera 1	2.2	1.2	0.1	0.1	1.0	1.5	0.2	0.1
Cantera 2	1.7	1.2	0.1	0.1	1.5	1.7	0.1	0.1
Cantera 3	1.6	1.9	0.1	0.0	1.4	1.7	0.4	0.3
Cantera 4	1.5	1.1	0.1	0.1	1.0	1.1	0.3	0.3

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 38: Peso específico aparente promedio de los agregados.

Agregado Fino					Agregado Grueso			
Parámetros	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final		
	Peso específico aparente promedio (kg/m ³)	Peso específico aparente promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Peso específico aparente promedio (kg/m ³)	Peso específico aparente promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Cantera 1	2770	2750	0.0	0.0	2730	2670	0.0	0.0
Cantera 2	2810	2710	0.0	0.0	2760	2660	0.0	0.0
Cantera 3	2700	2750	0.0	0.0	2760	2690	0.0	0.0
Cantera 4	2650	2700	0.0	0.0	2760	2690	0.0	0.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 39: Peso específico saturado superficialmente seco promedio de los agregados.

Agregado Fino					Agregado Grueso			
Parámetros	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final		
	Peso específico S.S.S. promedio (kg/m ³)	Peso específico S.S.S. promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Peso específico S.S.S. promedio (kg/m ³)	Peso específico S.S.S. promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Cantera 1	2670	2690	0.0	0.0	2680	2600	0.0	0.0
Cantera 2	2720	2660	0.0	0.0	2690	2590	0.0	0.0
Cantera 3	2630	2660	0.0	0.0	2690	2620	0.0	0.0
Cantera 4	2580	2650	0.1	0.0	2710	2640	0.2	0.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 40: Peso específico de masa promedio de los agregados.

Agregado Fino					Agregado Grueso			
Parámetros	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final		
	Peso específico de masa promedio (kg/m ³)	Peso específico de masa promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Peso específico de masa promedio (kg/m ³)	Peso específico de masa promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Cantera 1	2610	2660	0.0	0.0	2660	2570	0.0	0.0
Cantera 2	2680	2630	0.0	0.0	2650	2540	0.0	0.0
Cantera 3	2590	2610	0.0	0.0	2650	2570	0.0	0.0
Cantera 4	2550	2620	0.0	0.0	2680	2610	0.0	0.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 41: Peso unitario suelto seco promedio de los agregados.

Agregado Fino						Agregado Grueso				
Parámetros	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final				Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			
	PUSS Promedio (kg/m ³)	PUSS Promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Desviación estándar NTP 400.017	PUSS Promedio (kg/m ³)	PUSS Promedio (kg/m ³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Desviación estándar NTP 400.017
Cantera 1	1600	1620	7.9	0.0	40.0	1410	1450	11.6	0.0	40.0
Cantera 2	1590	1640	7.9	0.0		1460	1380	20.7	0.0	
Cantera 3	1570	1630	6.1	0.0		1420	1470	17.3	0.0	
Cantera 4	1450	1680	11.1	0.0		1400	1510	16.2	0.0	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 42: Peso unitario compacto seco promedio de los agregados.

Agregado Fino						Agregado Grueso				
Parámetros	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final				Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			
	PUCS Promedio (kg/m³)	PUCS Promedio (kg/m³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Desviación estándar NTP 400.017	PUCS Promedio (kg/m³)	PUCS Promedio (kg/m³)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Desviación estándar NTP 400.017
Cantera 1	1750	1750	7.1	0.0	40.0	1510	1540	3.1	0.0	40.0
Cantera 2	1740	1750	6.5	0.0		1470	1530	26.2	0.0	
Cantera 3	1730	1750	6.3	0.0		1550	1560	4.2	0.0	
Cantera 4	1780	1810	11.5	0.0		1510	1590	18.3	0.0	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 43: Contenido de vacíos promedio del peso unitario suelto seco de los agregados.

Agregado Fino					Agregado Grueso			
Parámetros	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final		
	Contenido de vacíos - PUSS Promedio (%)	Contenido de vacíos - PUSS Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Contenido de vacíos - PUSS Promedio (%)	Contenido de vacíos - PUSS Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Cantera 1	39	40	0.3	0.0	48	44	0.4	0.0
Cantera 2	41	37	0.3	0.0	48	45	0.8	0.0
Cantera 3	40	37	0.2	0.0	48	44	0.6	0.0
Cantera 4	34	35	0.4	0.0	48	42	0.6	0.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 44: Contenido de vacíos promedio del peso unitario compacto seco de los agregados.

Agregado Fino					Agregado Grueso			
Parámetros	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final		
	Contenido de vacíos - PUCS Promedio (%)	Contenido de vacíos - PUCS Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Contenido de vacíos - PUCS Promedio (%)	Contenido de vacíos - PUCS Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Cantera 1	33	35	0.3	0.0	44	41	0.1	0.0
Cantera 2	36	33	0.2	0.0	43	39	1.0	0.0
Cantera 3	33	33	0.2	0.0	43	40	0.1	0.0
Cantera 4	29	30	0.5	0.0	44	39	0.7	0.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 45: Contenido de material fino promedio de los agregados.

Parámetros	Agregado Fino			Agregado Grueso		
	NTP 400.037	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final	NTP 400.037	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final
		Contenido de finos Promedio (%)	Contenido de finos Promedio (%)		Contenido de finos Promedio (%)	Contenido de finos Promedio (%)
Cantera 1	3.0 % máximo	4.7	1.6	1.0 % máximo	0.2	0.3
Cantera 2		5.3	2.9		0.2	0.6
Cantera 3		5.3	3.0		0.5	0.6
Cantera 4		4.2	2.8		0.2	0.5

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 46: Arena equivalente promedio del agregado fino.

Agregado Fino			
Parámetros	Etapa 2: Final		
	Resultado Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Cantera 1	92	1.2	0.0
Cantera 2	82	1.2	0.0
Cantera 3	91	2.0	0.0
Cantera 4	84	3.1	0.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 47: Datos adicionales de los agregados.

Agregado Fino								
Parámetros	Etapa 1: Preliminar				Etapa 2: Final			
	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4
Módulo de finura	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	2.6	2.9	2.7
Agregado Grueso								
Huso	56				5			
Tamaño máximo	1 1/2"				1"			
Tamaño máximo nominal	1"				3/4"			
Módulo de finura	6.8	6.2	6.4	6.6	8.0	8.0	8.0	8.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 48: Composición de la muestra del agregado fino.

Agregado Fino								
Parámetros	Etapa 1: Preliminar				Etapa 2: Final			
	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4
%Grava (3" a 3/8")	0	0	0	0	0	0	0	0
%Arena gruesa (N°4 a N°8)	14	23	21	21	17	18	20	16
%Arena media (N°16 a N°30)	24	18	28	35	48	23	37	31
%Arena fina (N°50 a N°200)	57	53	46	39	34	58	39	52
%Limo-arcilloso (<N°200)	5	6	5	5	1	1	4	1
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

4.1. Ensayos químicos

Tabla N° 49: Cloruros promedio del agua potable, agua destilada y agregados.

Etapa 2: Final		
Parámetros		Cloruros Promedio (p.p.m.)
Agua Potable		930
Agua Destilada		0
Cantera 1	Agua destilada con agregado fino	100
	Agua destilada con agregado grueso	0
Cantera 2	Agua destilada con agregado fino	100
	Agua destilada con agregado grueso	0
Cantera 3	Agua destilada con agregado fino	100
	Agua destilada con agregado grueso	0
Cantera 4	Agua destilada con agregado fino	100
	Agua destilada con agregado grueso	100

Fuente: Base de datos, elaboración propia

Tabla N° 50: Durabilidad al sulfato de magnesio promedio de los agregados.

Etapa 2: Final				
Parámetros	Agregado Fino		Agregado Grueso	
	Límite máximo NTP 400.037	Durabilidad al Sulfato Promedio (%)	Límite máximo NTP 400.037	Durabilidad al Sulfato Promedio (%)
Cantera 1	15%	10%	18%	6%
Cantera 2		8%		9%
Cantera 3		7%		6%
Cantera 4		7%		3%

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 51: Reactividad agregado/álcali promedio de los agregados.

Etapa 2: Final				
Parámetros	Agregado Fino		Agregado Grueso	
	Alcalinidad Promedio (p.p.m.)	Sílice soluble promedio (p.p.m.)	Alcalinidad Promedio (p.p.m.)	Sílice soluble promedio (p.p.m.)
Cantera 1	620	720	1115	666
Cantera 2	720	972	705	768
Cantera 3	325	1077	810	954
Cantera 4	775	807	795	873

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

4.2. Ensayo mecánico

Tabla N° 52: Abrasión promedio del agregado grueso.

Agregado Grueso						
Parámetros	NTP 400.037	Etapa 1: Preliminar	Etapa 2: Final			
		Abrasión Promedio (%)	Abrasión Promedio (%)	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Desviación estándar NTP 400.019
Cantera 1	50% Máximo	17	18	0.9	0.1	5.7
Cantera 2		23	19	1.0	0.1	
Cantera 3		13	16	0.1	0.0	
Cantera 4		9	11	0.0	0.0	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

4.3. Diseños de mezcla

Tabla N° 53: Etapa 1 - Datos para el diseño de mezcla de concreto.

Parámetros	Cemento Pacasmayo Tipo I	Cantera 1		Cantera 2		Cantera 3		Cantera 4	
		Agregado		Agregado		Agregado		Agregado	
		Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
Humedad (%)	-	0.4	0.4	0.4	1.0	0.4	1.0	0.3	0.6
Absorción (%)	-	1.0	2.0	1.5	1.7	1.4	1.6	1.0	1.5
Peso específico (gr/cm ³)	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.7
PUCS - Peso unitario compacto suelto (Kg/m ³)	-	1510	1750	1470	1740	1550	1730	1510	1780
Asentamiento (Pulg.)	3"- 4"								
MF - Modulo de Finura	-	-	2.2	-	2.4	-	2.6	-	2.9
TMN - Tamaño Máximo Nominal (Pulg.)	-	1"	-	1"	-	1"	-	1"	-

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 54: Etapa 2 - Datos para el diseño de mezcla de concreto.

Parámetros	Cemento Pacasmayo Tipo I	Cantera 1		Cantera 2		Cantera 3		Cantera 4	
		Agregado		Agregado		Agregado		Agregado	
		Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
Humedad (%)	-	0.4	0.4	0.5	1.1	0.5	1.2	0.5	0.7
Absorción (%)	-	1.5	1.2	1.7	1.2	1.7	1.9	1.1	1.1
Peso específico (gr/cm ³)	2.9	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7
PUCS - Peso unitario compacto suelto (Kg/m ³)	-	1540	1750	1530	1750	1560	1750	1560	1810
Asentamiento (Pulg.)	3"- 4"								
MF - Modulo de Finura	-	-	3.1	-	2.6	-	2.9	-	2.7
TMN - Tamaño Máximo Nominal (Pulg.)	-	3/4"	-	3/4"	-	3/4"	-	3/4"	-

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 55: Etapa 1 - Diseño de mezcla de concreto.

Parámetros	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4
I. Cálculo de la resistencia promedio (f'cr) ; 210 kg/m²				
F.S.	84			
F'cr	294			
II. Relación Agua/Cemento (a/c)				
R a/c	0.556			
III. Volumen unitario de agua: Asentamiento = 3"- 4", TMN = 1"				
Agua (Lt/m ³)	193			
IV. Cantidad de cemento				
Kg/m ³	347			
Bolsas	9			
V. Cantidad de agregado grueso: TMN= 1"				
MF - Modulo de Finura	2.2	2.4	2.6	2.9
P.U.C.S. - A.G. (Kg/m ³)	1510	1470	1550	1510
Factor	0.69	0.71	0.69	0.66
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	1042	1044	1070	997
VI. Cantidad de agregado fino				
Volumen A. Grueso (m ³)	0.38	0.38	0.39	0.36
Volumen Agua (m ³)	0.193			
Volumen Aire (m ³)	0.015			
Volumen Cemento (m ³)	0.119			
Suma de volúmenes (m ³)	0.709	0.705	0.714	0.688
Volumen A. Fino (m ³)	0.291	0.295	0.286	0.312
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	807	829	771	827
VII. Resumen de cantidad de agregados por m³				
Cemento (kg/m ³)	347			
Agua (Lt/m ³)	193			
Agregado Grueso (kg/m ³)	1042	1044	1070	997
Agregado Fino (kg/m ³)	807	829	771	827
VII. Corrección por contenido de humedad en agregados				
Agregado Grueso (kg/m ³)	1046	1048	1074	1000
Agregado Fino (kg/m ³)	811	837	779	832
VII. Corrección de cantidad de agua				
Agregado Grueso (Lt/m ³)	6	11	11	7
Agregado Fino (Lt/m ³)	5	9	8	10
Agua (Lt/m ³)	204	214	212	209
VIII. Resumen corregido de cantidad de agregados por m³ en kg				
Cemento (kg/m ³)	347			
Agua (Lt/m ³)	204	214	212	209
Agregado Grueso (kg/m ³)	1046	1048	1074	1000
Agregado Fino (kg/m ³)	811	837	779	832
Relación a/c	0.59	0.62	0.61	0.60

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 56: Etapa 2 - Diseño de mezcla de concreto.

Parámetros	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4
I. Cálculo de la resistencia promedio (f'_{cr}) ; 210 kg/m²				
F.S.	84			
F'cr	294			
II. Relación Agua/Cemento (a/c)				
R a/c	0.556			
III. Volumen unitario de agua: Asentamiento = 3"- 4", TMN = 3/4"				
Agua (Lt/m ³)	205			
IV. Cantidad de cemento				
Kg/m ³	369			
Bolsas	9			
V. Cantidad de agregado grueso: TMN = 3/4"				
MF - Modulo de Finura	3.1	2.6	2.9	2.7
P.U.C.S. - A.G. (Kg/m ³)	1540	1530	1560	1590
Factor	0.59	0.64	0.61	0.63
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	909	979	952	1002
VI. Cantidad de agregado fino				
Volumen A. Grueso (m ³)	0.34	0.37	0.35	0.37
Volumen Agua (m ³)	0.205			
Volumen Aire (m ³)	0.020			
Volumen Cemento (m ³)	0.126			
Suma de volúmenes (m ³)	0.692	0.719	0.705	0.724
Volumen A. Fino (m ³)	0.308	0.281	0.295	0.276
Cantidad por m ³ (kg/m ³)	848	760	811	746
VII. Resumen de cantidad de agregados por m³				
Cemento (kg/m ³)	369			
Agua (Lt/m ³)	205			
Agregado Grueso (kg/m ³)	909	979	952	1002
Agregado Fino (kg/m ³)	848	760	811	746
VII. Corrección por contenido de humedad en agregados				
Agregado Grueso (kg/m ³)	912	984	956	1007
Agregado Fino (kg/m ³)	852	769	821	751
VII. Corrección de cantidad de agua				
Agregado Grueso (Lt/m ³)	10	12	11	6
Agregado Fino (Lt/m ³)	13	11	7	12
Agua (Lt/m ³)	228	228	223	223
VII. Resumen corregido de cantidad de agregados por m³ en kg				
Cemento (kg/m ³)	369			
Agua (Lt/m ³)	228	228	223	223
Agregado Grueso (kg/m ³)	912	984	956	1007
Agregado Fino (kg/m ³)	852	769	821	751
Relación a/c	0.62	0.62	0.61	0.60

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 57: Resumen de los diseños de mezclas de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Etapa 1: Preliminar												
Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción
Cemento	347	14	1	347	14	1	347	14	1	347	14	1
Agua	204	9	0.59	214	9	0.62	212	9	0.61	209	9	0.60
Agregado Grueso	1046	43	3	1048	43	3	1074	45	3	1000	42	3
Agregado Fino	811	34	2	837	34	2	779	32	2	832	35	2
Total	2408	100	-	2446	100	-	2412	100	-	2388	100	-
Etapa 2: Final												
Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción	Peso en Kg por m ³	% Material	Proporción
Cemento	369	16	1	369	16	1	369	16	1	369	16	1
Agua	228	10	0.62	228	10	0.62	223	9	0.61	223	9	0.60
Agregado Grueso	912	39	2	984	42	3	956	40	3	1007	43	3
Agregado Fino	852	36	2	769	33	2	821	35	2	751	32	2
Total	2361	100	-	2350	100	-	2369	100	-	2350	100	-

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

4.4. Análisis de costos

Tabla N° 58: Costo de agregados de cada cantera por m³.

Costo unitario por m ³				
Ítem	Descripción		Unidad	Costo en cantera S/.
1	Agregado Grueso	Cantera 1	m ³	21.50
		Cantera 2	m ³	10.00
		Cantera 3	m ³	10.00
		Cantera 4	m ³	10.00
2	Agregado Fino	Cantera 1	m ³	23.40
		Cantera 2	m ³	9.00
		Cantera 3	m ³	10.00
		Cantera 4	m ³	10.00

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 59: Costo de insumos para elaboración de concreto.

Ítem	Descripción		Precio S/. (sin IGV)	Precio S/. (con IGV)
1	Cemento Portland Tipo ICo (42.5 kg)		18.70	22.10 (*)
2	Agua		2.50	3.00
3	Agregado Grueso	Cantera 1	21.20	25.00
		Cantera 2	10.00	11.80
		Cantera 3	10.00	11.80
		Cantera 4	10.00	11.80
4	Agregado Fino	Cantera 1	25.40	30.00
		Cantera 2	9.00	10.60
		Cantera 3	10.00	11.80
		Cantera 4	10.00	11.80

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

(*) Precio obtenido de la página web de Sodimac (Ver Anexo N°3).

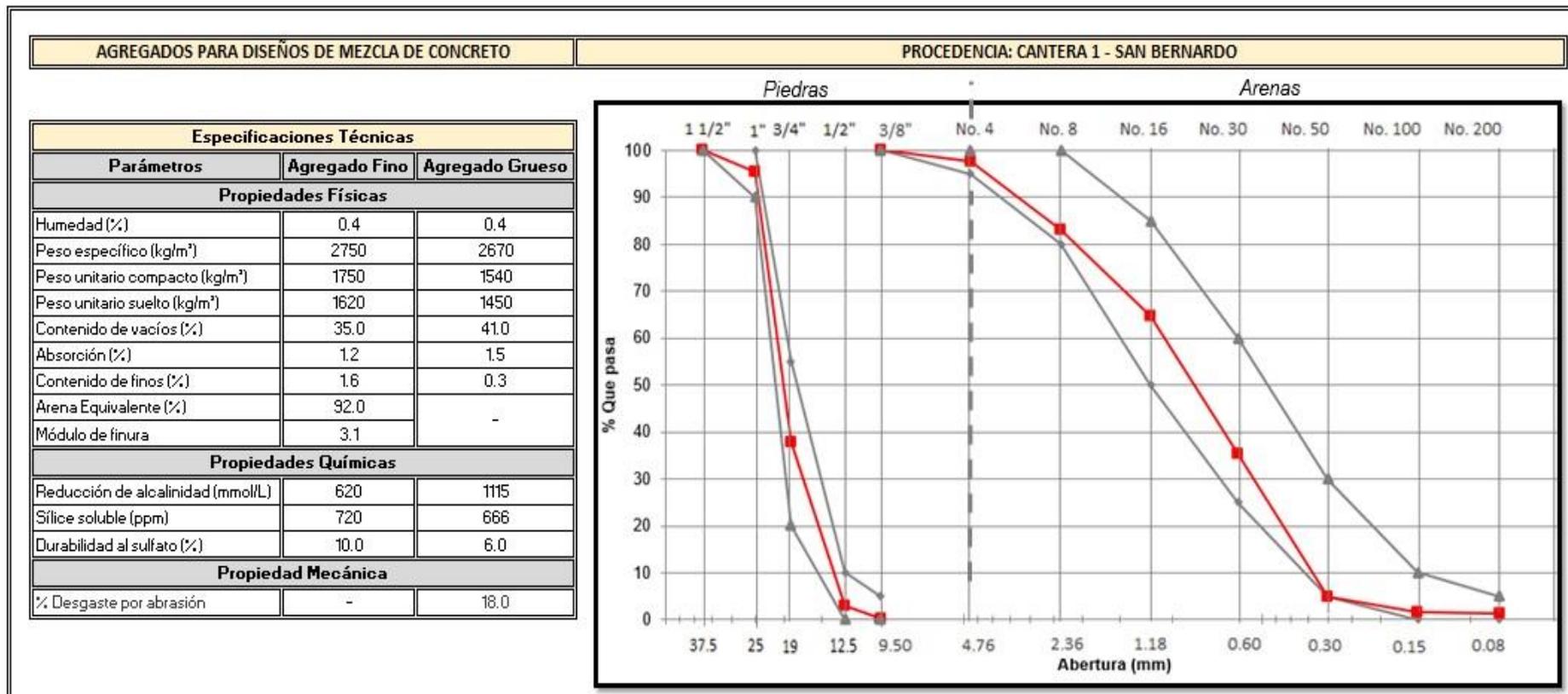
Tabla N° 60: Costo por m³ de producción de concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (Sin incluir mano de obra).

Etapa 1: Preliminar														
Costo unitario por m ³			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
Ítem	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.									
1	Cemento Portland Tipo Ico (42.5 kg)	bls	8.1676	18.72	152.90	8.1676	18.72	152.90	8.1676	18.72	152.90	8.1676	18.72	152.90
2	Agregado grueso 3/4"	m ³	0.3832	21.19	8.12	0.3797	10.00	3.80	0.3891	10.00	3.89	0.3622	10.00	3.62
3	Arena gruesa	m ³	0.2926	25.42	7.44	0.2979	9.00	2.68	0.2885	10.00	2.89	0.3139	10.00	3.14
4	Agua	m ³	0.2039	2.48	0.51	0.2137	2.48	0.53	0.2122	2.48	0.53	0.2095	2.48	0.52
Sub Total			S/. 168.96			S/. 159.91			S/. 160.20			S/. 160.18		
IGV (18%)			S/. 30.41			S/. 28.78			S/. 28.84			S/. 28.83		
Total			S/. 199.40			S/. 188.70			S/. 189.00			S/. 189.00		
Etapa 2: Final														
Costo unitario por m ³			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
Ítem	Materiales	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.									
1	Cemento Portland Tipo Ico (42.5 kg)	bls	8.6754	18.72	162.40	8.6754	18.72	162.40	8.6754	18.72	162.40	8.6754	18.72	162.40
2	Agregado grueso 3/4"	m ³	0.3417	21.19	7.24	0.3700	10.00	3.70	0.3555	10.00	3.56	0.3742	10.00	3.74
3	Arena gruesa	m ³	0.3097	25.42	7.87	0.2837	9.00	2.55	0.2985	10.00	2.99	0.2783	10.00	2.78
4	Agua	m ³	0.2281	2.48	0.57	0.2282	2.48	0.57	0.2233	2.48	0.55	0.2229	2.48	0.55
Sub Total			S/. 178.08			S/. 169.22			S/. 169.50			S/. 169.48		
IGV (18%)			S/. 32.05			S/. 30.46			S/. 30.51			S/. 30.51		
Total			S/. 210.10			S/. 199.70			S/. 200.00			S/. 200.00		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

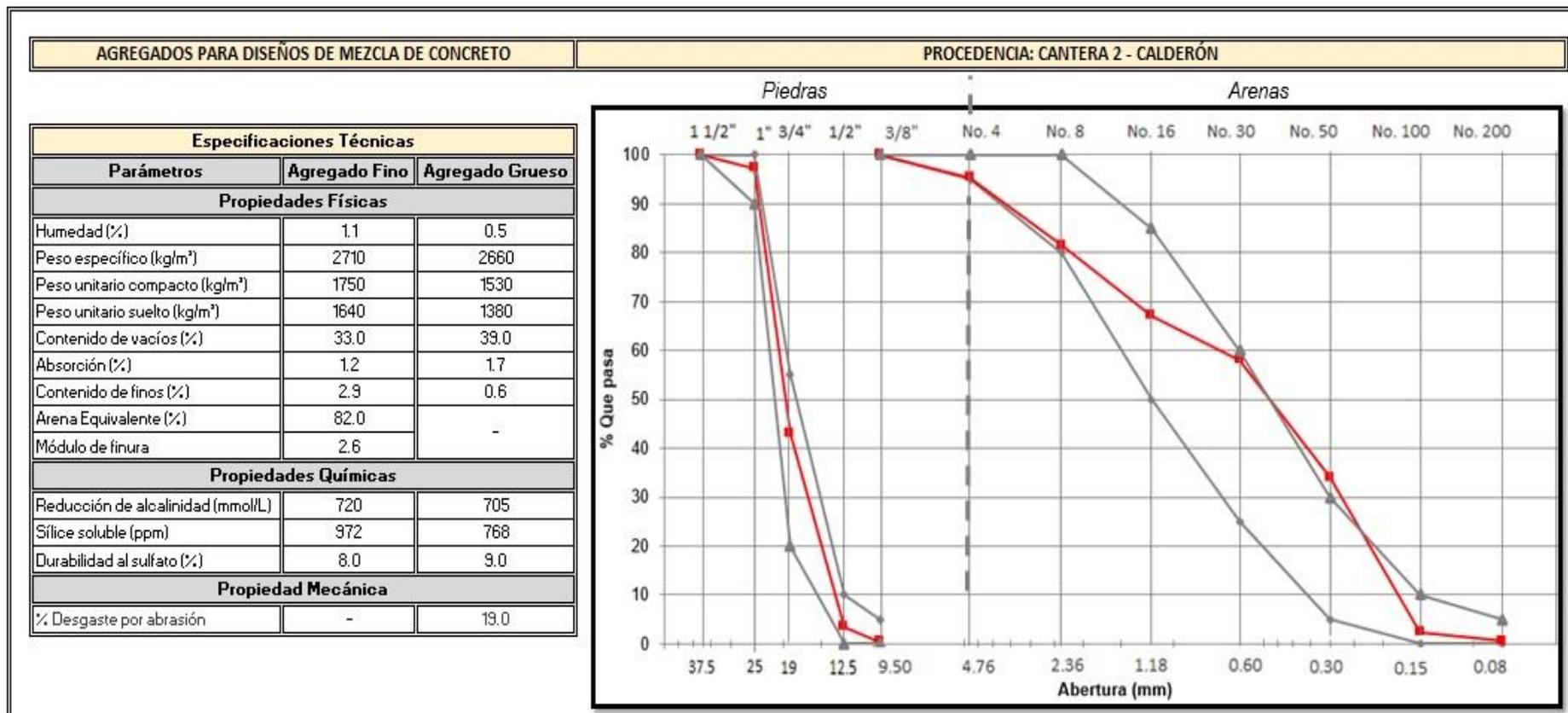
4.5. Fichas técnicas de los agregados

Tabla N° 61: Ficha Técnica: Cantera 1 - San Bernardo.



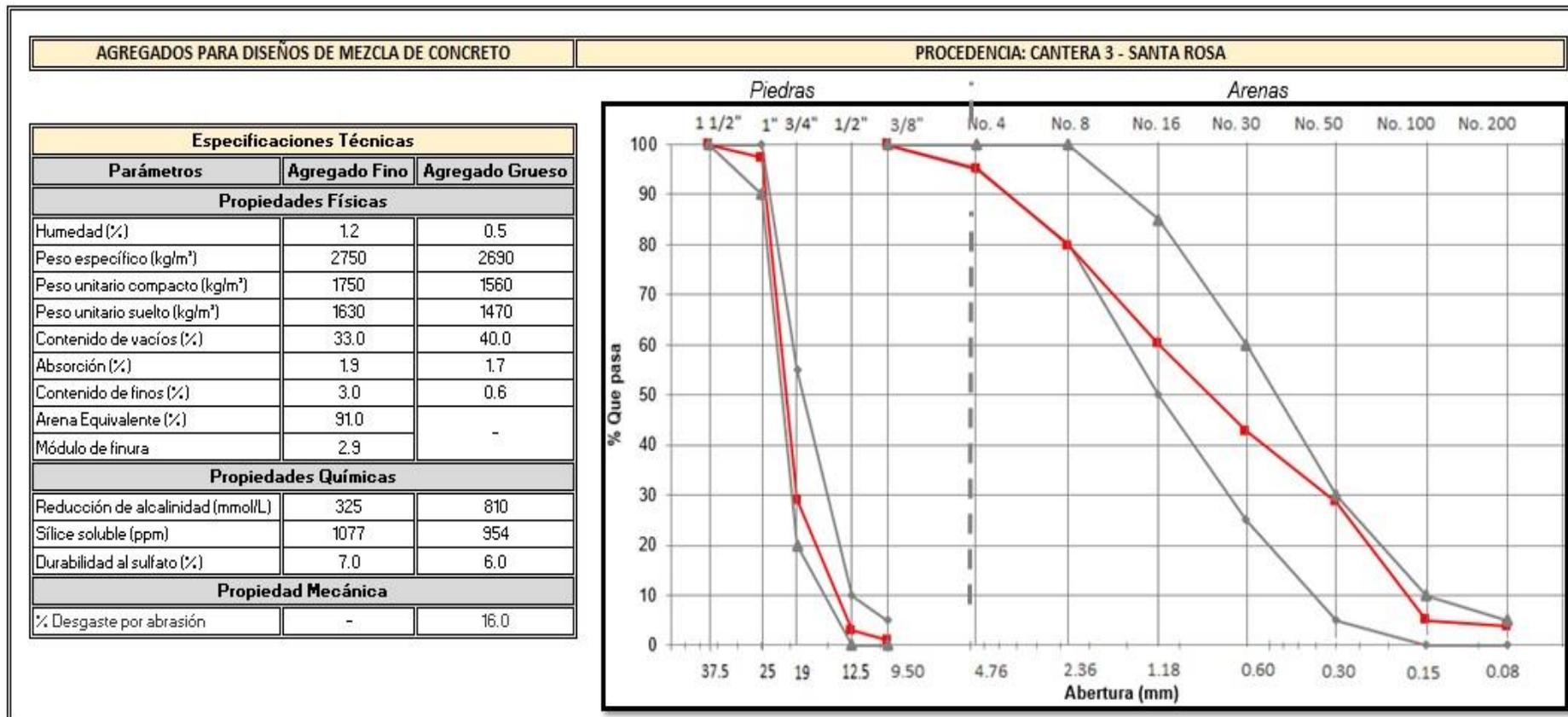
Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 62: Ficha Técnica: Cantera 2 – Calderón.



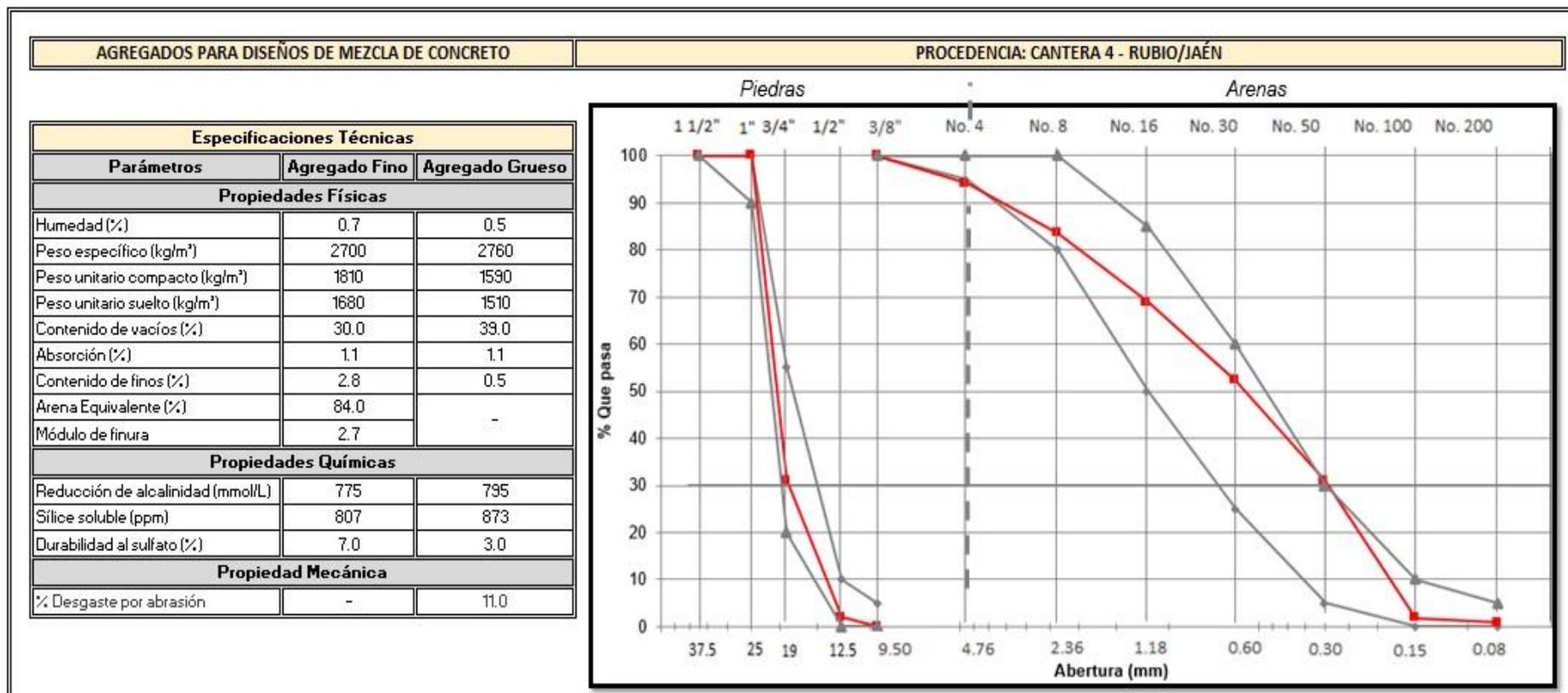
Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 63: Ficha Técnica: Cantera 3 - Santa Rosa.



Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 64: Ficha Técnica: Cantera 4 - Rubio - Jaén.



Fuente: Base de datos, elaboración propia.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En el proyecto de investigación se realizó ensayos para evaluar las características físicas, químicas y mecánicas a los agregados extraídos de cuatro canteras del Sector El Milagro - Huanchaco, los agregados ensayados de cada una de las canteras fueron: agregado fino (arena gruesa) y agregado grueso (piedra de $\frac{3}{4}$ ").

Para la realización de los ensayos de control de calidad a las características de los agregados, se usaron diferentes normas que indica la NTP 400.037:2014, en las cuales se encuentran los procedimientos para cada uno de los ensayos que se analizaron. Estas normas fueron adaptadas según la necesidad de cada característica a evaluar y así obtener resultados correctos, determinando de manera idónea la calidad de agregado que se extraen de las canteras.

Al finalizar, la etapa de evaluación de las características de los agregados mediante los ensayos, se obtuvieron resultados que no estaban dentro de los límites permitidos por las especificaciones de la norma NTP 400.037:2014, para el diseño de un concreto convencional. Por lo que fue necesario realizar una segunda evaluación a las características de los agregados, los cuales fueron modificados con el propósito de mejorar dichas características, de esta manera cumplirían con los límites necesarios y así alcanzar óptimos resultados reflejados en la elaboración de un concreto de calidad. Respecto al agregado fino se eliminó una cantidad de limos y arcillas, ya que excedía el 5% de lo permitido según la norma NTP 400.037:2014 y en el agregado grueso se tamizó el material, porque se encontraron partículas con mayor tamaño de lo solicitado, obteniendo así el tamaño máximo nominal requerido de $\frac{3}{4}$ ". Los ensayos para la caracterización de los agregados, cumplen con las desviaciones estándar propuestas por las normas bajo las que se rigen.

Debido a eso la etapa experimental de la presente investigación está dividida en dos:

- Etapa 1: preliminar.
- Etapa 2: final.

5.1. Ensayos físicos

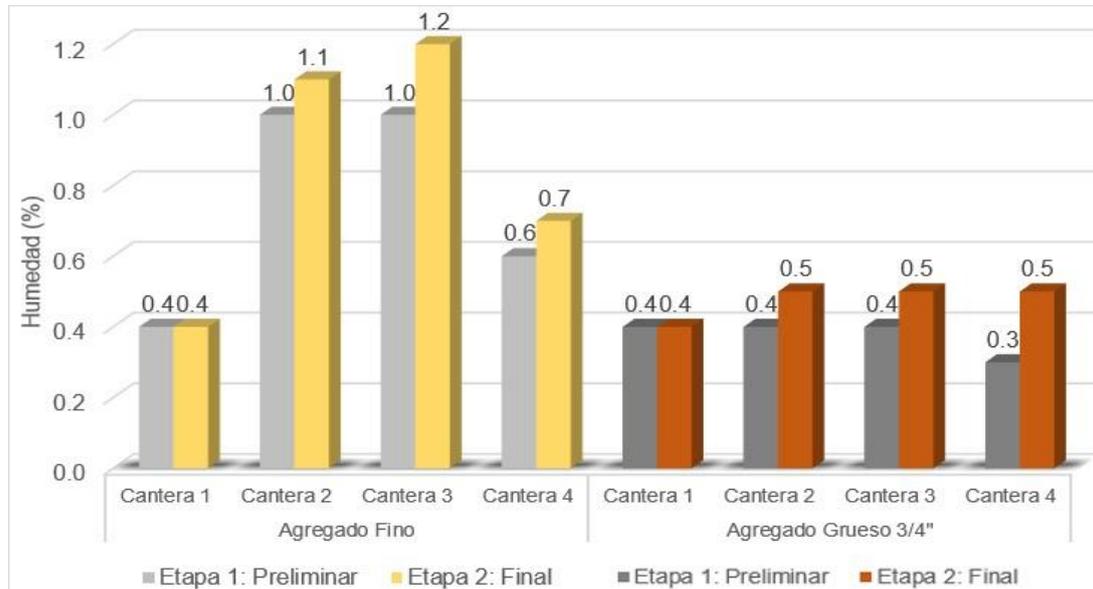


Figura N° 9: NTP 339.185:2013 - Humedad promedio.

Fuente: Elaboración propia.

La humedad presente en los agregados puede inducir a la reducción de cantidades de agua en los diseños de mezcla, estos aportes alteran la relación agua/cemento y por ende influye en la resistencia a compresión del concreto diseñado.

El contenido de humedad mínimo es de 0.4% para la cantera 1 y de 1.0% para las canteras 2 y 3, la cantera 4 se mantiene con un valor intermedio de 0.6%, con estos resultados obtenidos se puede calificar en un estado aproximadamente seco para la etapa 1 del agregado fino.

En la etapa 2 se puede apreciar que en el contenido de humedad hubo un aumento mínimo, respecto a la etapa 1, para las canteras 2, 3 y 4 con valores de 1.1%, 1.2% y 0.7% respectivamente.

En el agregado grueso se obtienen valores de 0.4% para las canteras 1, 2 y 3, mientras que la cantera 4 un valor de 0.3% para la etapa 1. En la etapa 2, la cantera 1 mantiene su valor de 0.4%, siendo esta cantera la única que en ambas etapas mantiene el mismo valor para el agregado fino (arena gruesa) y agregado grueso (piedra ¾"), todo lo contrario ocurre con las canteras 2, 3 y 4 que aumentan su valor a 0.5%, siendo estas canteras aquellas que ganaron humedad en ambas etapas y en los dos tipos de agregados (fino y grueso).

Al haber un aumento del contenido de humedad en la etapa 2 respecto a la etapa 1, se obtendrá un mayor aporte de agua al diseño de mezcla.

Si bien no existe un límite para el contenido de humedad en los agregados, estos valores deben ser menores a los de la absorción, porque cuando la humedad del agregado es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar la cantidad de agua

que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad es mayor a la absorción, habrá que disminuir la cantidad de agua que se pondrá a la mezcla ya que los agregados estarán aportando agua.

La variación de humedad que hubo entre ambas etapas se debe a la eliminación de limos y arcillas, el tamizado en el caso del agregado grueso, que disminuyó el tamaño de las partículas, las cuales tienen mayor cantidad de poros para la retención de agua.

En la *Figura N°10* se observa que la cantera 1 tiene una absorción de 2.2% siendo esta la cantera con mayor absorción para el agregado fino, las canteras 2, 3 y 4 tienen valores de 1.7%, 1.6% y 1.5% respectivamente en la etapa 1 de evaluación, obteniendo así que la cantera 4 es la de menor absorción. Para la etapa 2 se obtuvieron valores de 1.2% para las canteras 1 y 2, 1.9% y 1.1% para las canteras 3 y 4 respectivamente, clasificándose con una absorción de agua baja por encontrarse en el rango de 0.5% - 3.0%. Se puede observar que en las canteras 1, 2 y 4 sus valores de absorción disminuyeron, esto beneficiará los diseños de mezclas, reduciendo la cantidad de agua a añadir, además de tener en cuenta que los valores de humedad ya están aportando una cantidad que permitirán reducir los costos de los diseños de mezclas.

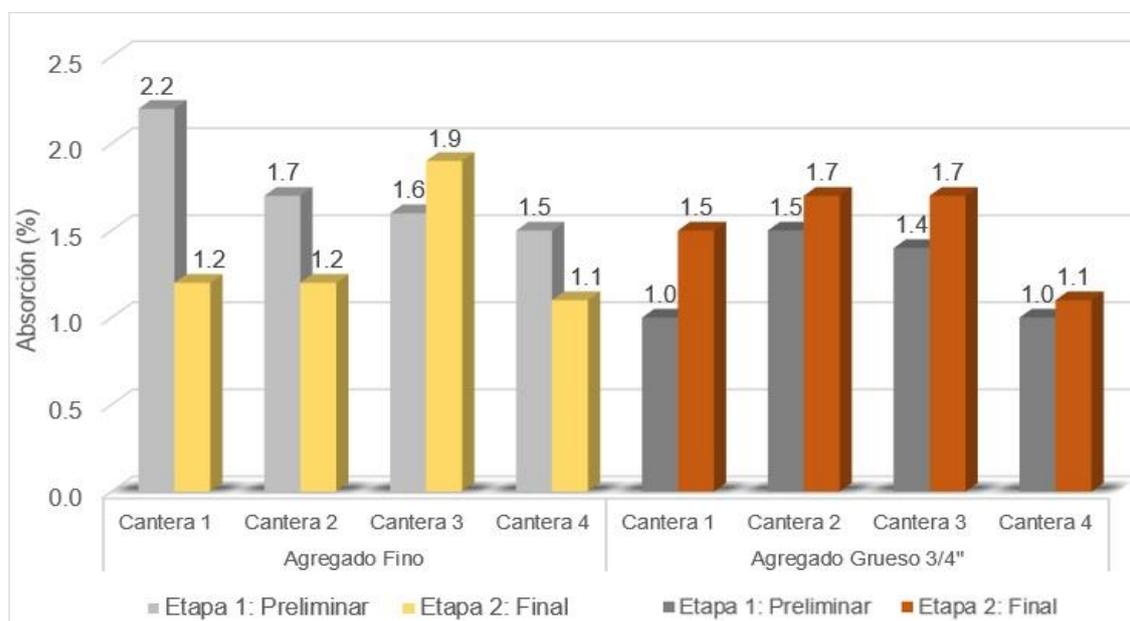


Figura N° 10: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Absorción promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Para el agregado grueso los valores de absorción son menores que el agregado fino obteniendo el valor de 1% para las canteras 1 y 4, 1.5% para la cantera 2 y 1.4% para la cantera 3 en la etapa 1. En la etapa 2 los valores obtenidos fueron de 1.5% y 1.1% para las canteras 1 y 4 respectivamente, para las canteras 2 y 3 se obtuvo el mismo valor de 1.7%. De

igual manera que los agregados finos se clasifican en el rango de una absorción de agua baja.

La absorción es la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto. El aumento de la absorción se debe al tamaño del agregado grueso, siendo así que las piedras de mayor dimensión tienen un menor grado de absorción en comparación con las piedras de menor dimensión.

La absorción en conjunto con el contenido de humedad de los agregados definirá la cantidad exacta de agua que se debe añadir a los diseños de mezclas y de esta manera llegar a la resistencia requerida al momento de hacer las correcciones en los diseños. Por otro lado, la capacidad de absorción de un material incide directamente sobre el grado de alteración que este mismo puede sufrir; la cantidad de espacios vacíos como los poros, fisuras y la permeabilidad, son factores que influyen sobre la durabilidad de cualquier estructura de concreto.

El peso específico de los agregados es la propiedad que establecerá la condición de volumen en los diseños de mezcla, los cuales se clasifican en:

- Livianos: $< 2500 \text{ kg/m}^3$.
- Normal: $2500 \text{ kg/m}^3 - 2750 \text{ kg/m}^3$.
- Pesados: $> 2750 \text{ kg/m}^3$.

El peso específico es una de las propiedades que sirve como indicador de calidad, teniendo en cuenta que valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que los valores bajos generalmente corresponden a agregados absorbentes y débiles.

Esta propiedad resulta ser de vital importancia ya que si se emplea un material con buena densidad, el concreto resultante podría ser mayor o igualmente denso. Al tener diferentes tamaños de piedra genera que el peso unitario sea más alto.

La propiedad del peso específico se divide en tres tipos:

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

Peso específico de masa

En la *Figura N°11*, el agregado fino se obtuvo: 2610 kg/m^3 , 2680 kg/m^3 , 2590 kg/m^3 y 2550 kg/m^3 para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente que corresponden a la etapa 1 y en la etapa 2 los valores obtenidos fueron: 2660 kg/m^3 , 2630 kg/m^3 , 2610 kg/m^3 y 2620 kg/m^3 para cada una de las canteras respectivamente.

En el agregado grueso los valores obtenidos para la etapa 1 son: 2660 kg/m³, 2650 kg/m³, 2650 kg/m³ y 2680 kg/m³ y en la etapa 2 los valores son: 2570 kg/m³, 2540 kg/m³, 2570 kg/m³ y 2610 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Según la clasificación, los agregados para ambas etapas son óptimos para la elaboración de concreto.

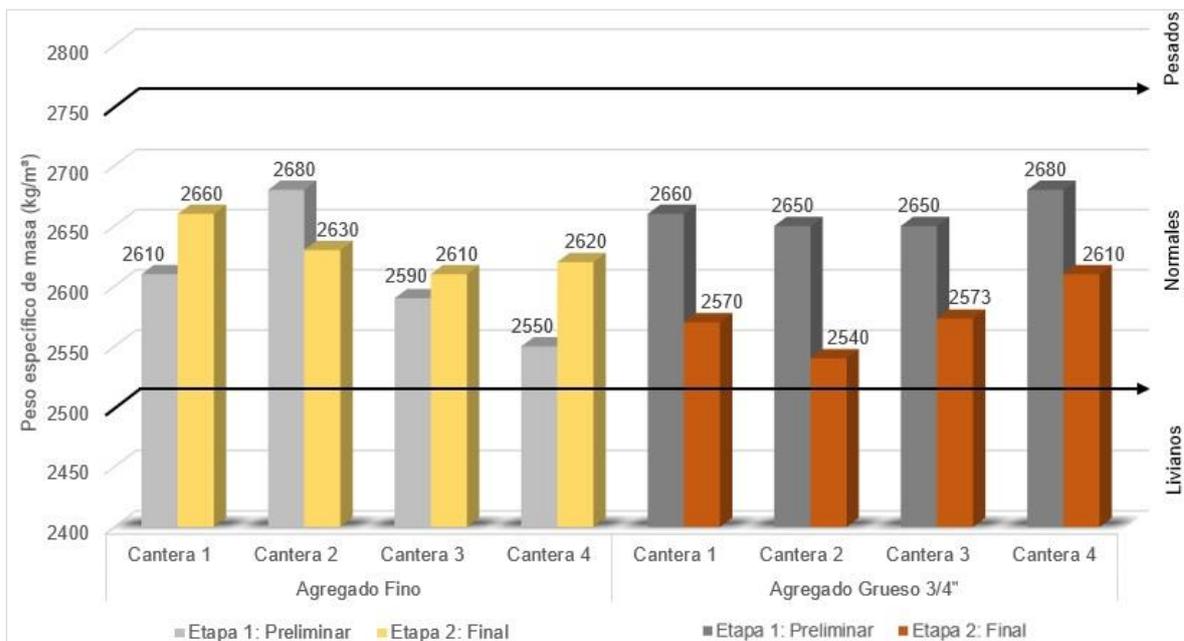


Figura N° 11: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Peso específico de masa promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Peso específico saturado superficialmente seco.

En la *Figura N°12*, los valores que se obtienen para el agregado fino son: 2670 kg/m³, 2720 kg/m³, 2630 kg/m³ y 2580 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente que corresponden a la etapa 1 y en la etapa 2 los valores obtenidos para cada una de las canteras son: 2690 kg/m³, 2660 kg/m³, 2660 kg/m³ y 2650 kg/m³.

En el agregado grueso los valores obtenidos para la etapa 1 son: 2690 kg/m³, 2690 kg/m³, 2690 kg/m³ y 2710 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente y en la etapa 2 son: 2600 kg/m³, 2590 kg/m³, 2620 kg/m³ y 2640 kg/m³.

En esta condición los agregados se clasifican normales, de igual manera que en la condición de peso específico aparente.

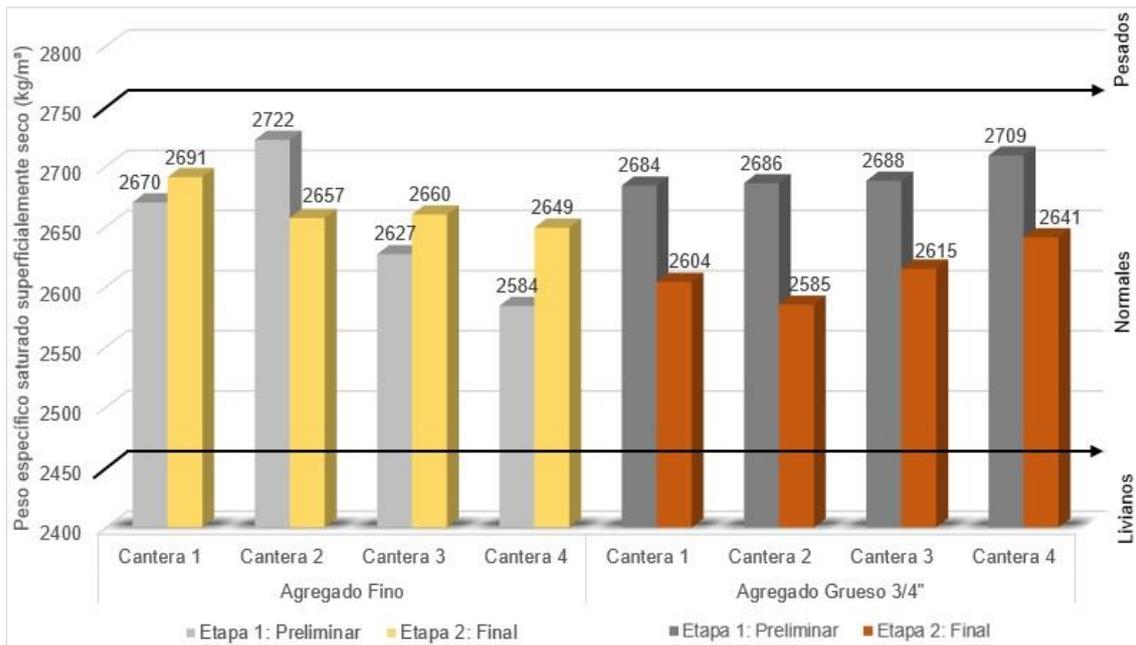


Figura N° 12: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Peso específico saturado superficialmente seco promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Peso Específico Aparente.

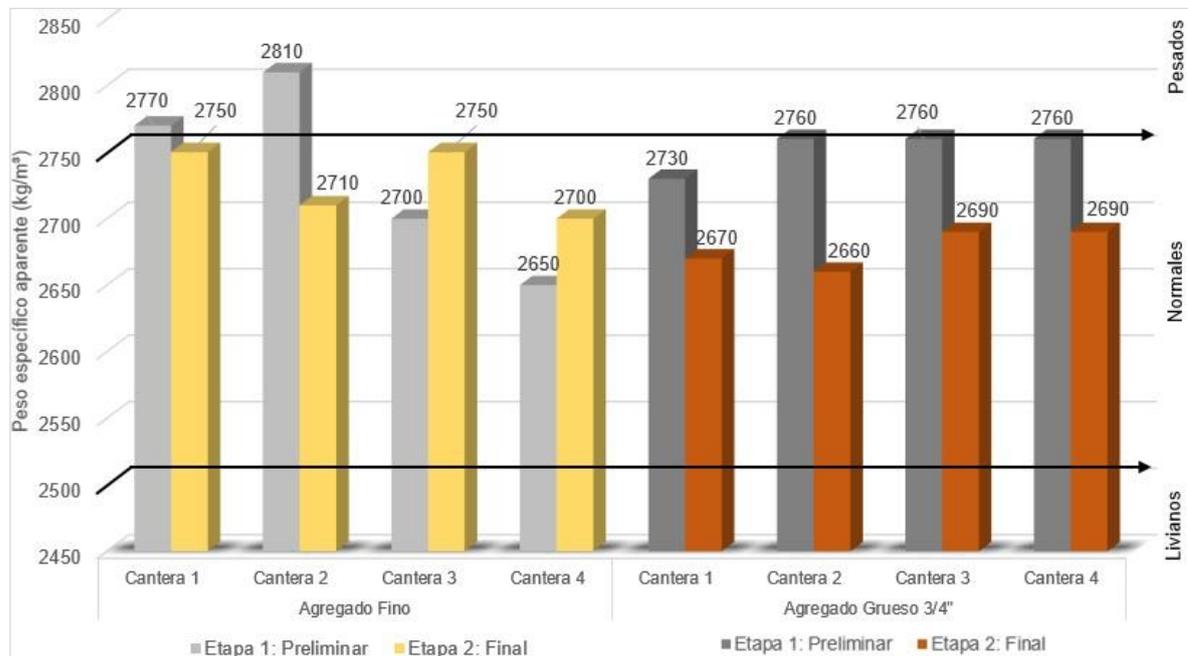


Figura N° 13: NTP 400.021:2013/NTP 400.022:2013 - Peso específico aparente promedio

Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura N°13* el agregado fino los valores obtenidos fueron: 2770 kg/m³, 2810 kg/m³, 2700 kg/m³ y 2650 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente que corresponden a la etapa 1 y en la etapa 2 los valores obtenidos para cada cantera fueron: 2750 kg/m³, 2710 kg/m³, 2750 kg/m³ y 2700 kg/m³.

Para la etapa 1, las canteras 1 y 2 se clasifican como agregado pesado, estos agregados no serán convenientes usar en la elaboración de concreto ya que disminuiría la adherencia de la mezcla. Las demás canteras se clasifican como agregado normal, en sus dos etapas.

En el agregado grueso los valores obtenidos para la etapa 1 son: 2730 kg/m³, 2760 kg/m³, 2760 kg/m³ y 2760 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente y en la etapa 2 los valores son de: 2670 kg/m³, 2660 kg/m³, 2690 kg/m³ y 2690 kg/m³.

Las canteras 2, 3 y 4 están clasificadas como agregados pesados en la etapa 1 y en la etapa 2 todas las canteras se clasifican como agregados normales.

Los agregados fino y grueso son óptimos para la elaboración de concreto, con los valores obtenidos de esta propiedad se realizan los diseños de mezclas de concreto

Las propiedades del peso unitario suelto y compacto son importantes porque permiten convertir los pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados, la regularidad del peso unitario, sirve también para descubrir posibles cambios bruscos en la granulometría o en la forma del agregado.

Si bien este ensayo se realizó en ambos agregados (fino y grueso), el valor que es empleado en el diseño de mezcla como parámetro para la dosificación es el de peso unitario compactado seco (PUCS) del agregado grueso.

Peso Unitario Seco Suelto.

Esta propiedad es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para conocer el consumo de agregados por metro cúbico de concreto.

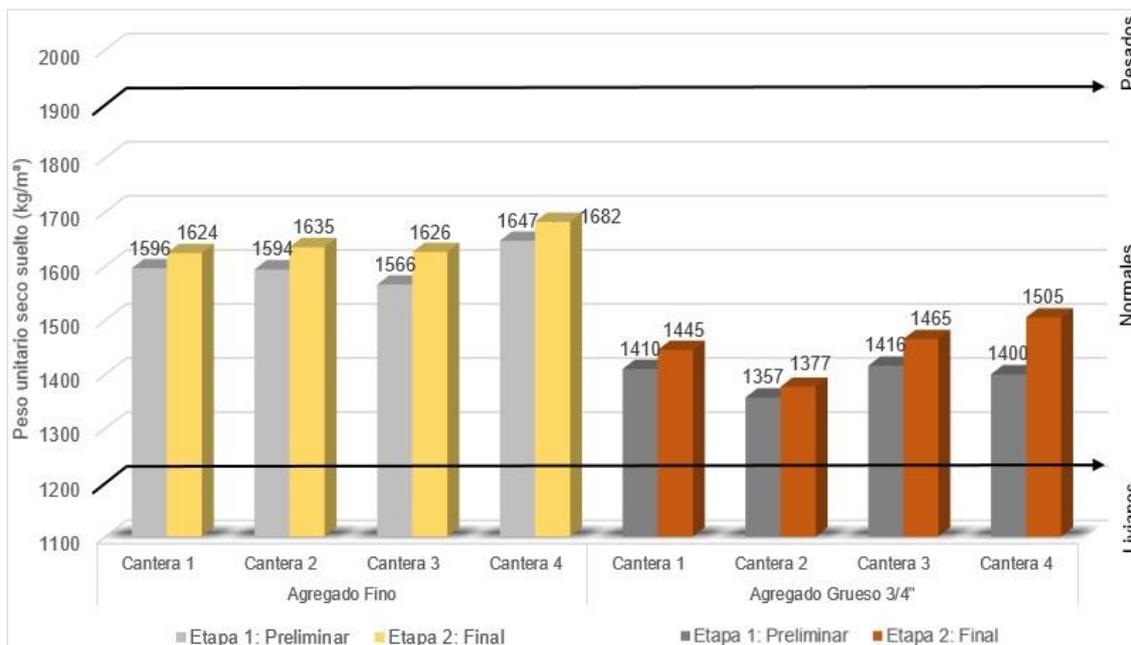


Figura N° 14: NTP 400.017:2011 Peso unitario suelto seco promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores que se obtienen para el peso unitario suelto seco en el agregado fino son: 1600 kg/m³, 1590 kg/m³, 1570 kg/m³ y 1650 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente que corresponden a la etapa 1 y en la etapa 2 los valores obtenidos para cada cantera son: 1620 kg/m³, 1640 kg/m³, 1630 kg/m³ y 1680 kg/m³. Para el agregado grueso los valores obtenidos en la etapa 1 son: 1410 kg/m³, 1360 kg/m³, 1420 kg/m³ y 1400 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente y en la etapa 2 los valores son: 1450 kg/m³, 1380 kg/m³, 1470 kg/m³ y 1510 kg/m³, como se observa en la Figura N°14.

Ambos agregados en las etapas 1 y 2 se clasifican como agregados normales, con esta clasificación, quiere decir que las partículas de los agregados se acomodan de mejor manera al momento de realizar el vaciado de concreto en obra y no dejará demasiados vacíos de aire, obteniendo una mayor resistencia a compresión.

Peso Unitario Compacto Seco

El peso unitario compacto seco es importante desde el punto de vista de diseño de mezclas ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados. Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que estén sujetos a acomodamiento o asentamiento provocados por él, también el valor del peso unitario compactado, es de una utilidad extraordinaria para el cálculo del contenido de vacíos de los materiales.

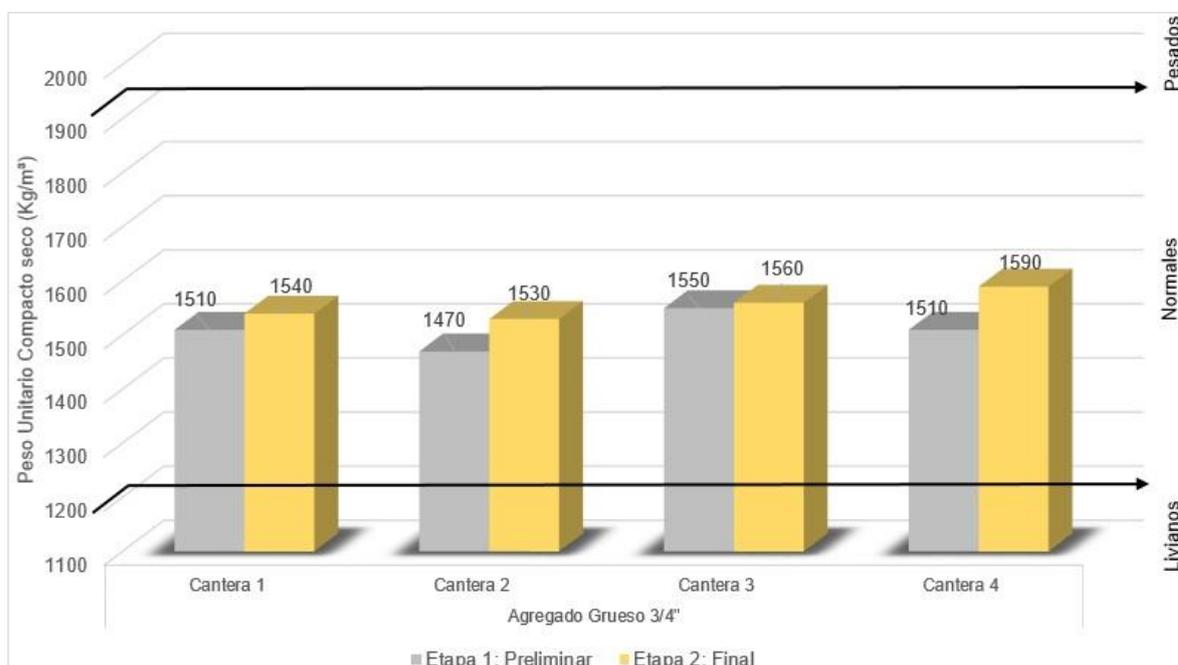


Figura N° 15: NTP 400.017:2011 Peso unitario compacto seco promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Para el agregado grueso los valores obtenidos en la etapa 1 son: 1510 kg/m³, 1470 kg/m³, 1550 kg/m³ y 1510 kg/m³ para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente y en la etapa 2 los valores son: 1540 kg/m³, 1530 kg/m³, 1560 kg/m³ y 1590 kg/m³, como se observa en la *Figura N°15*.

Los agregados se clasifican como normales y esto beneficia a la elaboración del concreto en obra, obteniendo un concreto con menor contenido de vacíos y mayor resistencia.

El contenido de vacíos es una propiedad física de los materiales, el cual determina la cantidad de volumen que ocupan los poros del material entre el volumen total del sólido. Esta característica nos indica la cantidad de aire que existe o la cantidad de agua que pueda existir. Además el contenido de vacíos que existe entre las partículas de los agregados afecta la demanda de mortero en el diseño de la mezcla, la angularidad aumenta el contenido de vacíos y los agregados de mayores tamaños con una granulometría mejorada hacen disminuir el contenido de vacíos.

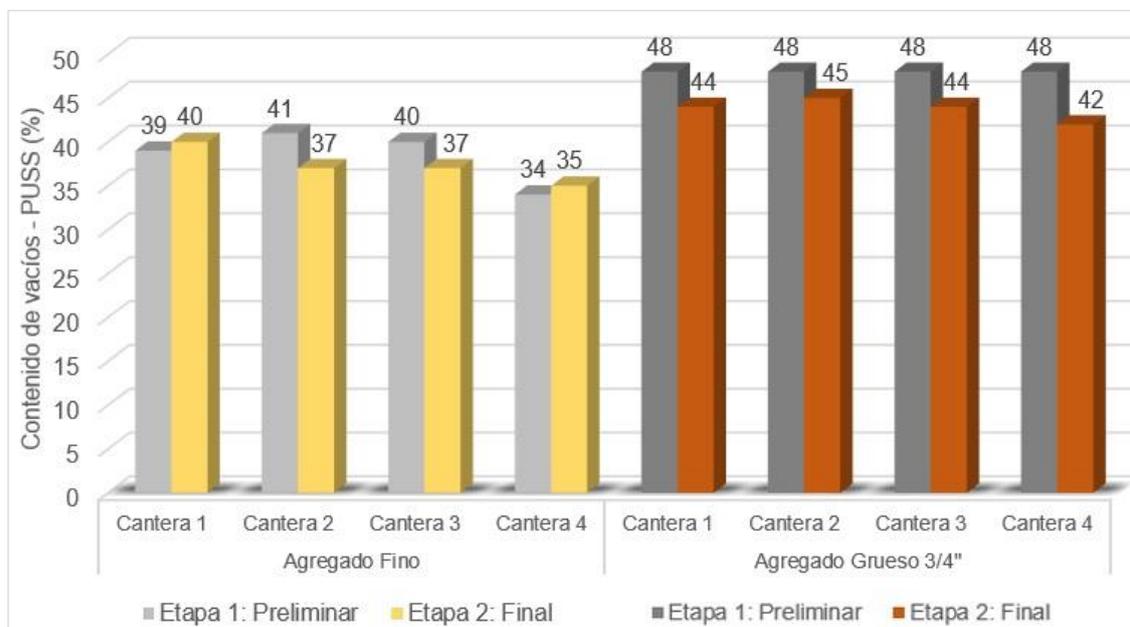


Figura N° 16: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, PUS.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°16 se observa el contenido de vacíos obtenidos del peso unitario suelto, siendo estos valores de: 39%, 41%, 40% y 34% para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente en la etapa 1 del agregado fino y en la etapa 2 para la cantera 1 y 4 aumentó a un 40% y 35% respectivamente, existiendo una variación de 1%. En el caso de las canteras 2 y 3 los datos obtenidos disminuyeron siendo de 37% para ambas canteras.

Para el agregado grueso los valores fueron de: 48% para todas canteras en la etapa 1 y en la etapa 2 disminuyeron a un 44% las canteras 1 y 3, la cantera 2 obtuvo un 45% y la cantera 4 un 42%, esa disminución porcentual se debe al tamaño de las partículas de los agregados y al acomodamiento de las mismas.

En la Figura N°17 se observa el contenido de vacíos obtenidos del peso unitario compacto, dando como resultado: 33%, 36%, 33% y 39% en la etapa 1 del agregado fino para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente y en la etapa 2 la cantera 1 y 4 aumentaron a un 35% y 30% respectivamente, en el caso de las canteras 2 y 3 se obtuvo el mismo valor de 33%.

En el agregado grueso se obtuvieron los valores de 44% para las canteras 1 y 4, las canteras 2 y 3 se obtuvo un 43% en la etapa 1 y en la etapa 2 la cantera 1 disminuyó a un 41%, las canteras 2 y 4 a un 39% y finalmente la cantera 3 a un 40%, como ya se mencionó anteriormente ocurrió lo mismo con el contenido de vacíos del peso unitario suelto debido al tamaño de las partículas de los agregados y al acomodamiento de las mismas.

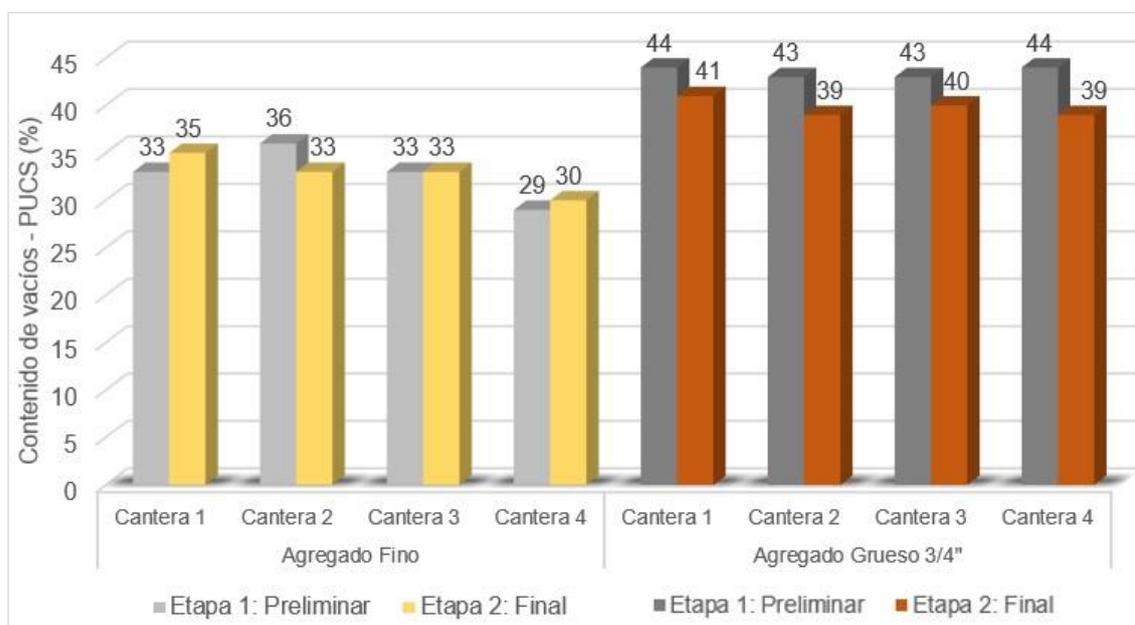


Figura N° 17: NTP 400.017:2011 - Contenido de vacíos promedio, PUCS.

Fuente: Elaboración propia.

Los materiales más finos que 75 um (tamiz No. 200), especialmente el limo y la arcilla pueden estar presentes como polvo y formar un revestimiento en las partículas de los áridos, afectando la adherencia entre el árido y la pasta de cemento perjudicando al fraguado y la adquisición de resistencia mecánica de este. Además, si ciertos tipos de limo o arcilla están presentes en cantidades excesivas, la demanda de agua puede aumentar significativamente.

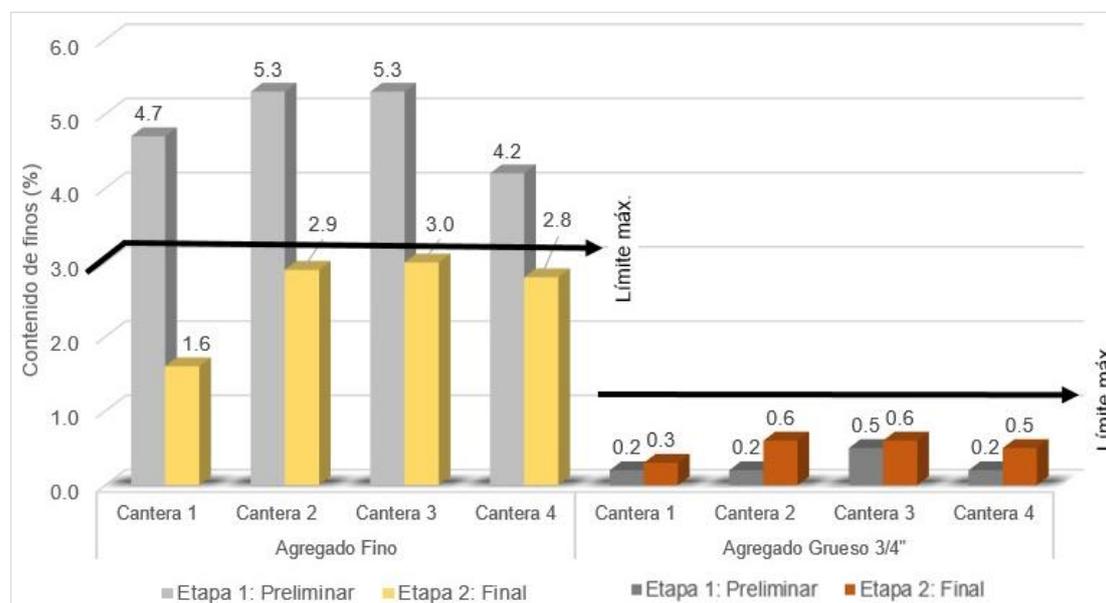


Figura N° 18: NTP 400.018.:2013 - Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar los ensayos en la *Figura N°18* se puede apreciar los valores de 4.7 para la cantera 1, de 5.3 para las canteras 2 y 3, 4.2 para la cantera 4, resultados que corresponden a la etapa 1 y que además no cumplen con el límite máximo requerido de 3.0% que establece la NTP 400.037:2014 para agregado fino no manufacturados.

En la etapa 2, después de haber manipulado el agregado fino y haber eliminado una cantidad de limos, los valores disminuyeron y cumplieron con el límite máximo requerido siendo de 1.6 la menor cantera y de 3.0 la mayor.

Para el agregado grueso se puede observar que todos los valores cumplen con el límite máximo requerido, pero en la etapa 2 hay un aumento respecto a la etapa 1 y esto se debe al tamaño de las partículas, es decir que las partículas de menor dimensión tienen mayor cantidad de finos adheridos que las partículas de mayor dimensión las cuales fueron eliminadas al momento de realizar el tamizado.

La cantidad de finos que puedan tener los agregados es importante, pero no debe estar en exceso porque perjudica la resistencia final del concreto, estos valores deben ser no mayores a 1% para el agregado fino y 3% para el agregado grueso, debido a que al aumentar el contenido de granos finos disminuye la compacidad del agregado y por ello será necesario aumentar la cantidad de cemento y agua en los diseños de mezclas. El agregado fino debe estar presente en una cantidad que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla.

El contenido de finos es importante por dos aspectos: a mayor suciedad habrá mayor demanda de agua, ya que aumenta la superficie a mojar y por lo tanto también aumenta el contenido de cemento. Y si el polvo está finamente adherido a los agregados, impide una buena unión con la pasta y por lo tanto la interface mortero - agregado será una zona débil por donde se puede originar la rotura del concreto.

Para determinar la proporción relativa del contenido de polvo nocivo, o material arcilloso que existe en los agregado finos, se realizó el ensayo de equivalente de arena, este ensayo proporciona una información valiosa para determinar la bondad de los agregados sujetos a la acción de la intemperie, particularmente cuando no hay información adecuada del historial climático y de formación geológica. Consiste en liberar de la muestra de arena, los posibles recubrimientos de arcilla adheridos a las partículas mediante una adición coagulante que favorece la suspensión de las partículas finas sobre la arena, determinando su contenido respecto a las partículas de mayor tamaño.

Los valores obtenidos que se pueden observar en la *Figura N°19* están dentro del límite mínimo permitido de 75%, siendo de 92%, 82%, 91% y 85% para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

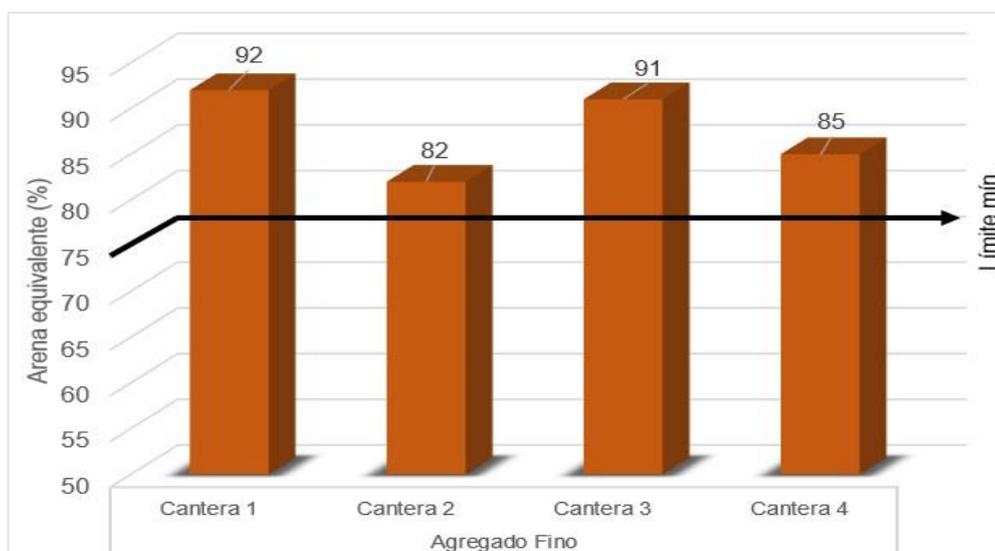


Figura N° 19: NTP 339.146:2000 - Arena equivalente promedio del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

La granulometría y el tamaño máximo del agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción. Entre más uniforme sea la granulometría, mayor será la economía.

La granulometría influye directamente en la cantidad de agua necesaria para obtener mezclas trabajables, ya que de no cumplir con las especificaciones de la norma, implicaría una ausencia de diferentes tamaños de partículas en la mezcla quedando gran cantidad de vacíos en su interior lo que afectaría de manera considerable la impermeabilidad del material.

En cuanto al análisis granulométrico de los agregados, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea cierta continuidad de tamaños en su composición granulométrica; aunque vale decirlo los efectos que la gradación de la piedra produce sobre la trabajabilidad de las mezclas de concreto, son mucho menores que los producidos por el agregado fino. Por tal motivo, la granulometría de un agregado grueso, de un tamaño máximo dado, puede variar dentro de un rango relativamente amplio sin producir efectos apreciables en los requerimientos de agua y cemento.

Las características de forma y textura de los agregados tienen también efectos importantes en el concreto, sobre todo en cuanto a su compactación y su trabajabilidad.

El módulo de finura representa el tamaño medio del árido empleado. Mientras más pequeño sea éste, más fino es el agregado y viceversa; el módulo de finura no podrá ser usado como un indicador de la granulometría. Pueden existir infinidad de áridos con el mismo módulo de finura que tengan granulometrías totalmente diferentes. Es necesario conocer dicho valor debido a que todas las mezclas de áridos que poseen el mismo módulo precisan la misma

cantidad de agua para producir concretos de la misma docilidad y resistencia, siempre que empleen la misma cantidad de cemento. El módulo de finura que sea inferior a 2.3 o superior a 3.1, se debe rechazar o se debe hacer ajustes adecuados en las proporciones de agregado fino y grueso.

El uso del módulo de finura se ha restringido al agregado fino y según este módulo las arenas se clasifican en:

- Arenas finas: Módulo de finura entre 0.5 - 1.5.
- Arenas medias: Módulo de finura entre 1.5 - 2.5.
- Arenas gruesas: Módulo de finura entre 2.5 - 3.5.

Para evaluar las granulometrías, se hace uso de las curvas teóricas y de los husos. Para el agregado fino la NTP 400.037:2014 solo indica un único huso y para el agregado grueso los husos están en función al tamaño máximo nominal.

En la *Figura N°20* se observa que la curva granulométrica para el agregado fino. Las canteras 1, 2 y 3 no están dentro de los límites granulométricos, debido a que el material no cuenta con la cantidad necesaria en sus diferentes tamaños, presentando mayor cantidad de partículas N°100. Con respecto a la cantera 4 se aprecia que está dentro de límites granulométricos, siendo un material con buena distribución granulométrica.

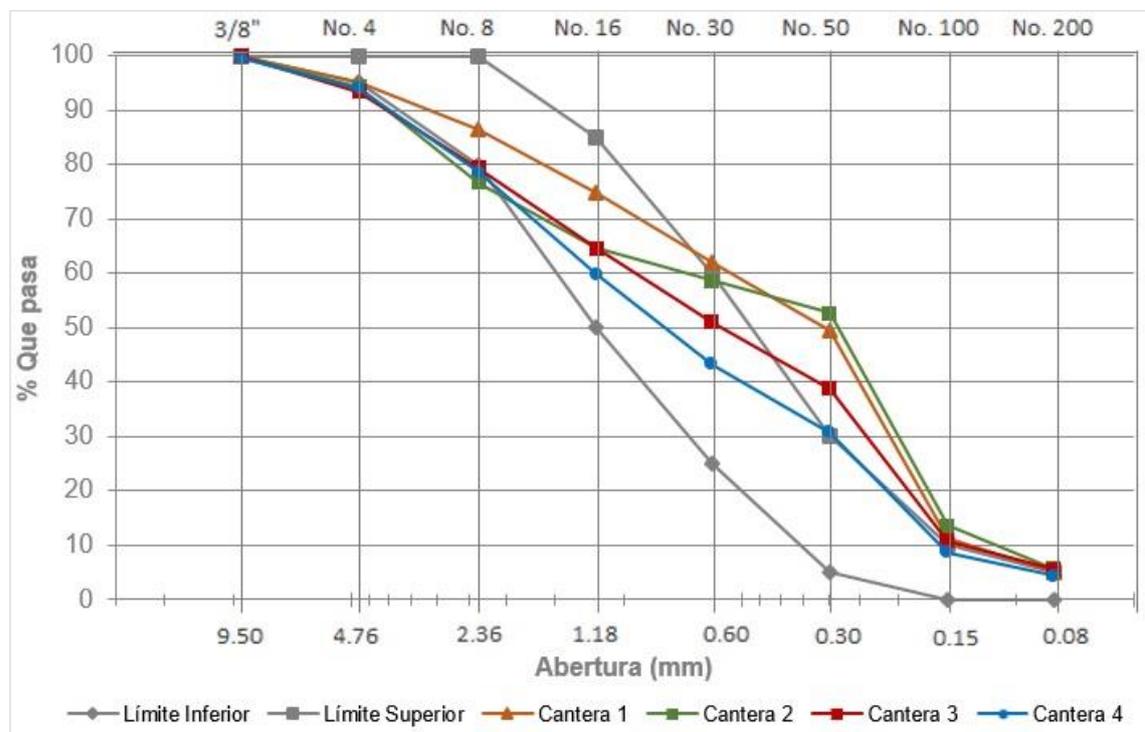


Figura N° 20: Curva granulométrica del agregado fino - Etapa 1

Fuente: Elaboración propia.

Los valores del módulo de finura son de 2.2, 2.4, 2.6 y 2.9 para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Según la clasificación del agregado fino la cantera 1 y 2 son arenas medias y las canteras 3 y 4 son arenas gruesas.

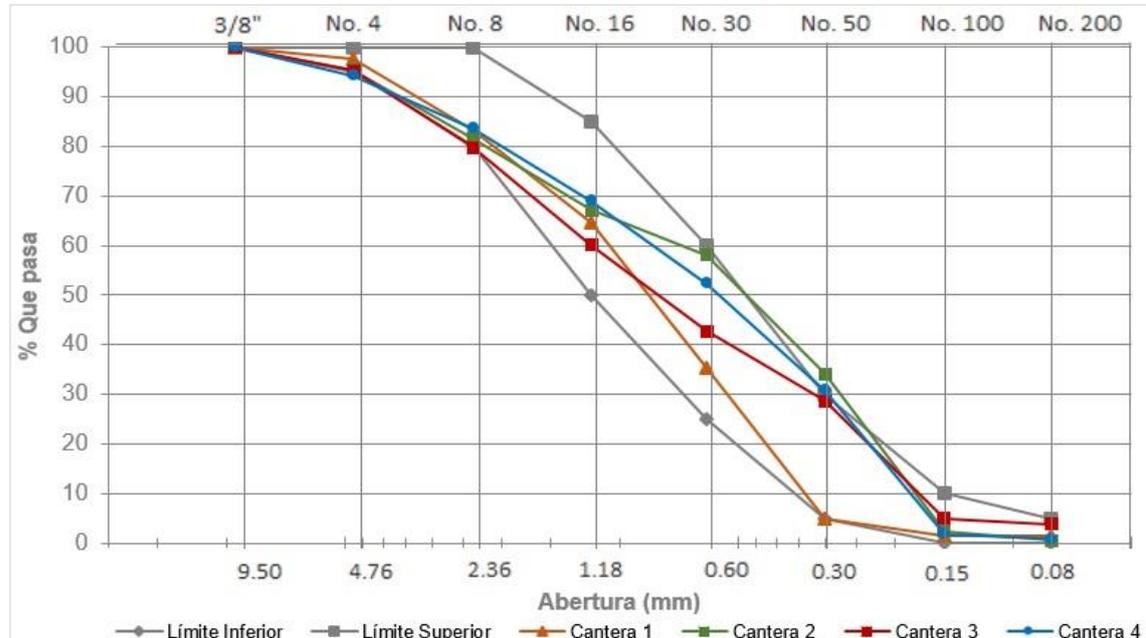


Figura N° 21: Curva granulométrica del agregado fino - Etapa 2.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los resultados desfavorables acerca de la distribución granulométrica del agregado fino, se hicieron modificaciones a la cantidad de partículas de ciertos tamices que excedían o requerían mayor cantidad de material, con la intención de cumplir con los requerimientos de las normas. Para realizar estas modificaciones se analizó el módulo de finura de cada agregado y la cantidad de material fino (menor al tamiz N°200). Los resultados obtenidos se muestran en la *Figura N°21*, en comparación a la etapa anterior, las curvas granulométricas de todas las canteras están dentro del huso establecido por la NTP 400.037:2014, teniendo sus partículas mejor distribuidas formando curvas granulométricas continuas.

Los valores del módulo de finura son de 3.1, 2.6, 2.9 y 2.7 para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Según la clasificación del agregado fino todas las canteras son arena gruesa.

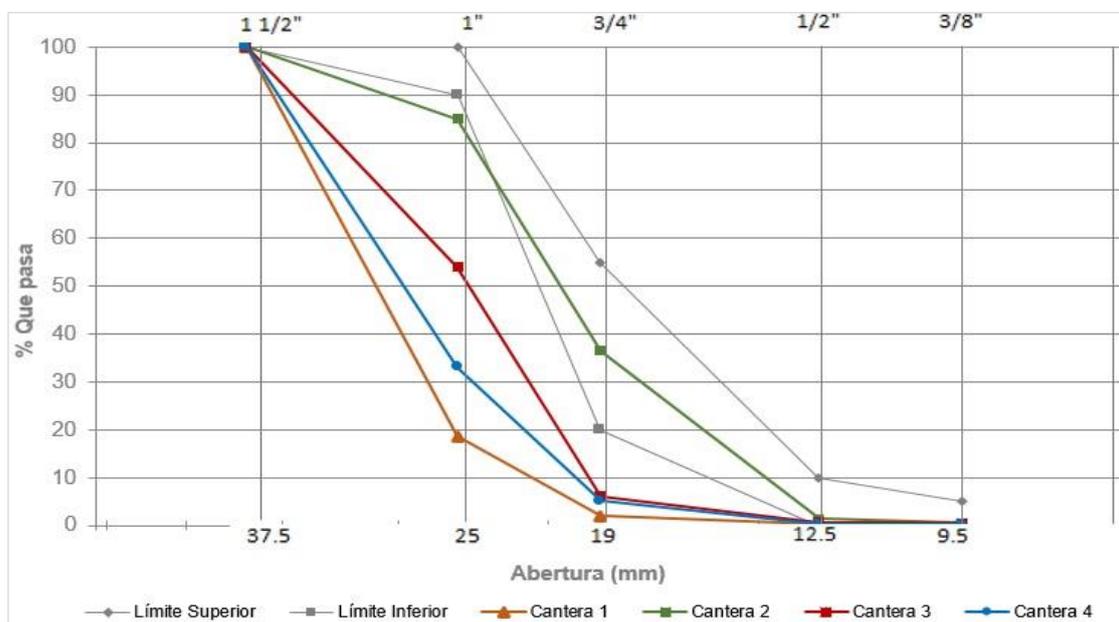


Figura N° 22: Curva granulométrica del agregado grueso - Etapa 1.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°22 se observa que las curvas granulométricas para el agregado grueso de las canteras 1, 2, 3 y 4 no están dentro de los límites requeridos y según el tamaño máximo nominal de esta etapa le corresponde el huso 5 de la NTP 400.037:2014.

Debido a que el material no cuenta con la cantidad necesaria en sus diferentes tamaños, siendo inadmisibles utilizar este tipo de agregados que no cumplen con las especificaciones.

Los agregados ensayados de cada cantera tienen un tamaño máximo nominal de 1", lo cual no cumple con el tamaño especificado al momento de comprar el material en las diferentes canteras.

En la Figura N°23 se observa que las curvas granulométricas están dentro de los límites, que establece el huso 5 de la NTP.037:2014.

Se realizó una modificación a la cantidad de partículas de ciertos tamices que excedían o requerían mayor cantidad de material, con la intención de poder utilizar el material de las canteras evaluadas tratando de cumplir con los requerimientos de las normas, esto se hizo mediante el tamizado por la malla con abertura de 25.00 mm (1"), de manera que todo el material retenido sobre ella sea eliminado. Se utilizaron 60 kg aproximadamente por cada cantera y de las cuales el material que se eliminó fue mayor al 50% y se realizó nuevamente el ensayo granulométrico, obteniendo buenos resultados.

En ausencia de agregados con buena graduación, gruesos o finos, la utilización de un agregado intermedio debe ser considerada una opción para mejorar la graduación; muchos proveedores de concreto almacenan agregados con tamaño máximo nominal de 3/8" y usan

éste u otros agregados intermedios en cantidades adecuadas para mejorar la gradación de los agregados combinados. (Sociedad Americana de contratistas del concreto, 2015)

Las empresas que producen concreto realizan modificaciones respecto a la distribución de las partículas del agregado grueso para cumplir con los estándares de calidad de las mezclas de concreto, con la intención de tener un material bien graduado, limpio, exentos de exceso de arcilla, limo, mica, materia orgánica, sales químicas, granos recubiertos, reactividad álcali-sílice y cumpliendo con diversas granulometrías estandarizadas que ofrecen. (Sociedad Americana de contratistas del concreto, 2015)

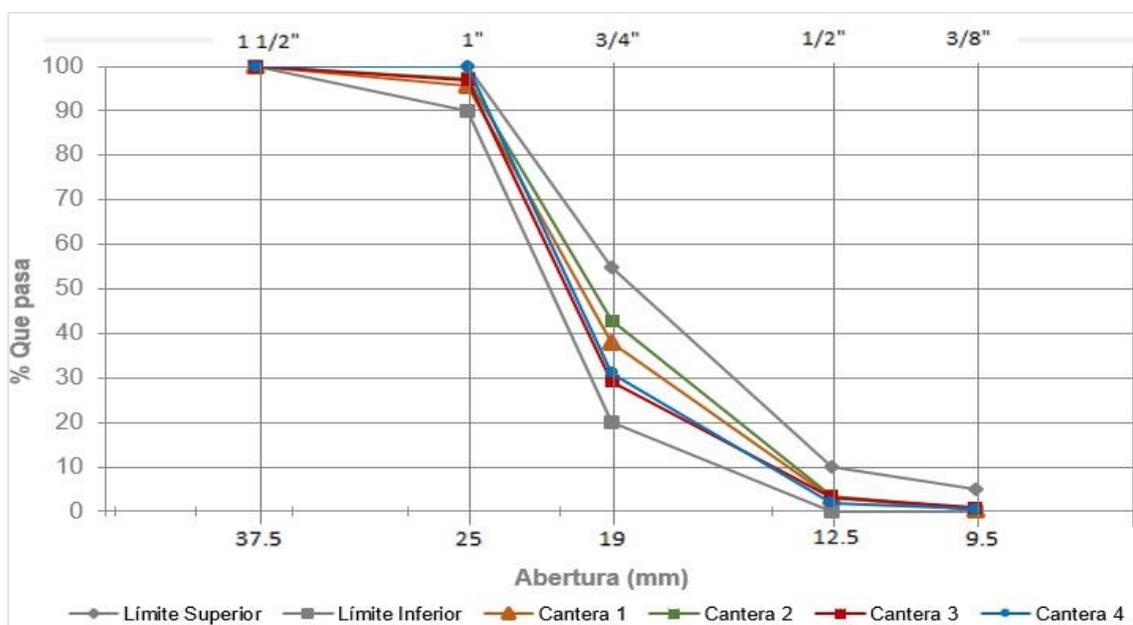


Figura N° 23: Curva granulométrica del agregado grueso - Etapa 2.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Ensayos químicos

Los ensayos químicos fueron realizados en una única etapa, por el motivo de los altos costos en la ejecución de los ensayos.

Para el análisis químico de los cloruros que se realizó a los agregados y al agua (potable y destilada), se tomó como referencia la norma NTP 339.088:2013, donde se establecen los límites máximos requeridos. Este ensayo se realizó con la intención de determinar la cantidad de cloruros presentes en los agregados, debido a que el lugar de las canteras está ubicado en el Sector El Milagro – Huanchaco.

Los cloruros presentes en el agua, es una de las propiedades químicas importantes para determinar un control de calidad, ya que al combinarse con los demás insumos como el cemento y los agregados pétreos se debe tener en consideración para evitar daños en el concreto. Si bien no se cuenta con una norma específica para medir los cloruros en los agregados, según una publicación realizada por el Instituto Mexicano del Cemento y Concreto

(IMCYC), hay que tener en cuenta que el agua empleada en la elaboración del concreto deberá tener un contenido máximo de cloruros, tal que la suma de los cloruros presentes en los constituyentes de la mezcla, incluyendo los aditivos, no sobrepase los límites. Y en cuanto a los agregados existe poca posibilidad de que contengan cloruros, pero se debe tener especial cuidado en respetar la máxima concentración permisible de cloruros totales en la mezcla, para lo cual habrá que revisar la presencia de cloruros solubles en los agregados.

El límite máximo permitido por la norma NTP 339.088:2011 es de 1000 partículas por millón (p.p.m), este límite es establecido para el uso del agua potable en los diferentes diseños de mezclas, es por ello que el ensayo se realizó con agua destilada ya que esta es un agua pura y libre de agentes contaminantes que puedan influir en los resultados obtenidos, así se pudo determinar los valores de los cloruros de los agregados en agua.

Después de haber realizado un seguimiento por cuatro días los datos obtenidos fueron de 930 p.p.m. para el agua potable y en el agua destilada no se obtuvo ningún valor, lo cual era muy conveniente utilizar esta agua para combinar con los agregados y así obtener los cloruros presentes en los agregados que fueron: 100 p.p.m. para el agregado fino de las cuatro canteras y en el caso del agregado grueso solo la cantera 4 obtuvo un valor de 100 p.p.m, en las demás canteras no se detectaron cloruros en las muestras evaluadas.

La presencia de elevadas cantidades de este tipo de sustancias puede interferir con las reacciones químicas de la hidratación del cemento obteniendo un concreto de menor resistencia y puede afectar la velocidad de reacción del cemento ocasionando retrasos considerables en su tiempo normal de fraguado.

Los sulfatos representan uno de los mayores riesgos de agresión química para el concreto, las reacciones químicas que incluyen la formación de productos expansivos en el concreto o mortero ya endurecido pueden dar lugar a efectos perjudiciales, ya que la expansión puede producir tensiones mecánicas internas que, eventualmente, se traducen en deformaciones y desplazamientos en diferentes partes de la estructura, en la aparición de grietas y fisuras, desconchados, etc.

El ataque del sulfato se manifiesta con una exudación de apariencia blanquecina y agrietamiento progresivo que reduce al concreto a un estado quebradizo y hasta suave.

La acción del sulfato de magnesio es la que produce un mayor daño, en cuanto actúa sobre las fases de la pasta de cemento, como son los silicatos cálcicos, mediante una serie de acciones complejas que modifican el pH de las pastas de cemento.

La severidad del ataque se incrementa en el caso de las aguas que fluyen. Así, la naturaleza y el contacto entre el sulfato y el concreto son importantes. El ataque más intensivo tiene lugar en el concreto que está expuesto a ciclos de mojado y secado que en el concreto completa y continuamente sumergido en la solución.

Es por ello que 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, en la *Figura N°24* se observan los valores obtenidos de 10% la cantera 1, 8% la cantera 2 y las canteras 3 y 4 con 7% para el agregado fino y en el agregado grueso los datos fueron 6% en las canteras 1 y 3, 9% en la cantera 2 y 3% para la cantera 4, no superando los límites máximos establecidos, logrando así el uso de estos agregados escogiendo los de menor valor que por ende tendrán un mejor comportamiento ante este tipo de ataques químicos. Se obtuvo resultados medios en comparación con el antecedente de Mendoza Camey, V. (2008) donde sus resultados fueron bajos de 1.55% y 2.57% para ambos agregados.

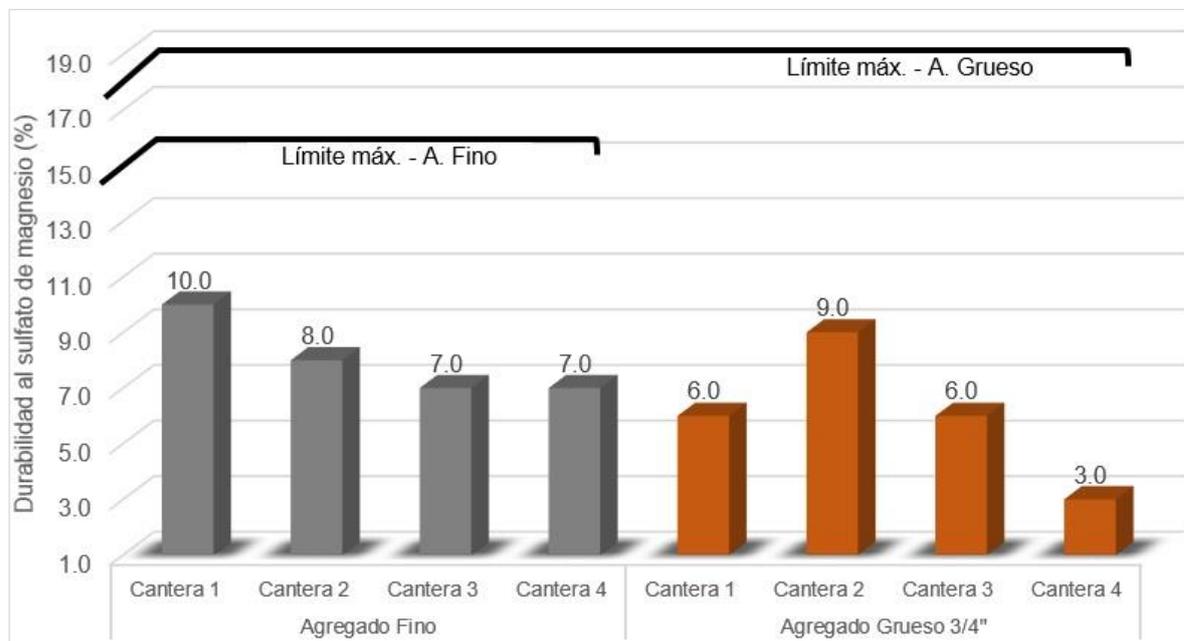


Figura N° 24: NTP 400.016:2011 - Durabilidad a los sulfatos promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante conocer que los álcalis pueden resultar de la reacción del hidróxido de calcio formado por la hidratación del cemento, como el álcali de los minerales insolubles en el agregado, o de fuentes externas como el agua usada en la preparación del concreto, los aditivos, aguas subterráneas, o sales alcalina solubles en los agregados.

El exceso de álcali contenido en los poros del concreto endurecido, por encima de los necesarios para las reacciones normales de fraguado, da lugar a productos de reacción que causan aumentos de volumen en la masa de concreto que pueden llegar a ser de deterioro en las estructuras.

La reacción álcali-sílice da lugar a la formación de un gel de silicato de sodio. Una vez formado el gel puede absorber agua, que trae como consecuencia el aumento de volumen y consiguiente aumento de presión en el concreto lo que ocasiona la fisuración y

el deterioro del concreto. Adicionalmente, el exceso de agua y la exfoliación de algunos minerales juzgan un papel importante en la expansión del concreto.

Se sabe que el contenido total de álcalis del cemento Portland es un indicador confiable en presencia de agregados reactivos debido a que normalmente, todos los álcalis pueden ser liberados durante la hidratación del cemento. Esto ha dado lugar a unas especificaciones diferente a lo que habitualmente se considera.

La reactividad de los agregados está afectada por sus propiedades físicas, en particular por el tamaño de las partículas: un agregado de una misma especie mineral puede causar un efecto de deterioro cuando se encuentra en el tamaño de grava.

Para cada tipo de agregado reactivo tiene lugar una máxima expansión cuando se encuentra presente una cierta proporción del agregado en la mezcla del concreto.

En la *Figura N°25* se observan los valores obtenidos para la reactividad agregado/ álcali del agregado fino siendo de: 620 mmol/L, 720 mmol/L, 325 mmol/L y 775 mmol/L para la reducción de alcalinidad y de 720 ppm, 972 ppm, 1077 ppm y 807 de sílice soluble para las canteras 1, 2, 3 y 4.

Para el agregado grueso son: 1115 mmol/L, 705 mmol/L, 810 mmol/L y 795 mmol/L para la reducción de la alcalinidad y de 666 ppm, 768 ppm, 954 ppm y 873 ppm de sílice soluble para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

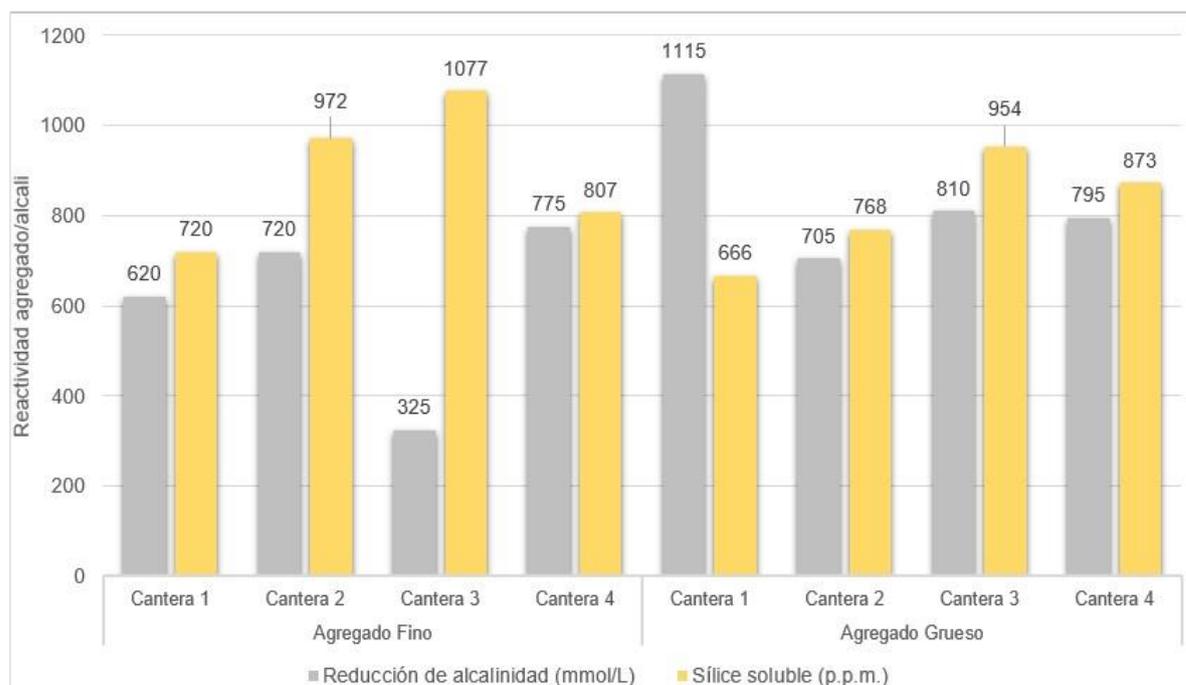


Figura N° 25: NTP 334.099:2011 - Reactividad agregado/álcali promedio.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y comparando con la figura que está en el Anexo 5, que clasifica a los agregados como: reactivos, potencialmente reactivos e inoctrus, todos los agregados se clasifican como potencialmente deletéreos según la norma NTP 334.099:2011, basada en la norma ASTM C289.

Además se debe tener en cuenta el límite máximo de 0.6% que establece la NTP 400.037:2014 para el contenido de álcalis del cemento y prevenir que se de esta reacción álcali-sílice al momento de elaborar los diseños de mezcla en obra, evitando así las eflorescencias en el concreto, ya que esta reacción produce diferentes efectos en el concreto como fisuraciones, piel de cocodrilo y desprendimientos. En comparación con el antecedente de Sanguero Girón, R. (2004) donde se obtuvieron resultados positivos, siendo los agregados inoctrus, lo cual nos indica que los minerales silícicos que poseen esas rocas no producirán una reacción dañina con los álcalis del cemento Pórtland.

5.3. Ensayo mecánico

El ensayo de abrasión para el agregado grueso, muestra una cualidad muy importante, porque nos indica la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto.

En la etapa 1, con respecto a la granulometría inicial y según los porcentajes retenidos en cada tamiz se clasificó el tipo de desgaste como "A". Al realizar el ensayo utilizando la máquina de los Ángeles se obtuvo un desgaste del 17%, 23%, 13% y 9% para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente. La norma NTP 400.037:2014 establece que no debe sobrepasar en más del 50% para ser utilizado en mezclas de concreto, por lo cual cumple con el límite requerido y en la etapa 2 el desgaste se clasificó como tipo "B" respecto a la nueva granulometría, se obtuvieron como resultados: 18%, 19%, 16% y 11% para las canteras 1, 2, 3 y 4 respectivamente, de igual manera cumple con el límite requerido. En comparación con el antecedente de Sanguero Girón, R. (2004), al realizar el ensayo se obtuvo un desgaste del 65% sobrepasando el límite del 50%, por lo tanto, no cumple e indica que se tiene un agregado grueso no apto para concreto estructural.

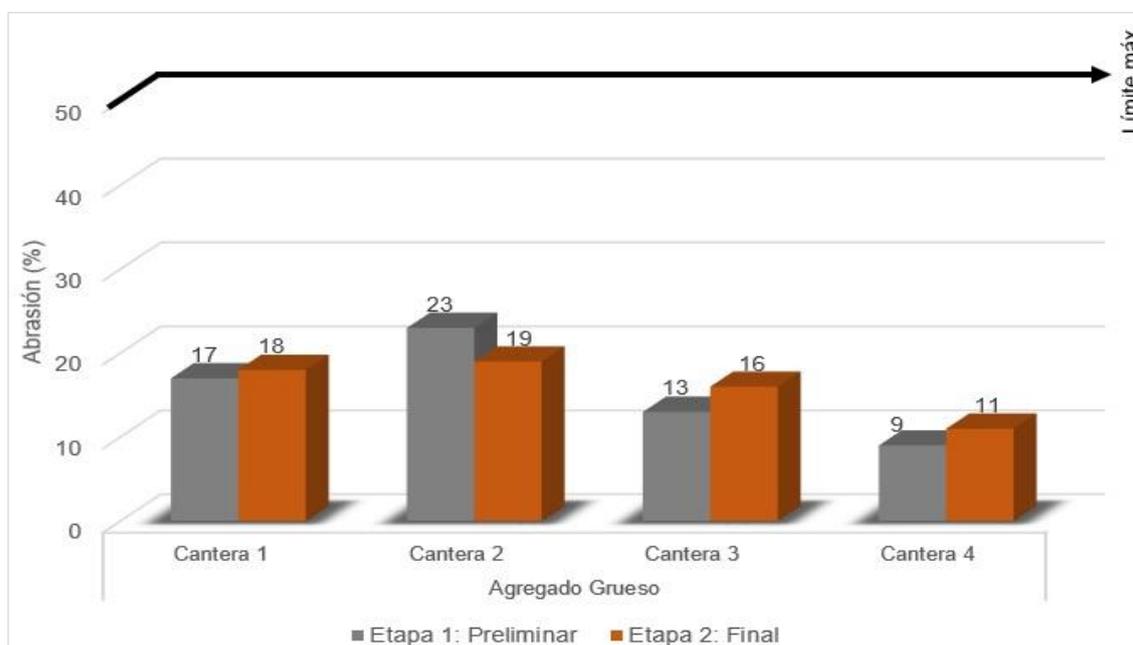


Figura N° 26: NTP 400.019:2014 - Abrasión promedio del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando los valores son menores se tiene un agregado grueso apto para concreto estructural, es decir la cantera 4 tiene el mejor agregado que cumple con estas característica al tener el menor valor en la realización de este ensayo.

5.4. Diseños de mezclas

La relación agua/cemento se puede definir como la razón entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en masa del concreto fresco.

Al igual que la resistencia, la durabilidad también se ve afectada cuando se altera la relación agua/cemento. Por ejemplo, cuando esta última es alta, las partículas de cemento están muy espaciadas entre sí como se observa en la *Figura N°27*. Esto provoca que cuando se produce el fraguado, los productos de la hidratación del cemento no cubran todo este espacio y queden pequeños poros. Por lo que a mayor relación agua/cemento, mayor es la porosidad del concreto y por lo tanto, menor es su durabilidad.

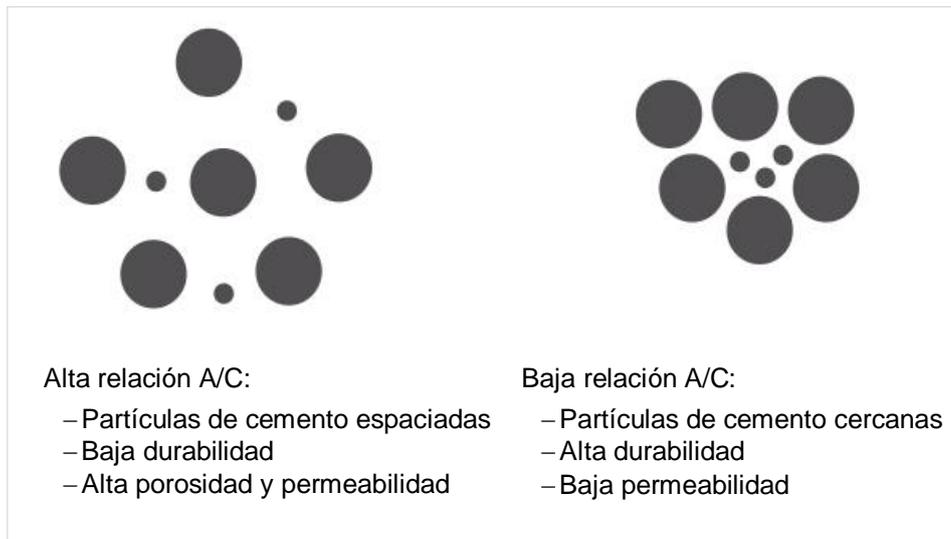


Figura N° 27: Condiciones de la relación agua/cemento.

Fuente: Putzmeister.

El endurecimiento y fraguado del concreto son el resultado de procesos químicos y físicos entre el cemento portland y el agua, que se denominan hidratación. El clinker del cemento Portland contiene cuatro compuestos químicos mayoritarios, los minerales de clinker, que son:

- C3S = silicato tricálcico
- C2S = silicato dicálcico
- C3A = aluminato tricálcico y
- C4AF = ferrita aluminato tetracálcico.

Una relación agua/cemento baja, conduce a un concreto de mayor resistencia que una relación agua/cemento alta. Pero entre más alta esta relación, el concreto se vuelve más trabajable.

En la *Figura N°28* se observa que la cantera 1 tiene la menor relación agua/cemento en la etapa 1, siendo de 0.59 y la cantera 2 es la que tiene la mayor relación agua/cemento con 0.62 en sus dos etapas. Los valores de relación agua/cemento para la cantera 1 aumentan en la etapa 2, mientras que en la cantera 2, 3 y 4 se mantienen con la misma relación.

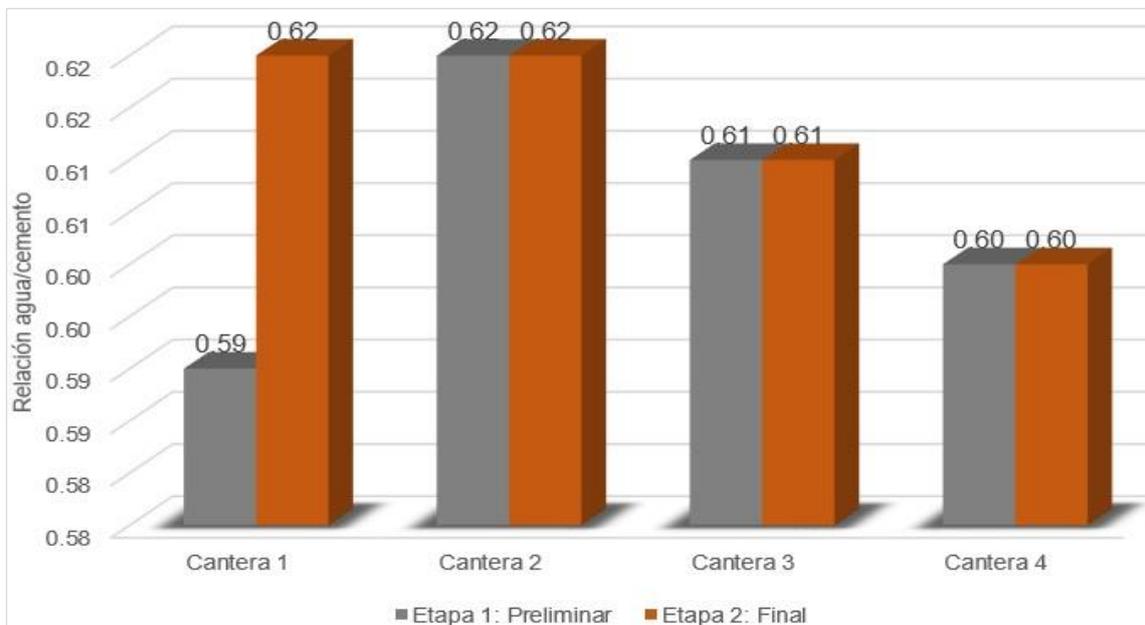


Figura N° 28: Relación agua/cemento del diseño de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$.

Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los factores que influyen en el aumento de la relación agua/cemento, después de haber realizado la etapa 2 son: el tamaño máximo nominal del agregado que influye en el factor que nos dará el volumen del agregado grueso, la humedad y la absorción que nos dará la corrección de la cantidad de agua a utilizar en el diseño de mezcla final.

El diseño de mezcla es un procedimiento empírico y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una resistencia a compresión para una edad determinada así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado, además se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio.

Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

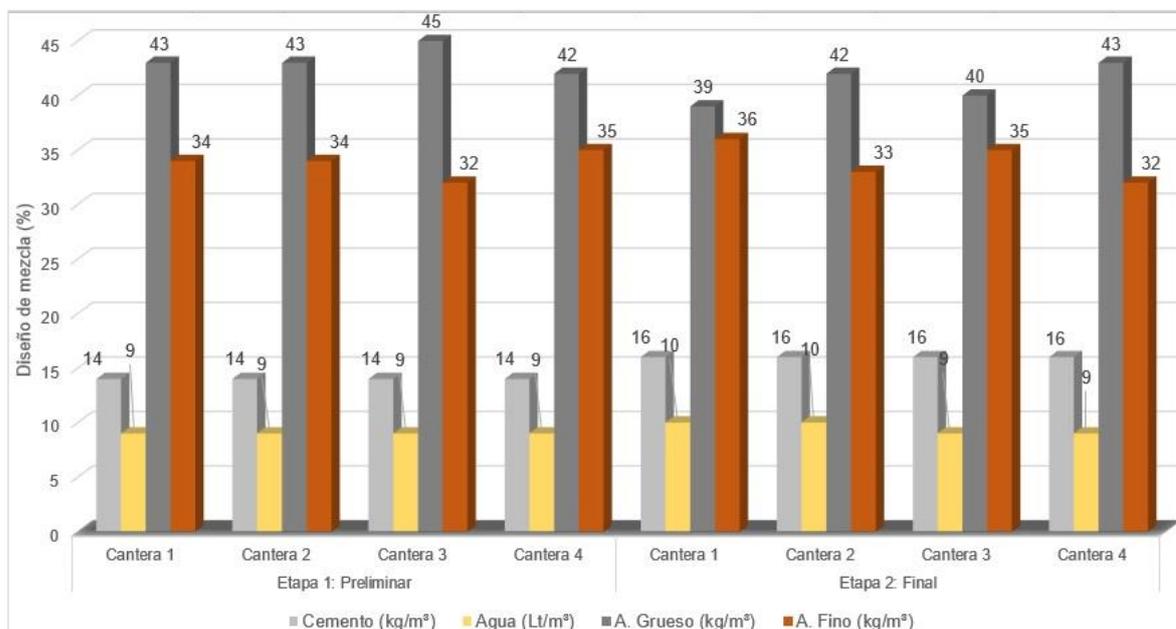


Figura N° 29: Diseños de mezclas de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°29, se observan los diseños de mezclas de concreto para cada una de las canteras en la cual para la etapa 1, la cantidad de cemento a utilizar es de 347 kg/m^3 que serán 9 bolsas de 42.50 kg y representa el 14% de agregados para la producción de concreto. En la etapa 2 es de 369 kg/m^3 dando un total de 9 bolsas, aumentando su valor en 2%, siendo 16% en esta etapa.

Se puede apreciar que la diferencia entre ambas etapas, está en la cantidad de cemento en kilos que se usará en cada diseño, esto se debe al tamaño máximo nominal del agregado grueso, ya que a menor dimensión de la partícula, mayor es la cantidad de pasta de cemento a utilizar en la elaboración del concreto.

En lo que corresponde a la cantidad de agua, esta es variable para cada cantera y para cada etapa de evaluación realizada, esto se debe a las propiedades de humedad y absorción de los agregados, porque de ellos dependerá la corrección final para la cantidad de agua a utilizar en la producción de concreto.

El uso de agregados en el concreto tiene como objetivo reducir los costos en la producción de la mezcla (relleno adecuado para la mezcla, ya que reduce el contenido de pasta de cemento por metro cúbico), ayudar a controlar los cambios volumétricos (cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado, de curado y secado de la mezcla de concreto) y aportar a la resistencia final del material. Es un material que tiene una participación entre el 65% y el 70% del total de la mezcla de concreto.

La forma y textura superficial de las partículas individuales de cualquier tipo de agregado tienen una influencia importante en la manejabilidad del concreto en su estado fresco y en otras características físicas en estado endurecido.

5.5. Costos de producción

El costo de la elaboración de una mezcla de concreto está constituido básicamente por el costo de los materiales, equipo y mano de obra.

La variación en el costo de los materiales se debe a que el precio del cemento por kilo es mayor que el de los agregados y de allí, que la proporción de los agregados debe minimizar la cantidad de cemento sin influir en la resistencia final del concreto y sus demás propiedades. La diferencia del costo entre los agregados generalmente es secundaria; sin embargo en otras ciudades o con algún tipo de agregado especial, es suficiente para que esto influya en la dosificación final del diseño de mezcla.

El costo del agua tiene una mínima influencia en el valor total del concreto, mientras que si se añade algún aditivo al concreto, puede ser de vital importancia para su efecto en la dosificación cemento y agregados.

También es un factor importante en la economía de un diseño de mezcla, el grado de control de calidad que se espera en obra, para ello se deben realizar los ensayos de consistencia y resistencia, de manera que se verifiquen las especificaciones dadas en los expedientes técnicos de cada obra donde será elaborado el concreto.

El ensayo de consistencia permitirá verificar si el asentamiento con el que fue elaborado el diseño es el correcto y el de resistencia se verificara a los 7, 14 y 28 días la resistencia final de compresión, comparando así si cumple con el diseño elaborado.

El concreto tiene una variabilidad, tanto en la calidad de los materiales, la producción y las acciones que se realizan en obra; por ejemplo en obras pequeñas, el concreto puede resultar "económico", mientras que en una obra de mayor magnitud y de producción de altos volúmenes de concreto se debe implementar un mayor control de calidad con el propósito de mejorar los costos y la eficiencia en la elaboración de la mezcla de concreto.

En la *Figura N°30* se observa los costos de cada diseño de mezcla en el cual no se tuvo en cuenta la mano de obra, ya que esto dependerá de la aplicación del concreto en obra.

La cantera 1 tiene el costo de producción de concreto con el mayor precio, siendo de S/.199.40 soles para la etapa 1 y de S/. 210.10 para la etapa 2, esto se debe al elevado costo de sus agregados en comparación con las demás canteras. La cantera con menor costo de producción es la numero 2, siendo de S/.188.70 y S/.199.70 para las etapas 1 y 2 respectivamente.

La diferencia entre la etapa 1 y la etapa 2 es de S/.11.00 soles por metro cúbico de producción de concreto para cada una de las canteras evaluadas, este aumento del costo en la etapa 2 se debe a la cantidad de agua y cemento, ya que el cemento es el insumo que aporta el mayor costo en una mezcla de concreto, teniendo en cuenta la dimensión de las partículas de los agregados, que al ser menores absorben más agua y también se necesitará mayor pasta de cemento.

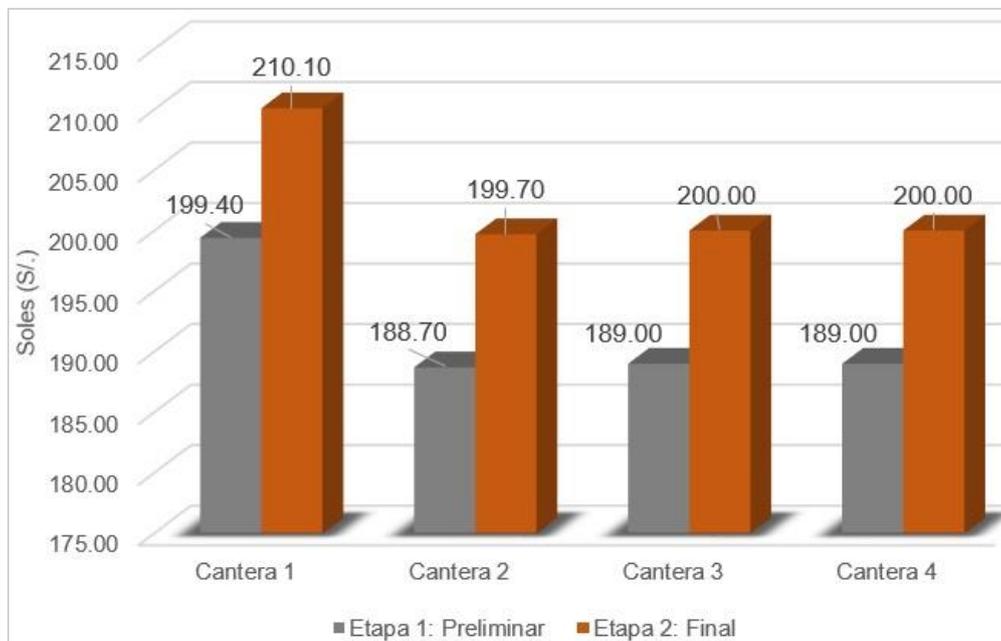


Figura N° 30: Costo de producción de concreto $F'c=210\text{kg/cm}^2$.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- Se analizó la influencia de las características de los agregados de las canteras del sector El Milagro – Huanchaco, obteniendo resultados desfavorables en todas las canteras estudiadas, los cuales no cumplían con algunos requisitos establecidos por la NTP 400.037:2014 para poder elaborar un diseño de mezcla. Por lo cual se realizaron modificaciones con la intención de optimizar el material, realizando una segunda etapa de ensayos. Los mejores resultados lo obtuvieron las canteras 2 y 4, siendo la cantera “Calderón” y “Rubio-Jaén” respectivamente.
- Se evaluaron las características físicas de los agregados, obteniendo el mayor contenido de humedad de 1.0% para las canteras 2 y 3 en el agregado fino y en el agregado grueso las canteras 1, 2 y 3 con un valor de 0.4%. Respecto a la absorción, la cantera 4 es la que presenta menor porcentaje siendo 1.5% para el agregado fino y de 1.0% para el agregado grueso, el peso específico que presentó mejores resultados siendo un agregado de mejor comportamiento fue la cantera 2 con 2810 kg/m³ para el agregado fino y 2760 kg/m³ para las canteras 2, 3 y en el agregado grueso. Con respecto al peso unitario, la cantera que tuvo mejor compactación y acomodamiento de sus partículas, generando un menor contenido de vacíos fue la cantera 4 para el agregado fino y la cantera 3 para el agregado grueso con los valores de 1780 kg/m³ y 1550 kg/m³ respectivamente y de 29% y 43% para el contenido de vacíos. Las canteras con mejor granulometría, pero que aun así no cumplieron con los husos granulométricos y se encontraba más cercanos a dichos límites son la cantera 4 para el agregado fino y la cantera 2 para el agregado grueso. El contenido de finos de todas las canteras no cumplieron con los límites establecidos por la norma, siendo la de menor valor la cantera 4 con un 4.2%, en el caso del agregado grueso todas las canteras se encontraban dentro del límite máximo permitido, siendo las canteras 1, 2 y 4 las de menor valor con un 0.2%. Respecto al análisis de durabilidad al sulfato de magnesio se obtuvo 7.0% para la cantera 3 y 4 en el agregado fino y 3.0% en el agregado grueso, sin embargo, todas las canteras se encuentran dentro de los límites máximos que establece la norma NTP 400.037:2014. El ensayo de reactividad agregado-álcali determinó que todas canteras son consideradas potencialmente deletéreas según la clasificación de los agregados que establece la norma NTP 334.099:2011 (*Ver Anexo 5*). Finalmente para la característica mecánica de resistencia a la abrasión se obtuvo un 9% para la cantera 4, siendo está la cantera con menor desgaste y mayor resistencia de su agregado grueso.
- Según el módulo de finura, el agregado fino de las cuatro canteras se clasifican como arena gruesa, por el peso específico los agregados están clasificados dentro del rango de agregados normales, siendo óptimos para el uso en la producción de concreto.

- Al analizar químicamente el agua potable, agua destilada y agregados en agua para ser usados en la elaboración de concreto, todos se encuentran dentro de los límites máximos permitidos por la norma NTP 339.088:2011.
- Se realizaron las correcciones a los agregados que no cumplieron los parámetros obteniendo mejores resultados para los ensayos de:
 - Contenido de humedad de 1.2% de la cantera 3 para el agregado fino y 0.5% para las canteras 2, 3 y 4 en el agregado grueso.
 - Peso específico de 2750 kg/m³ en las canteras 2 y 4 para el agregado fino y 2690 kg/m³ para el agregado grueso en las canteras 3 y 4. Con respecto a la absorción se obtuvo 1.1% en la cantera 4 para el agregado fino y grueso.
 - Peso unitario compactado suelto de 1810 kg/m³ y 1590 kg/m³ para el agregado fino y grueso respectivamente de la cantera 4. El contenido de vacíos es de 30% y 39% para el agregado fino y grueso respectivamente de la cantera 4.
 - Todas las canteras con respecto al agregado fino y grueso están dentro de los husos establecidos en las curvas granulométricas y la cantidad de finos disminuye cumpliendo todas las canteras con los límites establecidos por la norma, siendo las de menor valor la cantera 1 con 1.6 y 0.3 para el agregado fino y grueso respectivamente.
 - Resistencia a la abrasión, la cantera 4 con un 11% y arena equivalente la cantera 1 con un 92%.
- Al realizar la segunda etapa se obtuvieron agregados de mejor calidad para la elaboración de los diseños de mezcla de concreto.
- Al elaborar, analizar y estimar los costos de los diseños de mezcla de concreto con los resultados obtenidos de las 4 canteras, se obtuvo que la cantera 2 tiene el menor costo de producción de S/.188.70 y S/.199.70 soles respectivamente para las etapas 1 y 2, las canteras 3 y 4 tienen igual costo de producción en ambas etapas de S/.189.00 y S/.200.00 soles, sin embargo las canteras con mejor calidad de agregados para el uso en la producción de concreto son las canteras 2 y 4 (Calderón y Rubio-Jaén, respectivamente). Entre ambas etapas existe una diferencia de S/. 11.00 soles, este aumento en la segunda etapa evaluada se debe al incremento de la cantidad de agua y cantidad de cemento, sin embargo, entre las canteras con mejores resultados existe una diferencia de 0.30 céntimos en el costo de producción.
- Como conclusión final se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas y necesarias según el diseño de mezcla. Los agregados deben cumplir con los límites establecidos por la norma NTP 400.037, además estos deben ser partículas durables, limpias, resistentes y libres de productos químicos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la mezcla de concreto.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso a los constructores, entidades públicas y usuarios particulares el agregado fino de la cantera de Rubio / Jaén y el agregado grueso de la cantera Calderón para la elaboración de la mezcla de concreto porque cumplen con los parámetros de la NTP 400.037:2014.
- 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 los requisitos obligatorios que establece la norma técnica peruana (NTP) 400.037:2014 como el contenido de finos, impurezas orgánicas, terrones de arcilla y partículas desmenuzables.
- Se recomienda hacer modificaciones adecuadas a los agregados que no cumplan con los parámetros de la NTP 400.037 con el fin de alcanzar óptimos resultados reflejados en la elaboración de un concreto.
- A futuros investigadores se recomienda realizar los ensayos de terrones de arcilla y partículas desmenuzables NTP 400.015, efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino NTP 400.013 y partículas livianas NTP 400.023, para determinar la cantidad de sustancias deletéreas en los agregados.
- Escoger otras canteras de agregados pétreos para analizar sus características y determinar si pueden ser utilizados en la construcción en la ciudad de Trujillo.
- Realizar exámenes de calidad correspondientes antes que inicie la explotación de los agregados en las canteras.
- Debe implementarse un adecuado proceso de tamizado para la extracción de material de las canteras de agregados finos y gruesos, con el propósito de obtener una gradación de partículas que beneficie la resistencia, durabilidad y costo de la producción del concreto.
- Se recomienda realizar este tipo de ensayos destinados a la obtención de las propiedades mecánicas de las muestras en estudio, cada 3 a 5 años debido a que conforme continúa la explotación de estos en una determinada cantera; no toda la arena va a tener siempre las mismas características.
- Si las muestras ensayadas resultan ser reactivas, no se deberían utilizar si el concreto ha de estar expuesto al agua de mar u otros ambientes en los cuales hay álcalis disponibles de fuentes externas que pudieran ingresar al concreto en forma de solución.
- Los agregados expuestos a la acción de los rayos solares deberán enfriarse antes de su utilización en la mezcladora y se deberá considerar la cantidad de humedad añadida al agregado a fin de corregir el contenido de agua y mantener la relación a/c de diseño seleccionada, ya que los agregados que se calienta con los rayos solares demandaran el aumento de agua por evaporación y absorción de estos.

- Los agregados deben de almacenarse en terrenos duros y secos, limpiando el suelo de materiales arcillosos o sustancias orgánicas y así tener en cuenta el lugar donde serán almacenados, garantizando continuidad para la fabricación del concreto y evitar los siguientes desarreglos:
 - La mezcla de agregados de origen y tamaños diferentes.
 - La segregación.
 - La contaminación (suciedad) con sustancias perjudiciales.
 - Variaciones en el contenido de humedad.
- Se debe utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con la estructura, siempre que permita la colocación, compactación, ya que producirá el concreto de menor costo con la menor tendencia a presentar fisuras, debido a efector térmicos o por contracción.
- Tener en cuenta que una buena combinación de agregados bien gradados tienden a reducir vacíos entre partículas, mejorar la trabajabilidad del concreto fresco, evitar segregaciones y mejorar la resistencia y durabilidad.
- En ausencia de agregados con buena gradación, gruesos o finos, se debe utilizar un agregado intermedio y así ser considerada para mejorar la gradación con los agregados combinados.

REFERENCIAS

- Arangurí Castillo, G. Y. (14 de enero de 2016). La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. *In Crescendo Ingeniería*, 2, 11-18. Obtenido de <http://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo-ingenieria/article/view/1131>
- Afif, R. U. (2011). *IMCYC*. Obtenido de Insituto Mexicano del Cemento y del Concreto: <http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Agregados%20Generales/Agregados%20para%20concreto%20cada%20cual%20por%20su%20nombre.pdf>
- Alayo Paredes, R., Esquivel Alayo, D., & Mariño Rodríguez, A. (2015). “*Caracterización de agregados para concreto de 2 canteras en la provincia de Trujillo*”. Trujillo.
- Bolívar, O. G. (2003). Manual de agregado para el Hormigón. *Estructuras de hormigón I*. Medellín, Colombia.
- Carbotecnia. (14 de Setiembre de 2014). *Sólidos disueltos totales*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/>
- 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>
- Colegio de Ingenieros del Perú. (Mayo de 2013). *Tecnología del Concreto*. Chimbote, Perú.
- Comité Técnico de Normalización de Agregados. (2015). *Norma Técnica Peruana*. Lima.
- *Constructor Civil*. (05 de Marzo de 2017). Obtenido de <http://www.elconstructorcivil.com/2010/12/los-agregados-en-la-construccion.html>
- Encoretove. (Noviembre de 2012). *Enconcretove SAC*. Obtenido de <http://enconcretove.blogspot.pe/2012/11/eflorescencia-del-concreto.html>
- Fernández Cánovas, M. (2013). *Hormigón* (Décima ed.). Madrid: Garceta.
- Flores, L., Sotomayor, C., Torrealva, D., Baca, W., & Tumialan, G. (2014). Patología y terapéutica del concreto. *Concreto al día - ACI Perú*, 26-27.
- Gonzales Ruiz, A., & Villa Plazas, E. A. (2013). *Caracterización de agregados pétreos de la cantera Tritupisvar para su uso en la elaboración de concreto*. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Grupo La República Publicaciones. (31 de Marzo de 2013). Cada año se levantan 50 mil viviendas informales, sin licencia de construcción. *La Republica*, pág. 2. Obtenido de <http://larepublica.pe/31-03-2013/cada-ano-se-levantan-50-mil-viviendas-informales-sin-licencia-de-construccion>

- Guzman, D. S. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Heinke, G., & Henry, G. (1999). *Ingeniería Ambiental* (Segunda ed.). México: Pearson Educación.
- Herbert, J. H. (2007). *Diseño de explotación de canteras*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Herrera, M. C. (2009). *Procesos urbanos informales y territorio*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Hoyos Quiroz, E. (2013). *Estudio de los agregados de cantera "Cruce Chanango" de la ciudad de Jaén Cajamarca, para su uso en la elaboración de concreto $f'c= 210$ kg/cm*. Lambayeque, Perú: Universidad Pedro Ruiz Gallo.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2017). *Patologías y durabilidad del concreto. Construcción y Tecnología del Concreto*.
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. Portugal: Pearson Educación.
- Mendoza Camey, V. G. (2008). *Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de Totonicapán*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- *Municipalidad Provincial de Trujillo*. (14 de Diciembre de 2015). Obtenido de <http://www.munitrujillo.gob.pe/noticiasmp/categorias/areasverdes/el-60--de-construcciones-en-trujillo-es-informal->
- Orteaga Castro, A. R. (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 en obras civiles*. Abanto: Universidad Técnica de Abanto.
- Pacasmayo. (Agosto de 2017). *Pacasmayo*. Obtenido de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/>
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda ed.). Lima.
- Putzmeister. (8 de Febrero de 2016). *La relación agua-cemento*. Obtenido de <http://bestsupportunderground.com/relacion-agua-cemento/>
- Reynoso Hilario, W., & Zelaya Contreras, N. J. (2014). *Estudio de los agregados de la cantera de Cangari para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles en la provincia de Huanta - Ayacucho*. Ayacucho: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Rivera, G. (Mayo de 2014). *Agregado para mortero o concreto*. Colombia.

- Sanchez Muñoz, F. L., & Tapia Medina, R. D. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sanguero Girón, R. A. (2004). *Examen de calidad de agregados para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2434_C.pdf
- Silva, O. J. (Setiembre de 2016). *Blog 360° en concreto*. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/la-patologia-del-concreto/>
- Sociedad Americana de contratistas del concreto. (2015). *Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad* (tercera ed.). Estados Unidos: American Concrete Institute.
- Universia México. (2017). *Universia*. Obtenido de <http://noticias.universia.net.mx/>
- Universidad Nacional de Cajamarca. (14 de junio de 2014). *Estudio Tecnológico de canteras en Cajamarca agregados y rocas ornamentales*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Garychv/informe-canteras>
- Vargas, H. A. (Octubre de 1998). *IMCYC*. Recuperado el Agosto de 2017, de Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto: <http://www.imcyc.com/revista/1998/oct/ataque.htm>

ANEXOS

Anexo 1. 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	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Otisco	Agallampa
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA LA PAIPA	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Julcan	Julcan
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA PARAISO	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Julcan	Julcan
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA SHOREY	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA QUIRMITA	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA PAIPA LA JULIA	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100000303AF	CANTERA CALLA OYAN	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010001714AF	CANTERA CHICAMA I	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascopia	Chicama
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010001814AF	CANTERA HUANCHACO I	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010001915AF	CANTERA ROCA	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Santiago De Chiro
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002015AF	CANTERA OUEBRADA SECA	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002115AF	CANTERA LLARAY	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Quirmita
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002210AF	CANTERA GUALUPITO	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Yru	Guacabulo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002315AF	CANTERA PASAMAYO	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Cabrakan
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002310AF	CANTERA CAMPO NUEVO	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Yru	Guacabulo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002315AF	CANTERA LOMAS	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Angamarca
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010002415AF	CANTERA PAIPAMARCA II	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Santiago De Chiro	Angamarca
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010003311AF	CANTERA CHILCO 2	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Pasasmayo	San Pedro De Lobos
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010004144AF	CANTERA COSCOBAMBA I	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Yru	Chico
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	010004124AF	CANTERA CERRO CHILCO I	AFECCIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pasasmayo	San Pedro De Lobos

Derechos Mineros y UEAs
 Registros

Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (81 Registros)

Anterior 1 2 3 4 5 Siguiente

NOMBRE TITULAR	CÓDIGO	NOMBRE	TPO	ESTADO	SITUACIÓN	SUSTANCIA	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100249144F	CANTERA COSCOBAMBA 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100249124F	CANTERA CERRO CHILLO 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100249144F	CANTERA COSCOBAMBA 3	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100249124F	CANTERA CERRO CHILLO 3	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100249144F	CANTERA COSCOBAMBA 4	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Vr	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100265124F	CANTERA SAN PEDRO DE LLOC	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	01002651124F	CANTERA LAS PAJAS	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Azcupe	Razun
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100265124F	CANTERA LAS TORRES	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Lloc
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100265124F	CANTERA CHILMA	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Azcupe	Chicama
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100264124F	CANTERA SOLEDAD 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Azcupe	Chicama
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100265124F	CANTERA EL MILAGRO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100265144F	CANTERA CHAO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100268124F	CANTERA JOSMAR	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100268144F	CANTERA CHAO 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Chao
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100267144F	CANTERA CAJALTA 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Guadalupe
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100267144F	CANTERA CAJALTA 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Guadalupe
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100262144F	CANTERA LUPEDO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Lunas
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100263144F	CANTERA RIO SECO 2	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Sabany
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100264144F	CANTERA URU 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Vr
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100268144F	CANTERA GUSDALUERTO 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vr	Guadalupe

BUSCAR

Código Unidad:

Nombre Unidad:

Cantera:

Tributar:

Titulares vigentes

Cesionados vigentes

Todo el histórico

Región:

Provincia:

Todos

Distrito:

Todos

Tipo Expediente:

Todos

Estado:

Todos

Situación:

Todos

Sustancia:

No Metalica

Coordenada Esar:

Coordenada Norte:

Zona UTM:

Seleccionar

Detalle:

Seleccionar

Derechos Mineros y UEAs

Reportes

Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (91 Registros)

Anterior 1 2 3 4 5 Siguiete

NOMBRE TITULAR	CODIGO	MONBRE	TIPO	ESTADO	SITUACION	SUSTANCIA	REGION	PROVINCIA	DISTRITO
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100066134F	CANTERA GUADALUPE	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Piura	Guadalupe
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100066144F	CANTERA HUACA CORRAL	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Viro	Guadalupe
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100067134F	CANTERA CUERBADA GUADALUPE	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Piura	Guadalupe
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100066134F	CANTERA TALAMBO	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Chepén	Chepén
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100069134F	CANTERA LOS CERDOS	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Chepén	Pueblo Nuevo
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	0100070134F	CANTERA EL ANGEL 1	AFECTACIONES DEL ESTADO	TRC-TRAMITE CONCLUIDO	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Chepén	Chepén
SAN BERNARDO CARGO SAC	030001609	CANTERA SAN BERNARDO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
SAN BERNARDO CARGO SAC	030001609	CANTERA SAN BERNARDO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Chicama
MAKAYO CABADA LUIS ALBERTO	030004808	CANTERA ISAAC	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
TUESTA MIRANDA JOSE JULIO	030004810	CANTERA LA PAMPA 2010	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Rozuri
CHUQUIPOVA GOMEZ MARLENI GLORIA	030005810	CANTERA CUCULCOTE	TI-TITULADO (CONCESION)	TRC-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Ascope
MAKAYO CABADA LUIS ALBERTO	030006613	CANTERA HOREB	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Chicama
ARIZOLA JATTO VICTOR MANUEL	030006011	CANTERA EL SOL	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Chicama
REYES VALERA PATRICIA LILIANA	030006409	CANTERA CAMIELA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Piura	San Pedro De Llo
MORALES ARAUJO EULOGIO	030008413	CANTERA H & M	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Piura	San Pedro De Llo
PERALTA DE BETETA AURORA VICTORIA	030008607	CANTERA CAMIELA	TI-TITULADO (CONCESION)	TRC-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Viro	Guadalupe
ABANTO TEJADA FANNY ROSELI	030010815	CANTERA EL ALTO POR VEIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir
PAZ ALBITES ELONIA SOLEDAD	030010815	CANTERA EL ALTO POR VEIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir
TORRE ALVA VALVERDE RUPERTO	030010815	CANTERA EL ALTO POR VEIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir
VALDIVIESO CASTAÑEDA MARIA ESTHER	030010815	CANTERA EL ALTO POR VEIR 2015	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir

BUSCAR

Código Unidad:

Nombre Unidad:

Titular:

Titulares vigentes

Cesionados vigentes

Todo el histórico

Región:

Provincia:

Todos:

Distrito:

Todos:

Tipo Expediente:

Todos:

Estado:

Todos:

Situación:

Todos:

Sustancia:

No Metalica

Coordenada Este:

Coordenada Norte:

Zona UTM:

Seleccionar

Datum:

Seleccionar



Derechos Mineros y UEAs

Reportes

Información actualizada al 12/05/2017

RESULTADO DE LA BÚSQUEDA (91 Registros)

Anterior 1 2 3 4 5 Siguiente

CODIGO	NOMBRE	TIPO	ESTADO	SITUACIÓN	SUSTANCIA	REGIÓN	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 RIOMAR	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Paasamayo	San Pedro De Lloc
030011029	CANTERA CERRO CAMPANA SAC	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO(CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Paasamayo	San Pedro De Lloc
030011215	CANTERA LOS FIDUS	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Paasamayo	San Pedro De Lloc
030011515	CANTERA SEÑOR CAUTIVO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
030012529	CANTERA CERRO CAMPANA SAC 3	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Facuri
030015711	CANTERA EL ARENILLI	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	Onzco	La Cuesta
030023816	CANTERA ADELMO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Onzco	Pamanday
030023413	CANTERAS EL OJO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Paasamayo	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
030029008	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	Trujillo	Huanchaco
030029816	CANTERA LA CONCORDIA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ascope	Ascope
030035414	CANTERA ARENA BLANCA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	El Porvenir

SEARCH FILTERS:

Código Unidad:

Nombre Unidad:

Cantera:

Titular:

Titulares vigentes

Cesionados vigentes

Todo el histórico

Región:

Provincia:

Todos

Distrito:

Todos

Tipo Expediente:

Todos

Estado:

Todos

Situación:

Todos

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)

Atender 1 2 3 4 5

NOMBRE TITULAR	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO	ESTADO	SITUACIÓN	SUBSTANCIA	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO
MUCHAMA ABAYTO CARLOS MANUEL	60006414	CANTERA ARENIA EL RICA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
CORRALES VEGA ADELMO	60026772	CANTERA RUIRO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO (CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
CORPORACION MINERA SAN MANUEL S.A.	600418306	LA CANTERA	DEMANDA (D.LEG. 18 Y ANTERIORES)	TIT-TITULADO (CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Gran Chimo	Sayapolo
MINIKOR S.A.C.	60000713	CANTERA HUANCHACO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Trujillo	Huanchaco
ESCOGAR PITO FRITZ	60000811	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 Lirc
CARCAMO PASAPERA PEDRO PABLO	60001212	CANTERA CARCAMO PASAPERA	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ancop	Chicama
TESSAROLO BARRION ARTURO	60003016	CANTERA TESSAROLO I	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Ancop	Chicama
TESSAROLO BARRION ARTURO	60003116	CANTERA TESSAROLO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TRA-TRAMITE	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Pacasmayo	San Pedro De Lirc
PERALTA DE BETETA ALPORA VICTORIA	60007010	CANTERA CAMUJTA I	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO (CONCESION)	VIGENTE	NO METALICA	La Libertad	Vito	Guacabampo
CHUQUIPOMA LLANAHUACA MANUEL JANO	60014611	CANTERA MI REFUGIO	PETITORIO (D.LEG. 708)	TIT-TITULADO (CONCESION)	EXTINGUIDO	NO METALICA	La Libertad	Ancop	Ancop

BUSCAR

Código Unidad:

Nombre Unidad:

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

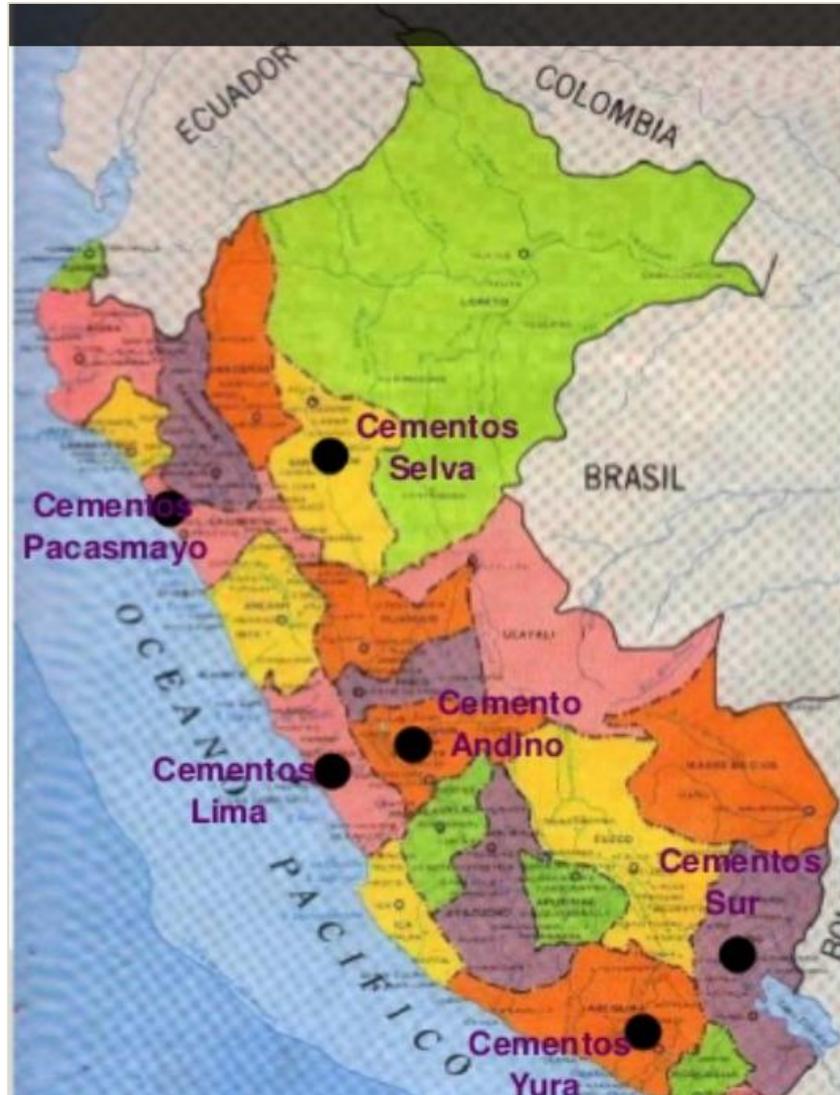
Coordenada Este:

Coordenada Norte:

Zona UTM:

Seleccionar

Anexo 2: Fábricas de cemento en el Perú, Fuente: Colegio de Ingenieros del Perú (Consejo Departamental Ancash)



Anexo 3: Precio de Cemento Pacasmayo Extraforte ICo; 42.5 Kg

[Inicia sesión](#) / [Registro](#)

Cemento Extraforte 42.5 Kg Pacasmayo

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



i 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 a mi lista](#)

REVISLA DISPONIBILIDAD DE ESTE PRODUCTO AQUÍ:

- Despacho a domicilio [Ver opciones](#)
- Retiro en tienda [Ver opciones](#)
- Disponibilidad en tiendas [Ver tiendas](#)

Anexo 4: Ficha técnica del Cemento Pacasmayo Extraforte ICo; 42.5 Kg



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico 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 Especifica	cm2/g	5640	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	4.2	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.92	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm2)	23.4 (239)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm2)	29.6 (302)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm2)	36.7 (374)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	134	Mínimo 45
Fraguado Final	min	290	Máximo 420

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



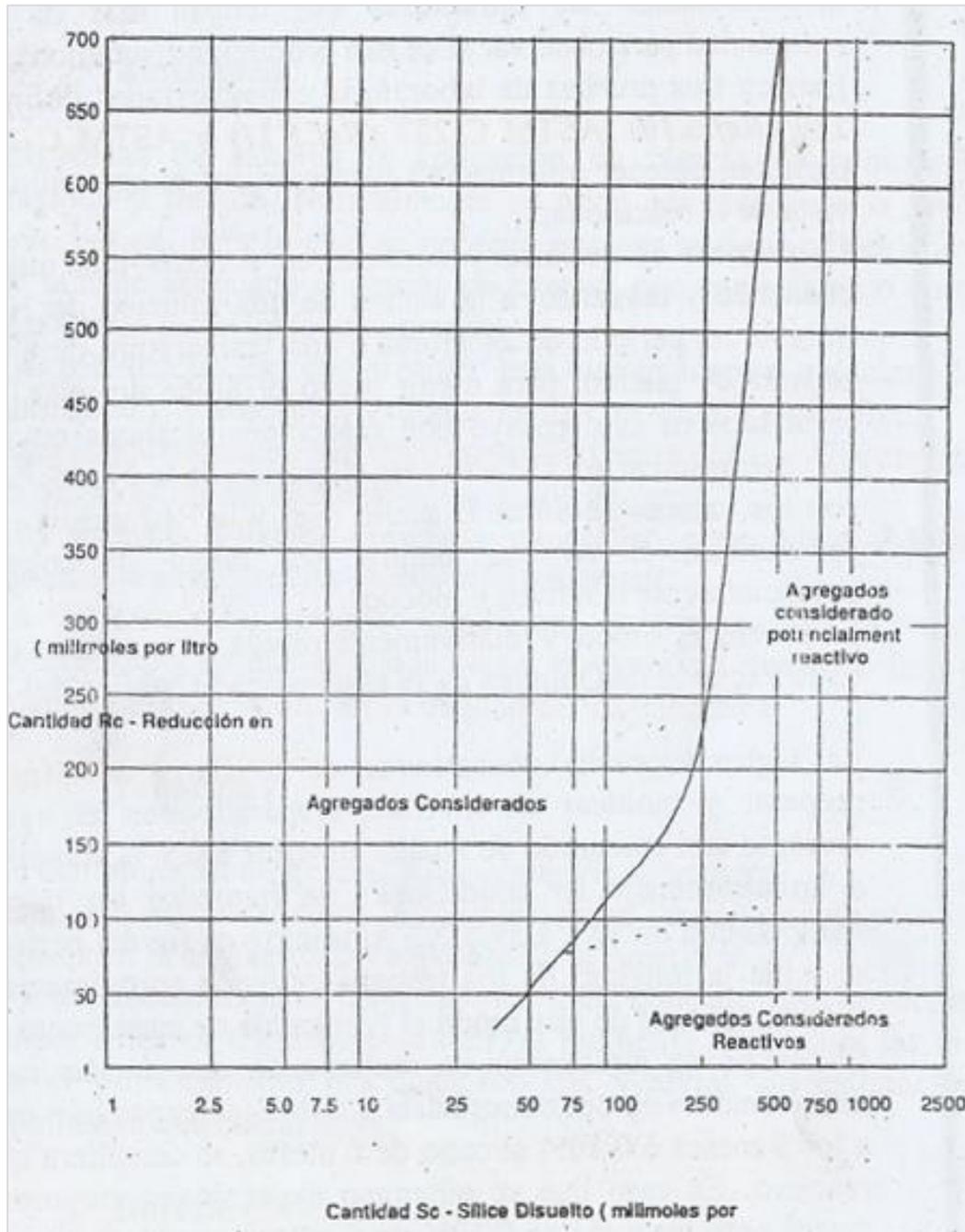
Ing. Ivanoff V. Rojas Tello

Superintendente de Control de Calidad

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

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

Anexo 5: Evaluación de la reactividad potencial a los álcalis bajo la norma ASTM C289, por el método químico.



Anexo 6: Panel Fotográfico



Figura N° 31: Apilamiento de los agregados.
Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 34: Cantera 03 "Santa Rosa".
Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 32: Cantera 01 "San Bernardo".
Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 35: Cantera 04 "Rubio – Jaén".
Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 33: Cantera 02 "Calderón".
Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 36: Explotación de canteras.
Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 37: Equipos para separar el agregado por tamaños.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 40: Contenido de humedad - Estufa.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 38: Almacenamiento de agregados para ensayarlos.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 41: Peso específico del agregado grueso - secado superficial con franelas.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 39: Contenido de humedad - Taras con muestra.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 42: Peso específico del agregado fino - preparación de muestra s.s.s.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 43: Succión de aire utilizando una bomba de vacíos.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

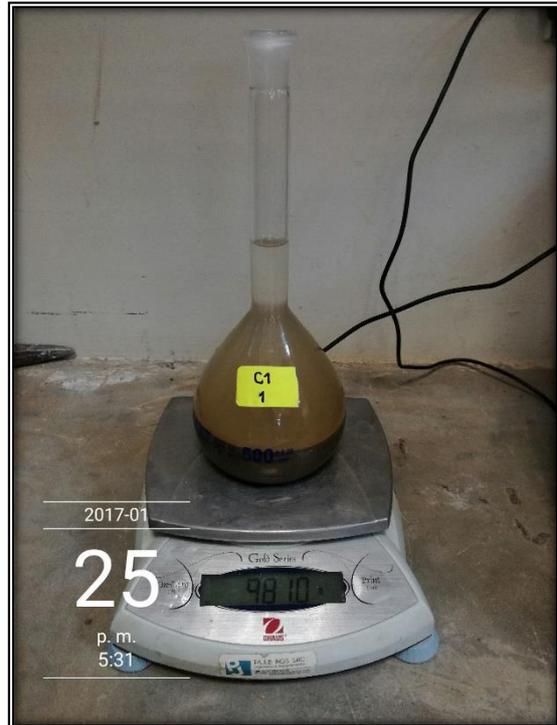


Figura N° 45: Peso específico del agregado grueso - peso de la fiola más muestra s.s.s.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 44: Peso específico del agregado grueso - peso sumergido.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 46: Peso unitario - enrase de material excedente.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 47: Granulometría - tamizador eléctrico.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 49: Peso unitario - peso del recipiente más agregado.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

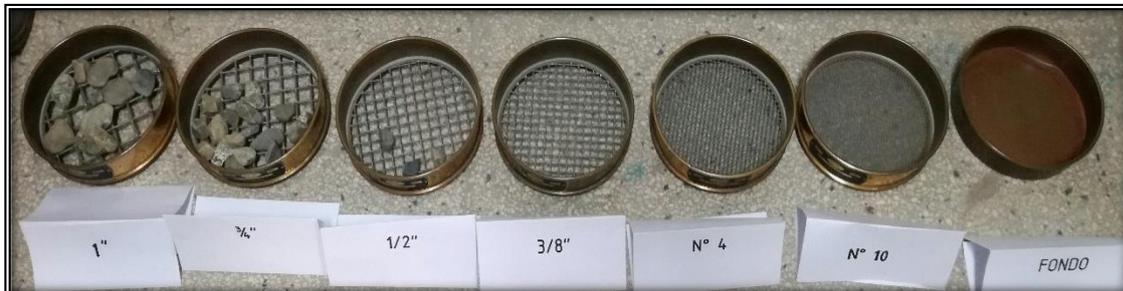


Figura N° 48: Granulometría - material retenido en tamices.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 50: Cantidad de finos - lavado del material por el tamiz N°200.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 52: Cantidad de finos - material retenido en el tamiz N°200.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 51: Arena equivalente - material ensayado en reposo por 20 min.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

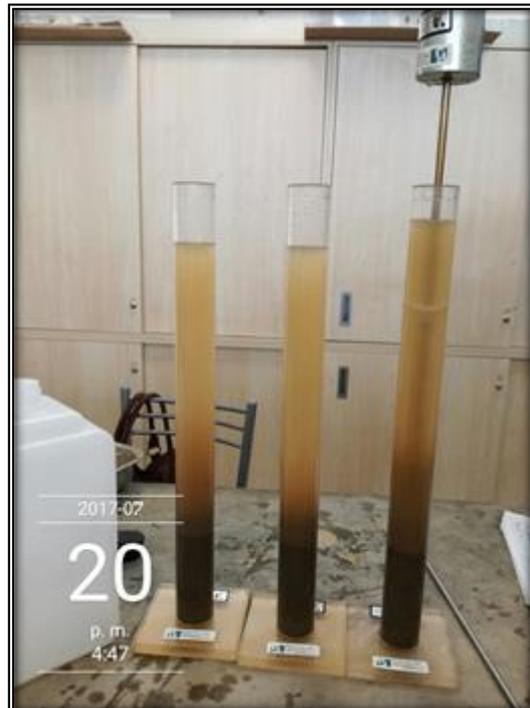


Figura N° 53: Arena equivalente - medición para determinar porcentaje de material muy fino.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 54: Cloruros - medición utilizando el conductímetro.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

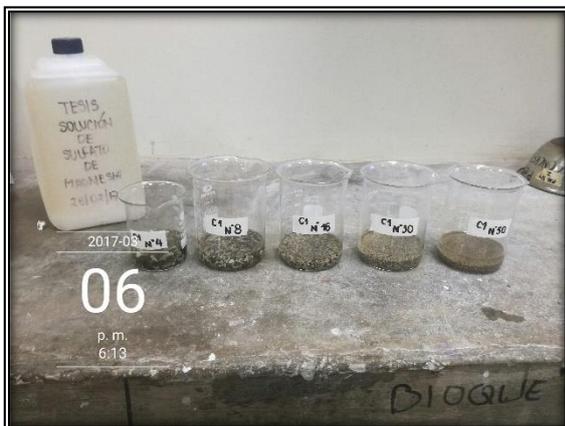


Figura N° 55: Durabilidad a los sulfatos - agregados sumergidos en solución de magnesio, primer ciclo.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 56: Durabilidad a los sulfatos - agregados sumergidos en solución de magnesio, tercer ciclo.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 57: Cloruros - reposo de la muestra para ensayo de 4 días.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 58: Durabilidad a los sulfatos - muestras en estufa.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 59: Durabilidad a los sulfatos - muestra seca.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 60: Resistencia a la abrasión - máquina de Los Ángeles.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 62: Resistencia a la abrasión - material para ensayar en la máquina de Los Ángeles.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 61: Resistencia a la abrasión - cantidad de muestra retenida superior al tamiz N°12.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 63: Eliminación de la cantidad de excesos de finos.

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 64: Cantidad que excede el tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ \"/>

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Figura N° 65: Construcción Informal en el Perú.

Fuente: RPP Noticias.



Figura N° 67: Cangrejas en placa de concreto.

Fuente: Academia Más.



Figura N° 66: Construcción Formal en el Perú.

Fuente: UDEP.

Anexo 7: Ensayos por etapas

- A: Etapa 1: Preliminar - cálculos físicos y mecánicos sin corregir.

Tabla N° 65: Etapa 1 - Humedad.

Parámetros	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso Tara (grs)	199	196	196	30	30	31	108	107	142	27	48	46	220	276	116	54	58	68	166	156	142	57	165	62
B = Peso Tara + M. Húmeda (grs)	790	880	777	76	91	85	159	170	523	70	93	84	3233	5404	3188	413	412	517	604	486	523	497	600	564
C = Peso Tara + M. Seca (grs)	788	877	774	75	91	85	158	169	519	69	93	84	3219	5390	3174	412	410	516	602	484	521	496	599	562
D = (B-A): Peso M. Húmeda (grs)	591	683	581	45	61	55	51	63	382	42	45	39	3013	5128	3072	359	353	449	438	330	382	441	435	502
E = (E-A): Peso M. Seca (grs)	588	681	579	45	61	54	50	62	378	42	45	38	2999	5114	3058	358	352	448	437	328	380	439	433	500
W% = (D-E)/E x 100	0.4	0.4	0.4	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	0.6	0.6	0.6	0.5	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3
Humedad Promedio (%)	0.4			1.0			1.0			0.6			0.4			0.4			0.4			0.3		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 66: Etapa 1 - Peso específico y absorción del agregado fino.

Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3									
A = Peso Tara (grs)	242	247	151	242	247	247	85	250	119	147	246	245
B = Peso Fiola (grs)	167	167	172	167	162	162	172	162	172	162	172	162
C = P. Fiola + Muestra (grs)	670	661	672	670	672	661	672	562	672	663	668	661
D = P. Seco + P. Tara (grs)	730	736	641	732	738	739	577	644	611	641	737	737
E = (C-B): P. Muestra Seca (grs)	488	490	490	491	492	492	492	394	492	494	491	492
F = P. Fiola + Agua (cm ³)	659	660	669	659	660	660	669	660	669	660	669	660
G = P. Fiola + P. Muestra + Agua (grs)	981	969	975	981	978	967	982	910	973	968	978	962
S = P. Muestra Saturada (grs)	500	500	500	500	500	500	500	400	500	500	500	500
Peso Específico de Masa = E/(F+S-G)	2.7	2.6	2.5	2.8	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco = S/(F+S-G)	2.8	2.6	2.6	2.8	2.8	2.6	2.7	2.7	2.5	2.6	2.6	2.5
Peso Específico Aparente = E/(F+E-G)	2.9	2.7	2.7	2.9	2.8	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6
Absorción (%) = (S-E/E) x 100	2.4	2.1	2.0	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6	1.2	1.9	1.5
Peso Específico de Masa Promedio (kg/m³)	2610			2680			2590			2550		
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco Promedio (kg/m³)	2670			2720			2630			2590		
Peso Específico Aparente Promedio (kg/m³)	2770			2810			2700			2650		
Absorción Promedio (%)	2.2			1.7			1.6			1.5		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 67: Etapa 1 - Peso específico y absorción del agregado grueso.

Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3									
A = Peso Tara (grs)	196	199	196	246	245	250	291	119	163	120	62	281
B = Peso Canastilla (grs)	1697	1698	1702	1701	1700	1699	1699	1699	1699	1699	1697	1699
C = Peso Sumergido + P.Canastilla (grs)	1930	2018	1977	1940	1909	1878	1948	2131	2207	2037	2028	2345
D = Peso Seco + P.Tara (grs)	563	705	630	623	573	530	685	793	958	652	584	1286
E = Peso Saturado (grs)	371	511	438	381	333	285	401	682	807	539	527	1015
F = (C-B): Peso Sumergido (grs)	233	320	275	239	209	179	249	432	508	338	331	646
C = (D-A): Peso Seco (grs)	366	505	434	377	328	280	394	674	796	532	522	1005
Peso Específico de Masa = G/(E-F)	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco = E/(E-F)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8
Peso Específico Aparente = G/(G-F)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.7	2.7	2.8
Absorción (%) = (E-G/G) x 100	1.3	1.1	0.9	1.2	1.5	1.9	1.8	1.2	1.4	1.1	1.0	1.0
Peso Específico de Masa Promedio (kg/m³)	2660			2650			2650			2680		
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco Promedio (kg/m³)	2680			2690			2690			2710		
Peso Específico Aparente Promedio (kg/m³)	2730			2760			2760			2760		
Absorción Promedio (%)	1.1			1.5			1.4			1.0		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 68: Etapa 1 - Peso unitario suelto y compacto de los agregados.

PUSS	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
T= Peso Recipiente (Kg)	8.8																							
V= Volumen Recipiente (m³)	0.00417																							
G= P. Recipiente + P. Muestra (Kg)	15.5	15.4	15.4	15.5	15.5	15.4	15.4	15.3	15.2	15.6	15.6	15.7	14.7	14.6	14.8	14.5	14.5	14.4	14.7	14.7	14.8	14.5	14.6	14.7
Peso Unitario = (G-T)/ V	1618	1581	1590	1611	1597	1576	1587	1568	1543	1644	1641	1656	1419	1383	1429	1378	1357	1335	1405	1414	1429	1378	1398	1424
Peso Unitario Promedio (kg/m³)	1600			1590			1570			1650			1410			1360			1420			1400		
PUCS	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
T= Peso Recipiente (Kg)	8.8																							
V= Volumen Recipiente (m³)	0.00417																							
G= P. Recipiente + P. Muestra (Kg)	16.2	16.0	16.1	16.0	15.9	16.2	15.9	16.0	16.1	16.2	16.3	16.2	15.0	15.0	15.2	15.1	14.9	14.9	15.2	15.4	15.2	15.1	15.2	15.0
Peso Unitario = (G-T)/ V	1766	1731	1741	1723	1713	1768	1715	1730	1746	1782	1791	1769	1491	1493	1535	1506	1457	1457	1527	1579	1546	1510	1530	1498
Peso Unitario Promedio (kg/m³)	1750			1740			1730			1780			1510			1470			1550			1510		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 69: Etapa 1 - Contenido de vacíos de los agregados.

Contenido de vacíos (PUSS)	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
W = P. Unitario Agua (kg/cm ³)	1000																							
A = P. Específico Aparente (gr/cm ³)	2.6			2.7			2.6			2.5			2.7			2.6			2.7			2.7		
B = P. Unitario Seco (kg/cm ³)	1618	1581	1590	1611	1597	1576	1587	1568	1543	1644	1641	1656	1419	1383	1429	1378	1357	1335	1405	1414	1429	1378	1398	1424
% De Vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100	38	39	39	40	41	42	39	40	41	34	34	34	47	49	47	47	48	49	48	48	47	49	48	47
Promedio de contenido de vacíos (%)	39			41			40			34			48			48			48			48		
Contenido de vacíos (PUCS)	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
W = P. Unitario Agua (kg/cm ³)	1000																							
A = P. Específico Aparente (gr/cm ³)	2.6			2.7			2.6			2.5			2.7			2.6			2.7			2.7		
B = P. Unitario Seco (kg/cm ³)	1766	1731	1741	1723	1713	1768	1715	1730	1746	1782	1791	1769	1491	1493	1535	1506	1457	1457	1527	1579	1546	1510	1530	1498
% De Vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100	32	33	33	36	37	35	34	33	33	29	28	29	45	45	43	42	44	44	43	42	43	44	43	45
Promedio de contenido de vacíos (%)	33			36			33			29			44			43			43			44		

. Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 70: Etapa 1 - Contenido de material fino que pasa el tamiz N°200.

Parámetros	Agregado Fino				Agregado Grueso			
	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4
A = Peso Muestra Seca Sin Lavar (grs)	801	800	800	801	817	828	824	817
B = Peso Muestra Seca Lavada (grs)	763	758	758	767	815	826	820	815
% de Material Fino = ((A-B)/A)x100	4.7	5.3	5.3	4.2	0.2	0.2	0.5	0.2

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 71: Etapa 1 - Abrasión del agregado grueso.

Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3									
A = Peso Tara (grs)	137	137	137	213	213	213	253	253	253	213	213	213
B = P. Muestra Seca + P. Tara (grs)	5115	5115	5115	5205	5203	5188	5214	5214	5214	5184	5183	5284
C= P. Muestra Tamiz N°12 + P. Tara (grs)	4349	4249	4250	4072	4071	4070	4566	4568	4534	4743	4738	4838
Pa = (B-A): P. Muestra Seca (grs)	4978	4978	4988	4992	4990	4975	4962	4960	4962	4971	4970	5071
Pb = (C-A): P. Muestra Tamiz N°12 (grs)	4212	4112	4113	3859	3858	3857	4313	4316	4282	4530	4526	4625
% de Desgaste = ((Pa-Pb)/Pa) x 100	15	17	18	23	23	22	13	13	14	9	9	9
Desgaste promedio (%)	17			23			13			9		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 72: Etapa 1 - Granulometría del agregado fino.

Parámetros		Cantera 1 - San Bernardo				Cantera 2 - Calderón				Cantera 3 - Santa Rosa				Cantera 4 - Rubio / Jaén			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1"	25	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
3/4"	19	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1/2"	12.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
3/8"	9.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	4	0	0	100
N° 4	4.76	38	5	5	95	45	6	6	94	53	7	7	93	44	5	6	94
N° 8	2.36	71	9	14	86	141	18	23	77	111	14	21	79	123	15	21	79
N° 16	1.18	92	11	25	75	97	12	35	65	118	15	35	65	151	19	40	60
N° 30	0.6	102	13	38	62	47	6	41	59	109	14	49	51	132	16	57	43
N° 50	0.3	101	13	50	50	48	6	47	53	98	12	61	39	100	12	69	31
N° 100	0.15	306	38	89	11	312	39	86	14	224	28	89	11	177	22	91	9
N° 200	0.08	51	6	95	5	63	8	94	6	42	5	94	6	35	4	96	4
Fondo	-	40	5	100	0	46	6	100	0	44	6	100	0	35	4	100	0
Total		801	100	-		799	100	-		799	100	-		801	100	-	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 73: Etapa 1 - Granulometría del agregado grueso.

Parámetros		Cantera 1 - San Bernardo				Cantera 2 - Calderón				Cantera 3 - Santa Rosa				Cantera 4 - Rubio / Jaén			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1"	25	665	81	81	19	124	15	15	85	379	46	46	54	547	67	67	33
3/4"	19	136	17	98	2	402	49	64	36	394	48	94	6	228	28	95	5
1/2"	12.5	14	2	100	0	290	35	99	1	45	5	99	1	40	5	100	0
3/8"	9.5	0	0	100	0	8	1	100	0	2	0	100	0	0	0	100	0
N° 4	4.76	0	0	100	0	2	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
N° 8	2.36	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
N° 16	1.18	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
N° 30	0.6	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
N° 50	0.3	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
N° 100	0.15	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
N° 200	0.08	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0
Fondo	-	2	0	100	0	2	0	100	0	4	0	100	0	2	0	100	0
TOTAL		817	100	-		828	100	-		824	100	-		817	100	-	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

- B: Etapa 2: Final - Agregados corregidos por tamizado, cálculos físicos, químicos y mecánicos.

Tabla N° 74: Etapa 2 - Humedad.

Parámetros	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (grs)	30	29	45	31	25	29	31	24	30	39	36	32	24	29	45	32	25	29	30	119	162	120	33	280
B = Peso tara + M. Húmeda (grs)	94	111	194	91	125	131	91	121	130	204	225	157	199	202	362	266	183	190	227	628	820	387	228	797
C = Peso tara + M. Seca (grs)	94	111	193	90	124	129	90	120	129	203	224	156	199	201	361	265	182	189	226	625	816	386	227	795
D = (B-A): Peso M. Húmeda (grs)	64	83	148	60	100	102	60	96	100	165	189	124	175	174	316	234	158	161	197	509	658	268	195	517
E = (E-A): Peso M. Seca (grs)	64	82	148	60	99	101	60	95	98	164	187	124	174	173	315	233	157	160	196	506	655	266	194	515
W%= (D-E)/E x 100	0.5	0.4	0.5	1.0	1.0	1.3	1.3	1.2	1.2	0.9	0.7	0.6	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.4
Humedad Promedio (%)	0.4			1.1			1.2			0.7			0.4			0.5			0.5			0.5		
Varianza	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		
Desviación estándar	0.1			0.2			0.1			0.1			0.1			0.1			0.1			0.1		
Coefficiente de variación	0.1			0.1			0.1			0.1			0.3			0.2			0.1			0.2		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 75: Etapa 2 - Peso específico y absorción del agregado fino.

Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3									
A = Peso Tara (grs)	196	196	196	199	199	199	245	245	245	196	196	196
B = Peso Fiola (grs)	171	171	171	172	172	172	171	171	171	171	171	171
C = P. Fiola + Muestra (grs)	670	670	670	671	671	670	670	671	670	671	671	671
D = P. Seco + P. Tara (grs)	690	690	691	694	693	693	735	736	735	690	691	690
E = (C-B): P. Muestra Seca (grs)	494	494	495	494	494	494	491	491	490	495	495	494
F = P. Fiola + Agua (cm ³)	668	668	668	668	668	668	668	668	668	668	668	668
G = P. Fiola + P. Muestra + Agua (grs)	982	981	982	980	980	979	980	979	980	979	979	978
S = P. Muestra Saturada (grs)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Peso Específico de Masa = E/(F+S-G)	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco = S/(F+S-G)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6
Peso Específico Aparente = E/(F+E-G)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7
Absorción (%) = (S-E/E) x 100	1.2	1.3	1.1	1.1	1.2	1.3	1.9	1.8	2.0	1.1	1.0	1.1
Peso Específico de Masa Promedio (kg/m³)	2660			2630			2610			2620		
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco Promedio (kg/m³)	2690			2660			2660			2650		
Peso Específico Aparente Promedio (kg/m³)	2750			2710			2750			2700		
Absorción Promedio (%)	1.2			1.2			1.9			1.1		

Parámetros	Cantera 1				Cantera 2				Cantera 3				Cantera 4			
	Pea	PeSSS	Pen	Abs												
Varianza	0.0															
Desviación estándar	0.0	0.0	0.0	0.1												
Coefficiente de variación	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1						

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 76: Etapa 2 - Peso específico y absorción del agregado grueso.

Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3									
A = Peso Tara (grs)	196	199	245	196	85	114	250	119	162	119	246	280
B = Peso Canastilla (grs)	1641	1638	1639	1640	1636	1639	1635	1635	1632	1634	1632	1631
C = Peso Sumergido + P. Canastilla (grs)	1813	1789	1797	1804	1793	1826	1785	1828	1855	1799	1834	1856
D = Peso Seco + P. Tara (grs)	471	442	498	460	338	411	489	427	517	382	570	636
E = Peso Saturado (grs)	475	446	501	464	342	417	492	433	524	385	573	639
F = (C-B): Peso Sumergido (grs)	172	151	158	164	157	187	150	193	223	165	202	225
C = (D-A): Peso Seco (grs)	275	242	253	264	253	298	239	308	355	263	324	356
Peso Específico de Masa = G/(E-F)	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco = E/(E-F)	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
Peso Específico Aparente = G/(G-F)	2.7	2.7	2.7	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Absorción (%) = (E-G/G) x 100	1.5	1.6	1.2	1.6	1.7	1.8	1.2	1.8	2.0	1.4	1.0	0.9
Peso Específico de Masa Promedio (kg/m³)	2570			2540			2570			2610		
Peso Específico Saturado Superficialmente Seco Promedio (kg/m³)	2600			2590			2620			2640		
Peso Específico Aparente Promedio (kg/m³)	2670			2660			2690			2690		
Absorción Promedio (%)	1.5			1.7			1.7			1.1		

Parámetros	Cantera 1				Cantera 2				Cantera 3				Cantera 4			
	Pea	PeSSS	Pen	Abs												
Varianza	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1
Desviación estándar	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3
Coefficiente de variación	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.3

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 77: Etapa 2 - Peso unitario suelto y compacto de los agregados.

Parámetros	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	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)	15.4	15.4	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.4	15.5	15.7	15.6	15.7	14.7	14.8	14.7	14.6	14.4	14.4	14.8	14.9	14.8	15.0	15.0	15.1
Peso unitario = (G-T)/ V	1595	1588	1604	1597	1608	1612	1601	1590	1600	1663	1641	1657	1452	1471	1451	1414	1377	1379	1472	1498	1465	1507	1511	1537
Peso unitario Promedio (kg/m³)	1596			1606			1597			1654			1458			1390			1478			1518		
Varianza	62.8			61.6			37.3			123.4			135.5			427.0			300.0			261.6		
Desviación estándar	7.9			7.9			6.1			11.1			11.6			20.7			17.3			16.2		
Coefficiente de variación	0.0			0.0			0.0			0.0			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)	16.0	15.9	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.3	16.2	16.2	15.2	15.1	15.1	15.1	15.2	15.0	15.2	15.2	15.2	15.3	15.4	15.4
Peso unitario = (G-T)/ V	1721	1709	1722	1730	1727	1718	1718	1728	1729	1798	1777	1778	1556	1550	1552	1551	1558	1509	1566	1566	1574	1582	1603	1618
Peso unitario Promedio (kg/m³)	1718			1725			1725			1784			1553			1539			1569			1601		
Varianza	51.0			41.6			39.3			132.6			9.9			688.8			17.3			335.9		
Desviación estándar	7.1			6.5			6.3			11.5			3.1			26.2			4.2			18.3		
Coefficiente de variación	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 78: Etapa 2 - Contenido de vacíos de los agregados.

Parámetros	Agregado Fino												Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4			Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	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)	2.7			2.6			2.6			2.6			2.6			2.5			2.6			2.6		
B = P. Unitario seco (kg/cm ³)	1624	1617	1633	1626	1636	1641	1630	1619	1629	1692	1670	1685	1438	1458	1437	1400	1364	1366	1459	1484	1451	1494	1497	1523
% de vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100	38	38	37	40	39	39	37	38	37	32	33	33	47	46	47	46	48	47	46	45	46	45	45	44
Promedio de contenido de vacíos (%)	38			39			37			33			47			47			46			44		
Varianza	0.1			0.1			0.1			0.2			0.2			0.6			0.4			0.3		
Desviación estándar	0.3			0.3			0.2			0.4			0.4			0.8			0.6			0.6		
Coefficiente de variación	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		
Contenido de vacíos - PUCS																								
W = P. Unitario agua (kg/cm ³)	1000																							
A = P. Específico aparente (gr/cm ³)	2.7			2.6			2.6			2.6			2.6			2.5			2.6			2.6		
B = P. Unitario seco (kg/cm ³)	1750	1738	1751	1759	1755	1746	1746	1756	1758	1826	1806	1807	1542	1536	1539	1538	1544	1496	1553	1553	1560	1568	1590	1605
% de vacíos = ((A x W)-B/(A x W)) x 100	33	33	33	35	35	35	33	32	32	27	28	28	43	43	43	41	41	42	42	42	42	42	41	41
Promedio de contenido de vacíos (%)	33			35			33			27			43			41			42			41		
Varianza	0.1			0.1			0.1			0.2			0.0			1.0			0.0			0.5		
Desviación estándar	0.3			0.2			0.2			0.5			0.1			1.0			0.1			0.7		
Coefficiente de variación	0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0			0.0		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 79: Etapa 2 - Contenido de material fino que pasa el tamiz N°200.

Parámetros	Agregado Fino				Agregado Grueso			
	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4	Cantera 1	Cantera 2	Cantera 3	Cantera 4
A = Peso Muestra Seca Sin Lavar (grs)	1000	998	998	998	805	806	803	805
B = Peso Muestra Seca Lavada (grs)	984	969	968	970	802	802	798	801
% de Material Fino = $((A-B)/A) \times 100$	1.6	2.9	3.0	2.8	0.3	0.6	0.6	0.5

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 80: Etapa 2 - Abrasión del agregado grueso.

Parámetros	Agregado Grueso											
	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3	m1	m2	m3
A = Peso tara (grs)	252	252	252	270	270	270	306	306	306	243	243	243
B = P. Muestra seca + P. Tara (grs)	5344	5244	5244	5260	5265	5270	5301	5299	5299	5224	5224	5220
C= P. Muestra tamiz N°12 + P. Tara (grs)	4360	4358	4360	4333	4383	4283	4503	4506	4493	4702	4698	4698
Pa = (B-A): P. Muestra seca (grs)	5092	4992	4992	4990	4995	5000	4995	4993	4993	4981	4981	4978
Pb = (C-A): P. Muestra tamiz N°12 (grs)	4108	4106	4108	4063	4113	4013	4196	4200	4187	4460	4456	4456
% de desgaste = $((Pa-Pb)/Pa) \times 100$	19	18	18	19	18	20	16	16	16	10	11	10
Desgaste promedio (%)	18			19			16			11		
Varianza	0.8			1.1			0.0			0.0		
Desviación estándar	0.9			1.0			0.1			0.0		
Coefficiente de variación	0.1			0.1			0.0			0.0		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 81: Etapa 2 - Arena equivalente del agregado fino.

Parámetros	Cantera 1			Cantera 2			Cantera 3			Cantera 4		
	m1	m2	m3									
Peso tara (grs)	16											
Peso muestra + Peso tara (grs)	137	142	142	148	146	144	142	144	140	140	146	142
Peso muestra (grs)	121	142	142	148	146	144	142	144	140	140	146	142
A = Lectura de arcilla (pulg.)	4.1	4.3	4.1	4.7	4.6	4.6	4.2	4.1	4.2	4.3	4.6	4.5
B = Lectura de arena (pulg.)	3.8	3.9	3.7	3.8	3.8	3.7	3.7	3.8	3.8	3.7	3.7	3.8
% de arena equivalente = $(B/A) \times 100$	93	91	91	81	83	81	89	93	91	87	81	85
Arena equivalente promedio (%)	92			82			91			84		
Varianza	1.3			1.3			4.0			9.3		
Desviación estándar	1.2			1.2			2.0			3.1		
Coefficiente de variación	0.0			0.0			0.0			0.0		

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 82: Etapa 2 - Granulometría del agregado fino.

Parámetros		Cantera 1 - San Bernardo				Cantera 2 - Calderón				Cantera 3 - Santa Rosa				Cantera 4 - Rubio / Jaén			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1"	25	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
3/4"	19	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1/2"	12.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
3/8"	9.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
N° 4	4.76	24	2	2	98	46	5	5	95	48	5	5	95	58	6	6	94
N° 8	2.36	144	14	17	83	138	14	18	82	154	15	20	80	106	11	16	84
N° 16	1.18	186	19	35	65	144	14	33	67	196	20	40	60	146	15	31	69
N° 30	0.6	292	29	65	35	90	9	42	58	174	17	57	43	166	17	48	52
N° 50	0.3	306	31	95	5	240	24	66	34	140	14	71	29	214	21	69	31
N° 100	0.15	32	3	98	2	316	32	98	2	236	24	95	5	290	29	98	2
N° 200	0.08	2	0	99	1	18	2	99	1	12	1	96	4	10	1	99	1
Fondo	-	14	1	100	0	6	1	100	0	38	4	100	0	8	1	100	0
Total		1000	100	-		998	100	-		998	100	-		998	100	-	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 83: Etapa 2 - Granulometría del agregado grueso.

Parámetros		Cantera 1 - San Bernardo				Cantera 2 - Calderón				Cantera 3 – Santa Rosa				Cantera 4 – Rubio / Jaén			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa	Peso Retenido (grs)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.0	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1 1/2"	37.5	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	100
1"	25	36	4	4	96	22	3	3	97	24	3	3	97	0	0	0	100
3/4"	19	462	58	62	38	438	54	57	43	544	68	71	29	555	69	69	31
1/2"	12.5	280	35	97	3	318	39	97	3	210	26	97	3	234	29	98	2
3/8"	9.5	22	3	100	0	24	3	100	0	18	2	99	1	12	1	100	0
N° 4	4.76	2	0	100	0	0	0	100	0	2	0	99	1	0	0	100	0
N° 8	2.36	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	99	1	0	0	100	0
N° 16	1.18	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	99	1	0	0	100	0
N° 30	0.6	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	99	1	0	0	100	0
N° 50	0.3	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	99	1	0	0	100	0
N° 100	0.15	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	99	1	0	0	100	0
N° 200	0.08	0	0	100	0	0	0	100	0	0	0	99	1	0	0	100	0
Fondo	-	0	0	100	0	4	0	100	0	5	1	100	0	4	0	100	0
TOTAL		802	100	-		806	100	-		803	100	-		805	100	-	

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 84: Etapa 2 - Durabilidad al sulfato de magnesio del agregado fino.

Fracción		Cantera 1					Cantera 2				
Pasa	Retiene	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
3/8"	N° 4	20.0	100.0	86.5	13.5	2.7	20.0	100.0	89.5	10.5	2.1
N° 4	N° 8	20.0	100.0	96.2	3.8	0.8	20.0	100.0	92.2	7.8	1.6
N° 8	N° 16	20.0	100.0	91.6	8.4	1.7	20.0	100.0	90.9	9.1	1.8
N° 16	N° 30	20.0	100.0	85.8	14.2	2.8	20.0	100.0	96.5	3.5	0.7
N° 30	N° 50	20.0	100.0	89.6	10.4	2.1	20.0	100.0	89.9	10.1	2.0
N° 50	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		100.0	500.0	449.7	-	10.0	100.0	500.0	459.0	-	8.0
Fracción		Cantera 3					Cantera 4				
Pasa	Retiene	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
3/8"	N° 4	20.0	100.0	92.9	7.1	1.4	20.0	100.0	92.5	7.5	1.5
N° 4	N° 8	20.0	100.0	90.2	9.8	2.0	20.0	100.0	94.6	5.4	1.1
N° 8	N° 16	20.0	100.0	94.1	5.9	1.2	20.0	100.0	93.5	6.5	1.3
N° 16	N° 30	20.0	100.0	96.2	3.8	0.8	20.0	100.0	91.4	8.6	1.7
N° 30	N° 50	20.0	100.0	91.1	8.9	1.8	20.0	100.0	90.9	9.1	1.8
N° 50	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		100.0	500.0	464.5	-	7.0	100.0	500.0	462.9	-	7.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.

Tabla N° 85: Etapa 2 - Durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso.

Fracción		Cantera 1					Cantera 2				
Pasa	Retiene	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
1"	3/4"	56.7	2755.3	2513.9	8.8	5.0	43.2	2156.7	1819.9	15.6	6.8
3/4"	1/2"	38.4	1866.9	1844.1	1.2	0.5	52.5	2620.2	2530.3	3.4	1.8
1/2"	3/8"	3.8	186.9	169.8	9.1	0.4	3.4	169.4	157.3	7.1	0.2
3/8"	N° 4	1.0	49.0	44.6	9.0	0.1	0.8	40.4	38.8	4.0	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	4858.1	4572.4	-	6.0	100.0	4986.7	4546.3	-	9.0
Fracción		Cantera 3					Cantera 4				
Pasa	Retiene	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)	Gradación Original (%)	Peso de la fracción ensayada (grs)	Peso retenido después del ensayo (grs)	Pérdida total (%)	Pérdida corregida (%)
1"	3/4"	53.6	2691.6	2501.8	7.1	3.8	78.6	3853.1	3712.3	3.7	2.9
3/4"	1/2"	40.3	2021.8	1939.4	4.1	1.6	20.9	1024.9	1015.9	0.9	0.2
1/2"	3/8"	4.6	230.6	206.2	10.6	0.5	0.5	22.2	20.2	9.0	0.0
3/8"	N° 4	1.5	75.2	68.5	8.9	0.1	0.0	0.0	0.0	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	5019.2	4715.9	-	6.0	100.0	4900.2	4748.4	-	3.0

Fuente: Base de datos, elaboración propia.



Anexo 8: Normativa para el procedimiento experimental

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 está 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
I.C.S.:91.100.30

Precio basado en 20 páginas
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, concreto, requisitos

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014

NORMA TÉCNICA NTP 400.010
PERUANA 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, número y medidas necesarias para estimar las características.

NORMA TÉCNICA **NTP 400.012**
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. 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 88-2005 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/ CNB- INDECOPI Publicada el 2011-03-12 Precio basado en 17 páginas
ICS: 91.100.10 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptores: Agregados, sulfato de magnesio, sulfato de sodio, inalterabilidad, intemperismo

NORMA TÉCNICA **NTP 400.017**
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. 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 esta 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 19428, 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
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: Agregados, densidad de masa, agregado grueso, densidad, agregado fino, peso unitario, vacíos en agregados

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.018
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
coarse 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 Coarse
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 400.022
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 fino**

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

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012
Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine
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 20 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptores: 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
2ª Edición

R.0067-2011/CNB-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.

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.088
2006**

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

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada
en la producción de concreto de cemento Portland.
Requisitos**

CONCRETE. Mixing water used in the production of Portland cement concrete. Requirements

2006-02-16
2ª Edición

R.0013-2006/INDECOPI-CRT. Publicada el 2006-03-06

Precio basado en 13 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agua combinada, densidad, aditivos estabilizantes de hidratación, agua de mezcla, agua reciclada

In Crescendo. Ingeniería. 2015; 2(2): 11-18
Fecha de recepción: 30 de octubre de 2015
Fecha de aceptación: 7 de noviembre de 2015

LA IMPORTANCIA DEL USO DE AGREGADOS PROVENIENTES
DE CANTERAS DE CALIDAD

THE IMPORTANCE OF THE USE OF ADDED QUALITY FROM QUARRY

*Gloria Yulissa Arangurí Castillo**

RESUMEN

La exploración de canteras está orientada a ubicar la calidad, distancia y volumen de los tipos de materiales necesarios para la construcción, para ello, se debe ubicar y definir las canteras más convenientes por cada tipo de material. Una vez identificadas estas se procede a realizar las exploraciones, describiendo el material encontrado en cada una, las cuales se muestran en los registros de exploración. Los agregados usados en construcción son de suma importancia, pues son la materia prima para la preparación del concreto utilizado masivamente en nuestras construcciones y obras civiles en general. Ellos deben garantizar un producto de calidad que certifique el buen funcionamiento de las estructuras.

Palabras clave: agregados, cantera, construcción

ABSTRACT

The exploration of quarries is directed at locating quality, distance and volume of the types of materials needed for construction, that's why, we must locate and define the most convenient quarry for each type of material. Once identified quarries we proceed to perform scans, by describing the found materials in each of them, which are shown in the scan registers. The aggregates used in construction are very important because they are the raw material in the preparation of concrete, which is extensively used in our constructions and civil works in general, and must ensure a quality product that certify the proper functioning of the structures.

Keywords: aggregates, quarry, construction.

* Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Correo electrónico: Yulissa2002@hotmail.com

Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto

José Luis Chan Yam⁵⁵, Rómel Solís Carcaño⁵⁶, Eric Iván Moreno

RESUMEN

El concreto es un material compuesto, en el cual existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en los agregados pétreos. Siendo éstas de carácter físico y químico, producen diferentes efectos, tanto en la trabajabilidad del concreto como en su comportamiento en estado endurecido, el cual regirá su vida de servicio. Este artículo presenta los avances recientes en el tema de los agregados para concreto y puede ser útil, tanto para el diseñador o el constructor de estructuras, como para el estudiante interesado en el tema de la tecnología del concreto, siendo una guía para lograr una mejor comprensión del importante papel que los agregados desempeñan en el material.

Palabras clave: Concreto, agregados, resistencia, durabilidad, zona de transición de la interfase.

INTRODUCCIÓN

El concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes. Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje (Palbol 1996).

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interfase entre éstos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía,

resistencia, etc.), pueden producir concretos de distintas resistencias (Özturan y Çeçen 1997).

Los agregados son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forman la mayor parte del volumen del material, se consideran componentes críticos en el concreto y tienen un efecto significativo en el comportamiento de las estructuras (Chan 1993).

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas y químicas de ellos, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente encuentran los ingenieros y los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados (Cerón et al. 1996).

⁵⁵ Estudiante del Programa de la Maestría en Ingeniería – Construcción, FIUADY

⁵⁶ Profesor Investigador del Cuerpo Académico de Estructuras y Materiales, FIUADY

aciTM **perú**
Siempre avanzando

CONCRETO
AL DÍA
Revista Digital del ACI PERU

02
2014

EDICIÓN ESPECIAL
PRIMER SEMINARIO INTERNACIONAL
PATOLOGÍA Y TERAPEÚTICA
DEL CONCRETO



EN ESTA EDICIÓN:

- » Evaluación de daños en las estructuras de Concreto Normas / Ensayos en el Concreto
- » Diagnóstico de corrosión del acero de refuerzo en estructuras de Concreto Armado
- » Reparación y reforzamiento de un puente peatonal colapsado por el impacto de un vehículo
- » La Patología del Concreto
- » Concreto semi autoconsolidante para construcción de pilares de puente en Canadá
- » Reacción Álcali-Agregado: El VIH del Concreto
- » Evaluando las actuales condiciones del Miami Marine Stadium

Anexo 9: Reporte de servicios externos



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 : JOSÉ CASTRO

Tipo de Muestra : Arenas / piedras

Procedencia : Trujillo

Fecha de Recepción : 02 de junio del 2017

Referencia : H&F 326-333/2017

Denominación de muestra:	RESULTADOS DE ANÁLISIS	
	Re mmoles/L	SiO ₂ ppm
M1 - 500g ALCALINIDAD	620	720
M2 - 500g ALCALINIDAD	720	972
M3 - 500g ALCALINIDAD	325	1077
M4 - 500g ALCALINIDAD	775	807
M1 A.G. 3/4" ALCALINIDAD	1115	666
M2 A.G. 3/4" ALCALINIDAD	705	768
M3 A.G. 3/4" ALCALINIDAD	81	954
M4 A.G. 3/4" ALCALINIDAD	795	873

• MÉTODO DE ANÁLISIS: NTP 334.099/2011

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



ALBINO HUAYTALLA H.
DIRECTOR



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

Lima, 30 de junio del 2017

Oficina: Av. Colonial N°1583-Lima Tel: 334-4562/425-6179/989067984 E-mail: hfventas@hyflaboratorio.com
Laboratorio: Mz. E5 Lt. 6 Parque Industrial Pachacutec – Ventanilla
Página web: <http://www.hyflaboratorio.com/>

Anexo 10: Reporte de ensayos realizados en la U.P.N

 UNIVERSIDAD
PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE LABORATORIO

I. **Autores** :

- Castro Pacheco, José.
- Vera Castillo, Jazmín.

II. **Institución** :

- Laboratorio de Concreto - Universidad Privada del Norte.

III. **Técnicos de laboratorio:**

- Espejo Rodríguez, Eddy.
- Leonardo Carrasco, Wesley.

IV. **Título** :

"Evaluación de las características de los agregados de las canteras del Sector El Milagro - Huanchaco en un diseño de concreto f'c 210 kg/cm², Trujillo 2017"

V. **Muestra** :

- Agregado Fino
- Agregado Grueso ¾"

VI. **Canteras** :

- Cantera 1 "San Bernardo"
- Cantera 2 "Calderón"
- Cantera 3 "Santa Rosa"
- Cantera 4 "Rubio-Jaén"

VII. **Ensayos a aplicar:** Las normas técnicas que rigen la calidad de los agregados son:

- NTP 339.185:2013 "Ensayo normalizado para contenido de humedad de agregados"
- NTP 400.012:2013 "Análisis granulométrico del agregado grueso, fino y global"
- NTP 400.017:2011 "Ensayo para determinar el peso unitario y contenido de vacíos del agregado"
- NTP 400.018:2013 "Ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz N°200"
- NTP 400.019:2014 "Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles"
- NTP 400.021:2013 "Ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso"
- NTP 400.022:2013 "Ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino"
- NTP 400.016:2013 "Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio"
- NTP 339.146:2000 "Equivalente de arena, suelos y agregados finos"


Wesley Leonardo Carrasco
Asistente de Laboratorio
Carrera de Ingeniería Civil

Trujillo, 30 de Junio del 2017



Anexo 11: Reporte de ensayos realizados en la U.N.T.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE FRACTOMECAICA – CONCRETO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad
Universitaria

Departamento de Ingeniería de Materiales

Trujillo - Perú

INFORME N° 221 – JUL – 2017

- I. **Solicitante(s):**
Castro Pacheco, José.
Vera Castillo, Jazmín.
- II. **Documento:**
01
- III. **Institución :**
Universidad Privada del Norte.
- IV. **Título :**
"Evaluación de las características de los agregados de las canteras del Sector El Milagro - Huanchaco en un diseño de concreto f'c 210 kg/cm², Trujillo 2017"
- V. **Muestra :**
4 muestras de 200 gramos de Agregado Fino.
4 muestras de 200 gramos de Agregado Grueso ¾".
- VI. **Canteras :**
Cantera 1 "San Bernardo"
Cantera 2 "Calderón"
Cantera 3 "Santa Rosa"
Cantera 4 "Rubio-Jaén"
- VII. **Ensayos a aplicar:** Las principales normas técnicas que rigen la calidad son:
NTP 339.088:2013 "HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland.
- VIII. **Analista de Laboratorio:**
Ing. Iván E. Vásquez Alfaro.

NOTA: El muestreo fue realizado por los tesisistas.

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 03 de Julio del 2017

Anexo 12: Certificados de calibración.

 METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small>		
Área de Metrología <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		
	 JOHN 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: *849272 / #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



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 $R_{CORREGIDA} = R + 0,00000864 R$



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

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