

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**“EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL USO DE LA DIATOMITA Y  
MICROSÍLICE COMO ADITIVOS EN LA ELABORACIÓN DE  
CONCRETO CON RESISTENCIAS 210 KGF/CM<sup>2</sup>, 280 KGF/CM<sup>2</sup>, 350  
KGF/CM<sup>2</sup> Y 420 KGF/CM<sup>2</sup> EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Tesis presentada por el Bachiller:

**Luque Delgado Manuel Gonzalo**

Para optar el Título Profesional de

**Ingeniero Civil**

Asesor:

**Mg. Ing. Ugarte Calderón Enrique**

**Alfonso**

**Arequipa – Perú**

**2023**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA CIVIL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 07 de Marzo del 2023

**Dictamen: 002460-C-EPIC-2023**

Visto el borrador del expediente 002460, presentado por:

**2009801351 - LUQUE DELGADO MANUEL GONZALO**

Titulado:

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL USO DE LA DIATOMITA Y MICROSÍLICE COMO  
ADITIVOS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO CON RESISTENCIAS 210 KGF/CM2, 280  
KGF/CM2, 350 KGF/CM2 Y 420 KGF/CM2 EN LA CIUDAD DE AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29688899 - HIDALGO VALDIVIA ALEJANDRO VICTOR  
DICTAMINADOR**



**29245617 - DIAZ GALDOS MIGUEL RENATO  
DICTAMINADOR**



**29412437 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO  
DICTAMINADOR**



## DEDICATORIA

A mis padres, quienes me dieron todo y aún se esfuerzan para seguir dándome más.

A mi hija Emilia. Cada momento de mi vida ha sido mejor por tu presencia en este mundo.

Y a mi esposa y mejor amiga, Laura, quien me impulsa y motiva todos los días.

¿Dónde estaría sin ti?



## RESUMEN

La siguiente investigación lleva por título “Evaluación y comparación del uso de la diatomita y microsíllice como aditivos en la elaboración de concreto con resistencias 210 kgf/cm<sup>2</sup>, 280 kgf/cm<sup>2</sup>, 350 kgf/cm<sup>2</sup> y 420 kgf/cm<sup>2</sup> en Arequipa” tiene como objetivo sustituir la microsíllice, aditivo artificial que mejora las propiedades mecánicas del concreto, por la diatomita, un aditivo natural presente en la ciudad de Arequipa, para obtener un concreto con propiedades mecánicas superiores al concreto tradicional y más económico que la adición de microsíllice.

Primero, se debe conocer la procedencia y las propiedades físicas de los agregados a intervenir en la elaboración de concreto, incorporando a los materiales de un concreto tradicional, los aditivos diatomita y microsíllice, para su comparación respectiva.

Luego se procede a realizar el diseño de mezclas para obtener la dosificación de concreto según la resistencia a la compresión que se quiera obtener. Previo a esto, se debe elegir entre los múltiples métodos que existen, por lo que se optaron por los dos más frecuentes: Método del Comité 211 de American Concrete Institute y Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, para las resistencias específicas 210 kgf/cm<sup>2</sup>, 280 kgf/cm<sup>2</sup>, 350 kgf/cm<sup>2</sup> y 420 kgf/cm<sup>2</sup>.

En total se realizaron 56 diseños de mezclas para concreto convencional, concreto con adición de diatomita y concreto con adición de microsíllice en porcentajes de 5%, 10% y 15%.

En laboratorio, al ejecutar el diseño de mezclas se procede a realizar el análisis de las propiedades en estado fresco y endurecido de las probetas de concreto con los diseños de mezclas establecidos, en periodos de 7, 14 y 28 días.

Posteriormente, se realiza el análisis de resultados obtenidos de las propiedades del concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión, y en estado fresco: asentamiento,

temperatura y peso unitario, y las comparaciones entre el comportamiento del concreto convencional, con adición de diatomita y con adición de microsílíce.

Finalmente, se realizó un análisis de costos unitarios de cada diseño de mezcla de concreto comparándolo con la resistencia a la compresión obtenida, para poder determinar los diseños que aportan los mejores resultados costo beneficio.

**Palabras clave:** Concreto; Diatomita; Microsílíce.



## ABSTRACT

The present investigation entitled "Evaluation and comparison of the use of diatomite and microsilica as additives in the preparation of concrete with resistance 210 kgf/cm<sup>2</sup>, 280 kgf/cm<sup>2</sup>, 350 kgf/cm<sup>2</sup> and 420 kgf/cm<sup>2</sup> in the city of Arequipa" has the objective is to replace microsilica, an artificial additive that improves the mechanical properties of concrete, with diatomite, a natural additive present in the city of Arequipa, to obtain a concrete with mechanical properties superior to traditional concrete and more economical than the addition of microsilica.

First, the origin and physical properties of the aggregates to be used in the preparation of concrete must be known, incorporating diatomite and microsilica additives into the materials of a traditional concrete, for their respective comparison.

Then, the design of mixtures was carried out to obtain the concrete dosage according to the compressive strength to be obtained. Prior to this, one must choose between the multiple methods that exist, so the two most frequent were chosen: Method of the Committee 211 of the American Concrete Institute and the Fineness Module of the Combination of Aggregates, for the specific resistance 210 kgf/cm<sup>2</sup>, 280 kgf/cm<sup>2</sup>, 350 kgf/cm<sup>2</sup> and 420 kgf/cm<sup>2</sup>.

A total of 56 mix designs were made for conventional concrete, concrete with the addition of diatomite and concrete with the addition of microsilica in percentages of 5%, 10% and 15%.

In the laboratory, when executing the mix design, the analysis of the properties in the fresh and hardened state of the concrete specimens with the established mix designs is carried out, in periods of 7, 14 and 28 days.

Subsequently, the analysis of the results obtained from the properties of the concrete in the hardened state is carried out: resistance to compression, and in the fresh state: settlement,

temperature and unit weight, and the comparisons between the behavior of conventional concrete, with the addition of diatomite and with addition of microsilica.

Finally, a unit cost analysis of each concrete mix design was carried out, comparing it with the compressive strength obtained, in order to determine the designs that provide the best cost-benefit results.

**Keywords:** Concrete; Diatomite; Silica fume.



## INTRODUCCIÓN

El concreto es una mezcla de agregados con un uso significativo en la industria de la construcción, debido a sus propiedades como su elevada resistencia y moldeabilidad que permite realizar prácticamente cualquier forma y acabado con ayuda de un adecuado sistema de encofrado.

Asimismo, se implementaron adiciones de otros materiales al concreto, comúnmente conocidas como aditivos, los cuales se utilizan comúnmente en el país gracias a los distintos climas y variada geografía con la que cuenta, lo cual implica una adaptación del concreto que busque mejorar sus propiedades para enfrentar condiciones adversas, con costos unitarios menores en comparación a un concreto tradicional.

La microsílíce es un aditivo artificial ampliamente utilizado en el concreto, por sus numerosos beneficios al mismo, como mayor vida útil y protección contra algunos productos químicos por ser altamente reactivo, con mayor densidad, baja permeabilidad y mayor resistividad eléctrica, ayuda a aumentar el tiempo de inicio de la corrosión, reduciendo la permeabilidad de este, aumenta la resistencia a la compresión y mejora la reología.

Por otra parte, la diatomita es un componente con cualidades silíceas que se encuentra en el Perú, cuyos depósitos de vetas se localizan en los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Ica y Piura Tacna, y que, debido a su particular estructura y propiedades, este material puede tener diferentes usos en industrias varias, como aislante térmico, agente abrasivo, fuente de sílice reactiva, entre otros.

Esta investigación se concibe con la intención de alcanzar un concreto con propiedades mecánicas superiores y a un coste reducido, utilizando para ello la microsílíce y la diatomita proveniente de un yacimiento en la ciudad de Arequipa como aditivos, junto a diversos porcentajes en su utilización para ejecutar la parte experimental de la investigación y de este modo observar

cuál es la influencia de estos sobre las cualidades del concreto endurecido y fresco, además de un análisis de costos.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	5
INTRODUCCIÓN .....	7
CAPÍTULO I. ....	29
1. Generalidades .....	29
1.1. Identificación del problema.....	29
1.2. Planteamiento del problema.....	29
1.3. Objetivos .....	30
1.3.1. Objetivo general.....	30
1.3.2. Objetivos específicos.....	30
1.4. Hipótesis.....	31
1.5. Alcance.....	32
1.6. Justificación.....	32
1.6.1. Justificación Social .....	32
1.6.2. Justificación Técnica.....	33
1.6.3. Justificación Económica .....	33
1.6.4. Justificación Tecnológica.....	33
1.7. Limitantes de la investigación.....	34
1.8. Variables e indicadores de la investigación .....	35
1.9. Metodología .....	36
1.9.1. Análisis de la normatividad. ....	36
1.9.2. Caracterización de materiales. ....	37
1.9.3. Diseños de mezcla.....	38
1.9.4. Determinación de propiedades del concreto. ....	39
1.9.5. Toma de datos. ....	40
1.9.6. Análisis de resultados. ....	40
CAPÍTULO II. ....	41

2. Marco Teórico .....	41
2.1. Concreto .....	41
2.1.1. Composición .....	41
2.1.2. Propiedades del concreto en estado fresco.....	44
2.1.2.1. Trabajabilidad.....	44
2.1.2.2. Temperatura.....	46
2.1.2.3. Relación agua cemento.....	47
2.1.2.4. Segregación .....	48
2.1.2.5. Exudación .....	49
2.1.2.6. Contracción plástica .....	49
2.1.2.7. Peso unitario .....	50
2.1.3. Propiedades del concreto en estado endurecido.....	50
2.1.3.1. Resistencia mecánica.....	50
2.1.3.2. Impermeabilidad.....	51
2.1.3.3. Durabilidad .....	52
2.1.3.4. Elasticidad .....	52
2.1.3.5. Contracción.....	53
2.2. Cemento Portland.....	53
2.2.1. Historia de cemento .....	54
2.2.2. Tipos de cemento .....	56
2.2.3. Composición Química .....	58
2.2.4. Composición Física.....	60
2.2.5. Cemento Wari Tipo I.....	62
2.3. Agregados.....	65
2.3.1. Clasificación .....	65
2.3.1.1. Por su tamaño de grano .....	66
2.3.1.2. Por su procedencia.....	67
2.3.1.3. Por su densidad.....	68
2.3.1.4. Por su forma.....	68
2.3.2. Funciones del agregado.....	70

2.3.3.	Propiedades de los agregados .....	71
2.3.3.1.	Peso específico .....	71
2.3.3.2.	Vacíos .....	72
2.3.3.3.	Tamaño y forma.....	72
2.3.3.4.	Textura.....	73
2.3.3.5.	Peso unitario .....	73
2.3.3.6.	Porosidad .....	74
2.3.3.7.	Absorción de agua .....	74
2.3.3.8.	Expansión térmica .....	75
2.4.	Aditivos .....	75
2.4.1.	Microsílice .....	75
2.4.1.1.	Tipos de microsíllice.....	76
2.4.1.2.	Propiedades de la microsíllice .....	76
2.4.1.3.	Efectos en el concreto.....	76
2.4.1.4.	Beneficios en el concreto.....	77
2.4.1.5.	Consideraciones de mezcla.....	79
2.4.2.	Diatomita.....	80
2.4.2.1.	Propiedades físicas de la diatomita.....	82
2.4.2.2.	Fuentes de diatomitas en el Perú .....	83
2.4.2.3.	Mercado de diatomitas.....	85
2.4.2.4.	Tratamiento de la diatomita.....	85
2.4.2.5.	Usos .....	86
2.4.3.	Aditivo Superplastificante .....	87
CAPÍTULO III.....		88
3.	Estado del Arte .....	88
3.1.	Trabajos de investigación.....	88
3.1.1.	A.R.S. Macedo, A.S. Silva, D.S. da Luz, R.L.S. Ferreira, C.S. Lourenco, U.U. Gomes (2020) .....	88
3.1.2.	Investigación de José L. Espinoza (2010).....	89
3.1.3.	Investigación de Erick E. Rodrigo y Luis M. Torres (2019) .....	90
3.1.4.	Palma M. Ricardo F. y Manrique A. Jesús R. (2019).....	91

3.1.5. Aragón Ch. Yvanni V. (2021).....	92
CAPÍTULO IV.....	93
4. Diseño de Mezclas.....	93
4.1. Análisis de las propiedades de los agregados.....	93
4.1.1. Método de muestreo y reducción de muestra .....	93
4.1.2. Análisis Granulométrico .....	98
4.1.2.1. Normativa .....	99
4.1.2.2. Muestreo .....	99
4.1.2.3. Materiales, equipos y herramientas .....	100
4.1.2.4. Procedimiento.....	102
4.1.2.5. Metodología.....	102
4.1.2.6. Cálculos y Resultados.....	104
4.1.3. Contenido de humedad .....	107
4.1.3.1. Normativa .....	109
4.1.3.2. Muestreo .....	110
4.1.3.3. Materiales, equipos y herramientas .....	110
4.1.3.4. Procedimiento.....	111
4.1.3.5. Metodología.....	112
4.1.3.6. Cálculos y Resultados.....	113
4.1.4. Peso específico y absorción .....	114
4.1.4.1. Normativa .....	115
4.1.4.2. Muestreo .....	115
4.1.4.3. Materiales, equipos y herramientas .....	116
4.1.4.4. Procedimiento.....	118
4.1.4.5. Metodología.....	120
4.1.4.6. Cálculos y Resultados.....	122
4.1.5. Peso unitario.....	124
4.1.5.1. Normativa .....	125
4.1.5.2. Muestreo .....	125
4.1.5.3. Materiales, equipos y herramientas .....	125
4.1.5.4. Procedimiento.....	128

4.1.5.5.	Metodología.....	129
4.1.5.6.	Precisión .....	131
4.1.5.7.	Cálculos y Resultados.....	131
4.2.	Propiedades de la diatomita.....	134
4.2.1.	Análisis Granulométrico .....	134
4.2.2.	Contenido de humedad .....	136
4.2.3.	Peso específico y absorción .....	137
4.2.4.	Peso unitario.....	138
4.3.	Métodos de diseño de concreto .....	139
4.3.1.	Método ACI 211 .....	140
4.3.2.	Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados .....	153
4.4.	Diseño de mezclas.....	164
4.4.1.	Método ACI 211 .....	165
4.4.2.	Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados .....	168
CAPÍTULO V.....		171
5.	Análisis de resultados .....	171
5.1.	Ensayos del concreto en estado fresco .....	171
5.1.1.	Asentamiento del Concreto (Slump).....	171
5.1.1.1.	Normativa .....	171
5.1.1.2.	Materiales, equipos y herramientas .....	172
5.1.1.3.	Procedimiento.....	173
5.1.1.4.	Cálculos y resultados.....	174
5.1.2.	Peso unitario.....	177
5.1.2.1.	Normativa .....	178
5.1.2.2.	Materiales, equipos y herramientas .....	178
5.1.2.3.	Procedimiento.....	179
5.1.2.4.	Metodología.....	180
5.1.2.4.1.	Cálculos y Resultados .....	180
5.1.3.	Temperatura .....	181
5.1.3.1.	Materiales, equipos y herramientas .....	181

5.1.3.2.	Procedimiento.....	181
5.1.3.3.	Cálculos y resultados.....	182
5.2.	Ensayos del concreto en estado endurecido.....	183
5.2.1.	Resistencia a la compresión.....	183
5.2.1.1.	Normativa.....	183
5.2.1.2.	Materiales, equipos y herramientas.....	183
5.2.1.3.	Procedimiento.....	184
5.2.1.4.	Metodología.....	186
5.2.1.5.	Cálculos y resultados.....	186
5.3.	Análisis de resultados de ensayos de concreto en estado fresco.....	190
5.3.1.	Asentamiento del Concreto (Slump).....	191
5.3.2.	Peso unitario.....	196
5.3.3.	Temperatura.....	198
5.4.	Análisis de resultados de ensayos de concreto en estado endurecido.....	201
5.4.1.	Resistencia a la compresión.....	201
5.4.1.1.	Resistencia a la compresión a través del tiempo por el método ACI 211 con adición de diatomita.....	202
5.4.1.2.	Resistencia a la compresión a través del tiempo por el método Módulo de fineza de la combinación de agregados con adición de diatomita.....	209
5.4.1.3.	Resistencia a la compresión a través del tiempo por el método ACI 211 con adición de microsílíce.....	214
5.4.1.4.	Resistencia a la compresión a través del tiempo por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados con adición de microsílíce.....	220
CAPÍTULO VI.....		226
6.	Análisis comparativo de costos.....	226
6.1.	Dosificación de agregados por metro cúbico.....	226
6.2.	Precios unitarios.....	241
6.3.	Costo por metro cúbico de concreto.....	242
CONCLUSIONES.....		253
RECOMENDACIONES.....		258

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	260
ANEXOS .....	263
A.    DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL MÉTODO ACI 211 .....	263
B.    DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS .....	319



## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Variables e Indicadores.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 2 Trabajabilidad, revenimiento y factor de compactación de concretos con tamaño máximo de agregado de 3/4 a 1 1/2 de pulgada .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 3 Requisitos Químicos del cemento Portland.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 4 Requisitos Químicos opcionales del cemento Portland.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 5 Requisitos físicos del cemento Portland.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 6 Requisitos físicos opcionales del cemento Portland.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 7 Características físicas del Cemento Wari Tipo I &amp; NTP 334.009 .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 8 Composición química del Cemento Wari Tipo I &amp; NTP 334.009 .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 9 Clasificación de los agregados según su tamaño .....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 10 Propiedades físicas de la diatomita.....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 11 Características físicas de las diatomitas en algunos yacimientos peruanos</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 12 Medida de las muestras .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 13 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 14 Tamices a utilizar para el análisis granulométrico.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 15 Granulometría del agregado fino .....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 16 Granulometría del agregado grueso (Huso 6) .....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 17 Porcentaje que pasa por tamiz de la muestra de agregado grueso.....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 18 Porcentaje que pasa por tamiz de la muestra de agregado fino .....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 19 Tamaño de la muestra de agregado .....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 20 Contenido de Humedad del Agregado Grueso .....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 21 Contenido de Humedad del Agregado Fino .....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 22 Peso mínimo de la muestra de ensayo para obtener el peso específico .....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 23 Peso Específico del Agregado Grueso.....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 24 Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso .....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 25 Peso Específico del Agregado Fino.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 26 Porcentaje de Absorción del Agregado Fino .....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 27 Capacidad de la medida del recipiente para calcular el peso unitario .....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 28 Requisitos de espesor de recipiente para calcular el peso unitario .....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 29 Densidad del agua .....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 30 Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso .....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 31 Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso .....</i>	<i>132</i>
<i>Tabla 32 Peso Unitario Suelto del Agregado Fino.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 33 Peso Unitario Compactado del Agregado Fino .....</i>	<i>133</i>

<b>Tabla 34</b> Porcentaje que pasa por tamiz de la muestra de la diatomita .....	135
<b>Tabla 35</b> Contenido de Humedad de la Diatomita .....	137
<b>Tabla 36</b> Peso Específico de la Diatomita.....	137
<b>Tabla 37</b> Porcentaje de Absorción de la Diatomita.....	138
<b>Tabla 38</b> Peso Unitario Suelto de la Diatomita.....	139
<b>Tabla 39</b> Peso Unitario Compactado de la Diatomita .....	139
<b>Tabla 40</b> Determinación de la resistencia promedio según el comité 211 del ACI... 141	
<b>Tabla 41</b> Slump según el tipo de estructura según el comité 211 del ACI.....	142
<b>Tabla 42</b> Volumen unitario del agua según el comité 211 del ACI.....	142
<b>Tabla 43</b> Contenido de aire según el comité 211 del ACI.....	143
<b>Tabla 44</b> Relación agua cemento según el comité 211 del ACI.....	143
<b>Tabla 45</b> Contenido de agregado grueso según el comité 211 del ACI.....	144
<b>Tabla 46</b> Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.....	154
<b>Tabla 47</b> Cantidad de Diseños de Mezcla de concreto.....	164
<b>Tabla 48</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 sin adición de aditivos para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	165
<b>Tabla 49</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 5% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	165
<b>Tabla 50</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 10% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	166
<b>Tabla 51</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 15% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	166
<b>Tabla 52</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 5% de microsílíce para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	166
<b>Tabla 53</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 10% de microsílíce para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	167
<b>Tabla 54</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 15% de microsílíce para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	167
<b>Tabla 55</b> Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF sin adición de aditivos para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	168

<b>Tabla 56</b> <i>Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 5% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	168
<b>Tabla 57</b> <i>Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 10% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	169
<b>Tabla 58</b> <i>Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 15% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	169
<b>Tabla 59</b> <i>Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 5% de microsílíce para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	169
<b>Tabla 60</b> <i>Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 10% de microsílíce para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	170
<b>Tabla 61</b> <i>Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 15% de microsílíce para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	170
<b>Tabla 62</b> <i>Asentamientos para cada diseño de mezcla de concreto con el Método ACI 211 .....</i>	174
<b>Tabla 63</b> <i>Asentamientos para cada diseño de mezcla de concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados .....</i>	175
<b>Tabla 64</b> <i>Adición de aditivo Superplastificante Dynamon SP1 en el concreto con el Método ACI 211 .....</i>	175
<b>Tabla 65</b> <i>Adición de aditivo Superplastificante Dynamon SP1 en el concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados .....</i>	176
<b>Tabla 66</b> <i>Adición de agua en el concreto por diseño con el Método ACI 211 .....</i>	176
<b>Tabla 67</b> <i>Adición de agua en el concreto por diseño con el Método MF de la combinación de agregados.....</i>	177
<b>Tabla 68</b> <i>Capacidad de recipiente de medición para ensayo de peso unitario del concreto fresco .....</i>	179
<b>Tabla 69</b> <i>Peso unitario para cada diseño de mezcla de concreto con el Método ACI 211 .....</i>	180
<b>Tabla 70</b> <i>Peso unitario para cada diseño de mezcla de concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados .....</i>	181
<b>Tabla 71</b> <i>Temperatura para cada diseño de mezcla de concreto con el Método ACI 211 .....</i>	182

<b>Tabla 72</b> Temperatura para cada diseño de mezcla de concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados .....	182
<b>Tabla 73</b> Tolerancia permisible para ensayar probetas a una determinada edad....	184
<b>Tabla 74</b> Relación longitud a diámetro de la probeta de concreto .....	186
<b>Tabla 75</b> Resistencia a la Compresión para una resistencia de diseño de 210 kgf/cm <sup>2</sup> por el Método ACI 211 con una adición de microsílíce del 5% a los 7 días de curado .....	187
<b>Tabla 76</b> Resistencia a la compresión de concreto por el Método ACI 211 para diseños de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	187
<b>Tabla 77</b> Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	188
<b>Tabla 78</b> Resistencia a la compresión de concreto por el Método ACI 211 para diseños de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	188
<b>Tabla 79</b> Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	188
<b>Tabla 80</b> Resistencia a la compresión de concreto por el Método ACI 211 para diseños de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	189
<b>Tabla 81</b> Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	189
<b>Tabla 82</b> .....	190
<b>Tabla 83</b> Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	190
<b>Tabla 84</b> Relación agua cemento corregida con el Método ACI 211 .....	195
<b>Tabla 85</b> Relación agua cemento corregida con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados.....	195
<b>Tabla 86</b> Determinación de la resistencia promedio .....	201
<b>Tabla 87</b> Variación porcentual de la resistencia a la compresión para un diseño de 210 kgf/cm <sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % .....	203
<b>Tabla 88</b> Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm <sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % .....	205
<b>Tabla 89</b> Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm <sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % .....	207
<b>Tabla 90</b> Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm <sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % .....	209
<b>Tabla 91</b> Variación porcentual para un diseño de 210 kgf/cm <sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %...	212

<b>Tabla 92</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %...</i>	212
<b>Tabla 93</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %.....</i>	213
<b>Tabla 94</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %...</i>	213
<b>Tabla 95</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %.....</i>	215
<b>Tabla 96</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %.....</i>	217
<b>Tabla 97</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %.....</i>	218
<b>Tabla 98</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %.....</i>	220
<b>Tabla 99</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %</i>	223
<b>Tabla 100</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %</i>	223
<b>Tabla 101</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %.....</i>	224
<b>Tabla 102</b>	<i>Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %</i>	224
<b>Tabla 103</b>	<i>Dosificación de agregados por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	226
<b>Tabla 104</b>	<i>Dosificación por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	226
<b>Tabla 105</b>	<i>Dosificación por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	227
<b>Tabla 106</b>	<i>Dosificación por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	227
<b>Tabla 107</b>	<i>Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	228
<b>Tabla 108</b>	<i>Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	228
<b>Tabla 109</b>	<i>Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup> .....</i>	229

<b>Tabla 110</b> Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	229
<b>Tabla 111</b> Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	230
<b>Tabla 112</b> Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	230
<b>Tabla 113</b> Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	231
<b>Tabla 114</b> Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	231
<b>Tabla 115</b> Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	232
<b>Tabla 116</b> Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	232
<b>Tabla 117</b> Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	233
<b>Tabla 118</b> Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	233
<b>Tabla 119</b> Dosificación corregida de agregados por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	234
<b>Tabla 120</b> Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	234
<b>Tabla 121</b> Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	235
<b>Tabla 122</b> Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	235
<b>Tabla 123</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	236
<b>Tabla 124</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	236
<b>Tabla 125</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	237
<b>Tabla 126</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	237
<b>Tabla 127</b> Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	238

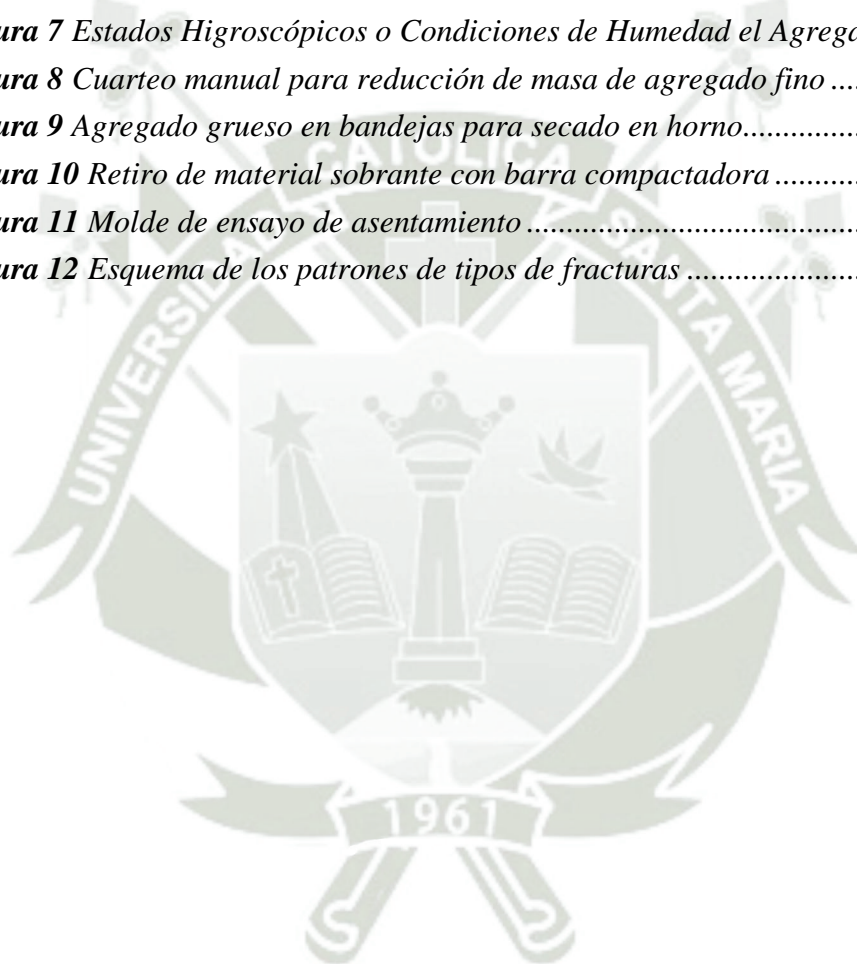
<b>Tabla 128</b> Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	238
<b>Tabla 129</b> Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	239
<b>Tabla 130</b> Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	239
<b>Tabla 131</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	240
<b>Tabla 132</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	240
<b>Tabla 133</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	241
<b>Tabla 134</b> Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	241
<b>Tabla 135</b> Procedencia, unidad y costo de los agregados a intervenir en un metro cúbico de concreto.....	242
<b>Tabla 136</b> Precio por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	243
<b>Tabla 137</b> Precio por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	243
<b>Tabla 138</b> Precio por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	244
<b>Tabla 139</b> Precio por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	244
<b>Tabla 140</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	245
<b>Tabla 141</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	245
<b>Tabla 142</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	245
<b>Tabla 143</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	246
<b>Tabla 144</b> Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	246
<b>Tabla 145</b> Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	246
<b>Tabla 146</b> Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	247

<b>Tabla 147</b> Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	247
<b>Tabla 148</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm <sup>2</sup> .....	248
<b>Tabla 149</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm <sup>2</sup> .....	248
<b>Tabla 150</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm <sup>2</sup> .....	248
<b>Tabla 151</b> Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	249
<b>Tabla 152</b> Costo por metro cúbico y resistencia a la compresión de cada diseño de concreto con una adición de diatomita o microsílíce con una resistencia a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm <sup>2</sup> .....	250



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Ambientes de formación de la diatomita .....	81
<i>Figura 2</i> Regiones del ambiente lacustres y mecanismos de distribución de sedimentos siliciclásticos .....	82
<i>Figura 3</i> Distribución de los lugares de muestreo en una pila de material .....	94
<i>Figura 4</i> Obtención de la muestra .....	95
<i>Figura 5</i> Secuencia de procedimiento de cuarteo manual .....	97
<i>Figura 6</i> Efectos de separación por la sobresaturación en las partículas.....	108
<i>Figura 7</i> Estados Higroscópicos o Condiciones de Humedad el Agregado .....	109
<i>Figura 8</i> Cuarteo manual para reducción de masa de agregado fino .....	111
<i>Figura 9</i> Agregado grueso en bandejas para secado en horno.....	112
<i>Figura 10</i> Retiro de material sobrante con barra compactadora .....	129
<i>Figura 11</i> Molde de ensayo de asentamiento .....	172
<i>Figura 12</i> Esquema de los patrones de tipos de fracturas .....	185



## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Producción de diatomitas en el Perú.....	85
<b>Gráfico 2</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso .....	105
<b>Gráfico 3</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino .....	107
<b>Gráfico 4</b> Curva Granulométrica de la Diatomita .....	136
<b>Gráfico 5</b> Asentamiento (slump) de diseños con adición de diatomita por el Método ACI 211 .....	192
<b>Gráfico 6</b> Asentamiento (slump) de diseños con adición de microsílíce por el Método ACI 211.....	192
<b>Gráfico 7</b> Asentamiento de diseños con adición de diatomita por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados.....	193
<b>Gráfico 8</b> Asentamiento (slump) de diseños con adición de microsílíce por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados.....	194
<b>Gráfico 9</b> Peso unitario de diseños con adición de diatomita por el Método ACI 211 .....	196
<b>Gráfico 10</b> Peso unitario de diseños con adición de diatomita por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados.....	197
<b>Gráfico 11</b> Peso unitario de diseños con adición de microsílíce por el Método ACI 211 .....	197
<b>Gráfico 12</b> Peso unitario de diseños con adición de microsílíce por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados .....	198
<b>Gráfico 13</b> Temperatura para diseños con adición de diatomita por el Método ACI 211 .....	199
<b>Gráfico 14</b> Temperatura para diseños con adición de microsílíce por el Método ACI 211.....	199
<b>Gráfico 15</b> Temperatura para diseños con adición de diatomita por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados .....	200
<b>Gráfico 16</b> Temperatura para diseños con adición de microsílíce por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados .....	200
<b>Gráfico 17</b> Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm <sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % .....	202
<b>Gráfico 18</b> Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 280 kgf/cm <sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % .....	204

**Gráfico 19** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % ..... 206

**Gráfico 20** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 % ..... 208

**Gráfico 21** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %..... 210

**Gráfico 22** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %..... 210

**Gráfico 23** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %..... 211

**Gráfico 24** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %..... 211

**Gráfico 25** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 % ..... 215

**Gráfico 26** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 % ..... 216

**Gráfico 27** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 % ..... 218

**Gráfico 28** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 % ..... 219

**Gráfico 29** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %..... 221

**Gráfico 30** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %..... 221

**Gráfico 31** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %..... 222

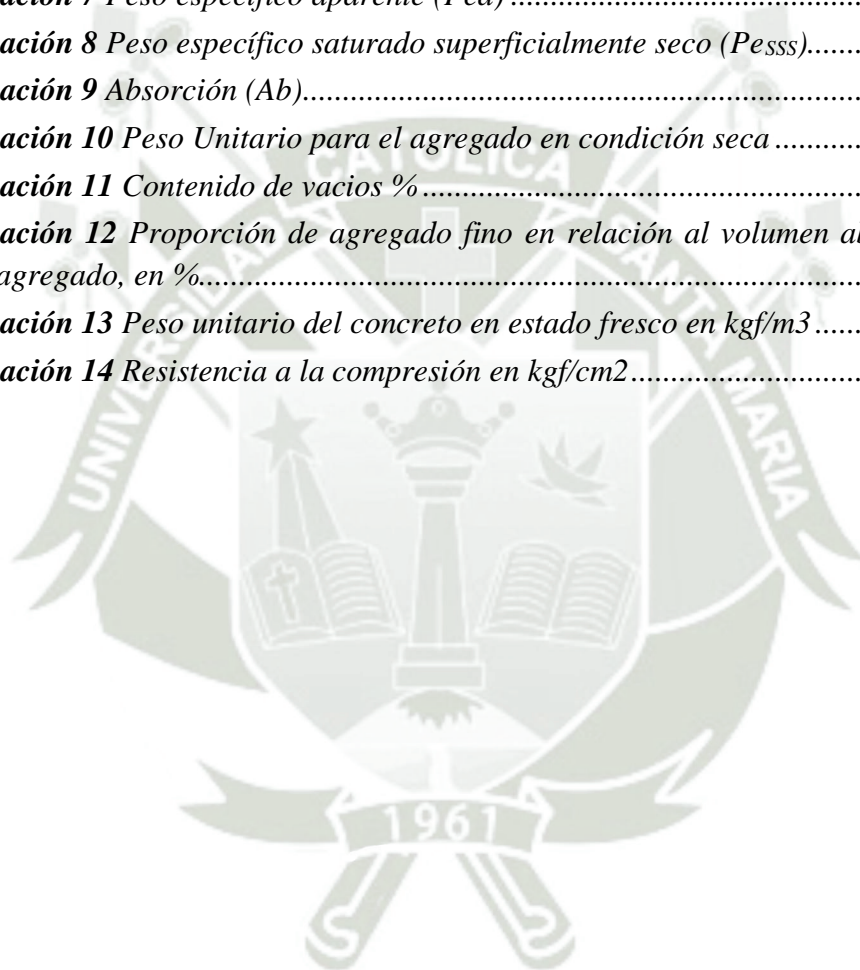
**Gráfico 32** Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 % ..... 222

**Gráfico 33** Resistencia a la compresión vs costo por metro cúbico de concreto con adición del 0, 5, 10 y 15 % de diatomita y microsílíce ..... 252



## INDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1</i> Cálculo del contenido de humedad .....	112
<i>Ecuación 2</i> Peso específico de masa ( $P_{em}$ ) .....	120
<i>Ecuación 3</i> Peso específico aparente ( $P_{ea}$ ) .....	120
<i>Ecuación 4</i> Peso específico saturado superficialmente seco ( $P_{esss}$ ).....	121
<i>Ecuación 5</i> Absorción ( $Ab$ ).....	121
<i>Ecuación 6</i> Peso específico de masa ( $P_{em}$ ) .....	121
<i>Ecuación 7</i> Peso específico aparente ( $P_{ea}$ ) .....	121
<i>Ecuación 8</i> Peso específico saturado superficialmente seco ( $P_{esss}$ ).....	122
<i>Ecuación 9</i> Absorción ( $Ab$ ).....	122
<i>Ecuación 10</i> Peso Unitario para el agregado en condición seca .....	129
<i>Ecuación 11</i> Contenido de vacíos % .....	130
<i>Ecuación 12</i> Proporción de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado, en %.....	154
<i>Ecuación 13</i> Peso unitario del concreto en estado fresco en $kgf/m^3$ .....	180
<i>Ecuación 14</i> Resistencia a la compresión en $kgf/cm^2$ .....	186



## CAPÍTULO I.

### 1. Generalidades

#### 1.1. Identificación del problema

La data de sismos en el país advierte que el costado de la parte occidental tiene una alta incidencia de sismos, los cuales causan daños significativos como entre los que se encuentran derrumbes, deslizamiento de rocas, y otros, que asimismo originan pérdidas humanas y materiales.

En nuestra ciudad existe un importante riesgo de sismos. Pero, además, al ser una metrópoli tiene un crecimiento vertical en construcciones debido al crecimiento poblacional, por lo que, para adaptarnos, se hace imprescindible la consideración del uso de nuevas técnicas respecto al concreto, que aporte en cuanto a las propiedades mecánicas y no suponga un alto costo, esto podría darse utilizando aditivos naturales o artificiales.

#### 1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad se ha buscado la mejora en la industria de la construcción, específicamente hablando del concreto, por lo que se ha usado numerosos tipos de aditivos químicos naturales o manufacturados con el objetivo de optimizar las propiedades del concreto para las diferentes condiciones que se requieran, sin embargo, esto se ha visto reflejado en un alto costo adicional, pero garantiza un mejor desempeño.

La microsílíce es un aditivo químico ultra fino que se produce como subproducto durante el desarrollo de silicio metal en hornos a alta temperatura. Este puede ser usado de dos formas: como parte del concreto en fase fresca con la intención de mejorar las propiedades del mismo o a modo de sustituir en cierta medida al cemento para mantener la misma calidad.

La microsílíce mejora las propiedades del concreto debido a que reacciona con el hidróxido de calcio derivado de la hidratación del cemento para formar más silicato de calcio con lo que se mejora la resistencia y se reduce la permeabilidad. Al ser partículas ultra finas éstas llenan los espacios vacíos entre las partículas del cemento disminuyendo el tamaño promedio de sus orificios obteniéndose un concreto muy denso e impermeable.

Ya que los costes de usar aditamentos químicos son elevados, como es el caso de la microsílíce, es necesario utilizar un sustituto que no sólo mantenga u optimice las características del concreto, sino también suponga un ahorro en comparación.

La diatomita es una roca sedimentaria silíceas de origen orgánico con características semejantes a la microsílíce, del cual el Perú posee yacimientos en explotación, y al ser natural supone altos costes en comparación a los de tipo químicos. Asimismo, sus características son similares a la microsílíce, por lo que es factible realizar un estudio experimental del empleo de ambas para diferentes resistencias del concreto a modo de obtener un concreto más económico y con mejores propiedades mecánicas.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general.

Realizar un análisis comparativo del uso de la diatomita y microsílíce como aditivos en la elaboración de concreto con resistencias de diseño de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $420 \text{ kgf/cm}^2$  en la ciudad de Arequipa y su costo beneficio.

#### 1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar las propiedades físicas de los agregados y de la diatomita.

- Realizar el diseño de mezcla de concreto empleando el método del ACI 211 para las siguientes resistencias:  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Realizar el diseño de mezcla de concreto empleando el método de Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados para las siguientes resistencias:  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Evaluar las propiedades físicas del concreto en estado fresco para las siguientes resistencias:  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto para las siguientes resistencias:  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$  para edades de curado de 7, 14 y 28 días.
- Evaluar la resistencia a la compresión del concreto para las siguientes resistencias:  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$  utilizando diatomita y microsílíce como aditivos al concreto en porcentajes de 5%, 10% y 15% para edades de curado de 7, 14 y 28 días.
- Determinar el método de diseño de mezcla de concreto más adecuado según los resultados obtenidos.
- Realizar un análisis de costos comparando un concreto convencional, un concreto con la utilización de diatomita y microsílíce.

#### 1.4. Hipótesis

Gracias a la utilización de diatomita y microsílíce como aditivos para concretos de resistencias de diseño de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $420 \text{ kgf/cm}^2$ , se conseguirá un

concreto con superiores propiedades mecánicas respecto al concreto tradicional, en la ciudad de Arequipa.

## **1.5. Alcance**

Para la realización de este estudio se dispondrá del uso de una metodología experimental y para ello se utilizarán elementos como el cemento Wari Tipo I, agregados fino y agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal de 1 pulg obtenido del yacimiento llamado La Poderosa, luego la diatomita de la Cantera Polobaya, ambos en la ciudad de Arequipa, en el caso de la microsílíce MAPEI Mapefluid PZ500, el superplastificante MAPEI Dynamon SP1 y agua subterránea del laboratorio de la UCSM.

También se hará uso de las metodologías ACI 211 y Módulo de finura de la combinación de agregados para el diseño de las mezclas siendo en total un número de 56, incluyendo el diseño de concreto tradicional y con adiciones de diatomita y microsílíce.

Para la fase fresca se establecerán las características de peso unitario, temperatura y asentamiento, luego para la fase endurecida se establecerá la característica de resistencia a la compresión, para lo cual se realizaron 1080 probetas.

Al finalizar se realizará una contrastación de ambas características establecidas en base a microsílíce y diatomita en relación al concreto habitual para efectuar un estudio de costos.

## **1.6. Justificación**

### **1.6.1. Justificación Social**

La utilización de diatomita como material de construcción es una alternativa para mejorar el concreto, por lo que generaría un beneficio social a los pobladores que viven en zonas aledañas a los yacimientos en Arequipa, generando puestos de trabajo durante la

explotación de las canteras, logrando así tener mayores ingresos económicos y por ende mejor calidad de vida.

### **1.6.2. Justificación Técnica**

Actualmente solo el microsílíce es usado en el rubro construcción en la ciudad de Arequipa, caso contrario sucede con el uso de diatomita. Sin embargo, las exigencias de tener concretos de mayor calidad en las diversas construcciones, conducen a que la diatomita sea una buena alternativa de aplicación en este rubro.

La diatomita contiene un alto porcentaje de óxido de sílice en su composición química, similar al microsílíce. La sílice es utilizada para elevar la resistencia del concreto, por lo tanto, se justifica su uso para conseguir mejores propiedades de los concretos para finalmente poder utilizarla en la industria de la construcción.

### **1.6.3. Justificación Económica**

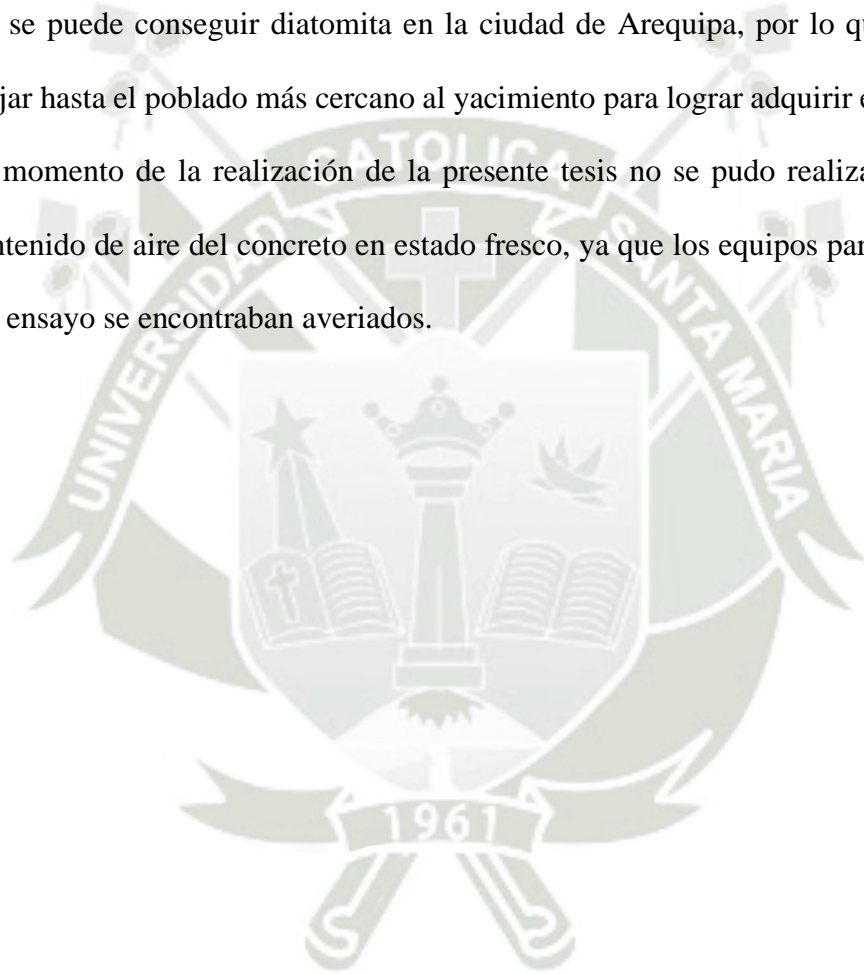
El microsílíce es un aditivo utilizado en la elaboración de diseños de mezclas de alta resistencia; el problema radica en que el microsílíce por ser un producto importado no es fácil de conseguir en nuestro país y su precio es elevado. Es así como surge la opción del empleo de la diatomita como alternativa de la microsílíce para la elaboración de concreto, siendo un producto nacional y económico.

### **1.6.4. Justificación Tecnológica**

La presente investigación tiene justificación tecnológica en el aporte para el mejoramiento del concreto en la industria de la construcción, a partir de la utilización de la microsílíce como aditivo químico y la diatomita como aditivo natural ubicada en los diversos yacimientos del Perú, especialmente en la cantera de Polobaya.

### 1.7. Limitantes de la investigación

- Difícil adquisición de microsílíce en la ciudad de Arequipa.
- No se cuenta con la disponibilidad de equipos y herramientas para realizar otros ensayos al concreto endurecido, como: permeabilidad y abrasión, es por ello que se realizarán ensayos a compresión.
- No se puede conseguir diatomita en la ciudad de Arequipa, por lo que se tiene que viajar hasta el poblado más cercano al yacimiento para lograr adquirir el material.
- Al momento de la realización de la presente tesis no se pudo realizar el ensayo de contenido de aire del concreto en estado fresco, ya que los equipos para la realización del ensayo se encontraban averiados.



## 1.8. Variables e indicadores de la investigación

**Tabla 1**

*Variables e Indicadores*

Variables	Indicadores		Unidades de estudio		Técnica	Instrumento
Diseño de Concreto $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$	Diatomita al 0%	Microsílice al 0%	Método del comité ACI 211	Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados	Ensayo de laboratorio	Equipos mecánicos y eléctricos de laboratorio
	Diatomita al 5%	Microsílice al 5%				
	Diatomita al 10%	Microsílice al 10%				
	Diatomita al 15%	Microsílice al 15%				
Diseño de Concreto $f'c=280 \text{ kgf/cm}^2$	Diatomita al 0%	Microsílice al 0%				
	Diatomita al 5%	Microsílice al 5%				
	Diatomita al 10%	Microsílice al 10%				
	Diatomita al 15%	Microsílice al 15%				
Diseño de Concreto $f'c=350 \text{ kgf/cm}^2$	Diatomita al 0%	Microsílice al 0%				
	Diatomita al 5%	Microsílice al 5%				
	Diatomita al 10%	Microsílice al 10%				
	Diatomita al 15%	Microsílice al 15%				
Diseño de Concreto $f'c=420 \text{ kgf/cm}^2$	Diatomita al 0%	Microsílice al 0%				
	Diatomita al 5%	Microsílice al 5%				
	Diatomita al 10%	Microsílice al 10%				
	Diatomita al 15%	Microsílice al 15%				

*Fuente: Elaboración propia*

## 1.9. Metodología

Los diseños de mezclas estarán regidos bajo la normativa del ACI 211 y bajo el método Módulo de finura de la combinación de agregados, los cuales serán evaluados en resistencias a la compresión de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup> adicionando diatomita y microsílize para cada uno de ellos con un porcentaje de 0, 5, 10 y 15 %.

Asimismo, se aplicarán distintos ensayos para los agregados, previo al diseño y evaluación de las características del concreto fresco y endurecido, teniendo como indicador esencial al ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días según la Normativa Técnica Peruana.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos, se evaluarán y compararán cada uno de ellos, obteniendo así conclusiones varias por cada uno de los objetivos propuestos para esta investigación.

### 1.9.1. Análisis de la normatividad.

Las Normas Técnicas Peruanas son documentos en los que se constituyen los requerimientos de calidad para normalizar tanto productos como servicios.

Estas, son elaboradas por profesionales que conforman los Comités Técnicos de Normalización (CTN), y lo integran representantes de tres sectores:

- Productores / Empresa Privada
- Consumidores / Entidades Públicas
- Técnicos / Academia.

Para la aprobación de una Norma Técnica Peruana cada sector emite un voto por consenso y aprueba el Proyecto de Norma Técnica Peruana, el mismo que ingresa a la etapa

de discusión pública por 30 a 90 días y luego de ese periodo se publica la NTP en el diario Oficial El Peruano.

Por lo que luego de su publicación, puede ser usado como base o guía para cualquier proyecto y en este caso investigación.

### **1.9.2. Caracterización de materiales.**

Para utilizar y combinar adecuadamente los materiales de construcción, se deben conocer sus propiedades, debido que las características de estos pueden variar, por lo que es sumamente necesario someterlos a ciertos ensayos para conocer sus propiedades.

En el caso del cemento, se requiere conocer su peso específico, el cual se obtuvo de la ficha técnica del producto.

Para el agregado grueso se debe conocer las siguientes propiedades:

- Peso específico de masa
- Absorción
- Humedad contenida
- Módulo de finura
- Tamaño límite representativo
- Peso seco suelto

Y, para el agregado fino se requiere conocer las siguientes propiedades:

- Peso específico de masa.
- Absorción
- Humedad contenida
- Módulo de finura
- Peso seco suelto

### 1.9.3. Diseños de mezcla.

La finalidad de este diseño es la obtención de concreto que cumpla ciertos requisitos requeridos en estado fresco y endurecido al menor costo posible o con la menor cantidad de insumos.

La forma de elaborar una mezcla de concreto básica incluye lo siguiente:

- Recaudar información sobre los materiales, resistencia a la compresión que se pretende, el contexto ambiental mientras se realiza el vaciado, entre otros.
- Determinar la resistencia requerida.
- Seleccionar el tamaño límite representativo del agregado grueso.
- Selección del sitio.
- Determinación del volumen de agua.
- Determinación del contenido de aire.
- Seleccionar la relación agua/cemento.
- Cálculo del contenido de cemento.
- Cálculo de los pesos de los agregados.
- Mostrar el diseño de mezclas en condiciones secas.
- Modificación por humedad del diseño de mezcla en estado seco.
- Presentar el diseño de mezclas en condiciones húmedas.
- Se aplicará distintos ensayos tanto para el concreto fresco como endurecido.

En este caso, se utilizarán uno de los dos métodos más comunes para dosificar concreto en la ciudad: ACI 211 y Módulo de finura de la combinación de agregados

#### 1.9.4. Determinación de propiedades del concreto.

Se aplicará distintos ensayos tanto para el concreto fresco como endurecido. El concreto en estado fresco posee distintas características, una de ellas es la trabajabilidad, existe una prueba para medir esta propiedad en el concreto, la cual es conocida como “prueba slump”, para la cual necesitas una plancha base, un cono y una varilla metálica.

Dicho ensayo trata sobre la medición de la altura de una masa de concreto después de ser sacada del cono que ha sido usado como molde siendo los resultados directamente proporcionales, ya que, a mayor altura, mejor trabajabilidad.

Otras propiedades de este concreto son: la temperatura, importante para conocer la contribución calórica de cada uno de los elementos del concreto además del calor soltado por el cemento hidratado, y el peso unitario, para determinar las variaciones en la densidad del concreto.

De la misma manera, el concreto en estado endurecido tiene dos propiedades importantes: la elasticidad y la resistencia, de las cuales se llevará a cabo la segunda en mención por su importancia en la presente investigación.

La resistencia, es la disposición para aguantar las cargas que se le administren. Por tanto, la resistencia a la compresión se estima sobrecargando el concreto dispuesto como probeta cilíndrica y expuesto a una máquina de compresión, luego de lo cual se estima la carga de máxima ruptura que alcanza la probeta entre su área promedio de sección, el cálculo se expresa en  $\text{kgf/cm}^2$ .

Asimismo, los efectos obtenidos como resultado, se usan sobre todo para saber si la mezcla de concreto satisface las demandas de resistencia establecido inicialmente en el diseño.

### **1.9.5. Toma de datos.**

Se recopilarán y analizarán los resultados obtenidos de las propiedades del concreto, considerando la resistencia necesaria según el diseño de mezclas, porcentaje de aditivo que se adicionará (ya sea microsílíce o diatomita) y la resistencia a la compresión obtenida como propiedad del concreto endurecido a los 7, 14 y 28 días respectivamente.

### **1.9.6. Análisis de resultados.**

Se debe realizar un análisis de los resultados obtenidos para poder alcanzar el objetivo de la presente investigación se debe analizar los resultados obtenidos, con la finalidad de garantizar los resultados obtenidos.

Asimismo, existirá una variación por cada probeta de concreto obtenida, para lo cual se debe verificar su desviación estándar entre los resultados por cada diseño de mezclas, así como analizar la diferencia con las que presentan adiciones de microsílíce y diatomita con proporciones o porcentajes definidos.

De igual manera, con los mismos resultados, se hallará el coste unitario de cada diseño de mezcla con su respectiva adición de microsílíce y diatomita.

## CAPÍTULO II.

### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Concreto

En la industria de la construcción, el concreto se utiliza con mayor frecuencia como componente principal para la construcción de estructuras o superestructuras como edificios multifamiliares, cimentaciones, represas de agua y muros de contención. Estas son solo algunas de las formas en que se implementa el concreto en la construcción.

Este es un componente que posee resistencia a la compresión y que se consigue gracias a la mezcla de agregados que, al solidificarse, puede resistir esfuerzos grandes de compresión, cuya calidad es un aspecto fundamental que comienza en la concepción del proyecto mientras se especifican las resistencias apropiadas requeridas para soportar la estructura. Asimismo, debido a los requisitos en un proyecto es que resulta imprescindible utilizar aditamentos para poder optimizar sus características.

##### 2.1.1. Composición

La mezcla de concreto típica se compone de aproximadamente un 10% de cemento, un 20% de aire y agua, un 30% de arena y un 40% de grava. Esto se llama la regla 10-20-30-40, aunque las proporciones pueden variar según el tipo de cemento y otros factores.

##### a) Cemento

El cemento es un ingrediente esencial en el concreto. Este se compone sobre todo de silicatos de calcio hidráulico que actúan con el agua y posteriormente produciendo una reacción química que lo transforma en el más importante aglomerante.

También es lo que permite que la mezcla preparada se endurezca una vez colocada. Las Normativas Técnicas Peruanas NTP (2020) 334.090 y NTP (2020) 334.082 nos dan categorías de aditamentos de cementos junto a los requerimientos tanto físicos como químicos que se estará obligado a satisfacer.

**b) Grava y arena**

Los agregados de grava (agregado grueso) y arena (agregado fino), constituyen aproximadamente el 70% de la mezcla de concreto. Este alto porcentaje hace que la mezcla sea más económica, ya que la grava y la arena son más económicas que el cemento.

La grava constituye la mayor parte y las partículas de arena más pequeñas hacen un buen trabajo al rellenar los espacios entre los agregados que, de no incluirse, podrían llenarse con burbujas de aire no deseadas.

Se clasifican según el tamaño de presentación y una buena mezcla de concreto incluye cantidades proporcionales tanto arena (agregado fino) como de grava (agregado grueso).

La Norma NTP (2021) 400.037 nos da medidas obligatorias para que se tenga una condición aceptable.

**c) Agua**

Entre todos los ingredientes involucrados para la mezcla, el agua tiende a tener el mayor impacto. Cuanta más agua se agregue a la mezcla, menos resistencia tendrá la mezcla endurecida. Asimismo, cuando se utiliza demasiada agua, puede surgir la contracción y el agrietamiento, debido que el exceso de agua eventualmente se evaporará del concreto endurecido, causando que el concreto se encoja y se agriete.

Una cantidad ideal de agua se puede medir por la proporción de agua a cemento, que debe variar entre 0.4 y 0.6. Cuanto mayor sea la relación, más débil será el concreto. Una buena forma de probar la solubilidad del concreto es realizar un ensayo de asentamiento o slump. Esto ayudará a determinar si la mezcla contiene demasiada agua.

La Norma Técnica Peruana (2014) 339.088 señala que este elemento hace que se den las reacciones químicas en los materiales de cemento y que es preferible la utilización de agua potable u otros acordes a la norma.

**d) Aire**

Para que una mezcla sea eficaz, se necesita una cierta cantidad de arrastre de aire (pequeñas burbujas de aire) en el concreto. El cemento con aire incorporado asegura que el exceso de agua tenga la posibilidad de expandirse cuando pasa por el ciclo de congelación-descongelación. Sin embargo, estas burbujas de aire deben ser microscópicamente pequeñas o, de lo contrario, el aire atrapado conducirá a la contracción y el agrietamiento.

La norma NTP (2023) 339.047 indica las situaciones siguientes sobre el aire:

*Aire accidental:* Vacíos que hay en la mezcla desarrollados de forma no deliberada, con medidas desde 1mm y que esto se dé no es óptimo para la mezcla.

*Aire incorporado:* Vacíos que hay en la mezcla desarrollados de forma deliberada con la utilización de aditivos, con medidas de entre 10  $\mu\text{m}$  y 1000  $\mu\text{m}$ , que esto se dé es óptimo para la trabajabilidad en fresco y el comportamiento del concreto expuesto a una temperatura baja.

### 2.1.2. Propiedades del concreto en estado fresco

Se enumeran las siguientes:

- Trabajabilidad
- Temperatura
- Relación agua cemento
- Segregación
- Exudación
- Contracción plástica
- Tiempo de fraguado
- Hidratación

Siendo la propiedad principal la trabajabilidad, ya que el concreto fresco debe poder esparcirse uniformemente sin inducir la segregación de los agregados.

#### 2.1.2.1. Trabajabilidad

Esta es una propiedad con diversos aspectos, definida por la facilidad y homogeneidad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto.

La forma habitual de calcular la trabajabilidad es por el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams, de esta manera se puede obtener una medida numérica respecto a esta propiedad. (Pasquel, 1998)

Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, y Tanesi, (2004) comenta que el ensayo de asentamiento o slump cuyo objeto principal es calcular la disposición del concreto de ser consistente, también ayuda para obtener una aproximación numérica de trabajabilidad.

Cada parte de concreto necesita un revenimiento específico, esto se hará de acuerdo a las

circunstancias del vaciado. La forma de proceder se muestra en la norma NTP (2022) 339.035.

Un concreto comúnmente es factible de trabajarse, cuando al desplazarse conserva una capa de mortero mínimo de 1/4 de pulgada en el agregado grueso. (Pasquel, 1992)

Enrique Pasquel (1992) en su libro menciona que la forma habitual de medir la trabajabilidad fue el "Slump", pero es necesario tomar en cuenta que esto se trata sobre todo de una prueba de uniformidad, ya que es posible conseguir concretos con un asentamiento similar, pero con una muy diferente trabajabilidad.

También el autor dice, que para obtener un número más relevante como indicador se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- *Estabilidad:* Desplazamiento del concreto sin fuerza externa alguna, cuantificada a partir de la exudación y segregación.
- *Compactabilidad:* Sencillez que tiene el concreto fresco de compactar.
- *Movilidad:* Es la sencillez del concreto de desplazarse por medio del empleo de trabajo externo.

**Tabla 2**

*Trabajabilidad, revenimiento y factor de compactación de concretos con tamaño máximo de agregado de 3/4 a 1 1/2 de pulgada*

Grado de Trabajabilidad	Revenimiento		Factor de compactación		Uso Adecuado del Concreto
	mm	pulg	Aparato Pequeño	Aparato Grande	
Muy pequeño	0 - 25	0 - 1	0.78	0.80	El concreto podrá compactarse en ciertos casos con máquinas operadas manualmente
Pequeño	25 - 50	1 - 2	0.85	0.87	El concreto podrá compactarse manualmente en

Grado de Trabajabilidad	Revenimiento		Factor de compactación		Uso Adecuado del Concreto
	mm	pulg	Aparato Pequeño	Aparato Grande	
					pavimentos que empleen agregados de forma redonda o irregular
Medio	50 - 100	2 - 4	0.92	0.935	Losas planas usando agregados triturados compactadas manualmente
Alto	100 - 175	4 - 7	0.95	0.96	Para secciones congestionadas de refuerzo. No adecuado para vibrarse

*Fuente:* Enrique Pasquel (1992 – 1993)

Los factores que afectan la trabajabilidad son los siguientes:

- Influencia de las magnitudes de la mezcla
- Influencia de las características agregadas
- Influencia de los aditivos

#### 2.1.2.2. Temperatura

Esta se considera un factor clave que obedece a otros elementos, como la composición química del cemento, temperatura del agua utilizada, contexto del clima, entre otros. La norma NTP (2021) 339.184 muestra la forma de proceder para el cálculo de la temperatura en estado fresco.

Por otra parte, el Indian Standard Code of Practice for Extreme Weather Concreting (1975) recomienda no colocar el concreto a una temperatura superior a 40 °C sin las debidas precauciones.

Las primeras 24 a 72 horas después de la colocación del concreto en estado fresco son muy importantes, porque se produce la hidratación del mismo, que es un proceso químico en el que el concreto gana su resistencia.

Si la temperatura del concreto no se controla y supera el rango máximo durante la hidratación, se producen tensiones y se forman grietas en el mismo. Pero, si la temperatura cae por debajo de la temperatura mínima, el concreto tarda mucho en fraguar y el proceso de hidratación se ralentiza.

### **2.1.2.3. Relación agua cemento**

Es la proporción de cemento y agua utilizada en la preparación del concreto, la cual es de suma importancia, puesto que, si el porcentaje de agua utilizado es menor al necesario, entonces no habrá suficiente cantidad de agua para hidratar el cemento y daría como resultado un concreto débil y poroso.

La tendencia habitual es utilizar demasiada agua que da una mezcla más trabajable, pero, al mismo tiempo, da como resultado la segregación de los agregados y da lugar a un concreto poroso de baja resistencia y baja densidad.

Por lo tanto, se necesita cierta proporción de agua para hidratar completamente el cemento y crear un concreto lo suficientemente trabajable, ya que su resistencia obedece a la proporción de agua respecto al cemento en la mezcla.

La relación agua cemento no debe superar los límites especificados para diferentes tipos de concreto y debe considerarse mantenerlo tan bajo como los métodos de diseño lo permitan.

Abrams, como resultado de un gran número de experimentos, afirma que “con los materiales y las condiciones de la prueba dados, la correspondencia entre la cantidad de

cemento y la cantidad de agua solo determina la potencia del hormigón siempre que la mezcla sea de plasticidad viable".

Esto se conoce como ley de la relación agua cemento y según esta ley, la resistencia del concreto no aumentará aumentando la cantidad de cemento a menos que se reduzca la correspondencia agua cemento.

#### 2.1.2.4. Segregación

Es una característica perteneciente al concreto en estado fresco, en la que este se descompone en las porciones que la forman. (Abanto, 1996)

La segregación se origina porque los componentes del concreto poseen una diferenciación de densidades significativa, ocurriendo que las partículas con más peso caigan. (Pasquel, 1992)

La segregación suele deberse a una vibración excesiva del concreto. Los distintos componentes de la mezcla tienen diferentes pesos, por lo que mientras el concreto está en estado líquido, existe una tendencia a que los materiales más pesados se asienten en el fondo y, los más livianos asciendan a la parte superior.

Debido a esto, la segregación afecta la resistencia del concreto y su porosidad. Además, si el concreto muestra una tendencia a separar los agregados gruesos del resto del material, indica su separación en el concreto, lo cual causa los siguientes efectos nocivos:

- Formación de una superficie en forma de panal con huecos y espacios.
- Alta permeabilidad.
- Baja resistencia a la compresión.
- Pésimo acabado de la superficie.

#### 2.1.2.5. Exudación

Se refiere al hecho de que una porción del agua propende a subir a la superficie a causa de que los sólidos se sedimentan. (Abanto, 1996)

Esto se debe a la ganancia de agua, en la que algo de agua del concreto fluye a la superficie del concreto, con la menor gravedad específica entre todos los componentes del concreto.

Se puede prevenir la exudación en el concreto, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Con proporciones adecuadas de los agregados y su mezcla uniforme.
- Mediante el uso de materiales puzolánicos.
- A través de la utilización de cemento fino o cemento con bajo volumen de álcali.

#### 2.1.2.6. Contracción plástica

Esto sucede cuando el concreto se contrae en el transcurso del endurecimiento y secado de la mezcla, causado por la merma por la evaporación del sobrante de agua. Si se quita agua del concreto antes de que fragüe, el volumen del concreto se aminora por la cantidad de agua eliminada. Esta reducción de volumen se conoce como contracción plástica.

Esta es la contracción que le ocurre al concreto en estado fresco hasta que fragua por completo. Asimismo, el agua puede eliminarse del concreto por evaporación o al ser absorbida por superficies secas o por el encofrado de madera seca.

Llamado también contracción por secado, y que se constituye como la principal causa de los inconvenientes respecto a las fisuras, ya que acontece en el estado plástico y

en el estado endurecido, esta contracción por secado se puede prevenir restableciendo el agua extraviada por secado. (Pasquel, 1992)

#### **2.1.2.7. Peso unitario**

Según la norma Norma Técnica Peruana NTP (2019) 339.046 la prueba tiene el objeto de conseguir las densidades de los concretos frescos, con la finalidad de poder calcular el rendimiento ulteriormente, así como el contenido de cemento y aire. Para ello se muestra la forma de proceder desarrollada en esta norma.

#### **2.1.3. Propiedades del concreto en estado endurecido**

Se enumeran a continuación:

- Resistencia mecánica.
- Porosidad y densidad.
- Resistencia al fuego.
- Aislamiento térmico y acústico.
- Impermeabilidad
- Durabilidad.
- Resistencia al impacto.

Siendo la característica principal la de resistencia mecánica, ya que se dosifican los materiales de acuerdo a la resistencia que se quiera alcanzar.

##### **2.1.3.1. Resistencia mecánica**

Este aspecto juega un papel fundamental en la construcción de cualquier estructura y ayuda a identificar si puede utilizarse en una determinada construcción.

Dicha resistencia se le considera como el límite que aguanta el material, en este caso del concreto, sin que este se fracture determinando su calidad. (Rivva, 2007)

Cuando hablamos de la resistencia del concreto generalmente se considera la resistencia a la compresión, porque sabemos que este es fuerte en compresión y débil en tensión, gracias a los caracteres asociados a dicha mezcla.

Existe un elemento que afecta la resistencia indirectamente, acoplándose en el momento de la hidratación y con el cual es imposible que se manifiesten las propiedades de resistencia en el concreto, este es el llamado curado. (Pasquel, 1992)

A continuación, se muestran los factores por los cuales la resistencia del concreto es afectada:

- Tipo de agregados
- Proporción agua cemento
- Tipo de cemento
- Tipos de aditivos utilizados
- Las condiciones climáticas
- Condiciones de curado
- Método de preparación

### 2.1.3.2. Impermeabilidad

La impermeabilidad es una de las características del concreto endurecido que resiste el paso del agua por sus poros. La permeabilidad afecta directamente la durabilidad del concreto por lo que es muy necesario que el concreto sea menos permeable.

El exceso de relación agua cemento puede desarrollar poros o cavidades en el concreto, lo que hace que el concreto sea permeable.

### 2.1.3.3. Durabilidad

Se entiende por durabilidad al hecho de que, el concreto sea durable en cuanto a sus características a través del tiempo una vez se ha endurecido y sometido a circunstancias desfavorables o el mismo efecto natural del uso, para mantener su capacidad estructural. (Rivva, 2007, p.44)

La durabilidad afecta la calidad del concreto endurecido siendo la capacidad para soportar todas las fuerzas del deterioro. Se conoce como el período de existencia del concreto sin verse afectado negativamente por condiciones ambientales agresivas.

Hay varias causas que afectan la durabilidad del concreto endurecido como la acción de las heladas, la reacción química o la reacción álcali-agregado. La razón de la acción de las heladas se debe al helamiento del agua dentro de los pequeños agujeros del concreto en un clima extremadamente frío.

### 2.1.3.4. Elasticidad

La estabilidad dimensional también es una de las características del concreto endurecido. La estabilidad dimensional no es más que el comportamiento del concreto bajo diversas fuerzas.

Ahora bien, el concreto no es completamente elástico ni completamente plástico. Cuando se carga el concreto endurecido, este se deforma.

El cambio dimensional permanente en el concreto endurecido se debe a la carga durante un período más largo. Su valor depende principalmente de la tensión y la edad del concreto en el momento de la carga.

### 2.1.3.5. Contracción

Existen tres tipos de retracción por los que sufre el hormigón endurecido y que son importantes en cuanto a su estabilidad dimensional.

- La contracción plástica es un tipo de contracción en la que el concreto recién colocado en el sitio de construcción sufre hasta que fragua por completo. La tasa de contracción plástica depende sobre todo de la tasa de evaporación del agua y la temperatura del concreto. La contracción plástica del concreto es proporcional al contenido de cemento, es decir a mayor cemento mayor contracción plástica del concreto.
- Un tipo de contracción que podemos encontrar es la contracción por secado, la cual que ocurre después de que el concreto se ha fraguado y endurecido por completo. Hay algunos cambios de volumen después que el cemento ha fraguado.
- La contracción térmica es una clase de contracción que se produce por la caída de la temperatura del concreto desde que se coloca hasta que fragua por completo.

## 2.2. Cemento Portland

Apaza y Salcedo (2019) señalan que este es un aglomerante hidráulico, es decir el cemento es un material inorgánico que al momento de ser mezclado con agua crea una pasta que se endurece y fragua a través de ser hidratado y que finalmente mantiene su resistencia a pesar de que se sumerja en agua

Una mezcla homogénea de arcilla y caliza artificial con una curva granulométrica de 0 a 150  $\mu$  y homogeneizada; con una proporción de arcilla muy próxima al 20% y estrictamente dosificada para poder conseguir la combinación prácticamente total de CaO. (F. Gomá, 1979)

Se calcina a la temperatura de clinkerización comprendida entre los 1400° C y 1650° C, lo que permite esta incorporación del CaO. Se produce una cantidad de fase líquida del orden de un tercio del peso del material y se obtiene por enfriamiento el clínker de cemento portland compuesto de silicatos, aluminatos y una pequeña cantidad de CaO, próxima al 1%. (F. Gomá, 1979)

Es desarrollado a través de triturar el clínker compuesto sobre todo de silicatos de calcio hidráulicos, y frecuentemente incorporan sulfato de calcio y a veces caliza como añadido mientras se realiza la molienda. (NTP 334.009, 2022)

### **2.2.1. Historia de cemento**

El empleo de materiales cementantes es muy antiguo. Los egipcios ya utilizaban yeso impuro calcinado. Los griegos y los romanos utilizaban caliza calcinada y, posteriormente, aprendieron a mezclar cal con agua, arena y piedra triturada o ladrillo y tejas quebradas. Este fue el primer concreto de la historia. Un mortero de cal no endurece bajo el agua; por lo tanto, para construcciones sumergidas en agua, los romanos mezclaban cal con ceniza volcánica o con tejas de arcilla quemada, finamente trituradas. La sílice activa y la alúmina que se encuentran en las cenizas y en las tejas se combinaban con la cal para producir lo que se conoce como cemento Puzolánico, proveniente del nombre del pueblo de Pozzuoli, cerca del Vesubio, donde se encontró por primera vez ceniza volcánica. El nombre del cemento Puzolánico se utiliza hasta nuestros días para describir cementos obtenidos simplemente de moler materiales naturales a temperatura normal. Algunas de las estructuras romanas en las cuales la mampostería se unió con morteros, tales como el Coliseo en Roma y el Pont du Gard, cerca de

Nîmes, y estructuras de concreto tal como el Phanteon en Roma han sobrevivido hasta esta época, con su material cementante aún duro y firme. En las ruinas de Pompeya, a menudo el mortero se encuentra menos dañado por la intemperie que la piedra blanda. (Neville, 2011)

En la Edad Media hubo una disminución general en la calidad y el uso del cemento y solo en el siglo XVIII se observó un progreso en el conocimiento de los cementos. En 1756, John Smeaton fue comisionado para rehacer el faro de Eddystone, en las costas de Cornish, Inglaterra, y reveló que el mejor mortero se obtenía cuando se mezclaba puzolana con caliza que contenía una alta cantidad de material arcilloso. Al darse cuenta del importante papel de la arcilla, que hasta entonces no se consideraba conveniente, Smeaton fue el primero en conocer las propiedades químicas de la cal hidráulica, un material que se obtiene al quemar una mezcla de cal y arcilla. (Neville, 2011)

A partir de esto, se desarrollaron otros tipos de cementos hidráulicos, tal como el cemento romano que obtuvo James Parker por calcinación de nódulos de caliza arcillosa; que vinieron a culminar en la patente del cemento portland que obtuvo en 1824 Joseph Aspdin, un ladrillero, albañil y constructor de Leeds. Este cemento fue preparado calentando una mezcla de arcilla finalmente triturada y caliza dura en un horno, hasta eliminar el  $\text{CO}_2$ ; esta temperatura era mucho más baja que la necesaria para la formación de clinker. El prototipo de cemento moderno lo obtuvo en 1845 Isaac Johnson, quien quemó una mezcla de arcilla y caliza hasta formar clinker, con lo cual se produjo la reacción necesaria para la formación de un compuesto cementante. (Neville, 2011)

El nombre del cemento portland, concebido originalmente debido a la semejanza de color y calidad entre el cemento endurecido y la piedra de portland, una caliza obtenida en una cantera de Dorset, se han conservado en todo el mundo hasta nuestros días para describir un

cemento que se obtiene al mezclar minuciosamente materiales arcillosos, cal y otros materiales que incluyen sílice, alúmina, y óxidos de fierro, quemándolos a una temperatura de formación de clinker y por medio de la molienda el clinker resultante. (Neville, 2011)

### 2.2.2. Tipos de cemento

La NTP (2020) 334.090 y la Especificación estándar de American Society for Testing and Materials (ASTM) para cemento Portland ASTM (2021) C150 instauro los requerimientos que corresponden para los tipos de cementos Portland que se indican a continuación:

- **Tipo I.** - El producto estándar que se ha utilizado durante mucho tiempo sin limitación en las proporciones de los óxidos más importantes ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), también denominado "cemento Portland ordinario". Para ser utilizado normalmente y que no necesite características específicas para cualquier otro tipo.
- **Tipo II.** - Este cemento posee una resistencia moderada al ataque de sulfatos debido a ciertas limitaciones de composición. A veces llamado cemento de calor moderado, es intermedio entre el tipo I y el cemento de bajo calor Tipo IV. Sin embargo, si se desea un calor de hidratación medio, se debe invocar el límite opcional del calor de hidratación al especificar u ordenar. Para ser utilizado normalmente, y específicamente al quererse una resistencia media a los sulfatos.
- **Tipo II (MH).** - Para ser utilizado normalmente, y específicamente al quererse un calor de hidratación medio y también una resistencia media a los sulfatos

- **Tipo III.** - El cemento Pórtland con una resistencia inicial alta, a menudo se produce triturando el clínker Tipo I más fino o alterando la composición química del cemento. Se utiliza cuando se alta pre-resistencia.
- **Tipo IV.** – El cemento de baja temperatura. Para ser utilizado al quererse bajas temperaturas de hidratación.
- **Tipo V.** – El cemento resistente a los sulfatos con límites de composición adecuados. Para usar al quererse una alta resistencia a los sulfatos.

Y, Pasquel (1992) complementa dicha información incorporando su apreciación sobre los tipos de cementos Portland:

- **Tipo I.** - El más utilizado en los trabajos de hormigón, y aquellas obras donde no se detalla la clase de cemento que requieren, como pueden ser: estructuras industriales, edificaciones, entre otros. Este tipo genera un alto calor de hidratación.
- **Tipo II.** – Este supone un bajo calor de hidratación sobre todo para trabajos de concreto y trabajos en los que influye un poco el accionar de sulfatos, como pueden ser: tuberías de concreto o puentes.
- **Tipo III.** – Este requiere una resistencia al principio que sea elevada, esto cuando la estructura de concreto precisa de ser cargada en el menor tiempo que se pueda o cuando se requiere desencofrar a cortos días haber vaciado el concreto.
- **Tipo IV.** – Este necesita poco calor de hidratación y es necesario que mientras se da el proceso de fraguado no haya dilataciones (Presas).

- **Tipo V.** - Para resistencias que están sujetas a recibir sulfatos de manera concentrada, estos pueden ser sumideros, canales, obras en los puertos.

Por otra parte, el cemento Portland también se puede especificar según ASTM (2021) C1157 sobre la especificación de rendimiento estándar para cemento hidráulico como:

- **Tipo GU.** - Uso general.
- **Tipo HE.** - Gran resistencia al principio.
- **Tipo MS.** - Media resistencia a los sulfatos.
- **Tipo HS.** - Gran resistencia a los sulfatos.
- **Tipo MH.** - Calor medio de hidratación.
- **Tipo LH.** - Poco calor de hidratación.

El cemento Portland también se utiliza en la fabricación de cementos combinados de acuerdo con ASTM C595 o ASTM C1157.

### 2.2.3. Composición Química

Formada por diversos componentes como:

- Oxido de calcio (CaO) dado por la cal.
- Dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), hallado en la arcilla conexo al óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) y el óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
- Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>), del yeso

Se le agrega yeso para demorar el fraguado, pues al moler el clinker y colocarle el agua fraguaría rápidamente, y no se podría manipular ni instalar. Dicha demora se da gracias a los iones SO<sub>4</sub>. (Cementos Tequendama, 2017)

Según la NTP (2020) 334.090 el cemento no debe contener adiciones, excepto los siguientes: clinker de cemento Portland, agua o sulfato de calcio o ambos, caliza, adiciones inorgánicas de proceso y adiciones orgánicas de proceso.

La Norma Técnica Peruana NTP (2020) 334.090 afirma que cada tipo de cemento Portland debe cumplir con los requisitos de composición química correspondiente especificados en la Tabla 3. Los requisitos químicos opcionales se indican en la Tabla 4.

**Tabla 3**  
*Requisitos Químicos del cemento Portland*

Requisitos	Método de ensayo aplicable	Tipo de cemento					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Oxido de aluminio, (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), máx. %	NTP 334.086	-	6,0	6,0	-	-	-
Oxido férrico, (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), máx. %		-	6,0 <sup>B</sup>	6,0 <sup>B, C</sup>	-	6,5	-
Oxido de magnesio, (MgO), máx. %		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de azufre, (SO <sub>3</sub> ), máx. %							
Cuando (C <sub>3</sub> A) es 8% o menos		3,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
Cuando (C <sub>3</sub> A) es más del 8%		3,5			4,5		
Pérdida por ignición, máx. %		3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Residuo insoluble, máx. %		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Silicato tricálcico, (C <sub>3</sub> S), máx. %		-	-	-	-	35	-
Silicato dicálcico, (C <sub>2</sub> S), mín. %		-	-	-	-	40	-
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), máx. %		-	8	8	15	7	5
Suma de C <sub>3</sub> S + 4,75 C <sub>3</sub> A, máx. %		-	-	100	-	-	-
Alumino-ferrito tetracálcico, más dos veces el aluminato tricálcico (C <sub>4</sub> AF+2(C <sub>3</sub> A)), o solución sólida, (C <sub>4</sub> AF+C <sub>2</sub> F) , como sea aplicable, máx. %	-	-	-	-	-	-	25

Fuente: Norma Técnica Peruana 334.090 (2020)

**Tabla 4**

*Requisitos Químicos opcionales del cemento Portland*

Requisitos	Método de ensayo	Tipo de cemento						Observaciones
		I	II	II(MH)	III	IV	V	
Aluminato tricálcico, (C <sub>3</sub> A), máx. %	-	-	-	-	8	-	-	Para moderada resistencia a los sulfatos.
Aluminato tricálcico, (C <sub>3</sub> A), máx. %	-	-	-	-	5	-	-	Para alta resistencia a los sulfatos.
Álcalis equivalentes, (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O), máx. %	NTP 334.086	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	Cemento de bajo contenido de álcali

*Fuente: Norma Técnica Peruana 334.090 (2020)*

#### 2.2.4. Composición Física

La Norma Técnica Peruana (2020) 334.090 afirma que todos los tipos de cemento Portland, deben efectuar con los requisitos físicos que se muestran en la Tabla 5. Los requisitos físicos opcionales se indican en la Tabla 6.

**Tabla 5**

*Requisitos físicos del cemento Portland*

Requisitos	Método de ensayo NTP	Tipo de cemento					
		I	II	II(MH)	III	IV	V
Contenido de aire del mortero volumen %:	334.048						
Máx.		12	12	12	12	12	12
Mín.		-	-	-	-	-	-
Finura, superficie específica (m <sup>2</sup> /kg) (Métodos alternativos):	334.072						
Ensayo de Turbidímetro							
Mín.		150	150	150	-	150	150
Máx.		-	-	245	-	245	-
Ensayo de Permeabilidad al aire	334.002						
Mín.		260	260	260	-	260	260
Máx.		-	-	430	-	430	-
Expansión en autoclave,	334.004						
Máx., %		0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación:	334.051						
Resistencia a la compresión, MPa							
1 día		-	-	-	12.0	-	-
3 días		12.0	10.0	10.0	24.0	-	8.0
7 días		19.0	17.0	17.0	-	7.0	15.0
28 días		-	-	-	-	17.0	21.0
Tiempo de fraguado	334.006						
Ensayo de Vicat, minutos							
No menor que:		45	45	45	45	45	45
No mayor que:		375	375	375	375	375	375

*Fuente: Norma Técnica Peruana (2020) 334.090*

**Tabla 6**

Requisitos físicos opcionales del cemento Portland

Requisitos	Método de ensayo NTP	Tipo de cemento				
		I, II	II(MH)	III	IV	V
Falso fraguado, penetración final, Mín., %	334.065	50	50	50	50	50
Calor de hidratación 7 días, máx., kJ/kg 28 días, máx., kJ/kg	334.064	- -	290 -	- -	250 290	- -
Resistencia a la compresión, 28 días, MPa	334.051	28.0	28.0	-	-	-
Resistencia a sulfatos, 14 días máx., % expansión	334.065	-	-	-	-	0.040
Ensayo de Gillmore: Fraguado inicial, minutos, no menor que: Fraguado final, minutos, no mayor que:	334.056	60 600	60 600	60 600	60 600	60 600
Prueba de turbidímetro Mín. Máx.	334.072	150 -	150 245	- -	150 245	150 -

*Fuente: Norma Técnica Peruana (2020) 334.090*

### 2.2.5. Cemento Wari Tipo I

Este tipo de cemento es para ser utilizado de manera general y es perfecto para las estructuras de edificios y trabajos de construcción que requieran resistencias elevadas al principio y al final, alcanzando edificaciones sólidas y de calidad sismo-resistente conforme a la normativa: NTP (2022) 334.009 / ASTM C-150.

Su uso recomendado, sin ser limitante es en trabajos de construcción comunes cuando no se detalla un tipo especial de cemento, para elaboración de concretos para elementos

estructurales, en la producción de elementos pre-fabricados de todo tipo e ideal para diseñar concretos de alta resistencia.

Su Ficha Técnica describe los siguientes beneficios:

- **12% mayor rendimiento.** - La presentación ofrece a los clientes un cemento de alta calidad. Garantizando un ahorro en el consumo del cemento.
- **Mayor resistencia.** - Por la alta calidad del Clinker (sub productos de piedras calizas y arcillas). Cemento Wari tipo I ofrece altas resistencias a compresión en base a la Norma Técnica Peruana e Internacional ASTM.
- **49% menor tiempo de desencofrado.** - El rápido avance de resistencias al inicio y al final hace que haya un tiempo mínimo en el desencofrado. Generando ahorro, reduciendo la mano de obra y optimizando tiempos en el avance de la construcción.
- **Bajo álcali – agregado.** - Frente a la presencia de agregados reactivos, su bajo contenido de álcalis presente en el cemento, combate la fisuración del concreto.

Tiene ciertas características técnicas, que cumplen con las especificaciones mencionadas en la NTP 334.009 y ASTM C150. Las cuales se muestran en la Tabla 7 y Tabla 8.

**Tabla 7**

*Características físicas del Cemento Wari Tipo I & NTP 334.009*

<b>Características físicas</b>	<b>Cemento Wari Tipo I</b>	<b>Tipo I NTP: 334.009 ASTM C150</b>
Contenido de aire, máx. %	5%	Máximo 12
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	3300 cm <sup>2</sup> /g	No específica
Expansión de autoclave, máx. %	0.08 %	Máximo 1.5
Peso específico	3.14 g/ml	No específica
Resistencia a la compresión		
3 días MPa	26.5	Mínimo 12.0
7 días MPa	33.1	Mínimo 19.0
28 días MPa	45.7	No específica
Tiempo de fraguado vicat, minutos		
Inicial	130	Mínimo 45
Final	215	Máximo 375

*Fuente: Ficha Técnica Cemento Wari Tipo I (2021)*

**Tabla 8**

*Composición química del Cemento Wari Tipo I & NTP 334.009*

<b>Composición química</b>	<b>Cemento Wari Tipo I</b>	<b>Tipo I NTP: 334.009 ASTM C150</b>
MgO (%)	1.78%	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub> (%)	2.74%	Máximo 3.0
Pérdida de ignición (%)	2.5%	Máximo 3.5
Residuo insoluble (%)	0.64%	Máximo 1.5

*Fuente: Ficha Técnica Cemento Wari Tipo I (2021)*

### 2.3. Agregados

Estos son materiales granulares inertes como arena, grava o piedra triturada que, junto con el agua y el cemento, son un ingrediente esencial en el concreto.

Para una buena mezcla de concreto, estos requieren ser partículas limpias, duras y libres de químicos absorbidos o recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que podrían causar el deterioro del concreto.

Los agregados constituyen del 60 al 75 % del volumen total del concreto y se dividen en dos categorías distintas: finos y gruesos. Los finos generalmente se tratan de arena original o piedra molida y generalmente las partículas pasan a través de un tamiz de 3/8 de pulgada. Los agregados gruesos son partículas de más de 0.19 pulgadas, pero generalmente oscilan entre 3/8 y 1 1/2 pulgadas de diámetro.

Luego también resultan ser importantes en los aspectos de duración y estabilidad, así como del tema económico de los trabajos civiles, ya que representan un volumen grande, se puede ver esto en el volumen del concreto hidráulico siendo entre 65% y 85%, en el concreto asfáltico entre 92% y 96%, en pavimentos entre 75% y 90%. Debido a todo esto es que estudiar sus características mecánicas y físicas resulta muy importante para que su uso sea apropiado. (Gutiérrez de López, 2003)

Los agregados usados en la elaboración de los concretos de peso normal (entre 2200 y 2500 kg/m<sup>3</sup>) tienen que responder a los requerimientos de la norma ASTM C33, así también los detalles específicos del proyecto en el que se requiera. (Rivva, 2007)

#### 2.3.1. Clasificación

Los agregados forman una parte esencial de muchos proyectos de construcción, por lo que es importante saber qué tipo de agregados funcionan mejor, en función a sus distintas propiedades:

- Tamaño de grano.
- Densidad.
- Origen geográfico o procedencia.
- Forma.

### 2.3.1.1. Por su tamaño de grano

Los agregados están disponibles en la naturaleza en diferentes tamaños. El tamaño del agregado utilizado puede estar relacionado con la dosificación de la mezcla o el tipo de trabajo. Los agregados se clasifican en 2 tipos según el tamaño:

- **Agregado fino.** - Cuando el agregado se tamiza a través de un tamiz de 4,75 mm, el agregado que pasa a través de él es llamado agregado fino. El propósito del agregado fino es llenar los vacíos en el agregado grueso y actuar como un agente de trabajabilidad.
- **Agregado grueso.** - Cuando el agregado se tamiza a través de un tamiz de 4,75 mm, el agregado retenido se denomina agregado grueso. La grava, el adoquín y los cantos rodados entran en esta categoría. El tamaño máximo de agregado utilizado puede depender de algunas condiciones. En general, el agregado de tamaño de 40 mm se usa para resistencias normales y el tamaño de 20 mm se usa para concreto de alta resistencia.

La Tabla 9 detalla la denominación corriente de los agregados según el tamaño de su partícula.

**Tabla 9***Clasificación de los agregados según su tamaño*

<b>Tamaño de la partícula (mm)</b>	<b>Denominación corriente</b>	<b>Clasificación</b>
Pasante del tamiz N° 200 inferior a 0.002 mm Entre 0.002 – 0.074 mm	Arcilla Limo	Fracción fina o finos
Pasante del tamiz N° 4 y retenido en el tamiz N° 200. Es decir, entre 4.76 mm y 0.074 mm	Arena	Agregado fino
Retenido en el tamiz N° 4 Entre 4.76 mm y 19.1 mm (N° 4 y 3/4'') Entre 19.1 y 50.8 mm (3/4'' y 2'') Entre 50.8 mm y 152.4 mm (2'' y 6'')	Gravilla Grava Piedra	Agregado grueso

*Fuente: Gutiérrez de López, 2003***2.3.1.2. Por su procedencia**

Se clasifica en agregado artificial y en agregado natural:

- **Agregado natural.** - Agregados extraídos de fuentes naturales, como lechos de ríos, canteras y minas. La arena, grava, piedra y roca son las más comunes, y pueden ser finas o gruesas.
- **Agregado artificial.** - También llamados agregados de subproductos, comúnmente se toman de desechos industriales o de ingeniería y luego se tratan para formar agregados de construcción para concreto de alta calidad. Los agregados procesados comunes incluyen escoria industrial, así como arcilla quemada. Los agregados procesados se utilizan para mezclas de concreto livianas y de alta densidad.

### 2.3.1.3. Por su densidad

Otra manera de catalogar los agregados es mediante su densidad, tomando en cuenta el volumen de sus vacíos; esto es trascendente pues influye en el pesaje final del material, tal cual es el concreto ligero. (Gutiérrez de López, 2003)

En este aspecto los agregados se clasifican en:

- **Agregado ligero.** - Cuya densidad es de 480-1040 kg/m<sup>3</sup>, la piedra pómez es un ejemplo claro de agregado ligero.
- **Agregado normal.** – La densidad de este agregado varía entre 1300 y 1600 kg/m<sup>3</sup>, como lo es el material de río.
- **Agregado de alta densidad.** – Su densidad es mayor a 1600 kg/m<sup>3</sup>.

Los agregados de diferente densidad tendrán aplicaciones muy diferentes. Los agregados livianos y ultra livianos son más porosos que sus contrapartes más pesadas, por lo que pueden ser de gran utilidad en la construcción de techos verdes, por ejemplo. También se utilizan en mezclas para bloques y pavimentos de hormigón, así como en aislamientos e ignífugos.

Los agregados de alta densidad se utilizan para formar concreto pesado, cuando se requieren estructuras de concreto duraderas y de alta resistencia, como cimientos de edificios o placas para ascensores.

### 2.3.1.4. Por su forma

El agregado se deriva de rocas naturales mediante voladura o trituración, por lo que es difícil lograr la forma requerida del agregado. Pero, la forma del agregado afectará la trabajabilidad del concreto, por lo que se debe cuidar la forma de este. Los agregados se clasifican según su forma en los siguientes tipos:

- ***Agregados redondeados.*** - Se forman por desgaste y están disponibles en forma de grava de la orilla del mar o lagunas por arrastre de los ríos. Los agregados redondeados dan como resultado el porcentaje mínimo de huecos (32 a 33 %), por lo que brindan más trabajabilidad. Requieren una menor cantidad de relación agua-cemento. No se consideran para concretos de alta resistencia debido a su comportamiento deficiente y su fuerza de unión débil.
- ***Áridos irregulares o parcialmente redondeados.*** - Se forman en parte por desgaste. Los agregados irregulares pueden resultar del 35 al 37 % de los huecos. Estos darán menor trabajabilidad en comparación con los agregados redondeados. La fuerza de unión es ligeramente más alta que la de los agregados redondeados, pero no es la requerida para el concreto de resistencia alta.
- ***Agregados angulares.*** - Consisten en bordes bien determinados hechos en la confluencia de superficies aproximadamente planas y estos se obtienen triturando las rocas. Los agregados angulares dan como resultado un porcentaje máximo de huecos (38 a 45 %), por lo tanto, tienen una menor trabajabilidad. Además, originan un 10 a 20 % más de resistencia a la compresión debido a la unión más fuerte entre el agregado y el mortero, por tanto, son útiles en la fabricación de concreto de alta resistencia.
- ***Agregados escamosos.*** - Cuando el espesor del agregado es pequeño en comparación con el ancho y el largo de ese agregado, se dice que es un agregado escamoso, cuando la dimensión mínima del agregado es menor

que el 60% de su dimensión media. No son adecuados para la mezcla de concreto, se obtienen generalmente de rocas mal trituradas.

- ***Agregados alargados.*** - Cuando la longitud del agregado es mayor que las otras dos dimensiones, se le llama agregado alargado o la longitud del agregado es mayor al 180% de su dimensión media. No son adecuados para la mezcla de concreto, se obtienen generalmente de rocas mal trituradas.
- ***Agregados escamosos y alargados.*** - Cuando la longitud del agregado es mayor que su ancho y el ancho es mayor que su espesor, se dice que son agregados escamosos y alargados. No son adecuados para la mezcla de concreto, se obtienen generalmente de rocas mal trituradas.

### 2.3.2. Funciones del agregado

- Sirve de armazón o llenado para la pasta, así minimiza por metro cúbica la cantidad de pasta.
- Suministra una masa de partículas con alta resistencia al deterioro o estar a la intemperie que ocasione alguna acción mecánica en el concreto.
- Minimizar los cambios de volumen consecuentes del fraguado y endurecido, del humedecido y el secado, o del calentamiento de la pasta.

Cuando el concreto se encuentra en estado fresco, la pasta funciona como lubricante para las partículas de agregado otorgando así trabajabilidad y adherencia a la mezcla.

Para que sean afectivas las funciones antes señaladas la pasta debe envolver por completo a los agregados, en el caso que una piedra de agregado se rompa o se fracture, se hará más pequeña y brotarán nuevas superficies sin modificar el total del peso de la piedra.

A esto se debe que los agregados pequeños necesiten más pasta pues poseen una superficie mayor para lubricar. Por ello se aconseja usar el tamaño de agregado que resulte más grande acorde a las estructuras.

### 2.3.3. Propiedades de los agregados

#### 2.3.3.1. Peso específico

Este también se muestra como densidad, es de gran interés sobre todo en el momento de que el concreto necesite un peso delimitado, a parte también este ítem supone la calidad del agregado en el que un número mayor significa un mejor comportamiento y al contrario siendo estos últimos por ejemplo los de tipo absorbentes y débiles. (Rivva, 2000, p.153)

La Norma ASTM C128 indica que la gravedad específica tiene diferentes formas de expresión:

- ***Peso Específico de masa.*** – La proporción entre la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable, y la masa en el aire de semejante densidad de un volumen similar de agua destilada libre de gas, esto a una temperatura constante.
- ***Peso Específico de masa saturado superficialmente seco.*** – Similar al anterior, a excepción de que esta abarca el agua comprendida en los poros permeables.
- ***Peso Específico Aparente.*** – La proporción entre la masa en el aire de un volumen unitario de un material, y la masa en el aire de semejante densidad de un volumen similar de agua destilada libre de gas, esto a una temperatura

constante. Si el material es un sólido, el volumen será el de la porción impermeable.

Un alto peso específico de los agregados expondría la buena calidad de los mismos, pero los agregados con un bajo peso específico son débiles y permeables. Normalmente el valor del peso específico de los agregados se sitúa entre 2 y 3, utilizados en proyectos de construcción, por lo que el valor del peso específico muestra la calidad y resistencia del material.

#### **2.3.3.2. Vacíos**

La presencia de espacios entre las partículas se denomina vacíos o huecos. El volumen de los agregados saturados cambia debido a la presencia de vacíos.

#### **2.3.3.3. Tamaño y forma**

El tamaño de los agregados menores a 4.75 mm se denomina agregado fino y el de más, se denomina agregado grueso.

Las dimensiones y forma de los agregados afectan que tan resistente y que tanto puede durar el concreto. La trabajabilidad del concreto puede verse afectada cuando se manipulan agregados de gran dimensión.

El tamaño máximo de los agregados no debe ser menor a 20 mm en el concreto armado. A parte una dimensión incorrecta de estos, como los escamosos y redondeados, aumenta los vacíos y reduce la adherencia de los demás componentes en el concreto.

La granulometría es entonces la distribución de las partículas de agregado acorde a sus dimensiones. Esto se consigue disgregando el material a través de un proceso mecánico usando tamices de aberturas cuadradas establecidas.

Normalmente la granulometría del agregado fino se muestra en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.

Normalmente la granulometría del agregado grueso se muestra en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2" y mayores. (Rivva, 2000)

#### **2.3.3.4. Textura**

La textura de la superficie representa si la superficie de los agregados es lisa o rugosa. Esta última, es buena para desarrollar una mayor adherencia entre el resto de componentes del concreto, lo cual, aumenta la resistencia del mismo.

#### **2.3.3.5. Peso unitario**

Este es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, que puede ser de agregado suelto o compactado. Se suele mostrar en la relación de kilos y metro cúbico, y es utilizado sobre todo cuando se observan agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. Normalmente el valor del peso ronda los 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup>, y puede variar entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>. (Rivva, 2000)

El peso unitario se afecta por:

- La gravedad específica
- Granulometría
- Perfil y estructura superficial
- Situación de humedad
- Grado de compactación de masa

El peso unitario se modifica debido a la cantidad de humedad. Así en el agregado grueso a más cantidad de humedad aumenta el peso unitario, en tanto que en el agregado fino aumentos más allá de la situación de saturado superficialmente seco pueden reducir el peso unitario gracias a que la película superficial de agua ocasiona que las partículas estén unidas provocando la compactación con aumento en el volumen y reducción del peso unitario. (Rivva, 2000)

Luego a partir de conocer el peso unitario del agregado se puede realizar lo siguiente: (Rivva, 2000)

- Computar el contenido de vacíos.
- Catalogarlos en livianos, normales y pesados.
- Obtener una medida de equilibrio del agregado.

#### **2.3.3.6. Porosidad**

Los poros se forman en los agregados debido a las burbujas de aire que se forman en la superficie cuando el magma fundido se solidifica y son los agujeros presentes en la capa exterior de los agregados.

Los agregados con un alto porcentaje de poros pueden desintegrarse fácilmente al aplicar una carga.

#### **2.3.3.7. Absorción de agua**

Este es la cantidad total de humedad dentro de un agregado que se encuentra saturado superficialmente seco.

La cantidad de humedad que un agregado puede absorber o retener en su interior se establece con el aumento de peso de una muestra secada al horno, transcurridas 24 horas

sumergidos en agua y de secado superficial. Este estado es el que obtiene el agregado internamente en la mezcla de concreto. Luego la absorción efectiva, es el volumen de agua requerido para llevar un agregado desde el estado de secado al aire, o semi seco, al estado de saturado superficialmente seco. (Rivva, 2000)

#### **2.3.3.8. Expansión térmica**

Los agregados no deben expandirse debido al cambio de las condiciones climáticas, de lo contrario, pueden crear grietas en la superficie del concreto.

### **2.4. Aditivos**

#### **2.4.1. Microsílice**

La microsíllice, también conocido como humo de sílice o humo de sílice condensada, es una mezcla de mineral compuesto de esferas vítreas sólidas muy finas de dióxido de silicio, conseguido por decantación del humo de chimeneas de altos hornos de aleaciones metálicas de la industria del ferro silicón, que se compone del 90% al 95% de dióxido de sílice amorfo y que posee propiedades puzolánicas que le facilitan reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio para formar un gel con un importante aumento en las características efectivas del concreto, sobre todo su resistencia en compresión y su durabilidad.

Este es un subproducto de la reducción de cuarzo de alta pureza con carbón mineral, que se calienta a 2000 grados centígrados en un horno de arco eléctrico durante la elaboración de aleaciones de ferro silicio y silicio metálico, obteniéndose como la aleación acumulada en el fondo del horno.

Se calienta el cuarzo junto con madera o carbón, usados para retirar el oxígeno. Apenas el cuarzo se convierte en una aleación por medio de la reducción, permite ir gases de óxido de

silicio los cuales se oxidan en contacto con el oxígeno de la atmósfera y se condensan en micro esferas de sílice amorfa, todo esto en la parte superior del horno

La microsíllice es una puzolana altamente reactiva que puede ser usada como aditivo de 5% - 15 %, por peso de cemento y puede aumentar significativamente la resistencia. Es utilizado con frecuencia con ceniza volante o cementos de escoria además del cemento Pórtland. (Hernández, D. 1994)

La mayoría de las partículas de microsíllice tienen menos de 1 micrón (0.00004 pulgadas) de diámetro, generalmente de 50 a 100 veces más finas que las partículas promedio de cemento o cenizas volantes.

#### **2.4.1.1. Tipos de microsíllice**

La microsíllice viene en tres formas que son:

- Microsíllice en polvo
- Microsíllice condensada
- Microsíllice de lechada

#### **2.4.1.2. Propiedades de la microsíllice**

- La microsíllice es gris; polvo casi blanco a casi negro.
- Partículas esféricas de menos de 1 mm de diámetro.
- La densidad aparente de microsíllice se basa en el grado de densificación y varía de 130 a 600 kg/m<sup>3</sup>.
- La gravedad específica de microsíllice oscila entre 2,2 y 2,3

#### **2.4.1.3. Efectos en el concreto**

En cuanto al concreto fresco se tienen:

- Reduce las posibilidades de segregación.
- Disminuye la trabajabilidad y consistencia del concreto.

Y, los efectos en el concreto endurecido son los siguientes:

- Mejora la resistencia a la compresión, por lo tanto, la resistencia a la flexión y a la tracción.
- Mayor fuerza de unión
- Mayor resistencia a la abrasión
- Reduce la permeabilidad; por lo tanto, ayuda a proteger el acero de refuerzo de la corrosión.
- Mejora la resistencia a impactos y cavitaciones.
- Mejora la resistencia a los sulfatos
- Reducción de calor
- Mejora la resistencia química

#### **2.4.1.4. Beneficios en el concreto**

La microsílce en el concreto contribuye a la resistencia y durabilidad de dos maneras: como puzolana, la microsílce proporciona una distribución más uniforme y un mayor volumen de productos de hidratación; como relleno, la microsílce reduce el tamaño medio de los poros en la pasta de cemento. Utilizada como aditivo, la microsílce puede mejorar las características del hormigón fresco y también el endurecido. Utilizada como un reemplazo parcial del cemento, la microsílce puede sustituir al cemento que consume energía sin sacrificar la calidad.

La adición de microsílce a una mezcla de concreto altera la estructura de la pasta de cemento. La pasta resultante contiene más hidratos de silicato cálcico fuertes y menos

hidróxidos cálcicos débiles y fácilmente solubles que las pastas de cemento ordinarias. Debido a que las partículas de microsílíce son tan pequeñas, se dispersan entre las partículas de cemento y las separan. La matriz fina y uniforme resultante puede proporcionar una resistencia a la compresión, flexión y adherencia notablemente más alta.

La microsílíce reduce la tasa de carbonatación, disminuye la permeabilidad a los iones de cloruro, imparte alta resistividad eléctrica y tiene poco efecto sobre el transporte de oxígeno. Por lo tanto, se puede esperar que el concreto con microsílíce proteja fuertemente las armaduras y los empotramientos.

Los principales beneficios de su uso en cemento son:

- **Mejorar la durabilidad:** El uso de microsílíce en el cemento prolonga su vida útil.
- **Aumenta la resistencia a la corrosión:** La reducida permeabilidad de la microsílíce sirve como protección contra los iones cloruro ya que aumenta el tiempo que los iones necesitan para alcanzar la barra de acero e iniciar la corrosión
- **Aumenta la resistencia al ataque químico:** Su resistencia a la penetración de iones cloruro la hace adecuada para estructuras expuestas a un ambiente con cloro como es el caso de estructuras expuestas a aguas salinas. También es muy utilizado en estructuras expuestas a químicos agresivos. En el caso de la industria alimenticia soporta ácidos grasos y ácidos. En la industria química resiste exposición a ácidos minerales, fosfatos, nitratos, petroquímicos, entre otros.

- ***Protege contra la abrasión y erosión:*** La microsílíce hace que el concreto tenga alta resistencia a la abrasión y sea más resistente al desgaste prolongando su vida útil.
- ***Disminuye la permeabilidad al agua:*** Modifica la reología y reacciona con los productos de hidratación del cemento.
- ***Mejora la resistencia a los sulfatos:*** El concreto con microsílíce tiene una baja permeabilidad y alta resistencia química que brinda una mejor protección contra los sulfatos.
- ***Reduce la eflorescencia:*** Al reducir el contenido de hidróxido de calcio en el concreto, éste no se combina tan fácilmente con el dióxido de carbono para formar la sal soluble que causa la eflorescencia.

#### 2.4.1.5. Consideraciones de mezcla

Debido a su extrema finura, la microsílíce presenta problemas de manipulación. Algunos productores mezclan microsílíce con agua libra por libra para formar una lechada que se puede transportar en remolques cisterna diseñados para manejar líquidos. El agua de la lechada reemplaza parte de la que normalmente se agrega a la mezcla. Cuando no se usa un agente reductor de agua, la adición de microsílíce a una mezcla de concreto requiere más agua para mantener un asentamiento determinado. El gel que se forma durante los primeros minutos de mezclado del hormigón de microsílíce absorbe agua y endurece la mezcla, por lo que es necesario ajustar el tiempo de carga y colocación.

#### 2.4.2. Diatomita

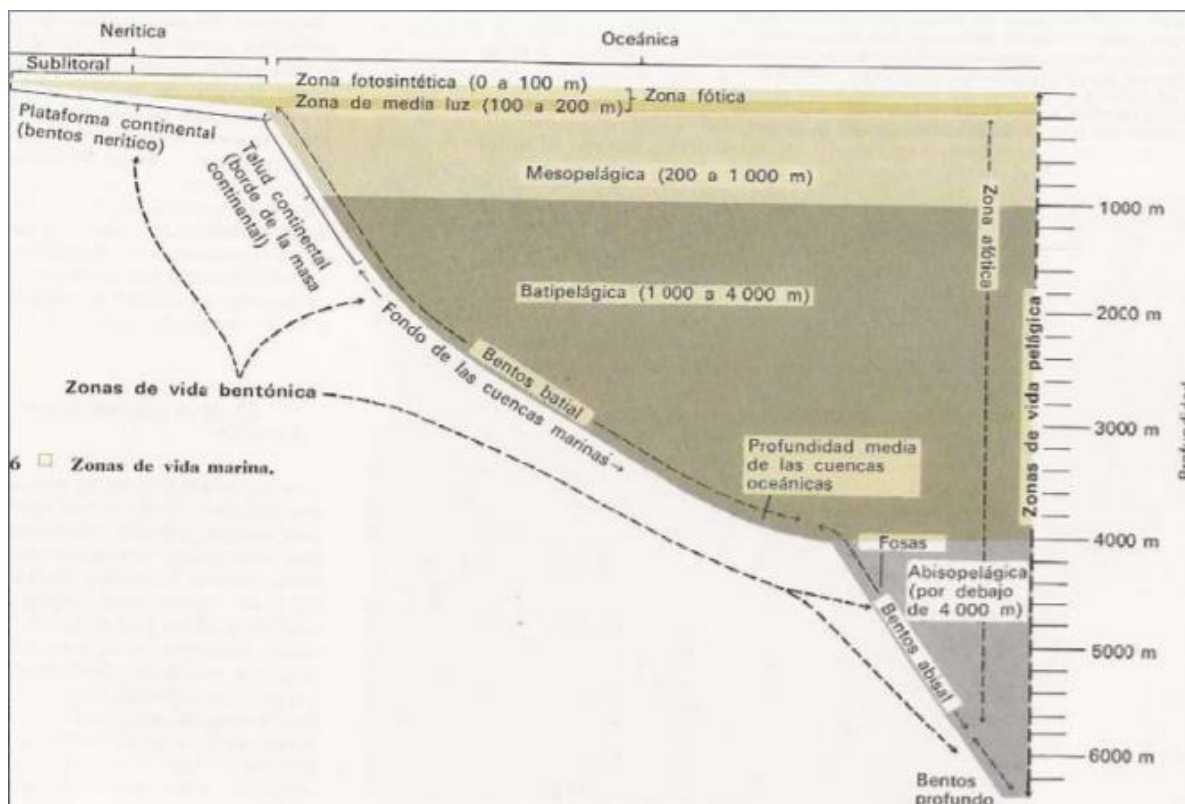
Es una roca silícica sedimentaria de origen biogénico, formada por el amontonamiento sedimentario de esqueletos opalinos fosilizados de la diatomea, ya que esta puede sacar sílice de su entorno. Una vez que el organismo sucumbe se hunde para posteriormente crear un sedimento llamado orgánico. La descomposición de esta procura que se junten los caparazones silíceos, que con el tiempo se van compactando y se transforman en depósitos de diatomita. (Verdeja, García, Vásquez, Barranzuela y Pastor, 1992, p. 427)

Las diatomitas son entonces rocas sedimentarias silíceas de grano fino, formadas por la acumulación de frústulas de diatomeas (acumulación por caída al morir la célula). Las frústulas se componen de sílice amorfa.

Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas, que pueden ser de agua dulce o salda, siendo que hay en grandes cantidades en el entorno acuoso, y se les puede ubicar solas o constituyendo colonias.

**Figura 1**

*Ambientes de formación de la diatomita*

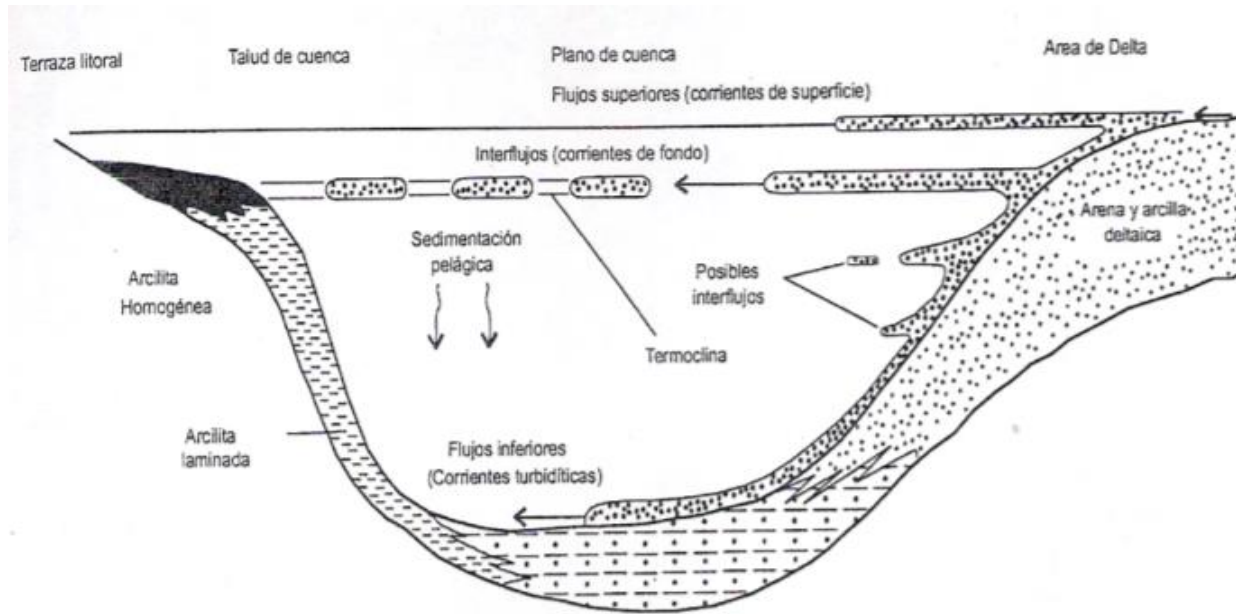


*Fuente: INGEMMET, 2021*

Se originan en ambientes sedimentarios extensos y poco profundos, donde existe una lenta deposición de sedimentos clásticos, en los que el agua contiene abundantes nutrientes y sílice.

**Figura 2**

*Regiones del ambiente lacustres y mecanismos de distribución de sedimentos siliciclásticos*



*Fuente: BOGGS, S., 1995*

Debe tratarse de medios protegidos de los aportes terrígenos, para que la acumulación sea suficientemente rica en restos silíceos

#### **2.4.2.1. Propiedades físicas de la diatomita**

La diatomita pura y seca es de color blanco, con exigua densidad aparente, y que absorbe entre 1 y 4 veces su peso en agua, del mismo modo pasa con el aceite, y es aometida sólo por álcalis fuertes y por el ácido fluorhídrico. (Urday Ochoa, 2015, p. 56)

Las características y propiedades principales de las diatomitas se resumen en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Propiedades físicas de la diatomita*

<b>Propiedad física</b>	<b>Detalle</b>
Color	Blanco (alta pureza), rosa (calcinada) y gris (sin calcinar)
Densidad global	Baja
Capacidad de absorción	Alta
Porosidad	Alta
Resistencia a la temperatura	Alta
Dureza (Mohs)	4.5 a 5.0 (sin calcinar), 5.5 a 6.0 (calcinada)
Área superficial	10 a 30 m <sup>2</sup> /g (La calcinación la reduce a 0.5 a 5 m <sup>2</sup> /g)
Índice de refracción	1.40 a 1.46 (La calcinada la incrementa a 1.49)
Peso específico promedio	2.0 g/cm <sup>3</sup> (La calcinada la incrementa a 2.3)
Contenido de humedad	Entre 10 a 60%. Varía de acuerdo a su depósito.
Capacidad abrasiva	Suave
Conducción de calor, sonido y electricidad	Conducción débil

*Fuente: Urday, 2015*

#### **2.4.2.2. Fuentes de diatomitas en el Perú**

En el país las cuencas de sedimentos marinos se localizan en la costa, así como en la región interandina. Las de la costa son de mar - miocénicas y son abundantes en Ica y la parte sur de Piura, conformando paquetes sedimentarios con extensión regional (formaciones Pisco, Zapallal, Chilcatay, entre otros). Grandes cantidades de estas diatomitas no son puras y se encuentran junto a depósitos de fosfatos. Por otra parte, las de la sierra son de lagunas hallándose en lugares como Ancash, Arequipa, Ayacucho y Junín, habiéndose formado en el Terciario superior. (Leandro Espinoza, 2010, p.37)

**Tabla 11**

*Características físicas de las diatomitas en algunos yacimientos peruanos*

<i>Tipo de yacimiento</i>	<i>Lacustre</i>		<i>Marino</i>	
<i>Región</i>	<i>Ayacucho</i>	<i>Arequipa</i>	<i>Piura</i>	<i>Ica</i>
Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	2.22	2.12	2.26	2.51
Densidad Global (g/cm <sup>3</sup> )	0.36	0.40	0.38	0.59
Porosidad total (%)	83.76	80.9	83.24	76.43
Superficie específica (Hg.m <sup>2</sup> /g)	11.3	N.D.	13.5	7.3

*Fuente: L.F. Verdeja, et. al., 1992*

En el Perú existen diatomitas de origen marino y lacustre, siendo característico la mayor pureza en diatomitas de ambientes lacustres (mayor del 80% depósitos en actividad).

Los depósitos de origen marino tienen las siguientes características:

- **Piura.** - Depósitos de diatomita se encuentran intercaladas con fosforitas en la Formación Zapallal (parte superior).
- **Ica.** - Se encuentran en la Formación Pisco, intercaladas con capas de arcillas.

Y, los depósitos de origen lacustre tienen las siguientes características:

- **Ayacucho.** - Depósitos como los de Quicapata y Tambillo, las diatomitas forman parte de la Formación Ayacucho.
- **Arequipa.** - Capas de diatomita alternan con sedimentos lacustres y cenizas volcánicas.

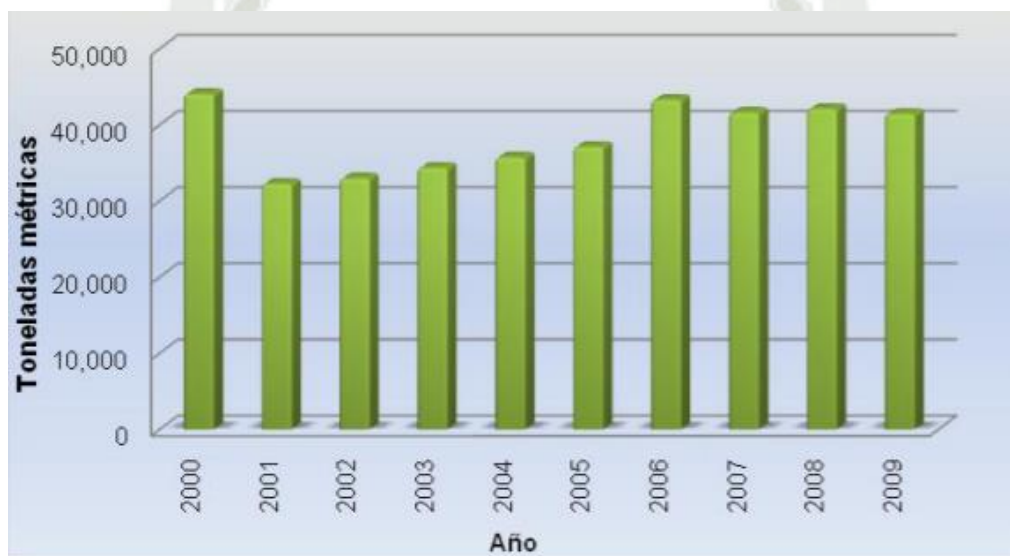
También, existen otros depósitos y ocurrencias como: Uzuña, Uyapampa, Polobamba en Arequipa; Yanacancha en Junín; Recuay en Ancash; Huamali en Puno; Aricota y Tripartito en Tacna. En el país, yacimientos de diatomita están vinculados a zonas con actividad volcánica.

### 2.4.2.3. Mercado de diatomitas

El mercado nacional de diatomitas se basa en la exportación de la materia prima en bruto y la importación de dicha materia prima ya procesada para su uso en la industria nacional (principalmente industria cervecera).

**Gráfico 1**

*Producción de diatomitas en el Perú*



*Fuente: INGEMMET, 2021*

En el Perú la producción de diatomita se centra en la región Arequipa que genera más del 90% de la producción nacional, que para el año 2009 fue de 40,000 T.M., de diatomita natural siendo su destino el vecino país de Chile.

### 2.4.2.4. Tratamiento de la diatomita

- a) **Minado.** - Por tratarse de acumulaciones sedimentarias casi horizontales y de material poco consistente, su explotación es sencilla y a tajo abierto.
- b) **Trituración primaria.** - Para desagregar el material, obtener material más homogéneo y remover impurezas.

- c) **Molienda/secado.** - La molienda y el secado se realizan de manera simultánea. Los secadores son usados para reducir la humedad en un 15%.
- d) **Clasificación.** - Las partículas de diatomitas suspendidas pasan a través de una serie de ventiladores, ciclones y separadores para separar el material en varios tamaños, removiendo impurezas y rechazando el agua absorbida.
- e) **Calcinación con o sin fundente.** - La calcinación es un proceso industrial para mejorar la calidad de las diatomitas, porque produce cambios favorables en sus propiedades físicas y químicas.

#### 2.4.2.5. Usos

Una clasificación general del consumo de diatomita de acuerdo con sus usos es la siguiente:

- **Material filtrante.** - La principal aplicación que tienen las diatomitas es en la industria de las bebidas en general, siendo utilizadas como material filtrante. El poder filtrante depende de muchos factores (estructura microscópica y la conservación de las frústulas enteras).
- **Material aislante.** - Se emplea como aislante térmico en forma de ladrillos y losetas, en las plantas de metalurgia, manufactura del vidrio, en hornos y varios equipos de cerámica, etc. Se requiere que la diatomita tenga peso específico mínimo, estructura microscópica y tamaño de grano.
- **Material inerte.** - Se requiere un alto grado de pureza química, alto grado de inactividad, grado de finura, poder de adsorción, grado de acidez (pH) y contenido mínimo de ión ferroso.

- **Otras aplicaciones.** - En la Industria de la construcción, para edificaciones ligeras. Como agente absorbente y adsorbente (en forma sólida o pulverizada) de líquidos desinfectantes, pesticidas, portador de catalizadores en la industria química. Como carga o relleno en forma pulverizada es empleada en la industria de la pintura, plástico, etc. Como abrasivo, en la pulimentación de superficies metálicas, vidrios, etc.

### 2.4.3. Aditivo Superplastificante

Son aditivos que, sin modificar la consistencia, logra disminuir fuertemente el contenido de agua de un concreto, o que, sin modificar el contenido de agua, aumenta considerablemente el asentamiento, o ambos efectos a la vez.

El aditivo superplastificante utilizado en la presente tesis es Dynamon SP 1 de la marca Mapei, es un aditivo de base acrílica modificada, el cual posee una solución acuosa al 30,5% de polímeros acrílicos de nueva generación (sin formaldehídos) y es compatible con otros productos para la producción de concretos especiales. Según las especificaciones de la ficha técnica del aditivo (anexo 3), la dosificación es de 0.6 a 1.2 litros por cada 100 kg de cemento.

## CAPÍTULO III.

### 3. Estado del Arte

#### 3.1. Trabajos de investigación

Este apartado muestra un resumen de los trabajos de investigación más relevantes de la bibliografía revisada. Si bien no tratan únicamente sobre el uso de la diatomita y microsílice como aditivos en la elaboración de concreto en la ciudad de Arequipa, se muestra un resumen únicamente de lo relacionado con la presente investigación. Los trabajos de investigación que se muestran son del tipo: tesis de maestría, tesis de grado y artículos.

##### 3.1.1. A.R.S. Macedo, A.S. Silva, D.S. da Luz, R.L.S. Ferreira, C.S. Lourenco, U.U. Gomes (2020)

En este estudio se investigó la adición de diatomita en la producción de concreto. Se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La diatomita estudiada fue considerada puzolánica, presentando un índice de actividad puzolánica de 650 mg de  $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{g}$  de diatomita, en la que la sílice activa reaccionó con el hidróxido de calcio presente en el cemento, formando silicatos hidratados y gismondina, aumentando la resistencia a la compresión del concreto;
- La adición de diatomita en el concreto, a pesar de tener una microestructura porosa, no modificó significativamente la porosidad y el índice de absorción de agua del concreto;

- La diatomita estudiada optimizó las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Se obtuvieron mejores resultados para el concreto formulado con una adición de diatomita del 10% en peso.

### 3.1.2. Investigación de José L. Espinoza (2010)

Los yacimientos de diatomitas conocidos de mayor importancia se encuentran principalmente en las regiones de Ayacucho, Arequipa e Ica, por lo que se utilizó para el estudio en el concreto de alta resistencia, a eso se suma la diatomita de Piura que actualmente el proyecto Bayovar tiene por explotar más de dos mil millones de toneladas de productos no metálicos.

De los ensayos físicos, químicos y el índice de puzolanidad realizados a las diatomitas de los distintos yacimientos, se puede afirmar que presentan propiedades puzolánicas.

El manejo de este tipo de mezclas debe realizarse de acuerdo a las normas establecidas para tener un estricto control de calidad, desde la clasificación de los materiales hasta la elaboración, curado y colocado de la mezcla, para asegurar su resistencia de servicio.

En general, no se pueden establecer tendencias claras entre las propiedades mecánicas determinadas en los ensayos y las variables de dosificación de las mezclas, debido a que la cantidad de mezclas preparadas es insuficiente para el número de variaciones de dichas variables. Sin embargo, en términos generales se puede afirmar lo siguiente:

- Las adiciones de las diatomitas al concreto mejoraron la consistencia y la trabajabilidad del concreto fresco, debido a que añadimos un volumen adicional de finos a la mezcla.
- El tiempo de fraguado del concreto con el 5% de diatomitas de Ica, y el 5% y 10% de diatomitas Piura retardaron el tiempo de fragua y los otros tipos de

diatomitas presentaron casi el mismo tiempo de fragua que el concreto patrón sin adición.

- La resistencia del concreto con los diferentes tipos de diatomitas es baja inicialmente, pero la ganancia de resistencia es continuada por un periodo de tiempo más largo comparado con la mezcla que sólo posee cemento, lo que da como resultado resistencia última más elevada. A los 14 días llegan al 100% de su resistencia, pero se percibe que el concreto que tiene la diatomita de Piura no incrementa casi nada su resistencia después de los 28 días.
- La resistencia al desgaste por abrasión disminuye con la adición de las diatomitas, excepto la mezcla que contiene el 10% de diatomitas de Piura.
- La adición de las diatomitas reduce el % de vacíos y poros permeables, por lo que consecuentemente reducen la permeabilidad, evitando así la penetración de agua y sales disueltas en el concreto.

Entre las diatomitas utilizadas, las que proporcionó mejores resultados fue las diatomitas provenientes de los yacimientos del departamento de Ica y Arequipa.

El costo de este tipo de concreto es mucho mayor al de un tradicional, debido a la presencia de gran cantidad de aditivo superplastificante; pero el beneficio es que presenta propiedades de durabilidad similares al de la microfílice.

### **3.1.3. Investigación de Erick E. Rodrigo y Luis M. Torres (2019)**

Se utilizó diatomita de la ciudad de Ayacucho y se ejecutó una investigación de tipo experimental en la ciudad de Arequipa, obteniendo mejores características para el concreto con  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y  $280 \text{ kgf/cm}^2$  con costes bajos. Se utilizó 5% de diatomita como aditivo resultando en la mejor opción por lo antes expuesto.

Entre los resultados se observó que en cuanto aumenta el porcentaje de aditamento de diatomita (30%), también aumentaba el asentamiento y en consecuencia también la trabajabilidad, con un valor obtenido de 3.875 pulgadas como el más elevado, esto perteneciente a los diseños de resistencia  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ , con cemento tipo HE. Los asentamientos logrados estuvieron entre las 3 y 4 pulg.

Se observó también que en cuanto aumenta el porcentaje de aditamento de diatomita (30%), el peso unitario disminuye, con un valor de 2250.96  $\text{kg/m}^3$  como el más bajo, esto perteneciente a los diseños de resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , con cemento tipo IP, y a través del método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

Se observó que las adiciones de diatomita de 5 % tienen mayores resistencias que los concretos comúnmente desarrollados en todos los casos, esto en 28 días. Lo mismo para el caso de la diatomita al 10 %, pero sólo en algunos casos.

El mejor concreto para que se llegue a la finalidad de la investigación en cuanto a la resistencia a la tracción fue el de 5% de diatomita adicionada. Así también los porcentajes de desgaste son bajos en comparación al concreto común para todos los casos. Luego este porcentaje también es perfecto para el ensayo de porosidad. Por último, se concluye que 5% de diatomita adicionada es la mejor opción en cuanto a características y costos.

#### **3.1.4. Palma M. Ricardo F. y Manrique A. Jesús R. (2019)**

En el presente proyecto de tesis, titulado “Análisis del uso de partículas de vidrio en mezclas de concreto de resistencia convencional en la ciudad de Arequipa” de la Universidad Católica de Santa María, se examinó las distintas combinaciones de partículas de vidrio triturado agregadas al concreto y reemplazando parcialmente el agregado fino. De esa forma

Palma y Manrique buscan determinar la mezcla más beneficiosa y con mejor comportamiento del concreto.

Los agregados que utilizaron Palma y Manrique provienen de la cantera La Poderosa y utilizaron dos tipos de cemento: Yura IP y Wari IP. De estos diseños de mezclas, la resistencia a la compresión utilizando cemento Wari IP dio como resultado un concreto convencional 165% más resistente con un diseño 210 kg/cm<sup>2</sup> y 158% más resistente con un diseño 280 kg/cm<sup>2</sup>. Demostrando así que utilizando cemento Wari IP se obtiene resistencias significativamente mayores a las de diseño.

### **3.1.5. Aragón Ch. Yvanni V. (2021)**

Aragón en su tesis de estudio, titulado “Análisis comparativo de la edad vs resistencia a la compresión del concreto elaborado con las marcas de cementos portland tipo I-IP en la ciudad de Puno 2018” de la Universidad Nacional del Altiplano, analizó distintas marcas de cemento Rumi, Frontera, Yura y Wari con una resistencia  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  utilizando los métodos ACI-211 y Walker. Cabe recalcar que para cemento Wari IP se obtuvo un aumento en la resistencia de un 206% por el método ACI-211 y de 192% por el método Walker. Probando que con el uso de cemento Wari IP la resistencia a la compresión es mucho mayor que el del diseño de mezclas.

## CAPÍTULO IV.

### 4. Diseño de Mezclas

#### 4.1. Análisis de las propiedades de los agregados

##### 4.1.1. Método de muestreo y reducción de muestra

Para una buena mezcla de concreto y para conocer la calidad de los agregados es esencial una correcta selección del mismo, por lo que este ensayo nos permite obtener una muestra confiable y homogénea gracias a los diferentes procesos de reducción de muestreo y reducción de muestra, ya que de esto depende el resultado de resistencia a la compresión del concreto.

Para ello, se utilizan distintos métodos conforme a las condiciones de almacenamiento o transporte del agregado.

Según la Norma Técnica Peruana NTP (2020) 400.010, los ejemplares para los ensayos de calidad no estarán sujetas a chancado ulterior o reducido manualmente, siempre y cuando no suceda que hay menos cantidad al final y necesite otra reducción.

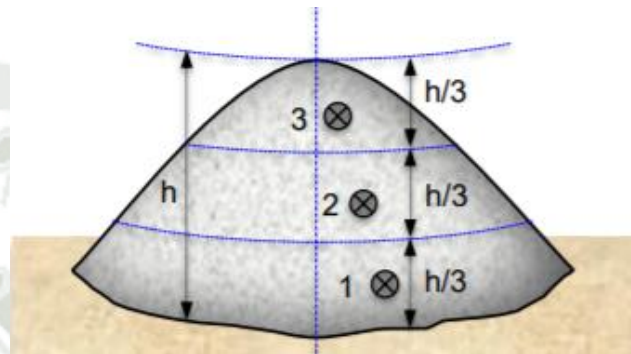
Asimismo, el sacado y elaboración de las muestras tienen diferentes procedimientos según su condición de almacenamiento o transporte, obteniendo muestras confiables con los procedimientos de muestreo de flujos de corriente de agregados, muestreo de fajas transportadoras, muestreo de depósitos o unidades de transporte o muestreo de carreteras (bases y sub-bases), según corresponda.

En la presente investigación, el muestreo fue desde una pila de almacenamiento y la muestra se obtuvo de forma manual integrando cada una con al menos tres porciones de

material tomadas a diferentes alturas de la pila, la primera al centro del tercio inferior, la segunda al centro del tercio medio y la tercera al centro del tercio superior como se ilustra en la Figura 3.

**Figura 3**

*Distribución de los lugares de muestreo en una pila de material*



*Fuente: Norma Técnica Mexicana, 2020*

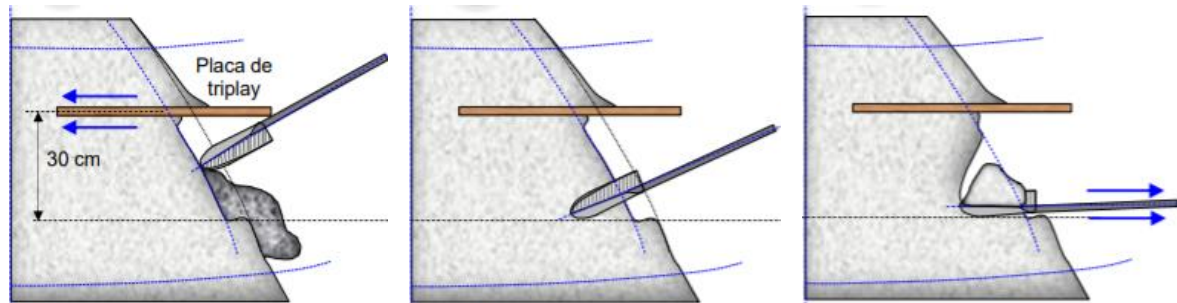
Se utilizó una placa de madera por encima del lugar donde se toma la primera porción en el tercio inferior de la altura de la pila, para evitar que el material de arriba se deslice en cascada hacia abajo y produzca segregación del material.

En el sitio donde se toma la porción de material, se retira y desecha el material superficial y en la parte que queda expuesta, se inserta una pala perpendicularmente a la superficie del material y se gira hacia arriba para extraer el material, como se muestra en la Figura 4.

Se extrae el material del mismo sitio hasta completar la tercera parte del tamaño de la muestra, y se repite el procedimiento para la extracción de las demás porciones de material de cada uno de los tercios. Luego se deposita en costales limpios y secos.

**Figura 4**

*Obtención de la muestra*



*a) Con la pala se raspa,  
retira y deshecha el material  
de la superficie*

*b) Se inserta la pala  
perpendicularmente a la  
superficie*

*c) Se extrae el material*

*Fuente: Norma Técnica Mexicana, 2020*

Según la Norma Técnica Peruana NTP (2020) 400.010 indica tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Que las muestras no se contaminen con basura u otras materias extrañas y;
- Que los costales queden bien cerrados con objeto de evitar pérdidas o alteración de su contenido.

Luego, para transportar las muestras del sitio de su obtención al laboratorio, se acomodan en un vehículo de tal modo que se eviten golpes que provoquen la perforación o rotura de los costales, así como la contaminación, alteración o pérdida del material.

Una vez en el laboratorio, las muestras se registran y almacenan dentro de un lugar techado, cerrado, limpio y seco, sobre una tarima que permita el paso del aire, acomodando los costales de tal forma que no puedan sufrir caídas.

Cabe resaltar que la medida de la muestra de la obtención tendrá que ser lo necesaria para darle la confianza ambicionada para los efectos de los ensayos, de acuerdo a la Tabla 12, siguiente.

**Tabla 12**

*Medida de las muestras*

<i>Tamaño máximo nominal del agregado</i>	<i>Masa mínima aproximada para la muestra de campo</i>
<b>Agregado fino</b>	
2.36 mm	10 kg
4.76 mm	10 kg
<b>Agregado grueso</b>	
9.5 mm	10 kg
12.5 mm	15 kg
19.0 mm	25 kg
25.0 mm	50 kg
37.5 mm	75 kg
50.0 mm	100 kg
63.0 mm	125 kg
75.0 mm	150 kg
90.0 mm	175 kg

*Fuente:* NTP 400.010, 2020

Una vez se obtenga el muestreo se procederá a hacer la reducción de muestra al tamaño apropiado para llevar a cabo una serie de pruebas para especificar el material y medir su calidad, empleando técnicas que intenten minimizar la variación de las características entre la muestra de ensayo y la muestra grande.

Para la reducción de muestreo se tienen tres procedimientos establecidos por la NTP (2019) 339.089: (a) divisor mecánico, (b) cuarteo y (c) muestreo de existencias en miniatura.

En esta investigación, para la reducción de muestras a tamaño de ensayo se siguió el procedimiento de cuarteo manual, como se describe a continuación:

- Se coloca la muestra recolectada de campo sobre una superficie horizontal que no cuenta con desniveles, limpia y dura, donde no pueda haber extravío de la muestra ni contagio con cuerpos extraños.

- Se mezcla el material moviendo de un lado a otro y volteando el material más de tres veces, formando una pila cónica, depositando cada paleada sobre la anterior.
- Usando la misma pala, se ejerce presión sobre el vértice y se aplasta formando un círculo con un diámetro aproximado de cuatro a ocho veces el espesor, cuidando que se obtenga un espesor y un diámetro iguales.
- Se trazan dos ejes perpendiculares con la pala separando el material en cuatro porciones semejantes y se eliminan dos de las partes diagonalmente contrapuestas, junto al material fino cepillando las áreas vacías para limpiarlas.
- Con los cuartos que quedan se prosiguen las reducciones hasta obtener el tamaño requerido para las pruebas.

**Figura 5**

*Secuencia de procedimiento de cuarteo manual*



*a) La muestra en forma de cono*



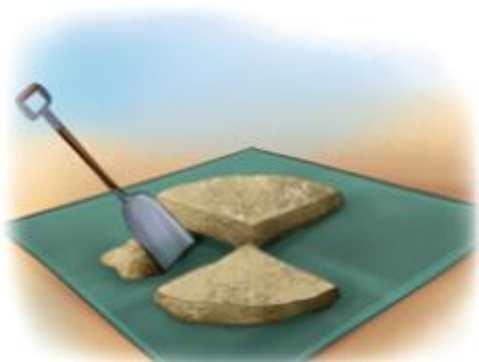
*b) El aplanado de la mezcla*



*c) El cuarteo después de aplastar el cono*



*d) La muestra dividida en cuartos*



*e) Retener los cuartos y retirar los otros dos cuartos*

*Fuente:* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2010

#### **4.1.2. Análisis Granulométrico**

Consiste en establecer la gradación de los elementos para ser utilizados como agregados, separando una muestra de agregado seco, a través de tamices de hueco cuadrado de mayor a menor medida, y de esta manera, monitorear que se dé la distribución del tamaño de partículas con los requeridos, calcular el método del módulo de finura para observar la cantidad de agregado necesario para una mezcla de concreto, esto último se logra sumando los porcentajes almacenados en cada tamiz y dividirlo 100.

El tamaño máximo nominal es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5 % y 10 %.

El tamaño máximo es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

#### **4.1.2.1. Normativa**

NTP (2021) 400.012 “AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso”.

NTP (1970) 350.001 (Revisada el 2017) “TAMICES DE ENSAYO. Requisitos”.

NTP (2021) 400.037 “AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones”.

NTP (2020) 400.011 “AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos”

#### **4.1.2.2. Muestreo**

El tamaño de la muestra a ensayar debe ser la cantidad indicada en la Tabla 12 o cuatro veces la cantidad requerida en la Tabla 13, la que sea mayor.

**Tabla 13**

*Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso*

<i>Tamaño máximo nominal Aberturas Cuadradas</i>		<i>Cantidad mínima de la Muestra de Ensayo</i>	
<i>mm</i>	<i>pulg</i>	<i>kg</i>	<i>lb</i>
9.5	3/8	1	2
12.5	1/2	2	4
19.0	3/4	5	11
25.0	1	10	22
37.5	1 1/2	15	33
50.0	2	20	44
63.0	2 1/2	35	77
75.0	3	60	130
90.0	3 1/2	100	220
100	4	150	330
125	5	300	660

*Fuente: NTP 400.012, p.12*

Luego se debe mezclar completamente la muestra seca y reducirla para el ensayo por cuarteo manual o mecánico a una cantidad aproximada a la necesaria. Siendo esta, un mínimo de 300 g para el agregado fino y conforme a la Tabla 13 para el agregado grueso. No se puede reducir a un peso exacto específico.

#### **4.1.2.3. Materiales, equipos y herramientas**

*Balanza:* Las balanzas utilizadas deben tener cierta exactitud. Para el agregado grueso, debe tener una sensibilidad al 0.1 % del peso de la muestra o 0.5 g, cualquiera que sea mayor. Y, para el agregado fino, con un acercamiento de 0.1 % del peso de la muestra o 0.1 g, cualquiera que sea mayor.

*Tamices:* Los tamices de malla cuadrada se colocan uno sobre otro formando una armadura que prevé la merma de material cuando se tamice, de acuerdo a la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Tamices a utilizar para el análisis granulométrico*

<i>Agregado</i>	<i>Tamices</i>	<i>Abertura</i>
Grueso	4''	100.0 mm
	3 1/2''	90.0 mm
	3''	75.0 mm
	2 1/2''	63.0 mm
	2''	50.0 mm
	1 1/2''	37.5 mm
	1''	25.0 mm
	3/4''	19.0 mm
	1/2''	12.5 mm
	3/8''	9.5 mm
Fino	N° 4	4.75 mm
	N° 8	2.36 mm
	N° 16	1.18 mm
	N° 30	600 µm
	N° 50	300 µm
	N° 100	150 µm

*Fuente: NTP 400.011, p.7*

*Máquina tamizadora:* Transmite un desplazamiento de lado al tamiz, haciendo que las partículas salten y giren y puedan pasar por los tamices hasta ser retenidas en las mallas que correspondan, presentando diferentes ubicaciones a la superficie del tamizado en un tiempo moderado.

*Horno:* Horno de medidas adecuadas que puede conservar una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

*Otros utensilios:* Una cuchara de metal con cabida apta para trasladar el agregado a los tamices.

#### 4.1.2.4. Procedimiento

Seleccionar la muestra de agregado a ensayar por cuarteo y secarla en el horno por 24 horas a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta conseguir un peso uniforme.

Seleccionar los tamaños apropiados de tamices y ordenarlos en cuanto a su abertura descendiente desde la tapa hasta el fondo. Para el agregado fino seleccionar los siguientes tamices:  $3/8''$ , N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, N° 200, además del fondo y la tapa.

Agregar la muestra en los tamices cuidadosamente para no tener desperdicios y agitar los tamices de forma manual o mediante la maquina tamizadora durante 3 minutos limitando la cantidad de material en un tamiz expreso, de manera que todas las partículas posean la ocasión de obtener las aberturas del tamiz muchas veces en el proceso de tamizado.

Transcurrido el tiempo de tamizado mecánico, continuar 1 minuto más sujetando cada tamiz con su tapa y un fondo bien apretado, y un poco inclinado. Golpear la arista del tamiz hacia arriba en contraposición de la otra mano, alrededor de 150 veces por minuto, volteando el tamiz cerca de  $1/6$  de vuelta en cada lapso de 25 golpes.

Se obtiene el peso retenido de cada uno de los tamices y luego se verifica que el peso total del material después del tamizado no varíe en más del 0.3% del peso seco original de la muestra.

#### 4.1.2.5. Metodología

Calcular el porcentaje sobre cada tamiz. Luego, calcular el módulo de fineza, sumando los porcentajes retenidos, acumulados de cada una de los siguientes tamices y

dividiendo la suma entre 100: N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, 3/8", 3/4", 1 1/2", y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

Se deben reportar los porcentajes en números enteros, excepto que si el porcentaje que pasa la malla N° 200 es menor del 10 %, se aproximará al 0,1 % más cercano; y el módulo de fineza, al 0.01.

Asimismo, la granulometría de la muestra de agregado fino deberá ser continua, con valores retenidos entre las mallas N° 4 y N° 100; no deberá retener más del 45% de la muestra en dos mallas consecutivas; su módulo de fineza deberá estar entre 2.30 y 3.10; y debe estar graduado dentro de los siguientes límites:

**Tabla 15**

*Granulometría del agregado fino*

<i>Tamiz</i>	<i>Porcentaje que pasa (%)</i>
9.5mm (3/8 pulg)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	5 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

*Fuente:* NTP 400.037, p.8

Por otra parte, el agregado grueso debe cumplir con ciertos requisitos según husos especificados. En la presente investigación, el agregado grueso presente una gradación que se ajusta mejor al Huso 6, por lo que debe cumplir con la Tabla 16 siguiente:

**Tabla 16**

*Granulometría del agregado grueso (Huso 6)*

<i>Tamiz</i>	<i>Porcentaje que pasa (%)</i>
25.0 mm (1 pulg)	100
19.0 mm (3/4 pulg)	90 a 100
12.5 mm (1/2 pulg)	20 a 55
9.5 mm (3/8 pulg)	0 a 15
4.75 mm (N° 4)	0 a 5

*Fuente: NTP 400.037, p.13*

#### 4.1.2.6. Cálculos y Resultados

Se calcula el porcentaje pasante de agregado grueso por tamiz como se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Porcentaje que pasa por tamiz de la muestra de agregado grueso*

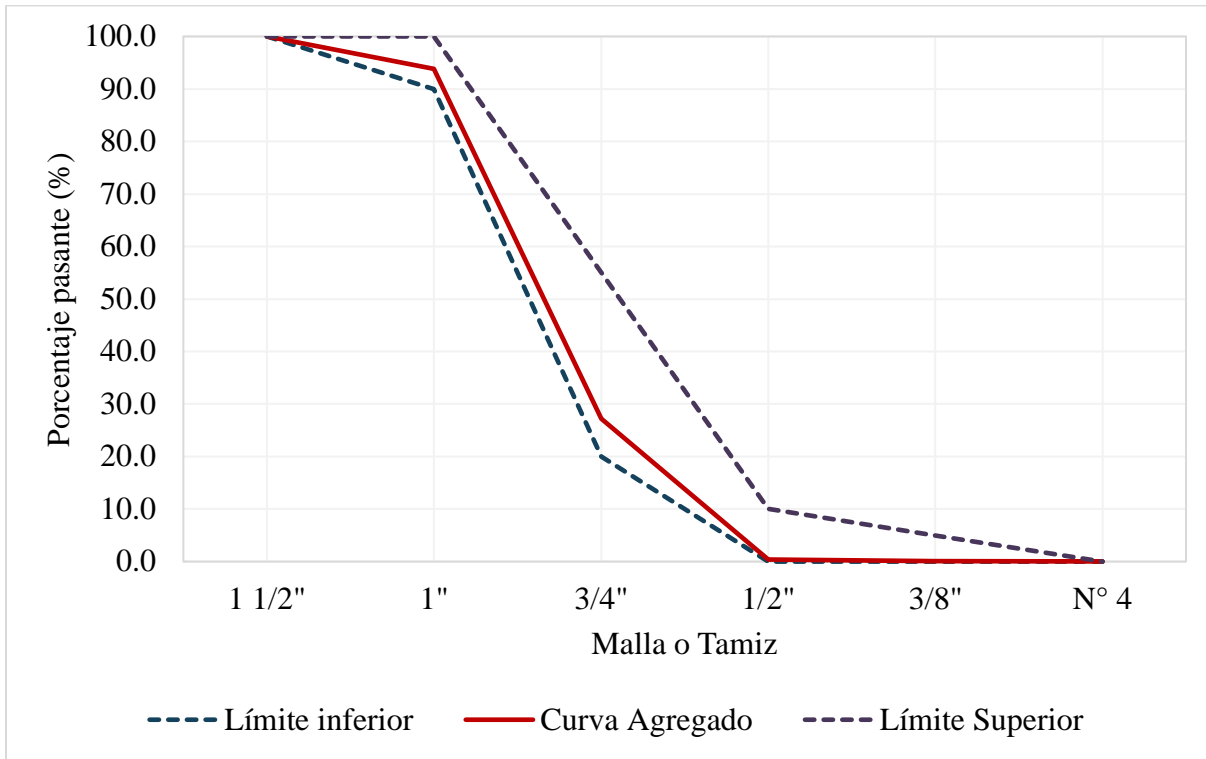
<i>Tamices</i>	<i>Peso retenido (g)</i>	<i>Porcentaje retenido parcial (%)</i>	<i>Porcentaje retenido acumulado (%)</i>	<i>Porcentaje que pasa (%)</i>
1 1/2''	0.0	0.0	0.0	100.0
1''	681.4	6.2	6.2	93.8
3/4''	7 351.2	66.6	72.8	27.2
1/2''	2 956.8	26.8	99.6	0.4
3/8''	34.6	0.3	99.9	0.1
N° 4	6.0	0.01	100.00	0.0
Fondo	3.4	0.00	100.00	0.0
<b>Total</b>	<b>11 033.4</b>	<b>100.0</b>		

*Fuente: Elaboración propia*

Tomando en cuenta los límites superior e inferior para el agregado grueso según el Huso 6 (Tabla 16), se representa la curva granulométrica en el Gráfico 2.

**Gráfico 2**

*Curva Granulométrica del Agregado Grueso*



Fuente: *Elaboración propia*

La curva granulométrica se encuentra entre los valores máximos y mínimos, entonces es un agregado grueso apto para un buen diseño de mezcla de concreto.

El tamaño máximo es de 1 1/2", ya que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

El tamaño máximo nominal es de 1", ya que corresponde al menor tamiz con el primer retenido de 6.2 %, entre 5 % y 10 %.

El Módulo de Fineza es 7.73, considerando el porcentaje retenido acumulado de las siguientes mallas o tamices: 6", 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.

Se calcula el porcentaje pasante de agregado fino por tamiz como se detalla en la Tabla 18.

**Tabla 18**  
*Porcentaje que pasa por tamiz de la muestra de agregado fino*

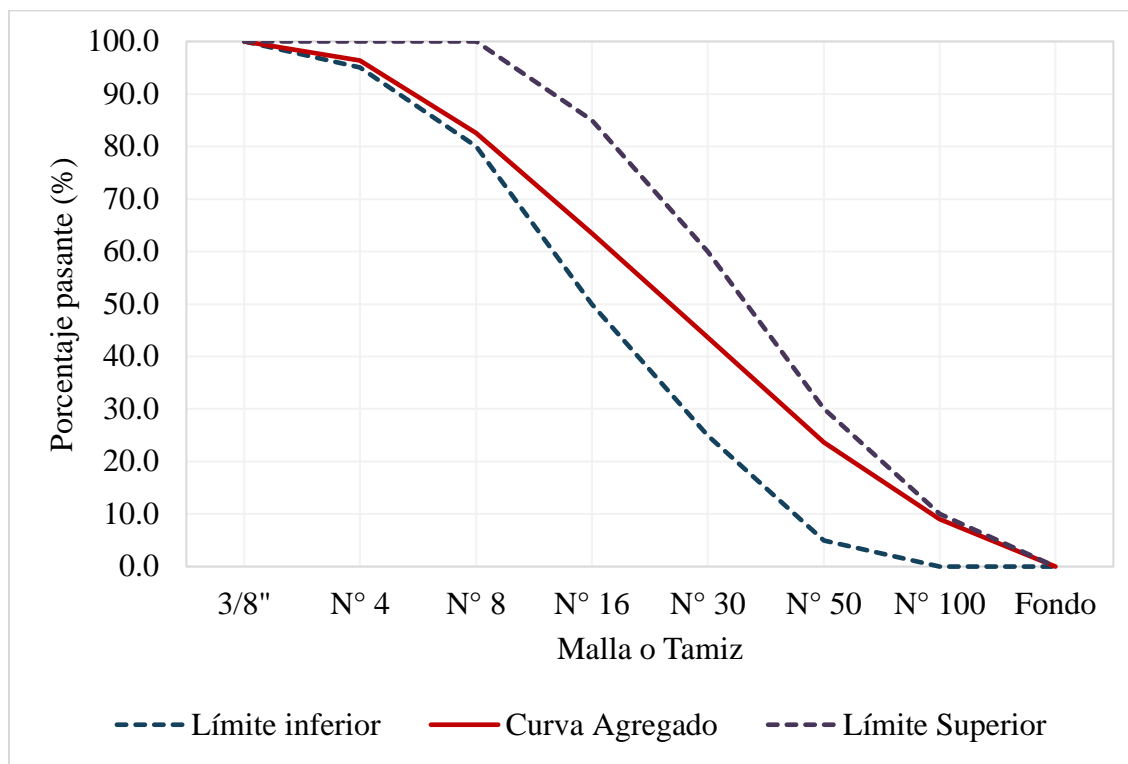
<i>Tamices</i>	<i>Peso retenido (g)</i>	<i>Porcentaje retenido parcial (%)</i>	<i>Porcentaje retenido acumulado (%)</i>	<i>Porcentaje que pasa (%)</i>
3/8''	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	31.0	3.6	3.6	96.4
N° 8	118.8	13.8	17.5	82.5
N° 16	163.8	19.1	36.5	63.5
N° 30	169.8	19.8	56.3	43.7
N° 50	172.2	20.1	76.4	23.6
N° 100	125.1	14.6	90.9	9.1
N° 200	54.5	6.3	97.3	2.7
Fondo	23.2	2.7	100.0	0.0
<b>Total</b>	<b>858.4</b>	<b>100.0</b>		

*Fuente:* Elaboración propia

Tomando en cuenta los límites superior e inferior para el agregado fino según la Tabla 15, se representa la curva granulométrica en el Gráfico 3.

**Gráfico 3**

*Curva Granulométrica del Agregado Fino*



Fuente: *Elaboración propia*

La curva granulométrica se encuentra entre los valores máximos y mínimos, entonces es un agregado fino apto para un buen diseño de mezcla de concreto.

El Módulo de Fineza es 2.81, considerando el porcentaje retenido acumulado de las siguientes mallas o tamices: 6'', 3'', 1 1/2'', 3/4'', 3/8'', N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100, y se encuentra entre 2.3 y 3.1.

#### **4.1.3. Contenido de humedad**

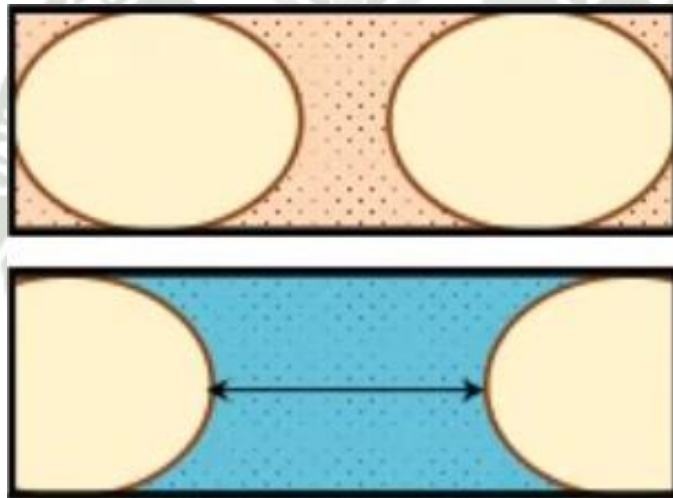
Según la RAE, humedad es “agua de que está impregnada un cuerpo o que, vaporizada se mezcla con el aire”. Para los agregados, el contenido de humedad es la cantidad de agua presente en una muestra representativa en su estado natural. Cabe resaltar la condición en la

que se encuentra el agregado, ya que esta es la mayor diferencia con respecto a la absorción, siendo esta última resultante del incremento de peso debido a la penetración del agua durante un determinado periodo de tiempo.

Es necesario conocer el contenido de humedad debido a la interacción de este en la mezcla de concreto. Debido que, si no se tiene en cuenta, al dosificar los materiales, el agua prevista en el diseño podría ser excesiva en la mezcla y, por consiguiente, la relación agua/cemento aumentaría, incrementando la trabajabilidad, pero reduciendo la resistencia a la compresión del concreto.

**Figura 6**

*Efectos de separación por la sobresaturación en las partículas*



*Fuente: Axel Martínez, 2016*

Asimismo, si el contenido de humedad aumenta a un nivel que exceda la saturación del agregado, esto originará una separación entre las partículas del agregado en un mismo volumen, ocasionando la reducción de la cohesión en partículas sólidas y, por lo tanto, su compactación y resistencia de la muestra.

Los agregados suelen tener cierto porcentaje de contenido de humedad, que está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad, a su vez, depende de la cantidad y tamaño de los poros y, su permeabilidad. Un agregado puede tener cuatro estados higrométricos o condiciones de humedad, que dependen del contenido de agua con respecto a su absorción. Estos son: (a) seco, (b) parcialmente húmedo o seco natural, (c) saturado superficialmente seco y (d) saturado o completamente húmedo.

**Figura 7**

*Estados Higroscópicos o Condiciones de Humedad el Agregado*



*Fuente:* Axel Martínez, 2016

#### 4.1.3.1. Normativa

NTP (2021) 339.185 “AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”.

#### 4.1.3.2. Muestreo

Será necesario tener una muestra representativa con un peso no menor de lo indicado en la Tabla 19. Además, se debe tomar en cuenta que la muestra necesitará protegerse frente a la pérdida de humedad previo a establecer su masa.

**Tabla 19**

*Tamaño de la muestra de agregado*

<i>Tamaño máximo nominal del agregado</i>	<i>Masa mínima aproximada para la muestra de campo</i>
4.76 mm (No. 4)	0.5 kg
9.5 mm (3/8'')	1.5 kg
12.5 mm (1/2'')	2.0 kg
19.0 mm (3/4'')	3.0 kg
25.0 mm (1'')	4.0 kg
37.5 mm (1 1/2'')	6.0 kg
50.0 mm (2'')	8.0 kg
63.0 mm (2 1/2'')	10.0 kg
75.0 mm (3'')	13.0 kg
90.0 mm (3 1/2'')	16.0 kg
100.0 mm (4'')	25.0 kg
150.0 mm (6'')	50.0 kg

*Fuente: NTP 339.185, p.5*

#### 4.1.3.3. Materiales, equipos y herramientas

*Balanza:* Una balanza electrónica con sensibilidad al 0.1 % del peso de ensayo en cualquier punto dentro del rango de utilización. En cualquier intervalo de medida que sea igual al 10 % de la capacidad de la balanza, la lectura del peso debe tener una precisión dentro del 0.1 % del rango indicado.

*Horno:* Un horno con ventilación que pueda mantener una temperatura en torno a la muestra a 110°C con una variación máxima de  $\pm 5$  °C.

*Recipiente para la muestra:* Un recipiente que sea resistente al calor y que no se vea afectado por altas temperaturas, además tiene que tener la capacidad de sostener la muestra sin correr el riesgo a que se derrame. Con una forma adecuada para asegurar que el espesor de la muestra no sea más de una quinta parte de su dimensión lateral más pequeña.

*Otros utensilios:* Una cuchara de metal de tamaño apropiado.

#### 4.1.3.4. Procedimiento

Determinar y seleccionar la masa de la muestra de agregado a ensayar por cuarteo manual con una precisión del 0.1 %.

**Figura 8**

*Cuarteo manual para reducción de masa de agregado fino*



*Fuente:* Elaboración propia

Secar la muestra en el recipiente en el horno por 24 horas a una temperatura controlada de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , tomando medidas para evitar la pérdida de partículas, ya que un proceso de secado demasiado rápido podría provocar la explosión de algunas partículas y, en consecuencia, la pérdida de las mismas.

**Figura 9**

*Agregado grueso en bandejas para secado en horno*



*Fuente: Elaboración propia*

La muestra deberá estar seca cuando se le aplique más calor ocasionando menos de 0,1 % de pérdida adicional de masa.

Determinar el peso de la muestra seca posterior al secado y enfriado.

#### **4.1.3.5. Metodología**

Se calcula lo siguiente:

##### **Ecuación 1**

*Cálculo del contenido de humedad*

$$p = \left( \frac{W - D}{D} \right) \times 100$$

Donde:

$p$  : Contenido de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

$W$  : Peso de la muestra húmeda original en gramos

$D$  : Peso de la muestra seca en gramos

#### 4.1.3.6. Cálculos y Resultados

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1'', por lo tanto, según la Tabla 21, la masa mínima para la muestra de campo es de 4.0 kg, por lo que se ensayaron tres muestras con una masa mayor a la mínima requerida obteniendo un contenido de humedad medio de 0.184 %, como se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Contenido de Humedad del Agregado Grueso*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente	[ g ]	566	573	570
Peso recipiente + muestra original	[ g ]	7234	6511	7604
Peso recipiente + muestra seca	[ g ]	7222	6500	7591
Peso muestra original ( $W$ )	[ g ]	6668	5938	7034
Peso muestra seca ( $D$ )	[ g ]	6656	5927	7021
Contenido de Humedad ( $p$ )	[ % ]	0.180	0.186	0.185
<b>Promedio</b>		<b>0.184 %</b>		

*Fuente:* Elaboración propia

La cantidad requerida del agregado fino, según la Tabla 19, es de 0.5 kg, por lo que se ensayaron tres muestras con una masa mayor a la mínima requerida obteniendo un contenido de humedad promedio de 9.76 %, como se detalla en la Tabla 21.

**Tabla 21**

*Contenido de Humedad del Agregado Fino*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente	[ g ]	233.7	234.5	233.0
Peso recipiente + muestra original	[ g ]	820.7	864.2	898.0
Peso recipiente + muestra seca	[ g ]	768.4	808.4	838.8
Peso muestra original ( <i>W</i> )	[ g ]	587.0	629.7	665.0
Peso muestra seca ( <i>D</i> )	[ g ]	534.7	573.9	605.8
Contenido de Humedad ( <i>p</i> )	[ % ]	9.781	9.723	9.772
<b>Promedio</b>		<b>9.759 %</b>		

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.1.4. Peso específico y absorción

Las pruebas de peso específico y absorción de los agregados grueso y fino son fundamentales para conocer el comportamiento mecánico del agregado a utilizar, y también para determinar si el material es apto para usarse en construcción, ya que dichos estudios sirven para realizar un correcto diseño del concreto bajo estándares de calidad apropiados.

- **Absorción.** - Es el incremento de la masa del agregado gracias al ingreso de agua en los pequeños orificios de las partículas en 24 horas, sin tomar en cuenta el agua adherida a la superficie externa de estas, expresado como porcentaje de la masa seca.
- **Peso específico.** - Correspondencia a temperatura constante, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del idéntico volumen de agua. Los valores son adimensionales.

#### 4.1.4.1. Normativa

NTP (2020) 400.021 “AGREGADOS. Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso”.

NTP (2021) 400.022 “AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”.

#### 4.1.4.2. Muestreo

##### Agregado grueso

Se realiza la extracción y el procesamiento de la muestra siguiendo los lineamientos establecidos en la norma NTP 400.010, hasta que la muestra de ensayo tenga un peso mínimo acorde a lo indicado en la Tabla 22.

**Tabla 22***Peso mínimo de la muestra de ensayo para obtener el peso específico*

<i>Tamaño máximo nominal</i>		<i>Peso mínimo de la muestra de ensayo</i>	
<i>mm</i>	<i>pulg</i>	<i>kg</i>	<i>lb</i>
12.5 o menos	1/2 o menos	2	4.4
19.0	3/4	3	6.6
25.0	1	4	8.8
37.5	1 1/2	5	11
50	2	8	18
63	2 1/2	12	26
75	3	18	40
90	3 1/2	25	55
100	4	40	88
125	5	75	165

*Fuente: NTP 400.021*

Para el agregado grueso, todo el material que pasa por el tamiz N° 4 por tamizado seco, se debe descartar y el restante, lavar para eliminar impurezas como polvo u otras en la superficie.

Para el agregado fino, debe existir un peso tal, que su peso superficialmente seco debe ser de 500 g.

#### **4.1.4.3. Materiales, equipos y herramientas**

##### *Agregado grueso*

*Balanza:* Una balanza electrónica con una con capacidad mínima de 5,000 gramos y una precisión de 0.05 % de la carga de la muestra, o de 0.5 g, lo que sea mayor. Que dicha balanza tenga un dispositivo que permita levantar la muestra dentro de la cesta con malla de alambre desde el centro del plato de la balanza y sumergirla en agua.

*Recipiente para muestra:* Con abertura en cuanto al tamiz N° 6 o de malla más fina o un depósito de similar ancho y altura que contenga de 4 a 7 litros para medidas grandes nominales de 1 1/2 pulgadas o menos, o un recipiente más grande acorde a lo que se necesite para tamaños máximos mayores. El recipiente estará conformado para prevenir el aire retenido al sumergirse.

*Depósito de agua:* Un contenedor hermético apropiado para sumergir el recipiente de la muestra en agua, así como un mecanismo que permita levantarlo desde el centro de la escala de la balanza.

*Tamices:* Un tamiz normalizado de 4,75 mm (N° 4) o de otro tamaño que sea necesario según las circunstancias.

*Horno:* Un horno aireado que pueda conservar la temperatura en torno a la muestra a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

*Agregado fino*

*Balanza:* Una báscula que puede recibir 1 kg o más, con una sensibilidad de 0,1 g o superior, y con precisión de 0,1 % de la carga de ensayo. Además, si se está trabajando con un rango de carga del experimento de 100 g, la diferencia entre las lecturas de la balanza debe tener una precisión de 0,1 g.

*Picnómetro:* Un frasco apropiado para la introducción rápida del agregado y con el cual el volumen se puede calibrar hasta  $\pm 0,1 \text{ cm}^3$ . El volumen del envase repleto hasta el marcado debe ser mínimo un 50 % mayor que el área requerida para la contención. Un frasco o matraz aforado que pueda recibir  $500 \text{ cm}^3$ , el cual contenga una tapa de picnómetro es útil para una muestra de 500 g.

*El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad:* El molde de metal poseerá el diseño de un tronco de cono con estas medidas:  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro en la parte interna alta,  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  en la parte interna baja, y  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de alto; dicho metal tendrá un espesor de  $0,8 \text{ mm}$ . como mínimo. La barra compactadora metálica tendrá debe tener un peso de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  y una cara plana circular de apisonamiento con un diámetro de  $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ .

*Horno:* Un horno de tamaño adecuado para poder soportar una temperatura constante de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### 4.1.4.4. Procedimiento

##### Agregado Grueso

El agregado debe ser sumergido en agua a temperatura ambiente por un plazo de  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ . Después de este tiempo, debe retirarse del agua y colocarse sobre un paño grande y absorbente hasta que no se note la presencia de agua, a pesar de que la superficie de las partículas se vea húmeda. Secar apartadamente en porciones más grandes, teniendo la precaución de que no evapore en el proceso de secado. El peso de la muestra debe obtenerse bajo la condición de saturación con superficie seca. Los pesos deben registrarse con una precisión de  $0,5 \text{ g}$  o al  $0,05 \%$  del peso de la muestra, la que sea mayor.

Posteriormente se pone rápidamente la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se calcula su peso en agua a una temperatura entre  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , densidad  $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$ , teniendo la precaución de no remover todo el aire dentro antes del pesado, agitando el depósito al sumergir.

Secar la muestra al horno, a una temperatura entre  $100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  y enfriando hasta la temperatura de ambiente, durante  $1 \text{ h}$  a  $3 \text{ h}$  para luego poder pesarla cómodamente.

### Agregado Fino

Cubrir una muestra de agregado fino en agua, se puede sumergir en agua o agregar agua hasta que la humedad alcance al menos el 6% durante  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ . Este proceso ayuda a llenar los pequeños orificios de la muestra de agregado fino.

Luego verter lo que sobra de agua impidiendo que se derrochen los finos, colocar la muestra en una superficie plana que no absorba y que esté en contacto con el aire caliente, luego agitarla repetidamente para obtener un secado homogéneo y ayudar a obtener la condición de saturada superficialmente seca.

La prueba de humedad superficial sirve para establecer si hay dicha humedad en las partículas partes del agregado fino, y se ejecuta en el momento que hay poca agua superficial en la muestra, conteniendo lo siguiente: Poner el molde sobre una superficie que no absorba y que sea suave con la parte más ancha mirando hacia abajo. Colocar una cantidad de agregado fino parcialmente seco en el molde y llenarlo completamente. Luego apisonar un poco el agregado fino usando una barra compactadora dando 25 golpes, a una altura aproximada de 5mm por encima de la superficie. Es importante soltar la barra con cada golpe y ajustar la altura inicial después de uno, distribuyendo los golpes de manera uniforme. Después de la compactación, se debe quitar la arena suelta de la base y levantar el molde hacia arriba. Si hay humedad, el agregado fino conservará la forma del molde, el hecho que se caiga denota que se ha obtenido un estado de superficie seca.

Luego se pone la muestra en un depósito graduado y se establece el volumen de la siguiente manera:

- Llenar con agua una parte del picnómetro. colocar  $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$  de agregado fino de saturada seca superficialmente y agregar agua hasta el 90 %.

- Girar o voltear el picnómetro manualmente con el fin de eliminar cualquier burbuja de aire que sea visible.
- Colocar la temperatura del picnómetro a  $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ , si se requiere sumergir parcialmente en agua, colocar el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad de calibración, calcular la masa total del picnómetro, el contenido, y el agua.
- Quitar el agregado fino del picnómetro y secarlo en un horno hasta alcanzar una masa uniforme a una temperatura de  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Luego, dejar enfriar a temperatura ambiente durante  $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$ , finalmente calcular la masa del agregado fino.
- Calcular la masa del picnómetro cuando está completamente lleno con agua a una temperatura de  $23,0\text{ °C} \pm 2,0\text{ °C}$ , que es su capacidad de calibración.

Por último, la muestra es secada en horno y la masa se calcula otra vez.

#### 4.1.4.5. Metodología

##### Agregado Grueso

##### **Ecuación 2**

*Peso específico de masa ( $Pe_m$ )*

$$Pe_m = \frac{A}{(B - C)}$$

##### **Ecuación 3**

*Peso específico aparente ( $Pe_a$ )*

$$Pe_a = \frac{A}{(A - C)}$$

#### Ecuación 4

*Peso específico saturado superficialmente seco ( $Pe_{SSS}$ )*

$$Pe_{SSS} = \frac{B}{(B - C)}$$

#### Ecuación 5

*Absorción ( $Ab$ )*

$$Ab, (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

$A$  : Peso de la muestra seca en el aire en gramos,

$B$  : Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire en gramos,

y

$C$  : Peso en el agua de la muestra saturada en gramos.

Agregado Fino

#### Ecuación 6

*Densidad de masa ( $Pe_m$ ) en ( $g/cm^3$ )*

$$Pe_m = \frac{W_o}{V - V_a}$$

#### Ecuación 7

*Peso específico aparente ( $Pe_a$ ) en ( $g/cm^3$ )*

$$Pe_a = \frac{W_o}{(V - V_a) - (W_{SSS} - W_o)}$$

**Ecuación 8**

*Peso específico saturado superficialmente seco ( $P_{e_{SSS}}$ ) en ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )*

$$P_{e_{SSS}} = \frac{W_{SSS}}{V - V_a}$$

**Ecuación 9**

*Absorción ( $Ab$ )*

$$Ab, (\%) = \frac{W_{SSS} - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

$W_o$  : Peso de la muestra seca al horno en gramos,

$W_{SSS}$  : Peso de la muestra saturada superficialmente seca en gramos,

$V$  : Volumen de la fiola en  $\text{cm}^3$ , y

$V_a$  : Volumen de agua añadida a la fiola en  $\text{cm}^3$ .

**4.1.4.6. Cálculos y Resultados**

Para el agregado grueso se ensayaron tres muestras obteniendo un peso específico promedio de  $2.76 \text{ g}/\text{cm}^3$  y una absorción promedio de  $0.434 \%$ , como se muestra en la Tabla 23 y Tabla 24.

**Tabla 23**

*Peso Específico del Agregado Grueso*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Peso canastilla + muestra	[ g ]	4065.0	4065.2	4064.7	
Peso canastilla	[ g ]	815.0	815.0	815.0	
Peso muestra seca (A)	[ g ]	5063.1	5063.2	5062.9	
Peso muestra SSS (B)	[ g ]	5085.0	5085.2	5084.9	
Peso muestra saturada (C)	[ g ]	3250.0	3250.2	3249.7	<b>Promedio</b>
Peso específico aparente ( $Pe_a$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.793	2.793	2.792	2.79
Peso específico SSS ( $Pe_{SSS}$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.771	2.771	2.771	2.77
Densidad de masa ( $Pe_m$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.759	2.759	2.759	2.76

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 24**

*Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Peso muestra SSS (B)	[ g ]	5085.0	5085.2	5084.9	
Peso muestra seca (A)	[ g ]	5063.1	5063.2	5062.9	<b>Promedio</b>
Porcentaje de absorción	[ % ]	0.433	0.435	0.435	0.434 %

*Fuente:* Elaboración propia

Para el agregado fino se ensayaron tres muestras obteniendo un peso específico de masa promedio de 2.45 g/cm<sup>3</sup> y una absorción promedio de 2.473 %, como se detalla en la Tabla 25 y Tabla 26.

**Tabla 25**

*Peso Específico del Agregado Fino*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Peso muestra SSS ( $W_{SSS}$ )	[ g ]	500.0	500.0	500.0	
Peso picnómetro	[ g ]	152.7	152.7	152.7	
Peso picnómetro + muestra + agua	[ g ]	953.2	953.4	953.0	
Peso muestra seca ( $W_o$ )	[ g ]	487.9	488.0	487.8	
Volumen picnómetro ( $V$ )	[ cm <sup>3</sup> ]	500.0	500.0	500.0	
Peso agua	[ g ]	300.5	300.7	300.3	
Densidad agua	[ g/cm <sup>3</sup> ]	0.9975	0.9975	0.9975	
Volumen de agua añadida ( $V_a$ )	[ cm <sup>3</sup> ]	301.3	301.5	301.1	<b>Promedio</b>
Peso específico aparente ( $Pe_a$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.614	2.616	2.612	2.61
Peso específico SSS ( $Pe_{SSS}$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.516	2.518	2.513	2.52
Densidad de masa ( $Pe_m$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.455	2.458	2.452	2.45

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 26**

*Porcentaje de Absorción del Agregado Fino*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Peso muestra SSS ( $W_{SSS}$ )	[ g ]	500.0	500.0	500.0	
Peso muestra seca ( $W_o$ )	[ g ]	487.9	488.1	487.8	<b>Promedio</b>
Porcentaje de absorción	[ % ]	2.480	2.438	2.501	2.473 %

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.1.5. Peso unitario

Este ensayo nos permite calcular el peso unitario suelto y compactado de los agregados, permitiéndonos usar el “Procedimiento con Pala” para el caso del suelto y el “Procedimiento de Apisonado o Compactación” para el caso del compactado.

El peso unitario se refiere a la relación entre la masa del agregado y el volumen patrón unitario que ocupa, teniendo en cuenta que el agregado puede tener espacios vacíos que ocupan parte de este volumen estándar.

Sirve para transformar pesos a volúmenes o viceversa. Existen dos valores para el peso unitario de un material granular, dependiendo el sistema que se emplee para acomodar el material; la denominación que se le dará a cada uno de ellos será: peso unitario suelto y compactado.

- ***Peso unitario compactado.*** - Cuando los granos han estado sujetos a compactación aumentando el grado de acomodamiento entre las partículas del agregado y en consecuencia el valor de la masa unitaria.
- ***Peso unitario suelto.*** - Se determina colocando de manera suave el material seco en el depósito hasta el punto tope y luego se allana con una varilla de 5/8”.

#### 4.1.5.1. Normativa

NTP (2020) 400.017 “AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados”.

#### 4.1.5.2. Muestreo

Una extracción y preparación de la muestra mediante cuarteo manual o mecanizado, hasta obtener una muestra de ensayo de aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida.

#### 4.1.5.3. Materiales, equipos y herramientas

**Balanza:** Una balanza electrónica con aproximación a 0,05 kg y que permita leer con una exactitud de 0,1% del peso de la muestra.

*Barra Compactadora:* Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y con 60 cm de longitud y que acabe en punta semiesférica.

*Recipiente de Medida:* Cilíndricos, metálicos, de preferencia con asas. Herméticos con tapa y fondo firmes y parejos, con exactitud en sus medidas internas y lo adecuadamente duro para que se cuide su forma en condiciones difíciles de utilización. Con una altura similar al diámetro, pero nunca menor del 80% del diámetro ni mayor que 150%. La capacidad dependerá del tamaño del agregado de acuerdo con los límites especificados en la Tabla 27.



**Tabla 27**

*Capacidad de la medida del recipiente para calcular el peso unitario*

<b>Tamaño Máximo Nominal del Agregado</b>		<b>Capacidad de la Medida</b>		
<i>mm</i>	<i>pulgadas</i>	<i>L</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>p<sup>3</sup></i>
12.5	1/2	2.8	0.0028	1/10
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, 2020, p.4*

En la Tabla 28 se presenta el grosor del metal. El borde superior se pulirá y nivelará dentro de un margen de 0,25 mm y se mantendrá paralelo al fondo dentro de un 0,5%. Asimismo, la pared interna debe ser continua y pulida.

**Tabla 28**

*Requisitos de espesor de recipiente para calcular el peso unitario*

<b>Capacidad de medida</b>	<b>Fondo</b>	<b>Sobre 1 1/2'' o 38mm de pared</b>	<b>Espesor Adicional</b>
Menos de 0.4 p <sup>3</sup>	0.20 pulg	0.10 pulg	0.10 pulg
De 0.4 p <sup>3</sup> a 1.5 p <sup>3</sup> , incluido	0.20 pulg	0.20 pulg	0.12 pulg
De 1.5 a 2.8 p <sup>3</sup> , incluido	0.40 pulg	0.25 pulg	0.15 pulg
De 2.8 a 4.0 p <sup>3</sup> , incluido	0.50 pulg	0.30 pulg	0.20 pulg
Menos de 11 L	5.0 mm	2.5 mm	2.5 mm
De 11 a 42 L, incluido	5.0 mm	5.0 mm	3.0 mm
De 42 a 80 L, incluido	10.0 mm	6.4 mm	3.8 mm
De 80 a 133L, incluido	13.0 mm	7.6 mm	5.0 mm

*Fuente: NTP 400.017, 2020, p.5*

*Pala de Mano:* Una pala de suficiente capacidad para colmar el depósito con el agregado.

*Equipo de Calibración:* Una plancha de vidrio mínimo de 6 mm (1/4 pulg) de espesor y 25 mm (1 pulg) mayor del diámetro del depósito a calibrarse.

#### 4.1.5.4. Procedimiento

Para establecer el peso unitario suelto se empleará el procedimiento con pala, el cual consiste en llenar el depósito de medida con una cuchara hasta que se colme, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por arriba de la parte alta del depósito, para luego eliminar el agregado excedente con una regla.

El peso unitario compactado se calcula con la técnica de apisonado para agregados con una dimensión máxima nominal de 37,5 mm (1 1/2 pulg) o menos; o por la técnica de percusión con una dimensión máxima nominal entre 37,5 mm y 150 mm (1 1/2 pulg a 6 pulg). Entonces, en la presente investigación se usó el primero en mención.

El Procedimiento de Apisonado consiste en lo siguiente:

- Se rellena la tercera porción del depósito de medida y se allana solamente con la mano, para después apisonar la capa con la barra compactadora, utilizando para ello 25 impactos a lo largo de toda la superficie. Se vuelve a rellena llegando a las dos terceras partes del depósito y nuevamente se compacta con 25 impactos. Por último, se colma el depósito e impactándola el mismo número de veces con la barra compactadora; el agregado que excede se quita empleando la barra compactadora a manera de regla.

**Figura 10**

*Retiro de material sobrante con barra compactadora*



*Fuente: Elaboración propia*

- Durante la compactación de la primera capa, se debe evitar aplicar demasiada fuerza en la barra para evitar dañar el fondo. En las dos capas siguientes, se debe aplicar la fuerza necesaria para que la barra compactadora ingrese en la última capa de agregado colocada en el depósito.

Para ambos casos se establece el peso del depósito de medida más lo que contiene, y el peso del depósito únicamente, marcando los pesos con alrededor de 0.05 kg (0.1 lb).

#### **4.1.5.5. Metodología**

El peso unitario establecido se utiliza para agregado en la condición seco y, se calcula el peso unitario suelto o compactado, utilizando la siguiente expresión:

#### ***Ecuación 10***

*Peso Unitario para el agregado en condición seca*

$$M = (G - T) / V$$

Donde:

- $M$  : Peso unitario del agregado en  $\text{kg/m}^3$ ,
- $G$  : Peso del recipiente de medida más agregado en kg,
- $T$  : Peso del recipiente de medida en kg,
- $V$  : Volumen de la medida en  $\text{m}^3$ , y

Adicionalmente, se puede calcular el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado, como sigue:

***Ecuación 11***

*Contenido de vacíos %*

$$\% \text{ vacios} = \frac{[(S \times W) - M]}{S \times W} \times 100$$

Donde:

- $M$  : Peso unitario del agregado en  $\text{kg/m}^3$ ,
- $S$  : Peso específico de masa en  $\text{kg/m}^3$ , y
- $W$  : Densidad del agua en  $\text{kg/m}^3$ .

Es preciso señalar que la densidad del agua varía de acuerdo a la temperatura, como se muestra en la Tabla 29, por lo que se debe medir la temperatura del agua para determinar su densidad, y si es necesario, se deben realizar interpolaciones.

**Tabla 29**

*Densidad del agua*

<i>Temperatura</i>		<i>Densidad</i>	
<i>°C</i>	<i>°F</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	<i>lb/p<sup>3</sup></i>
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23.0	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.216
29.4	85	995.83	62.166

*Fuente: NTP 400.017, p.8*

#### **4.1.5.6. Precisión**

La NTP 400.017 ha determinado índices de desviación típica y máximo contraste para el peso unitario del agregado grueso, para peso normal y de tamaño máximo nominal de 25 mm (1"), utilizando un depósito de medida de 14 L (1/2 p<sup>3</sup>) de capacidad y, para el agregado fino, para peso unitario suelto, utilizando uno de 2,8 L (1/10 p<sup>3</sup>).

La precisión para un único operario, la desviación típica ha sido determinada en 14 kg/m<sup>3</sup> (0,88 lb/p<sup>3</sup>). Posteriormente los ensayos ejecutados por un único operario con el mismo material, en sus resultados no se diferenciarán en más de 40 kg/m<sup>3</sup> (2,5 lb/p<sup>3</sup>).

#### **4.1.5.7. Cálculos y Resultados**

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1", por lo que, según la Tabla 2, la capacidad de medida del recipiente para calcular el peso unitario es de 9.3 L o 1/3 p<sup>3</sup> con un espesor de 0.2 pulg o 5.0 mm.

El procedimiento para encontrar el peso unitario compactado fue por el procedimiento de apisonado, debido a que el tamaño máximo nominal de los agregados utilizados es menor de 37,5 mm (1 1/2 pulg).

Para el agregado grueso se ensayaron tres muestras obteniendo un peso unitario suelto promedio de 1484.43 kg/m<sup>3</sup> y peso unitario compactado promedio de 1563.10 kg/m<sup>3</sup>, como se detalla en la Tabla 30 y Tabla 31.

**Tabla 30**

*Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente (T)	[ g ]	1615.5	1615.5	1615.5
Peso recipiente + muestra (G)	[ g ]	5764.4	5781.2	5770.0
Peso muestra (G - T)	[ g ]	4148.9	4165.7	4154.5
Volumen molde (V)	[ cm <sup>3</sup> ]	2800	2800	2800
Peso unitario suelto (M)	[ g/cm <sup>3</sup> ]	1.482	1.488	1.484
	[ kg/m <sup>3</sup> ]	1481.8	1487.8	1483.8
<b>Promedio</b>		<b>1484.43 kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla 31**

*Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente (T)	[ g ]	1615.5	1615.5	1615.5
Peso recipiente + muestra (G)	[ g ]	5983.80	6003.35	5989.37
Peso muestra (G - T)	[ g ]	4368.30	4387.85	4373.87
Volumen molde (V)	[ cm <sup>3</sup> ]	2800	2800	2800
Peso unitario suelto (M)	[ g/cm <sup>3</sup> ]	1.560	1.567	1.562
	[ kg/m <sup>3</sup> ]	1560.1	1567.1	1562.1
<b>Promedio</b>		<b>1563.1 kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente: Elaboración propia*

Para el agregado fino se ensayaron tres muestras obteniendo un peso unitario suelto promedio de  $1510.29 \text{ kg/m}^3$  y peso unitario compactado promedio de  $1658.30 \text{ kg/m}^3$ , como se detalla en la Tabla 32 y Tabla 33.

**Tabla 32**

*Peso Unitario Suelto del Agregado Fino*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente (T)	[ g ]	1615.5	1615.5	1615.5
Peso recipiente + muestra (G)	[ g ]	5858.1	5847.1	5827.7
Peso muestra (G - T)	[ g ]	4242.6	4231.6	4212.2
Volumen molde (V)	[ $\text{cm}^3$ ]	2800	2800	2800
Peso unitario suelto (M)	[ $\text{g/cm}^3$ ]	1.515	1.511	1.504
	[ $\text{kg/m}^3$ ]	1515.2	1511.3	1504.4
<b>Promedio</b>		<b><math>1510.29 \text{ kg/m}^3</math></b>		

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 33**

*Peso Unitario Compactado del Agregado Fino*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente (T)	[ g ]	1615.5	1615.5	1615.5
Peso recipiente + muestra (G)	[ g ]	6271.5	6263.5	6241.2
Peso muestra (G - T)	[ g ]	4656.0	4648.0	4625.7
Volumen molde (V)	[ $\text{cm}^3$ ]	2800	2800	2800
Peso unitario suelto (M)	[ $\text{g/cm}^3$ ]	1.663	1.660	1.652
	[ $\text{kg/m}^3$ ]	1662.9	1660.0	1652.0
<b>Promedio</b>		<b><math>1658.3 \text{ kg/m}^3</math></b>		

*Fuente:* Elaboración propia

## 4.2. Propiedades de la diatomita

La diatomita, es un mineral no metálico con una dimensión de partículas similar al del agregado fino, por lo que se hicieron los análisis de laboratorio correspondientes tomando en cuenta los procedimientos y cálculos estipulados para un agregado fino.

### 4.2.1. Análisis Granulométrico

Para establecer la gradación de las partículas de la diatomita, primero se realizó un muestreo, reduciendo la muestra seca por cuarteo manual a una cantidad aproximadamente mayor a 300 g, tal como se indica para el agregado fino.

Se usaron los siguientes tamices: 3/8", N°4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200, aparte del fondo y la tapa. Se ordenaron los tamices de manera decreciente en su apertura, desde la tapa hasta el fondo.

Se agregó la muestra en los tamices y se agitaron los tamices en la maquina tamizadora y luego de forma manual. Se obtiene el peso retenido de cada uno de los tamices y luego se verifica que el peso total del material posterior al tamizado no varíe en más del 0.3% del peso seco original de la muestra.

Se calcula el porcentaje pasante de la diatomita por tamiz como se muestra en la Tabla 34.

**Tabla 34**

*Porcentaje que pasa por tamiz de la muestra de la diatomita*

<i>Tamices</i>	<i>Peso retenido (g)</i>	<i>Porcentaje retenido parcial (%)</i>	<i>Porcentaje retenido acumulado (%)</i>	<i>Porcentaje que pasa (%)</i>
3/8''	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	13.1	4.3	4.3	95.7
N° 16	27.6	9.0	13.2	86.8
N° 30	26.0	8.4	21.7	78.3
N° 50	42.6	13.8	35.5	64.5
N° 100	141.7	46.0	81.5	18.5
N° 200	43.9	14.3	95.8	4.2
Fondo	12.9	4.2	100.0	0.0
<b>Total</b>	<b>307.8</b>	<b>100.0</b>		

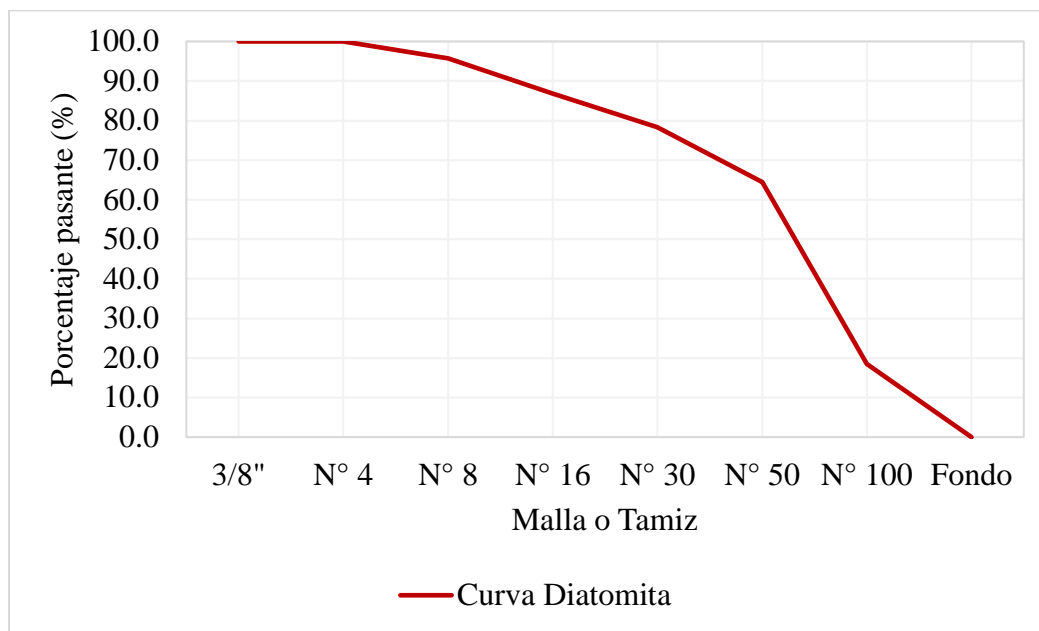
*Fuente:* Elaboración propia

Luego, se calcula el módulo de fineza, considerando el porcentaje retenido acumulado de las mallas usadas para el agregado fino, obteniendo un módulo de fineza de 1.56. Dicha magnitud se encuentra por debajo de los límites establecidos para el agregado fino.

Además, su granulometría no es continua, con un valor máximo retenido, entre dos mallas consecutivas entre la malla N° 4 y N° 100, de 60.3% entre los tamices N° 100 y N° 200.

**Gráfico 4**

*Curva Granulométrica de la Diatomita*



Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.2.2. Contenido de humedad

Se tomó en cuenta el mismo procedimiento y consideraciones que para el agregado fino, por lo que se ensayaron tres muestras con una masa mayor a la mínima requerida de 0.5 kg, protegiendo la muestra contra la pérdida de humedad antes de determinar su masa.

Se obtuvo un contenido de humedad promedio de 9.723 %, como se muestra en la Tabla 35.

**Tabla 35**

*Contenido de Humedad de la Diatomita*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente	[ g ]	234.5	242.9	233.6
Peso recipiente + muestra original	[ g ]	786.5	811.0	772.2
Peso recipiente + muestra seca	[ g ]	738.1	760.8	723.8
Peso muestra original ( <i>W</i> )	[ g ]	552.0	568.1	538.6
Peso muestra seca ( <i>D</i> )	[ g ]	503.6	517.9	490.2
Contenido de Humedad ( <i>p</i> )	[ % ]	9.611	9.685	9.874
<b>Promedio</b>		<b>9.723 %</b>		

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.2.3. Peso específico y absorción

La muestra extraída tuvo un peso tal, que su peso superficialmente seco fue de 500 g. Se ensayaron tres muestras obteniendo un peso específico de masa promedio de 2057.86 kg/m<sup>3</sup> y una absorción promedio de 21.202 %, como se muestra en la Tabla 36 y Tabla 37.

**Tabla 36**

*Peso Específico de la Diatomita*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso muestra SSS ( <i>W<sub>SSS</sub></i> )	[ g ]	500.0	500.0	500.0
Peso picnómetro	[ g ]	152.7	152.7	152.7
Peso picnómetro + muestra + agua	[ g ]	951.5	951.7	951.3
Peso muestra seca ( <i>W<sub>0</sub></i> )	[ g ]	412.5	412.6	412.4
Volumen picnómetro ( <i>V</i> )	[ cm <sup>3</sup> ]	500.0	500.0	500.0
Peso agua	[ g ]	298.8	299.0	298.6
Densidad agua	[ g/cm <sup>3</sup> ]	0.9975	0.9975	0.9975
Volumen de agua añadida ( <i>V<sub>a</sub></i> )	[ cm <sup>3</sup> ]	299.5	299.7	299.3
Peso específico aparente ( <i>Pe<sub>a</sub></i> )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	3.652	3.656	3.648
	[ kg/m <sup>3</sup> ]	3652.02	3656.16	3647.89

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso específico SSS ( $Pe_{SSS}$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.494	2.497	2.492
	[ kg/m <sup>3</sup> ]	2494.37	2496.87	2491.88
Peso específico de masa ( $Pe_m$ )	[ g/cm <sup>3</sup> ]	2.058	2.060	2.055
	[ kg/m <sup>3</sup> ]	2057.86	2060.42	2055.30
<b>Promedio</b>		<b>2057.86 kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 37**

*Porcentaje de Absorción de la Diatomita*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso muestra SSS ( $W_{SSS}$ )	[ g ]	500.0	500.0	500.0
Peso muestra seca ( $W_0$ )	[ g ]	412.5	412.7	412.4
Porcentaje de absorción	[ % ]	21.212	21.153	21.242
<b>Promedio</b>		<b>21.202 %</b>		

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.2.4. Peso unitario

Se usó el “Procedimiento con Pala” para el peso unitario suelto y el “Procedimiento de Apisonado o Compactación” para el compactado.

Se ensayaron tres muestras obteniendo un peso unitario suelto promedio de 253.91 kg/m<sup>3</sup> y peso unitario compactado promedio de 278.40 kg/m<sup>3</sup>, como se detalla en la Tabla 38 y Tabla 39.

**Tabla 38**

*Peso Unitario Suelto de la Diatomita*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente (T)	[ g ]	1644	1644	1644
Peso recipiente + muestra (G)	[ g ]	2363.0	2372.0	2354.0
Peso muestra (G - T)	[ g ]	719.0	728.0	710.0
Volumen molde (V)	[ cm <sup>3</sup> ]	2831.7	2831.7	2831.7
Peso unitario suelto (M)	[ g/cm <sup>3</sup> ]	0.254	0.257	0.251
	[ kg/m <sup>3</sup> ]	253.9	257.1	250.7
<b>Promedio</b>		<b>253.91 kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 39**

*Peso Unitario Compactado de la Diatomita*

<i>Muestra</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Peso recipiente (T)	[ g ]	1642	1642	1642
Peso recipiente + muestra (G)	[ g ]	2443.0	2431.0	2417.0
Peso muestra (G - T)	[ g ]	801.0	789.0	775.0
Volumen molde (V)	[ cm <sup>3</sup> ]	2831.7	2831.7	2831.7
Peso unitario suelto (M)	[ g/cm <sup>3</sup> ]	0.283	0.279	0.274
	[ kg/m <sup>3</sup> ]	282.9	278.6	273.7
<b>Promedio</b>		<b>278.4 kg/m<sup>3</sup></b>		

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.3. Métodos de diseño de concreto

Para establecer los tamaños de los elementos que componen que, bajo determinadas condiciones, constituyen un concreto, existen cuantiosos métodos en los que, los autores de estos procedimientos, recomiendan, de acuerdo al uso del concreto, diversas consideraciones a tomar en

cuenta según las características de resistencia a la compresión, consistencia, características físicas de los agregados a intervenir, entre otros.

Por lo que, se presenta brevemente dos de los métodos más utilizados en los laboratorios del Perú: (a) Método ACI 211 y, (b) Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados.

#### **4.3.1. Método ACI 211**

Este es un sistema elaborado por el comité N° 211 del American Concrete Institute (ACI). Consiste en un diseño simple, en el que se utilizan algunas tablas preestablecidas con un orden específico, para obtener las proporciones de los componentes de los agregados tradicionales para una unidad cúbica de concreto: agregado fino, agregado grueso, cemento y agua.

Este método se recomienda su aplicación en concretos de peso común, sin embargo, un inconveniente es que no está diseñado para condiciones especiales de construcción o uso.

La manera de realizar el diseño de mezclas conforme el comité 211 del ACI tiene la secuencia siguiente:

- Selección de la resistencia promedio según la Tabla 40.
- Del tamaño máximo nominal del agregado.
- Del asentamiento según el tipo de estructura según la Tabla 41.
- Del volumen unitario de agua según la Tabla 42.
- De contenido de aire según la Tabla 43.
- De la relación agua concreto según la Tabla 44.
- Determinación del cemento
- Del agregado grueso según la Tabla 45.

- De los volúmenes absolutos de sus componentes.
- Del peso seco del agregado fino
- De los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente corrección por humedad.

**Tabla 40**

*Determinación de la resistencia promedio según el comité 211 del ACI*

<i>Resistencia especificada a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia promedio requerida a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>
$f_c < 210$	$f'_{cr} = f_c + 70$
$210 \leq f_c \leq 350$	$f'_{cr} = f_c + 84$
$f_c > 350$	$f'_{cr} = f_c + 98$

*Fuente: ACI 211.1-91*



**Tabla 41**

*Slump según el tipo de estructura según el comité 211 del ACI*

<i>Tipo de Estructura</i>	<i>Slump mín (pulg)</i>	<i>Slump máx (pulg)</i>
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Cimentaciones simples y calzaduras	3	1
Vigas y muros armados	4	1
Columnas	4	2
Muros y Pavimentos	3	1
Concreto ciclópeo	2	1
Concreto Superplastificado	8	6
Plástica	4	3
Seca	2	1

*Fuente: ACI 211.1-91*

**Tabla 42**

*Volumen unitario del agua según el comité 211 del ACI*

<i>Asentamiento (Slump)</i>	<i>Agua en L/m<sup>3</sup> según el Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso</i>								
	<i>3/8</i>	<i>1/2</i>	<i>3/4</i>	<i>1</i>	<i>1 1/2</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>6</i>	
<i>Costa (sin aire incorporado)</i>									
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113	
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124	
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-	
<i>Sierra (con aire incorporado)</i>									
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107	
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119	
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	-	

*Fuente: ACI 211.1-91*

**Tabla 43**

*Contenido de aire según el comité 211 del ACI*

<b>TMN (pulg)</b>	<b>Aire Atrapado para concreto resistente al congelamiento</b>		
	<b>Sin exposición</b>	<b>Exposición Severa</b>	<b>Exposición Moderada</b>
3/8	3.0%	7.5%	6.0%
1/2	2.5%	7.0%	5.5%
3/4	2.0%	6.0%	5.0%
1	1.5%	6.0%	4.5%
1 1/2	1.0%	5.5%	4.5%
2	0.5%	5.0%	4.0%
3	0.3%	4.5%	3.5%
6	0.2%	-	-

*Fuente: ACI 211.1-91*

**Tabla 44**

*Relación agua cemento según el comité 211 del ACI*

<b><math>f'_{cr}</math> (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación agua/cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concreto sin aire incorporado</b>	<b>Concreto con aire incorporado</b>
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
450	0.38	-

*Fuente: ACI 211.1-91*

**Tabla 45**

*Contenido de agregado grueso según el comité 211 del ACI*

<i>Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (TMN)</i>	<i>Volumen de agregado grueso seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del fino</i>			
	<i>2.4</i>	<i>2.6</i>	<i>2.8</i>	<i>3</i>
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
6	0.87	0.85	0.83	0.81

*Fuente: ACI 211.1-91*

Para comenzar con el diseño, se deben definir las especificaciones del concreto y las propiedades de los agregados a intervenir. Por lo que se describe el procedimiento del diseño de un concreto con una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

## MÉTODO ACI 211

### 1.- Especificaciones y propiedades de los agregados

#### Especificaciones del concreto

$f_c$	210	kgf/cm <sup>2</sup>
Tipo de Estructura	Plástica	
Ubicación	Costa (sin aire incorporado)	
Expuesto a congelamiento	No	

#### Propiedades del cemento

Peso Específico	3.14	g/cm <sup>3</sup>
-----------------	------	-------------------

#### Propiedades del agregado grueso

Peso específico	2.76	g/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.43	%
Contenido de humedad	0.18	%
Módulo de fineza	7.73	-
Tamaño máximo nominal	1	pulg
Peso seco compactado	1.56	g/cm <sup>3</sup>
Peso seco suelto	1.48	g/cm <sup>3</sup>

#### Propiedades del agregado fino

Peso específico	2.45	g/cm <sup>3</sup>
Absorción	2.47	%
Contenido de humedad	9.76	%
Módulo de fineza	2.81	-
Peso seco compactado	1.66	g/cm <sup>3</sup>
Peso seco suelto	1.51	g/cm <sup>3</sup>

1/8

### MÉTODO ACI 211

#### 2.- Determinación de la resistencia promedio

<i>Resistencia especificada a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia promedio requerida a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>
$f_c < 210$	$f_{cr} = f_c + 70$
$210 \leq f_c \leq 350$	$f_{cr} = f_c + 84$
$f_c > 350$	$f_{cr} = f_c + 98$

<b>f'cr =</b>	<b>294</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>
---------------	------------	---------------------------

#### 3.- Selección del tamaño máximo nominal del agregado

<b>TMN =</b>	<b>1</b>	<b>pulg</b>
--------------	----------	-------------

#### 4.- Selección del asentamiento

<i>Tipo de Estructura</i>	<i>Slump mín (pulg)</i>	<i>Slump máx (pulg)</i>
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Cimentaciones simples y calzaduras	3	1
Vigas y muros armados	4	1
Columnas	4	2
Muros y Pavimentos	3	1
Concreto ciclópeo	2	1
Concreto Superplastificado	8	6
Plástica	4	3
Seca	2	1

<b>Slump =</b>	<b>4</b>	<b>aceptable hasta</b>	<b>3</b>	<b>pulgadas</b>
----------------	----------	------------------------	----------	-----------------

### MÉTODO ACI 211

#### 5.- Volumen unitario de agua

<i>Asentamiento (Slump)</i>	<i>Agua en l/m<sup>3</sup> según el Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso</i>								
	<i>3/8</i>	<i>1/2</i>	<i>3/4</i>	<i>1</i>	<i>1 1/2</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>6</i>	
<i>Costa (sin aire incorporado)</i>									
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113	
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124	
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-	
<i>Sierra (con aire incorporado)</i>									
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107	
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119	
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	-	

**Volumen unitario de agua = 193 L/m<sup>3</sup>**

#### 6.- Contenido de aire

<i>TMN (pulg)</i>	<i>Aire Atrapado para concreto resistente al congelamiento</i>		
	<i>Sin exposición</i>	<i>Exposición Severa</i>	<i>Exposición Moderada</i>
3/8	3.0%	7.5%	6.0%
1/2	2.5%	7.0%	5.5%
3/4	2.0%	6.0%	5.0%
1	1.5%	6.0%	4.5%
1 1/2	1.0%	5.5%	4.5%
2	0.5%	5.0%	4.0%
3	0.3%	4.5%	3.5%
6	0.2%	-	-

**Contenido de aire = 1.5%**

MÉTODO ACI 211

**7.- Relación agua cemento**

$f'_{cr}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	<i>Relación agua/cemento de diseño en peso</i>	
	<i>Concreto sin aire incorporado</i>	<i>Concreto con aire incorporado</i>
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

<i>Condiciones Especiales de Exposición</i>	<i>Relación A/C máx, en concretos con agregados de peso normal</i>	<i>Resistencia en compresión mín en concretos con agregados livianos</i>
Concreto de baja permeabilidad a) Expuesto a agua dulce b) Expuesto a agua de mar c) Expuesto a aguas cloacales	0.50 0.45 0.45	260
Concretos expuestos a procesos de congelación en condiciones húmedas a) Bardineles, cunetas, secciones delgadas b) Otros elementos	0.45 0.50	300
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina, o rocío de estas aguas	0.40	325
Si el recubrimiento se incrementa en 15mm	0.45	300

*La resistencia  $f'_c$  no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.*

<b>Relación agua cemento = 0.558</b>
--------------------------------------

### MÉTODO ACI 211

#### 8.- Factor Cemento

<b>Factor Cemento (F)</b>	<b>345.63</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
	<b>8.132</b>	<b>bolsas/m<sup>3</sup></b>

\* Si bolsa de cemento pesa  
42.5 kg

#### 9.- Contenido de Agregado Grueso

<i>Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (TMN)</i>	<i>Volumen de agregado grueso seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de finza del fino</i>			
	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3</b>
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
6	0.87	0.85	0.83	0.81

<b>Volumen de agregado grueso seco</b>	<b>=</b>	<b>0.6688</b>
<b>Peso seco compactado</b>	<b>=</b>	<b>1045.40 kgf/m<sup>3</sup></b>

#### 10.- Cálculo de volúmenes absolutos

	<b>Peso (kgf)</b>	<b>Peso Específico (gf/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Absoluto (m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	345.63	3.14	0.1101
Agua	193	1	0.1930
Aire	0.015	-	0.0150
Agregado Grueso	1045.40128	2.76	0.3789
			<b>0.6970</b>

### MÉTODO ACI 211

#### 11.- Contenido de agregado fino

Volumen absoluto de agregado fino	=	0.3030	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	=	743.90	kgf/m <sup>3</sup>

#### 12.- Valores de diseño en estado seco

Cemento	345.63	kgf/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	L/m <sup>3</sup>
Agregado Fino seco	743.90	kgf/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso seco	1045.40	kgf/m <sup>3</sup>

#### 13.- Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del agregado fino	=	816.50	kgf/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	=	1047.32	kgf/m <sup>3</sup>

Aporte de agua del agregado fino	=	54.20	L/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	=	-2.61	L/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	=	51.59	L/m <sup>3</sup>

#### 14.- Cálculo de los materiales por metro cúbico

Cemento	345.63	kgf/m <sup>3</sup>
Agua	141.41	L/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	816.50	kgf/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kgf/m <sup>3</sup>

### MÉTODO ACI 211

#### 15.- Proporción en peso para una bolsa de cemento

	Peso Seco	Peso Húmedo
Cemento	1.00	1.00
Agregado Fino	2.15	2.36
Agregado Grueso	3.02	3.03
Agua (L/saco)	23.73	17.39

<b>1.00</b>	<b>:</b>	<b>2.36</b>	<b>:</b>	<b>3.03</b>	<b>:</b>	<b>0.41</b>
-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------

#### 16.- Proporción en volumen para una bolsa de cemento

Volumen del Agregado Grueso	=	3.036
Volumen del Agregado Fino	=	2.327
Agua (L/saco)		17.39
=		

<b>1.00</b>	<b>:</b>	<b>2.33</b>	<b>:</b>	<b>3.04</b>	<b>:</b>	<b>0.41</b>
-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------

#### 17.- Cantidad de materiales para 9 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm

Cantidad de probetas	=	9.00	und
Diámetro	=	0.10	m
Altura	=	0.20	m
Volumen unitario	=	0.0016	m <sup>3</sup>
Desperdicio	=	10.00	%
Volumen total	=	0.0156	m <sup>3</sup>

<b>Cemento</b>	<b>5.37</b>	<b>kgf</b>
<b>Agua</b>	<b>2.20</b>	<b>L</b>
<b>Agregado Fino</b>	<b>12.70</b>	<b>kgf</b>
<b>Agregado Grueso</b>	<b>16.29</b>	<b>kgf</b>

\* Considerando un desperdicio de 10%

**MÉTODO ACI 211**

**18.- Resumen relación agua cemento y slump**

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Relación agua cemento	0.558	0.466	0.396	0.312
Slump (pulg)	4 a 3	4 a 3	4 a 3	4 a 3

**19.- Resumen cantidad de materiales por metro cúbico**

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	141.41	145.33	149.50	156.98
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	816.50	757.39	694.57	581.97
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.64	1047.64	1047.64

**20.- Resumen cantidad de materiales para 9 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm**

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf)	5.37	6.44	7.58	9.62
Agua (L)	2.20	2.26	2.32	2.44
Agregado Fino (kgf)	12.70	11.78	10.80	9.05
Agregado Grueso (kgf)	16.29	16.29	16.29	16.29

#### 4.3.2. Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados

Formulado por el profesor Stanton W. y su grupo de investigación, cuyo procedimiento resuelve el caso de las proporciones de la unidad cúbica de concreto mediante la conversión de los porcentajes de agregado fino y grueso en una relación basada en sus respectivos módulos de fineza.

En este método los contenidos de agregados finos y gruesos cambian para las distintas resistencias, esto a causa de la correspondencia agua cemento, de la cantidad de agua, indicados por medio del contenido de cemento.

Así también es autónomo de la granulometría, y admite que la trabajabilidad y resistencia sean siempre las mismas. La parte negativa que tiene el método está en que no se detalla el análisis de la granulometría, pues se sostiene en las medias que se obtiene, lo que para ciertos casos significa minimizar la trascendencia de los finos, debido a lo cual es mejor usarlo de la mano con alguna curva teórica para una revisión extra. (Pasquel, 1992 – 1993)

Además de lo mencionado anteriormente, este método se basa en la premisa de que es un indicador de la superficie específica y que a medida que esta aumenta, también aumenta la cantidad de pasta de cemento necesaria para su uso. Los estudios realizados permiten presentar en la Tabla 48 la relación entre el módulo de fineza de los diferentes agregados, lo que permite determinar el valor del módulo de fineza más adecuado para una combinación de agregados específica, en función de las condiciones de la mezcla.

**Tabla 46**

*Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados*

<b>Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (TMN)</b>	<b>Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados</b>			
	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
3/8''	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2''	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4''	4.96	5.04	5.11	5.19
1''	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2''	5.56	5.64	5.71	5.79
2''	5.86	5.94	6.01	6.09
3''	6.16	6.24	6.31	6.39

*Fuente: ACI 211.1-91*

Además, se muestra una fórmula que relacione el módulo de fineza de los agregados y el porcentaje de su volumen total del agregado, como sigue:

***Ecuación 12***

*Proporción de agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado, en %*

$$rf = \frac{mg - m}{mg - mf}$$

Donde:

*m* : Módulo de fineza de la combinación de los agregados,

*mf* : Módulo de fineza del agregado fino,

*mg* : Módulo de fineza del agregado grueso,

*rf* : Proporción de agregado fino en relación al volumen absoluto total de

agregado, en %, y

$r_g$  : Proporción de agregado grueso en relación al volumen absoluto total de agregado, en %.

El procedimiento para el diseño de mezclas según el método de módulo de fineza de la combinación de los agregados, tiene una secuencia determinada, siendo los siete primeros pasos igual al método según el comité 211 del ACI, de la siguiente manera:

- Selección de la resistencia promedio según la Tabla 40.
- Del tamaño máximo nominal del agregado.
- Del asentamiento según el tipo de estructura según la Tabla 41.
- Del volumen unitario de agua según la Tabla 42.
- De contenido de aire según la Tabla 43.
- De la relación agua concreto según la Tabla 44.
- Determinación del cemento.
- De los volúmenes absolutos de sus componentes.
- Del módulo de fineza de los agregados según la Tabla 46.
- Del porcentaje del agregado fino.
- Del peso seco de los agregados.
- De los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente corrección por humedad.

Para comenzar con el diseño, se deben definir las especificaciones del concreto y las propiedades de los agregados a intervenir. Por lo que se describe el procedimiento del diseño de un concreto con una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ .

## MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

### 1.- Especificaciones y propiedades de los agregados

#### Especificaciones del concreto

$f_c$	210	kgf/cm <sup>2</sup>
Tipo de Estructura	Plástica	
Ubicación	Costa (sin aire incorporado)	
Expuesto a congelamiento	No	

#### Propiedades del cemento

Peso Específico	3.14	g/cm <sup>3</sup>
-----------------	------	-------------------

#### Propiedades del agregado grueso

Peso específico	2.76	g/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.43	%
Contenido de humedad	0.18	%
Módulo de fineza	7.73	-
Tamaño máximo nominal	1	pulg
Peso seco compactado	1.56	g/cm <sup>3</sup>
Peso seco suelto	1.48	g/cm <sup>3</sup>

#### Propiedades del agregado fino

Peso específico	2.45	g/cm <sup>3</sup>
Absorción	2.47	%
Contenido de humedad	9.76	%
Módulo de fineza	2.81	-
Peso seco compactado	1.66	g/cm <sup>3</sup>
Peso seco suelto	1.51	g/cm <sup>3</sup>

## MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

### 2.- Determinación de la resistencia promedio

<i>Resistencia especificada a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia promedio requerida a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>
$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 84$
$f'c > 350$	$f'cr = f'c + 98$

$f'cr =$	<b>294</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>
----------	------------	---------------------------

### 3.- Selección del tamaño máximo nominal del agregado

<b>TMN =</b>	<b>1</b>	<b>pulg</b>
--------------	----------	-------------

### 4.- Selección del asentamiento

<i>Tipo de Estructura</i>	<i>Slump mín (pulg)</i>	<i>Slump máx (pulg)</i>
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Cimentaciones simples y calzaduras	3	1
Vigas y muros armados	4	1
Columnas	4	2
Muros y Pavimentos	3	1
Concreto ciclópeo	2	1
Concreto Superplastificado	8	6
Plástica	4	3
Seca	2	1

<b>Slump =</b>	<b>4</b>	<b>aceptable hasta</b>	<b>3</b>	<b>pulgadas</b>
----------------	----------	------------------------	----------	-----------------

## MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

### 5.- Volumen unitario de agua

<i>Asentamiento (Slump)</i>	<i>Agua en L/m<sup>3</sup> según el Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso</i>								
	<i>3/8</i>	<i>1/2</i>	<i>3/4</i>	<i>1</i>	<i>1 1/2</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>6</i>	
<i>Costa (sin aire incorporado)</i>									
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113	
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124	
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-	
<i>Sierra (con aire incorporado)</i>									
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107	
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119	
6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	-	

**Volumen unitario de agua = 193 L/m<sup>3</sup>**

### 6.- Contenido de aire

<i>TMN (pulg)</i>	<i>Aire Atrapado para concreto resistente al congelamiento</i>		
	<i>Sin exposición</i>	<i>Exposición Severa</i>	<i>Exposición Moderada</i>
3/8	3.0%	7.5%	6.0%
1/2	2.5%	7.0%	5.5%
3/4	2.0%	6.0%	5.0%
1	1.5%	6.0%	4.5%
1 1/2	1.0%	5.5%	4.5%
2	0.5%	5.0%	4.0%
3	0.3%	4.5%	3.5%
6	0.2%	-	-

**Contenido de aire = 1.5%**

**MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS**

**7.- Relación agua cemento**

<i>f'cr (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Relación agua/cemento de diseño en peso</i>	
	<i>Concreto sin aire incorporado</i>	<i>Concreto con aire incorporado</i>
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

<i>Condiciones Especiales de Exposición</i>	<i>Relación A/C máx, en concretos con agregados de peso normal</i>	<i>Resistencia en compresión mín en concretos con agregados livianos</i>
Concreto de baja permeabilidad a) Expuesto a agua dulce b) Expuesto a agua de mar c) Expuesto a aguas cloacales	0.50 0.45 0.45	260
Concretos expuestos a procesos de congelación en condiciones húmedas a) Bardineles, cunetas, secciones delgadas b) Otros elementos	0.45 0.50	300
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina, o rocío de estas aguas	0.40	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm	0.45	300

*La resistencia f'c no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.*

**Relación agua cemento = 0.558**

## MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

### 8.- Factor Cemento

<b>Factor Cemento (F)</b>	<b>345.63</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
	<b>8.132</b>	<b>bolsas/m<sup>3</sup></b>

\* Si bolsa de cemento pesa  
42.5 kg

### 9.- Cálculo de Volúmenes Absolutos

	<i>Peso (kgf)</i>	<i>Peso Específico (gf/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Vol. Absoluto (m<sup>3</sup>)</i>
Cemento	345.63	3.14	0.1101
Agua	193	1	0.1930
Aire	1.5%	-	0.0150
			<b>0.3181</b>

**Volumen absoluto de agregados = 0.6819 m<sup>3</sup>**

### 10.- Modulo de fineza Combinado de los Agregados

<i>Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (TMN)</i>	<i>MF de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de cemento en bolsas/m<sup>3</sup></i>			
	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
3/8	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4	4.96	5.04	5.11	5.19
1	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2	5.56	5.64	5.71	5.79
2	5.86	5.94	6.01	5.09
3	6.16	6.24	6.31	6.39

**Módulo de Fineza de los Agregados = 5.421**

### 11.- Porcentaje de Agregado Fino

**% Agregado Fino = 46.93 %**

5/8

## MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

### 12.- Pesos Agregados en Estado Seco

<b>Peso Seco del Agregado Fino</b>		
Volumen Agregado Fino	0.3200	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.56	kgf/m <sup>3</sup>

<b>Peso Seco del Agregado Grueso</b>		
Volumen Agregado Grueso	0.3619	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Grueso	998.58	kgf/m <sup>3</sup>

### 13.- Valores de Diseño en Estado Seco

<b>Cemento</b>	<b>345.63</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
<b>Agua</b>	<b>193.00</b>	<b>L/m<sup>3</sup></b>
<b>Agregado Fino seco</b>	<b>785.56</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
<b>Agregado Grueso seco</b>	<b>998.58</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>

### 14.- Corrección por humedad del agregado

<b>Peso húmedo del agregado fino</b>	<b>862.22</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
<b>Peso húmedo del agregado grueso</b>	<b>1000.42</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>

<b>Aporte de agua del agregado fino</b>	<b>57.24</b>	<b>L/m<sup>3</sup></b>
<b>Aporte de agua del agregado grueso</b>	<b>-2.50</b>	<b>L/m<sup>3</sup></b>
<b>Aporte de agua de los agregados</b>	<b>54.74</b>	<b>L/m<sup>3</sup></b>

### 15.- Cálculo de los materiales por metro cúbico

<b>Cemento</b>	<b>345.63</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
<b>Agua</b>	<b>138.26</b>	<b>L/m<sup>3</sup></b>
<b>Agregado Fino</b>	<b>862.22</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>
<b>Agregado Grueso</b>	<b>1000.42</b>	<b>kgf/m<sup>3</sup></b>

### MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

#### 16.- Proporción en peso para una bolsa de cemento

	Peso Seco	Peso Húmedo
Cemento	1.00	1.00
Agregado Fino seco	2.27	2.49
Agregado Grueso seco	2.89	2.89
Agua (L/saco)	23.73	17.00

<b>1.00</b>	<b>:</b>	<b>2.49</b>	<b>:</b>	<b>2.89</b>	<b>:</b>	<b>0.40</b>
-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------

#### 17.- Proporción en volumen para una bolsa de cemento

Volumen del Agregado Grueso	=	2.900
Volumen del Agregado Fino	=	2.457
Agua (L/saco)	=	17.00

<b>1.00</b>	<b>:</b>	<b>2.46</b>	<b>:</b>	<b>2.90</b>	<b>:</b>	<b>0.40</b>
-------------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------

#### 18.- Cantidad de materiales para 9 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm

Cantidad de probetas	=	9.00	und
Diámetro	=	0.10	m
Altura	=	0.20	m
Volumen unitario	=	0.0016	m <sup>3</sup>
Desperdicio	=	10.00	%
Volumen total	=	0.0156	m <sup>3</sup>

<b>Cemento</b>	<b>5.37</b>	<b>kgf</b>
<b>Agua</b>	<b>2.15</b>	<b>L</b>
<b>Agregado Fino</b>	<b>13.41</b>	<b>kgf</b>
<b>Agregado Grueso</b>	<b>15.56</b>	<b>kgf</b>

\* Considerando un desperdicio de 10%

**MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS**

**19.- Resumen relación agua cemento y slump**

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Relación agua cemento	0.558	0.466	0.396	0.312
Slump (pulg)	4 a 3	4 a 3	4 a 3	4 a 3

**20.- Resumen cantidad de materiales por metro cúbico**

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	138.26	143.25	148.32	156.80
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	862.22	787.63	711.72	584.48
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1000.42	1016.62	1030.04	1045.06

**21.- Resumen cantidad de materiales para 9 probetas cilíndricas de 10 x 20 cm**

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf)	5.37	6.44	7.58	9.62
Agua (L)	2.15	2.23	2.31	2.44
Agregado Fino (kgf)	13.41	12.25	11.07	9.09
Agregado Grueso (kgf)	15.56	15.81	16.02	16.25

#### 4.4. Diseño de mezclas

La presente investigación consta en emplear diatomita y microsílíce en el desarrollo de concreto con resistencias 210 kgf/cm<sup>2</sup>, 280 kgf/cm<sup>2</sup>, 350 kgf/cm<sup>2</sup> y 420 kgf/cm<sup>2</sup>.

Por lo tanto, se tiene una totalidad de cincuenta y seis diseños de mezcla de concreto para diferentes características, como se detalla en la Tabla 47, los cuales se desarrollan en el Anexo A y Anexo B.

**Tabla 47**

*Cantidad de Diseños de Mezcla de concreto*

	<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
			<i>210</i>	<i>280</i>	<i>350</i>	<i>420</i>
<i>Método ACI 211</i>	<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	<i>Anexo A.1</i>			
	<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	<i>Anexo A.2</i>			
		<b>10%</b>	<i>Anexo A.3</i>			
		<b>15%</b>	<i>Anexo A.4</i>			
	<b>Adición de Microsílíce</b>	<b>5%</b>	<i>Anexo A.5</i>			
		<b>10%</b>	<i>Anexo A.6</i>			
		<b>15%</b>	<i>Anexo A.7</i>			
<i>Método módulo de fineza de la combinación de agregados</i>	<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	<i>Anexo B.1</i>			
	<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	<i>Anexo B.2</i>			
		<b>10%</b>	<i>Anexo B.3</i>			
		<b>15%</b>	<i>Anexo B.4</i>			
	<b>Adición de Microsílíce</b>	<b>5%</b>	<i>Anexo B.5</i>			
		<b>10%</b>	<i>Anexo B.6</i>			
		<b>15%</b>	<i>Anexo B.7</i>			

*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.4.1. Método ACI 211

Se especifican las proporciones de los componentes de los agregados por metro cúbico, para cada diseño en las Tablas siguientes: Tabla 48, Tabla 49, Tabla 50, Tabla 51 Tabla 52 Tabla 53 y Tabla 54.

**Tabla 48**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 sin adición de aditivos para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	141.41	145.32	149.49	156.96
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	816.50	757.69	694.87	582.27
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.32	1047.32	1047.32

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 49**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 5% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	144.90	149.49	154.40	163.20
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	793.87	730.57	662.96	541.77
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.32	1047.32	1047.32
Diatomita (kgf/m <sup>3</sup> )	18.96	22.72	26.74	33.94

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 50**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 10% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	148.38	153.67	159.32	169.44
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	771.24	703.46	631.05	501.27
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.32	1047.32	1047.32
Diatomita (kgf/m <sup>3</sup> )	37.92	45.44	53.48	67.87

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 51**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 15% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	151.87	157.85	164.23	175.68
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	748.61	676.35	599.15	460.78
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.32	1047.32	1047.32
Diatomita (kgf/m <sup>3</sup> )	56.89	68.16	80.21	101.81

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 52**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 5% de microsílíce para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59

Agua (L/m <sup>3</sup> )	141.41	145.32	149.49	156.96
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	816.50	757.69	694.87	582.27
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.32	1047.32	1047.32
Microsílice (kgf/m <sup>3</sup> )	17.28	20.71	24.37	30.93

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 53**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 10% de microsílice para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	141.41	145.32	149.49	156.96
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	816.50	757.69	694.87	582.27
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.32	1047.32	1047.32
Microsílice (kgf/m <sup>3</sup> )	34.56	41.42	48.74	61.86

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 54**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método ACI 211 con adición del 15% de microsílice para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	141.41	145.32	149.49	156.96
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	816.50	757.69	694.87	582.27
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1047.32	1047.32	1047.32	1047.32
Microsílice (kgf/m <sup>3</sup> )	51.84	62.12	73.11	92.79

*Fuente:* Elaboración propia.

#### 4.4.2. Método de Módulo de Fineza de la Combinación de los agregados

Se especifican las proporciones de los componentes de los agregados por metro cúbico, para cada diseño en las Tablas siguientes: Tabla 55, Tabla 56, Tabla 57, Tabla 59, Tabla 59, Tabla 60 y Tabla 61.

**Tabla 55**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF sin adición de aditivos para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	138.26	143.23	148.31	156.79
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	862.22	787.94	712.00	584.71
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1000.42	1016.29	1029.74	1044.82

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 56**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 5% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	138.93	143.99	149.14	157.71
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	851.60	775.93	698.76	569.94
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	988.10	1000.79	1010.59	1018.42
Diatomita (kgf/m <sup>3</sup> )	18.96	22.72	26.74	33.94

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 57**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 10% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	139.61	144.75	149.97	158.62
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	840.99	763.92	685.52	555.17
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	975.78	985.30	991.44	992.03
Diatomita (kgf/m <sup>3</sup> )	37.92	45.44	53.48	67.87

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 58**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 15% de diatomita para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	140.28	145.51	150.80	159.54
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	830.37	751.91	672.28	540.40
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	963.46	969.81	972.30	965.64
Diatomita (kgf/m <sup>3</sup> )	56.89	68.16	80.21	101.81

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 59**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 5% de microsíllice para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59

Agua (L/m <sup>3</sup> )	138.26	143.23	148.31	156.79
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	862.22	787.94	712.00	584.71
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1000.42	1016.29	1029.74	1044.82
Microsílice (kgf/m <sup>3</sup> )	17.28	20.71	24.37	30.93

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 60**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 10% de microsílice para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	138.26	143.23	148.31	156.79
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	862.22	787.94	712.00	584.71
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1000.42	1016.29	1029.74	1044.82
Microsílice (kgf/m <sup>3</sup> )	34.56	41.42	48.74	61.86

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 61**

*Proporciones de los componentes de los agregados por el Método MF con adición del 15% de microsílice para resistencias a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	210	280	350	420
Cemento (kgf/m <sup>3</sup> )	345.63	414.16	487.37	618.59
Agua (L/m <sup>3</sup> )	138.26	143.23	148.31	156.79
Agregado Fino (kgf/m <sup>3</sup> )	862.22	787.94	712.00	584.71
Agregado Grueso (kgf/m <sup>3</sup> )	1000.42	1016.29	1029.74	1044.82
Microsílice (kgf/m <sup>3</sup> )	51.84	62.12	73.11	92.79

*Fuente:* Elaboración propia.

## CAPÍTULO V.

### 5. Análisis de resultados

#### 5.1. Ensayos del concreto en estado fresco

##### 5.1.1. Asentamiento del Concreto (Slump)

El ensayo llamado slump, conocido también como cono de Abrams, revenimiento o asentamiento del concreto se le realiza al concreto en estado fresco para determinar su fluidez o consistencia.

Consiste en colocar una muestra de concreto en estado fresco, en un molde cónico truncado y luego compactarlo mediante el uso de una varilla. Luego, se saca el molde hacia lo alto, induciendo a que el concreto se afirme. Ese trayecto vertical de desplazamiento se mide, indicando el valor del asentamiento del concreto.

Este método se utiliza para concretos plásticos con agregados de un tamaño de hasta 1 1/2". (NTP 339.035)

##### 5.1.1.1. Normativa

NTP (2009) 339.035 "HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland".

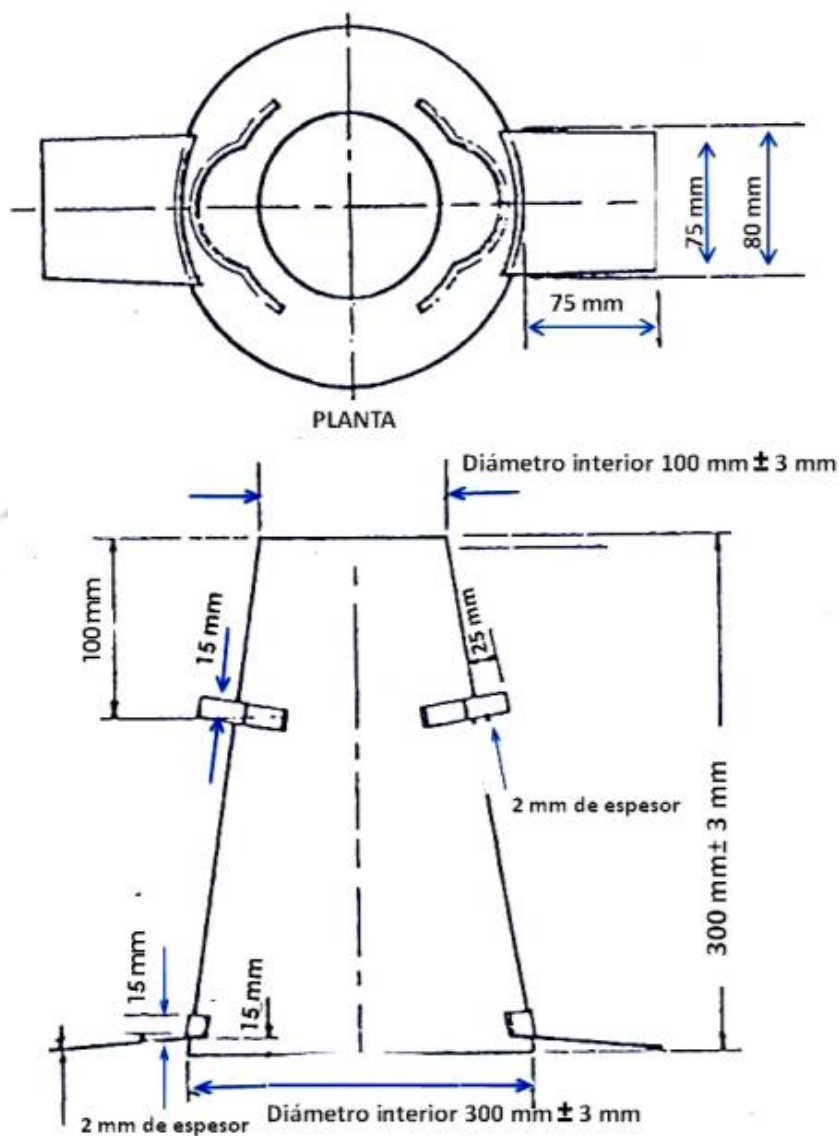
ASTM C 670 "Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials"

### 5.1.1.2. Materiales, equipos y herramientas

*Molde:* El molde metálico llamado Cono de Abrams, debe poseer un espesor mínimo de 1.5 mm y si el molde se ha hecho por el procedimiento de embutido, no debe haber un espesor menor que 1.15 mm. en ninguna parte del molde.

**Figura 11**

*Molde de ensayo de asentamiento*



*Fuente:* NTP 339.035, p.5

La forma de su superficie lateral debe ser como la de un tronco de cono de 200 mm (8") de diámetro en la base mayor, 100 mm (4") de diámetro en la base menor y 300 mm (12") de altura, con una tolerancia de  $\pm 3$  mm en las dimensiones antes mencionadas. Las bases del molde deben ser abiertas y estar alineadas paralelamente entre sí, perpendiculares al eje del cono. El molde debe estar contar con asas y dispositivos para sujetarlo con los pies como se muestra en la Figura 11.

*Barra compactadora:* Una barra cilíndrica de acero liso, con un diámetro de 16 mm (5/8") y aproximadamente 600 mm (24") de longitud, con un extremo compactador semiesférico de un radio de 8 mm (5/16").

*Regla:* Se trata de un instrumento similar, ya sea rígido o semirígido, cuya longitud de medición debe estar indicada en incrementos de 5 mm o inferiores. La longitud del instrumento debe ser como mínimo 300 mm.

*Cucharón:* De tamaño y forma adecuada para obtener una cantidad representativa de concreto y colocarla en el molde sin derramar.

### 5.1.1.3. Procedimiento

Poner el molde, previamente humedecido sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y plenamente humedecida con agua.

Pisar las aletas de pie del molde para que este fijo en su lugar de llenado mientras se agrega el concreto usando el cucharón, moviéndolo alrededor del perímetro del molde para asegurar la distribución con mínima segregación.

Se procede a llenar el molde, vertiendo el concreto en tres capas, asegurándose de que cada capa represente aproximadamente un tercio del volumen total del molde. Cada

una de las capas de concreto se compacta aplicando 25 golpes uniformemente en toda la sección de la capa, utilizando una barra compactadora.

El molde se llena en demasía momentos antes de compactar la última capa, pero si después del varillado existe deficiencia de material, entonces se debe añadir la cantidad suficiente para realizar el enrazado respectivo.

Después del enrazado, se asegura el molde contra la base y se saca el concreto excedente alrededor del molde. Se quita el molde del concreto alzándolo con cuidado en trayectoria vertical a una altura de 300 mm en  $5 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$ .

La medición del asentamiento se realiza de inmediato y se determina por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado.

#### 5.1.1.4. Cálculos y resultados

En la Tabla 62 y en la Tabla 63, se muestran los asentamientos alcanzados a través de este ensayo.

**Tabla 62**

*Asentamientos para cada diseño de mezcla de concreto con el Método ACI 211*

Porcentaje de adición de aditivo		Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
		210 (pulg)	280 (pulg)	350 (pulg)	420 (pulg)
Sin adición	0%	3.70	3.30	3.00	3.00
Adición de Diatomita	5%	3.20	3.65	3.30	3.25
	10%	3.50	3.55	3.75	3.50
	15%	3.20	3.10	3.30	3.40
Adición de Microsílice	5%	3.50	3.20	3.30	3.40
	10%	3.30	3.05	3.30	3.70
	15%	3.25	3.20	3.45	3.20

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 63**

*Asentamientos para cada diseño de mezcla de concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210 (pulg)</i>	<i>280 (pulg)</i>	<i>350 (pulg)</i>	<i>420 (pulg)</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	3.70	3.40	3.15	3.00
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	3.30	3.65	3.80	3.20
	<b>10%</b>	3.40	3.45	3.65	3.60
	<b>15%</b>	3.20	3.45	3.20	3.40
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	3.35	3.30	3.45	3.55
	<b>10%</b>	3.20	3.10	3.40	3.50
	<b>15%</b>	3.50	3.50	3.30	3.20

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, el diseño contempla la elaboración de un concreto plástico con un slump entre 3 a 4 pulgadas. Sin embargo, los concretos inicialmente tenían problemas de trabajabilidad. Por lo tanto, se agregó un aditivo plastificante según la recomendación del fabricante para tratar de cumplir con la fluidez del diseño, como se detalla en las tablas Tabla 64 y Tabla 65.

Según la Ficha Técnica del aditivo superplastificante Dynamon SP1, se recomienda una dosificación de 0.6 a 1.2 litros por cada 100 kg de cemento.

**Tabla 64**

*Adición de aditivo Superplastificante Dynamon SP1 en el concreto con el Método ACI 211*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210</i>	<i>280</i>	<i>350</i>	<i>420</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	-	-	-	-

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210</i>	<i>280</i>	<i>350</i>	<i>420</i>
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	1.12 %	1.16 %	1.25 %	1.30 %
	<b>10%</b>	1.12 %	1.24 %	1.32 %	1.30 %
	<b>15%</b>	1.21 %	1.32 %	1.32 %	1.30 %
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	-	-	0.99 %	1.19 %
	<b>10%</b>	-	1.02 %	1.19 %	1.19 %
	<b>15%</b>	1.00 %	1.16 %	1.19 %	1.19 %

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 65**

*Adición de aditivo Superplastificante Dynamon SP1 en el concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210</i>	<i>280</i>	<i>350</i>	<i>420</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	-	-	-	-
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	1.12 %	1.16 %	1.25 %	1.30 %
	<b>10%</b>	1.12 %	1.24 %	1.32 %	1.30 %
	<b>15%</b>	1.21 %	1.32 %	1.32 %	1.30 %
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	-	-	0.99 %	1.19 %
	<b>10%</b>	-	1.02 %	1.19 %	1.19 %
	<b>15%</b>	1.00 %	1.16 %	1.19 %	1.19 %

*Fuente:* Elaboración propia.

Conjuntamente con la incorporación de aditivos, se agregó agua para que se cumpla con la fluidez del diseño, como se detalla en la Tabla 66 y Tabla 67.

**Tabla 66**

*Adición de agua en el concreto por diseño con el Método ACI 211*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210 (ml)</i>	<i>280 (ml)</i>	<i>350 (ml)</i>	<i>420 (ml)</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	-	-	-	-
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	-	50	150	300
	<b>10%</b>	50	150	300	650
	<b>15%</b>	100	250	550	900
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	-	-	25	50
	<b>10%</b>	-	25	50	75
	<b>15%</b>	25	50	75	100

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 67**

*Adición de agua en el concreto por diseño con el Método MF de la combinación de agregados*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210 (ml)</i>	<i>280 (ml)</i>	<i>350 (ml)</i>	<i>420 (ml)</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	-	-	-	-
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	-	50	150	300
	<b>10%</b>	50	150	350	600
	<b>15%</b>	100	300	600	850
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	-	-	25	50
	<b>10%</b>	-	25	50	75
	<b>15%</b>	25	50	75	100

*Fuente:* Elaboración propia.

### 5.1.2. Peso unitario

El ensayo de peso unitario o peso específico del concreto en estado fresco abarca el establecimiento de la densidad del concreto, que se obtiene dividiendo la masa neta del concreto por el volumen del molde. El concreto convencional, usualmente usado en

pavimentos y otras estructuras, tiene un peso específico que va entre los 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>, aunque esto puede variar dependiendo del concreto a utilizar.

#### 5.1.2.1. Normativa

NTP (2008) 339.046 “HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)”.

#### 5.1.2.2. Materiales, equipos y herramientas

*Balanza:* Una balanza electrónica con una precisión de 45 g o dentro del 0.3 % de la carga de ensayo.

*Barra compactadora:* Una barra cilíndrica de acero con un diámetro de 16 mm (5/8 pulg) y aproximadamente 600 mm (24 pulg) de longitud, con un extremo hemisférico con radio de 8 mm (5/16").

*Recipiente de acero:* Debe ser impermeable y suficientemente rígido para mantener su forma y volumen, con una capacidad mínima del recipiente es como se especifica en la Tabla 68.

*Mazo:* Martillo de goma con una masa de  $600 \pm 200$  g para recipientes de 14 L o menos y, de  $1000 \pm 200$  g para recipientes más grandes.

*Cuchara.* De tamaño apropiado para que el concreto representativo no se derrame al colocarlo en el recipiente de medición.

**Tabla 68**

*Capacidad de recipiente de medición para ensayo de peso unitario del concreto fresco*

<i>Tamaño máximo nominal del agregado</i>		<i>Capacidad del recipiente de medición</i>	
<i>mm</i>	<i>pulg</i>	<i>pie<sup>3</sup></i>	<i>L</i>
25.0	1	0.2	6
37.5	1 1/2	0.4	11
50.0	2	0.5	14
75.0	3	1.0	28
112.0	4 1/2	2.5	70
150.0	6	3.5	100

*Fuente: NTP 339.046, p.5*

### 5.1.2.3. Procedimiento

Verter el concreto en el molde de acero previamente humedecido, en tres capas de volumen aproximadamente igual.

Luego, cada capa se compacta con 25 golpes de la barra compactadora para recipientes de 14 L o menos, y con 50 golpes para recipientes de 28 L. Además, se deben golpear con el mazo de goma los lados del recipiente de 10 a 15 veces, para eliminar las burbujas de aire atrapadas.

Para la última capa, el sobrellenado debe ser de 3 mm sobre el borde superior del recipiente para realizar el alisado con una placa plana con un movimiento de sierra con un adicional de golpes en el borde del recipiente para tener una superficie lisa.

Finalmente, limpiar el exterior del recipiente y determinar el peso del molde lleno con concreto.

#### 5.1.2.4. Metodología

Se calcula la densidad o peso unitario o peso específico del concreto en estado fresco, mediante la siguiente fórmula:

#### Ecuación 13

*Peso unitario del concreto en estado fresco en kgf/m<sup>3</sup>*

$$P.U. = \frac{W}{V}$$

Donde:

*P.U.* : Peso unitario del concreto en estado fresco en kgf/m<sup>3</sup>,

*W* : Peso del concreto en estado fresco en kgf,

*V* : Volumen del molde de concreto en m<sup>3</sup>.

#### 5.1.2.4.1. Cálculos y Resultados

En la Tabla 69 y en la Tabla 70, se muestran los pesos unitarios o pesos específicos obtenidos mediante este ensayo.

**Tabla 69**

*Peso unitario para cada diseño de mezcla de concreto con el Método ACI 211*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210 (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>280 (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>350 (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>420 (kg/m<sup>3</sup>)</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	2403.9	2412.7	2424.6	2383.0
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	2390.5	2404.6	2382.3	2377.0
	<b>10%</b>	2377.4	2394.3	2350.9	2356.9
	<b>15%</b>	2349.1	2380.6	2343.5	2345.9
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	2395.1	2409.5	2387.6	2398.2
	<b>10%</b>	2404.2	2396.5	2369.3	2372.8
	<b>15%</b>	2346.6	2381.6	2338.9	2349.8

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 70**

*Peso unitario para cada diseño de mezcla de concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados*

Porcentaje de adición de aditivo		Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
		210 (kg/m <sup>3</sup> )	280 (kg/m <sup>3</sup> )	350 (kg/m <sup>3</sup> )	420 (kg/m <sup>3</sup> )
Sin adición	0%	2438.7	2425.8	2434.6	2420.1
Adición de Diatomita	5%	2356.5	2351.2	2396.1	2373.1
	10%	2348.8	2348.1	2368.6	2349.5
	15%	2313.8	2325.1	2318.0	2320.8
Adición de Microsílice	5%	2367.8	2361.8	2397.5	2382.0
	10%	2358.3	2351.9	2378.8	2368.2
	15%	2314.1	2329.3	2333.2	2326.9

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3. Temperatura

La temperatura del concreto obedece a la contribución calorífica de cada elemento que lo compone, aparte también está el calor soltado por la hidratación de este, la energía de mezclado y el entorno ambiental.

#### 5.1.3.1. Materiales, equipos y herramientas

*Recipiente:* Se requiere un material no absorbente y ancho.

*Termómetro:* Con el que calcular la temperatura con una precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ .

#### 5.1.3.2. Procedimiento

Poner el termómetro en la mezcla de concreto fresco, de tal manera que esté inmerso un mínimo de 75 mm.

Apretar la mezcla en la superficie en la parte que rodea al termómetro para evitar que se lea la temperatura ambiente.

Esperar un tiempo de 2 minutos, luego se leen y anotan los valores.

### 5.1.3.3. Cálculos y resultados

En la Tabla 71 y en la 72, se muestran las temperaturas obtenidas mediante este ensayo.

**Tabla 71**

*Temperatura para cada diseño de mezcla de concreto con el Método ACI 211*

Porcentaje de adición de aditivo		Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
		210	280	350	420
Sin adición	0%	17.9 °C	18.3 °C	18.7 °C	19.5 °C
Adición de Diatomita	5%	18.5 °C	19.6 °C	20.0 °C	20.5 °C
	10%	19.6 °C	19.9 °C	20.3 °C	20.8 °C
	15%	19.8 °C	20.3 °C	20.6 °C	21.2 °C
Adición de Microsílice	5%	18.9 °C	19.8 °C	20.3 °C	21.0 °C
	10%	20.0 °C	20.2 °C	20.6 °C	21.4 °C
	15%	20.2 °C	20.7 °C	21.8 °C	22.1 °C

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 72**

*Temperatura para cada diseño de mezcla de concreto con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados*

Porcentaje de adición de aditivo		Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
		210	280	350	420
Sin adición	0%	18.2 °C	19.1 °C	20.0 °C	20.5 °C
Adición de Diatomita	5%	19.2 °C	19.7 °C	20.4 °C	20.7 °C
	10%	19.7 °C	20.0 °C	20.5 °C	21.1 °C

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210</i>	<i>280</i>	<i>350</i>	<i>420</i>
	<b>15%</b>	21.3 °C	21.5 °C	21.6 °C	22.1 °C
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	19.1 °C	20.3 °C	20.8 °C	21.6 °C
	<b>10%</b>	20.5 °C	20.7 °C	21.2 °C	21.6 °C
	<b>15%</b>	21.6 °C	21.8 °C	22.0 °C	22.3 °C

*Fuente:* Elaboración propia.

## 5.2. Ensayos del concreto en estado endurecido

### 5.2.1. Resistencia a la compresión

Este ensayo determina la resistencia de un material ante un esfuerzo y se trata del hecho de emplear una carga de compresión axial a los cilindros de concreto endurecido a una rapidez con un rango prescrito hasta que ocurra la falla.

La resistencia a la compresión se calcula a través de una división entre la carga máxima y el área de la sección transversal del cilindro de concreto endurecido.

#### 5.2.1.1. Normativa

NTP (2015) 339.034 “CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”

#### 5.2.1.2. Materiales, equipos y herramientas

*Máquina de ensayo:* Debe ser de un tipo con una capacidad suficiente y que pueda generar una velocidad de carga de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s.

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de apoyo de acero con caras resistentes, una de las cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la

superficie superior del cilindro de concreto y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta el cilindro de concreto.

*Regla.*

### 5.2.1.3. Procedimiento

Luego del curado, las probetas serán retiradas de ese almacenamiento húmedo, para luego, lo más pronto posible, realizar el ensayo de compresión, protegiendo la pérdida de humedad, durante el periodo entre el retiro de su almacenamiento hasta el ensayo.

Todos los testigos de concreto para una edad fija de ensayo serán sometidos a carga de compresión hasta ser fracturados, esto en el lapso de tiempo válido de tolerancia, tal como se indica a continuación en la Tabla 73.

**Tabla 73**

*Tolerancia permisible para ensayar probetas a una determinada edad*

<i>Edad de ensayo</i>	<i>Tolerancia permisible</i>
24 horas	± 0.5 horas o 2.1 %
3 días	± 2 horas o 2.8 %
7 días	± 6 horas o 3.6 %
28 días	± 20 horas o 3.0 %
90 días	± 48 horas o 2.2 %

*Fuente:* NTP 339.034, p.12

Previamente a realizar el ensayo, se deben tomar medidas del diámetro de la probeta a ensayar, luego colocar la probeta sobre la mesa o platina de la máquina de ensayo y limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo.

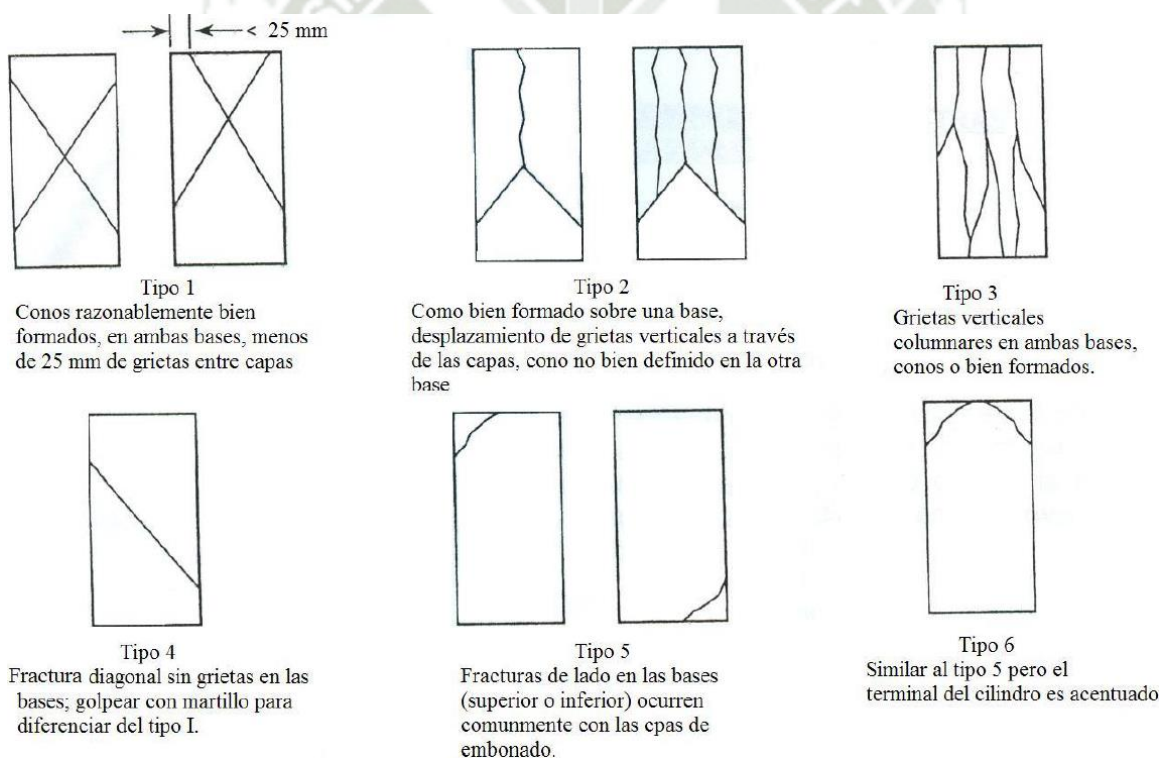
Verificar que el indicador de carga esté en cero. Verificar la alineación de la probeta en la máquina de ensayo y en las almohadillas de neopreno ubicada en los extremos, en caso de usarlas, para conseguir una distribución uniforme de la carga.

Aplicar una carga continua y uniforme con una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de concreto de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s.

Es importante el tipo de ruptura que sufra la probeta de concreto, puesto que, una fractura similar a los patrones tipos 5 o 6 mostrados en la Figura 12, significaría que la capacidad última aún no ha sido alcanzada.

**Figura 12**

*Esquema de los patrones de tipos de fracturas*



*Fuente: NTP 339.034, p.17*

#### 5.2.1.4. Metodología

Se calcula la resistencia a la compresión de la probeta de concreto endurecida, dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área promedio de la sección transversal, mediante la siguiente fórmula:

#### Ecuación 14

*Resistencia a la compresión en kgf/cm<sup>2</sup>*

Donde:

$f'c$  : Resistencia a la compresión en kgf/cm<sup>2</sup>,

$P$  : Carga máxima soportada en kgf,

$A$  : Área promedio de la sección transversal de la probeta en cm<sup>2</sup>.

Si la relación de la longitud y el diámetro del cilindro de concreto es 1.75 o menor, se debe corregir el resultado obtenido multiplicando por un factor de corrección como se indica en la Tabla 74.

**Tabla 74**

*Relación longitud a diámetro de la probeta de concreto*

<b><i>L/D</i></b>	<i>1.75</i>	<i>1.50</i>	<i>1.25</i>	<i>1.00</i>
<b><i>Factor</i></b>	<i>0.98</i>	<i>0.96</i>	<i>0.93</i>	<i>0.87</i>

*Fuente: NTP 339.034, p.14*

#### 5.2.1.5. Cálculos y resultados

El procedimiento para hallar la resistencia a la compresión de un diseño de mezcla se detalla en la Tabla 75, de forma representativa.

**Tabla 75**

*Resistencia a la Compresión para una resistencia de diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el Método ACI 211 con una adición de microsíllice del 5% a los 7 días de curado*

<b>Muestra</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Diámetro 1 (D <sub>1</sub> )	[ cm ]	10.50	10.20	10.35
Diámetro 2 (D <sub>2</sub> )	[ cm ]	10.60	10.40	10.20
Diámetro promedio ( $D_{promedio}$ )	[ cm ]	10.55	10.30	10.28
Área ( $A = \pi D_{promedio}^2/4$ )	[ cm <sup>2</sup> ]	87.42	83.32	82.92
Fuerza (P)	[ kgf ]	17,567	17,063	18,737
Resistencia a la Compresión ( $f'c$ )	[ kgf/cm <sup>2</sup> ]	200.96	204.78	225.97
<b>Promedio</b>		<b>210.57 kgf/cm<sup>2</sup></b>		

*Fuente:* Elaboración propia

En la Tabla 76 y la 77, se muestran los resultados de las resistencias a la compresión obtenidas con un diseño de mezclas para un concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 76**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método ACI 211 para diseños de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>					
	<b>A los 7 días de curado</b>		<b>A los 14 días de curado</b>		<b>A los 28 días de curado</b>	
	<b>Diatomita</b>	<b>Microsíllice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsíllice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsíllice</b>
<b>0 %</b>	267.60		329.19		388.63	
<b>5 %</b>	332.27	321.09	381.11	408.98	438.79	465.73
<b>10 %</b>	350.07	396.13	387.86	483.71	432.32	539.84
<b>15 %</b>	315.89	446.37	347.25	525.81	405.64	604.02

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 77**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>					
	<b>A los 7 días de curado</b>		<b>A los 14 días de curado</b>		<b>A los 28 días de curado</b>	
	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>
<b>0 %</b>	265.16		349.55		396.34	
<b>5 %</b>	345.00	320.81	406.00	434.72	451.05	479.19
<b>10 %</b>	356.41	375.65	401.47	487.99	450.81	532.51
<b>15 %</b>	337.10	433.14	383.94	542.01	434.47	635.20

*Fuente:* Elaboración propia.

En la Tabla 78 y 79, se muestran los resultados de las resistencias a la compresión obtenidas con un diseño de mezclas para un concreto de 280 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 78**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método ACI 211 para diseños de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>					
	<b>A los 7 días de curado</b>		<b>A los 14 días de curado</b>		<b>A los 28 días de curado</b>	
	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>
<b>0 %</b>	388.50		454.35		486.60	
<b>5 %</b>	439.90	403.42	479.59	495.27	522.55	577.42
<b>10 %</b>	362.38	414.93	413.43	508.10	469.92	604.88
<b>15 %</b>	306.51	448.36	398.76	587.68	488.30	640.16

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 79**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>					
	<b>A los 7 días de curado</b>		<b>A los 14 días de curado</b>		<b>A los 28 días de curado</b>	
	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Microsílice</b>
<b>0 %</b>	386.34		443.35		485.53	

<i>Porcentaje de adición</i>	<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>					
	<i>A los 7 días de curado</i>		<i>A los 14 días de curado</i>		<i>A los 28 días de curado</i>	
	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>
<b>5 %</b>	400.88	421.33	476.92	485.72	530.95	582.44
<b>10 %</b>	405.60	490.72	455.28	531.78	512.08	632.60
<b>15 %</b>	242.39	512.75	378.68	599.75	405.79	696.75

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 80 y Tabla 81, se muestran los resultados de las resistencias a la compresión obtenidas con un diseño de mezclas para un concreto de 350 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 80**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método ACI 211 para diseños de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Porcentaje de adición</i>	<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>					
	<i>A los 7 días de curado</i>		<i>A los 14 días de curado</i>		<i>A los 28 días de curado</i>	
	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>
<b>0 %</b>	424.80		490.20		571.10	
<b>5 %</b>	433.73	543.86	505.69	607.15	551.75	673.10
<b>10 %</b>	299.80	604.87	383.23	662.89	433.24	742.05
<b>15 %</b>	174.62	573.56	234.57	694.64	390.69	759.96

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 81**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Porcentaje de adición</i>	<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>					
	<i>A los 7 días de curado</i>		<i>A los 14 días de curado</i>		<i>A los 28 días de curado</i>	
	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Diatomita</i>	<i>Microsílice</i>
<b>0 %</b>	451.97		558.65		594.72	
<b>5 %</b>	455.86	552.95	523.35	603.26	589.43	699.00
<b>10 %</b>	291.17	545.78	342.30	648.07	404.07	724.33
<b>15 %</b>	210.57	561.31	239.14	668.38	316.84	736.06

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 82 y Tabla 83, se muestran los resultados de las resistencias a la compresión obtenidas con un diseño de mezclas para un concreto de 420 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 82**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método ACI 211 para diseños de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

Porcentaje de adición	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )					
	A los 7 días de curado		A los 14 días de curado		A los 28 días de curado	
	Diatomita	Microsílice	Diatomita	Microsílice	Diatomita	Microsílice
0 %	482.71		534.18		644.52	
5 %	476.09	549.94	528.99	629.67	572.19	704.88
10 %	275.16	589.80	336.74	696.64	399.78	729.14
15 %	172.47	622.49	236.08	698.96	355.72	775.24

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 83**

*Resistencia a la compresión de concreto por el Método MF para diseños de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

Porcentaje de adición	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )					
	A los 7 días de curado		A los 14 días de curado		A los 28 días de curado	
	Diatomita	Microsílice	Diatomita	Microsílice	Diatomita	Microsílice
0 %	530.44		597.17		656.34	
5 %	449.22	540.38	503.57	616.68	569.45	699.09
10 %	420.31	606.29	320.87	689.32	279.97	789.41
15 %	342.61	653.86	276.56	709.89	244.79	836.84

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. Análisis de resultados de ensayos de concreto en estado fresco

### 5.3.1. Asentamiento del Concreto (Slump)

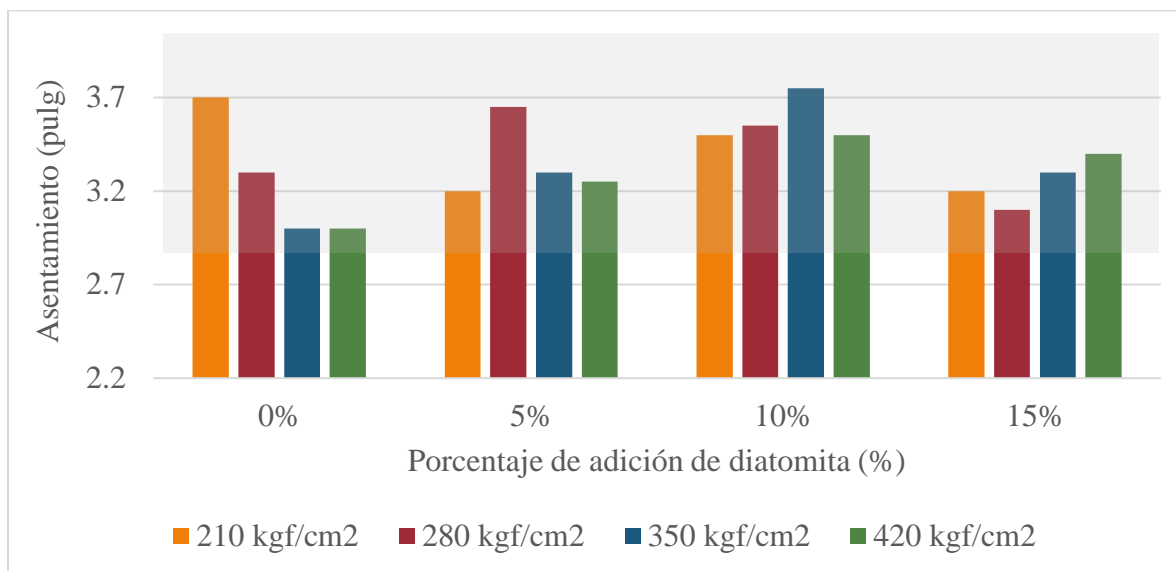
En la Tablas 62, se aprecia los resultados del asentamiento para cada uno de los diseños a 210, 280, 350 y 420 kg/cm<sup>2</sup>, con una adición de 0, 5, 10 y 15 % de diatomita o microsíllice para diseños por el Método ACI 211.

En las Gráficas 5 y 6, por el Método ACI 211, se observa que el asentamiento varía entre 3.0 y 3.70 pulgadas. Sin embargo, para llegar a tener esta trabajabilidad, se tuvo que incorporar en algunos casos súperplastificante, y además se tuvo que añadir agua en aquellos concretos que aún no lograban alcanzar la fluidez de diseño:

- El asentamiento producido en concretos en estado fresco sin adición de aditivos si cumple con el criterio de aceptación de hasta 3 pulgadas.
- Conforme aumenta el porcentaje de adición de diatomita y microsíllice, el asentamiento disminuye, por lo que se podría afirmar que son inversamente proporcionales.
- La adición de diatomita provoca menor fluidez que la adición de microsíllice.

**Gráfico 5**

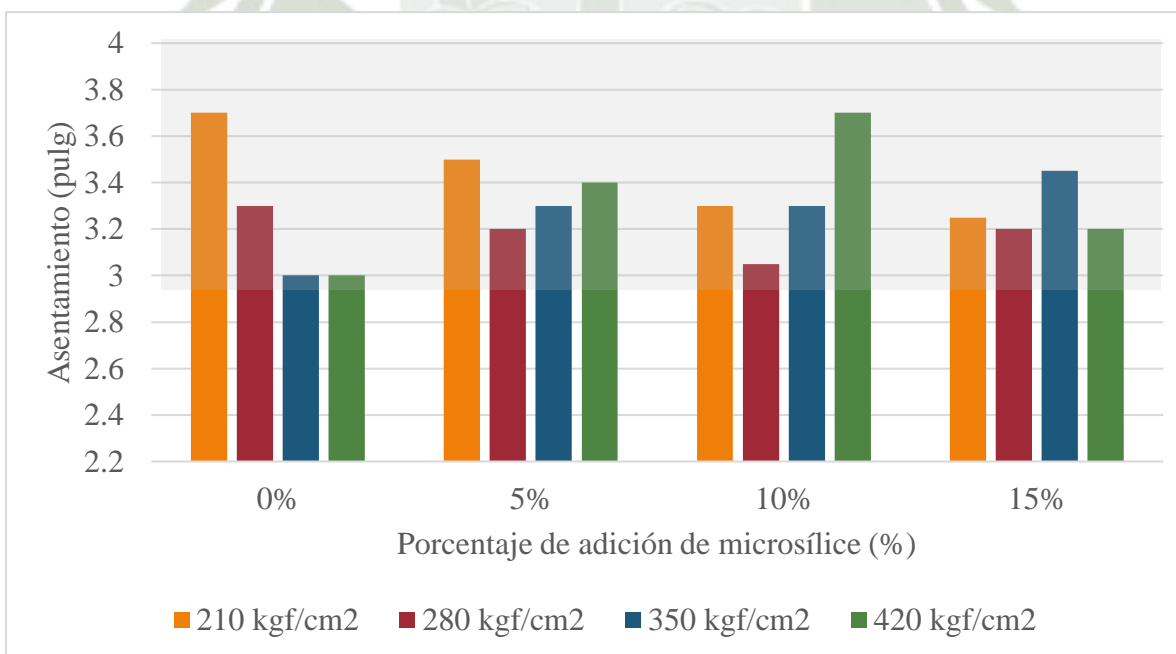
*Asentamiento (slump) de diseños con adición de diatomita por el Método ACI 211*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Gráfico 6**

*Asentamiento (slump) de diseños con adición de microsílíce por el Método ACI 211*



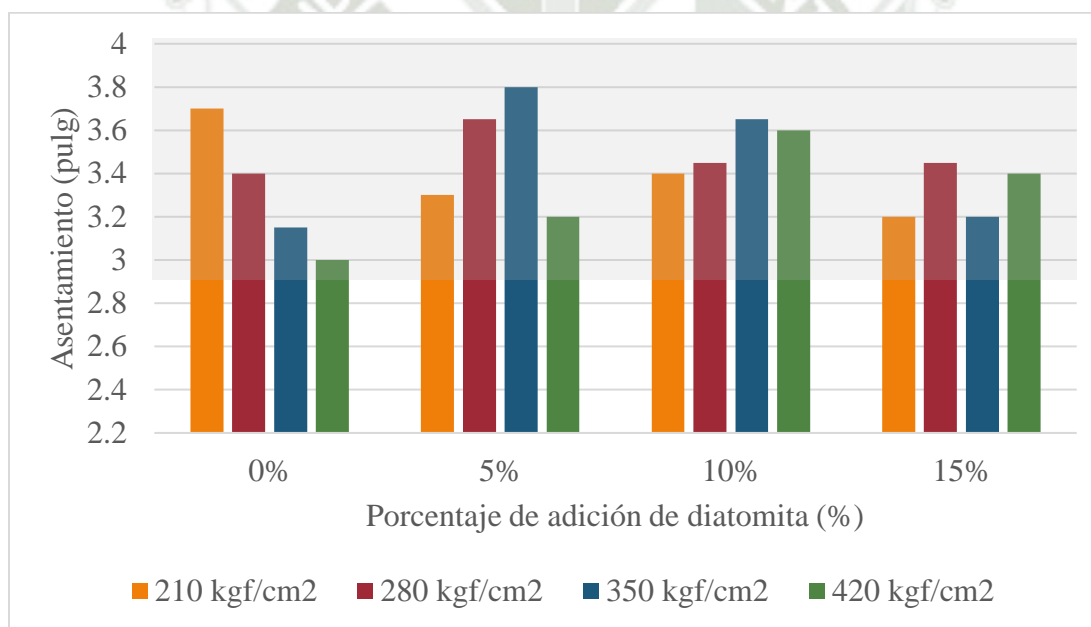
*Fuente:* Elaboración propia.

En la Tabla 63, se aprecia los resultados del asentamiento para cada uno de los diseños a 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, con una adición de 0, 5, 10 y 15 % de diatomita o microsílíce para diseños por el Método de Módulo de Fineza de la combinación de agregados.

Las Gráficas 7 y 8, se observa que el asentamiento varía entre 3.0 y 3.70 pulgadas. Sin embargo, para llegar a tener esta trabajabilidad, se tuvo que incorporar en algunos casos súperplastificante, y además se tuvo que añadir agua en aquellos concretos que aún no lograban alcanzar la fluidez de diseño.

**Gráfico 7**

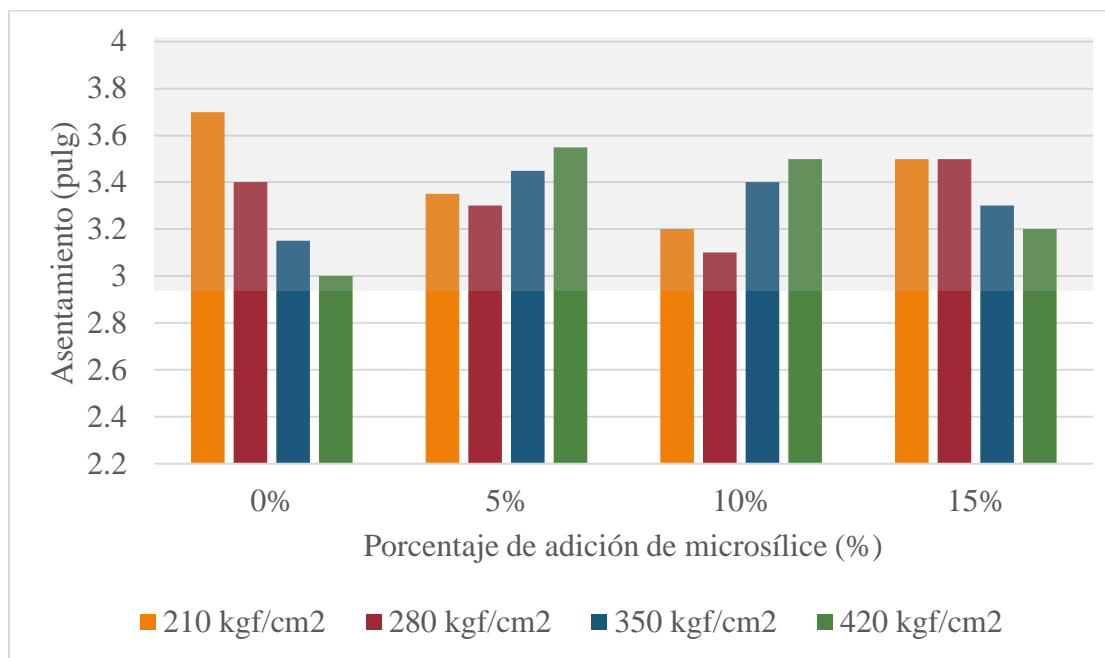
*Asentamiento de diseños con adición de diatomita por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Gráfico 8**

*Asentamiento (slump) de diseños con adición de microsílíce por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados*



*Fuente:* Elaboración propia.

En los concretos donde no obtuvo la fluidez requerida, se incorporó al concreto aditivo súperplastificante Dynamon SP1, con una dosificación de 0.6 litros como mínimo hasta 1.2 litros como máximo por cada 100 kg de cemento como se detalla en las Tablas 66 y 67 y, en algunos casos, cuando este no era suficiente, se agregó agua como se cuantifica en las Tablas 66 y 67.

Lo que ocasiona una modificación en la relación agua cemento y, por ende, en la resistencia a la compresión, la cual está relacionada con la adición de agua, puesto que son inversamente proporcionales.

La relación agua cemento modificada por cada diseño se puntualiza en la Tabla 84 y Tabla 85.

**Tabla 84**

*Relación agua cemento corregida con el Método ACI 211*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210</i>	<i>280</i>	<i>350</i>	<i>420</i>
<i>Relación a/c inicial</i>		<i>0.558</i>	<i>0.466</i>	<i>0.396</i>	<i>0.312</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	0.558	0.466	0.396	0.312
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	0.558	0.474	0.416	0.343
	<b>10%</b>	0.568	0.489	0.436	0.380
	<b>15%</b>	0.577	0.505	0.469	0.406
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	0.558	0.466	0.406	0.328
	<b>10%</b>	0.558	0.478	0.416	0.335
	<b>15%</b>	0.572	0.489	0.426	0.343

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 85**

*Relación agua cemento corregida con el Método módulo de fineza de la combinación de agregados*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>		<i>Resistencia a la Compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>			
		<i>210</i>	<i>280</i>	<i>350</i>	<i>420</i>
<i>Relación a/c inicial</i>		<i>0.558</i>	<i>0.466</i>	<i>0.396</i>	<i>0.312</i>
<b>Sin adición</b>	<b>0%</b>	0.558	0.466	0.396	0.312
<b>Adición de Diatomita</b>	<b>5%</b>	0.558	0.474	0.416	0.343
	<b>10%</b>	0.568	0.489	0.442	0.374
	<b>15%</b>	0.577	0.513	0.475	0.400
<b>Adición de Microsílice</b>	<b>5%</b>	0.558	0.466	0.406	0.328
	<b>10%</b>	0.558	0.478	0.416	0.335
	<b>15%</b>	0.572	0.489	0.426	0.343

*Fuente:* Elaboración propia.

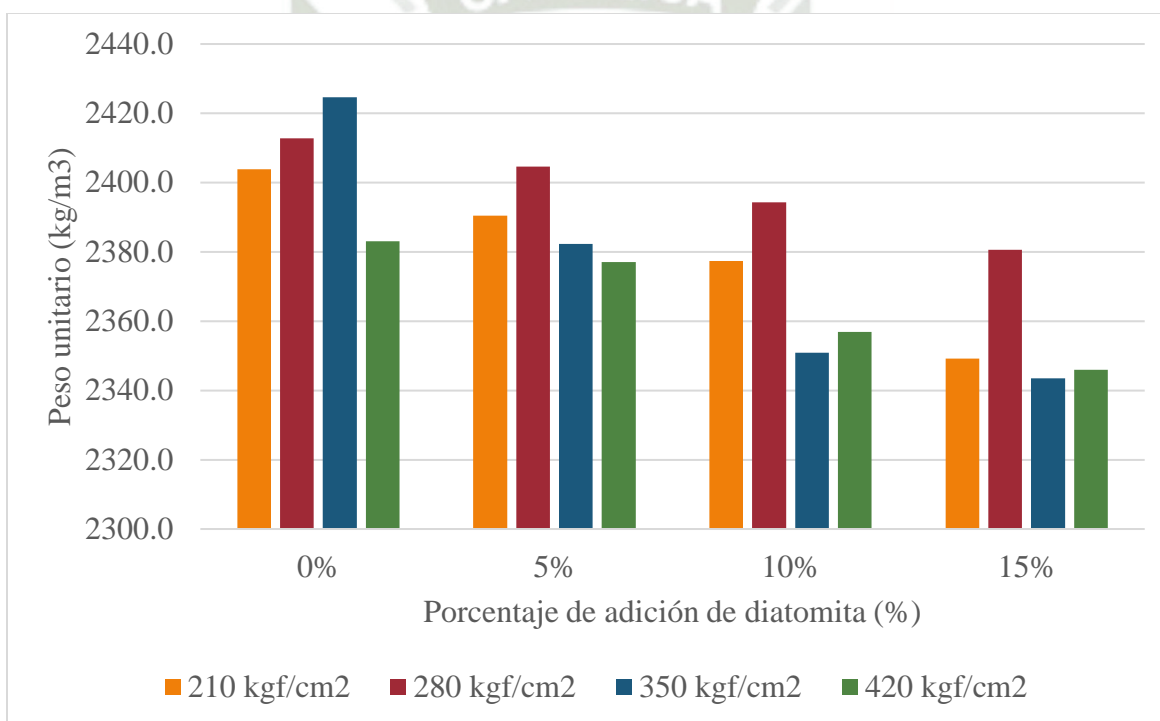
### 5.3.2. Peso unitario

En las Tablas 69 y 70, se aprecian los resultados del peso unitario para cada uno de los diseños a 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, con una adición de 0, 5, 10 y 15 % de diatomita o microsílíce para diseños por el Método ACI 211 y Modulo de Fineza de la combinación de agregados, respectivamente.

El peso específico varía de 2313.8 a 2438.7 kgf/m<sup>3</sup>.

**Gráfico 9**

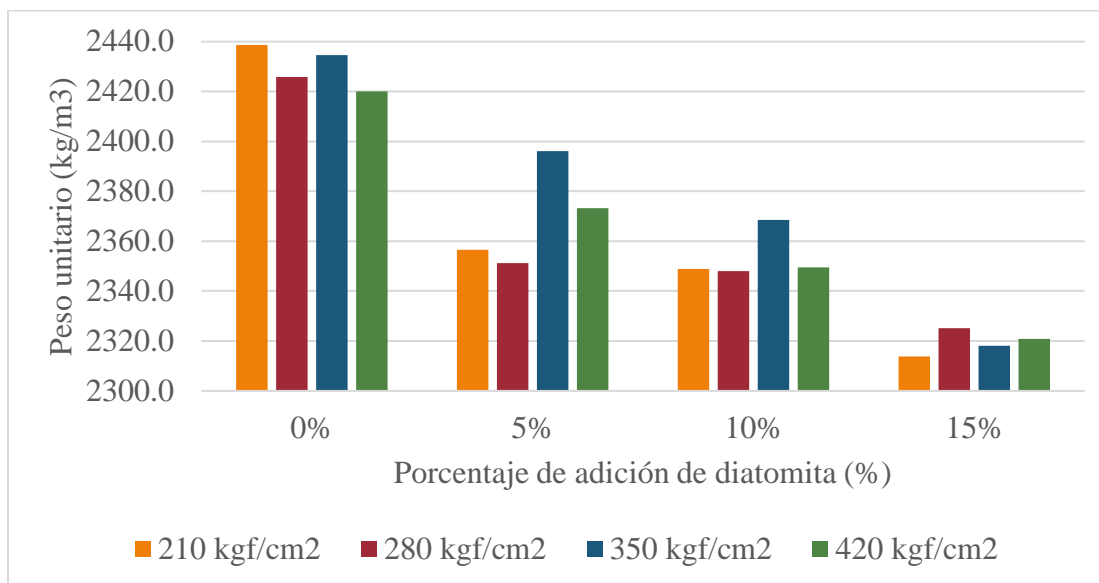
*Peso unitario de diseños con adición de diatomita por el Método ACI 211*



Fuente: *Elaboración propia.*

**Gráfico 10**

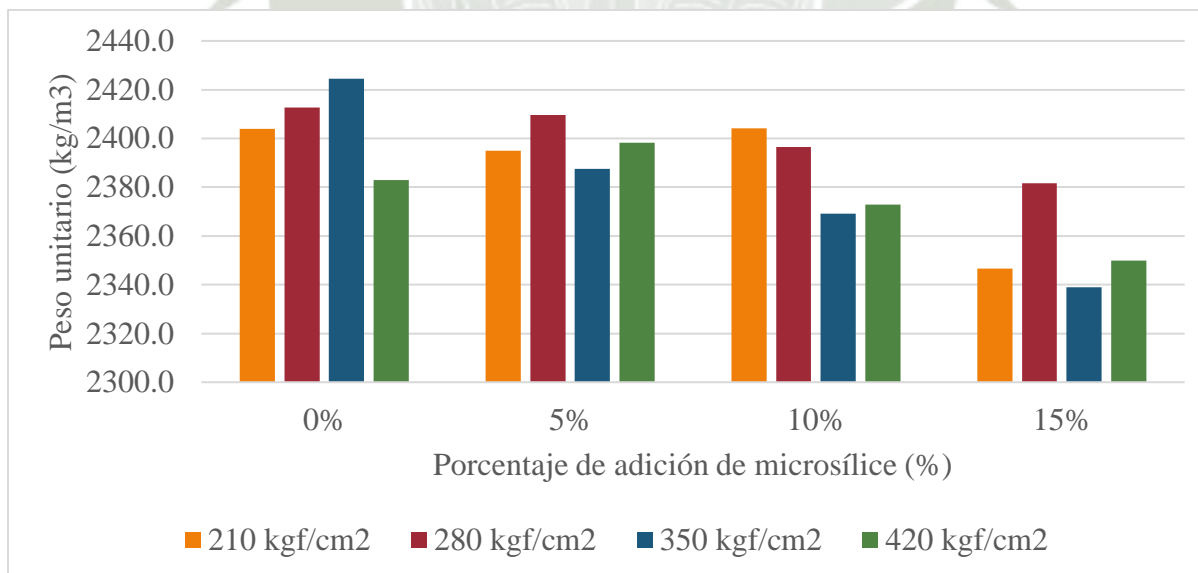
*Peso unitario de diseños con adición de diatomita por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 11**

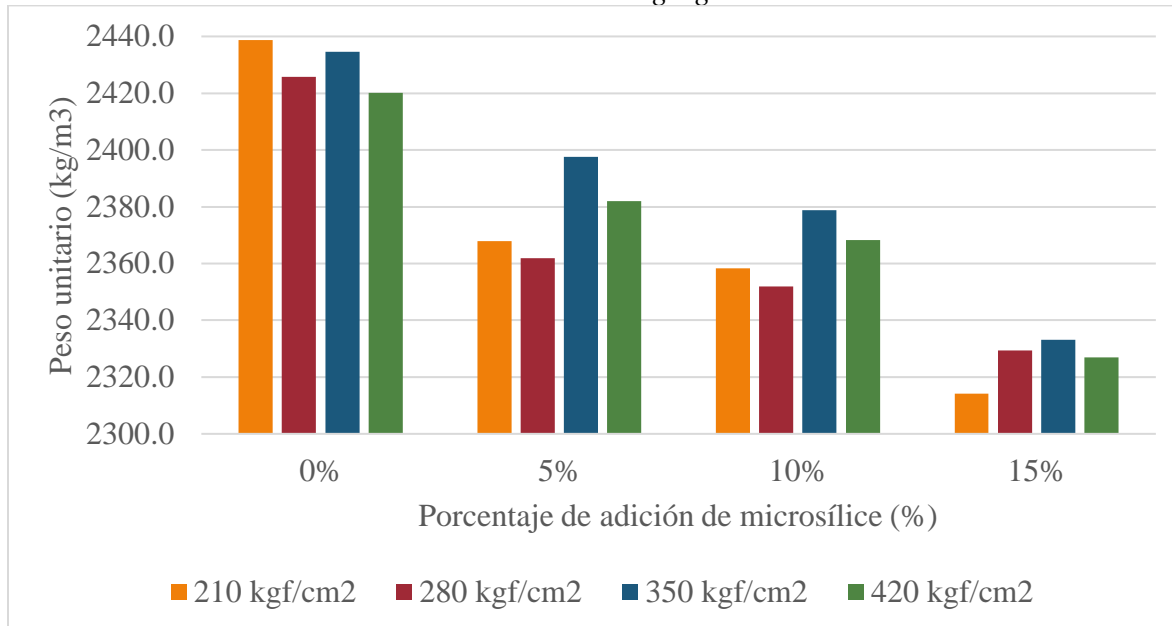
*Peso unitario de diseños con adición de microsílíce por el Método ACI 211*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 12**

*Peso unitario de diseños con adición de microsílíce por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados*



*Fuente:* Elaboración propia.

Asimismo, los Gráficos 9 y 10, los valores del peso específico decrecen mediante la adición de diatomita aumenta; lo que indica que a mayor porcentaje de adición de diatomita se obtiene un concreto más ligero.

Por otra parte, los Gráficos 11 y 12, para el método de Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, demuestran una tendencia no lineal, siendo el máximo valor de 2438.7 kg/m<sup>3</sup> para un concreto convencional con resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>, y un valor mínimo de 2313.8 kg/m<sup>3</sup> para un concreto con resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup> y 15% de adición de diatomita.

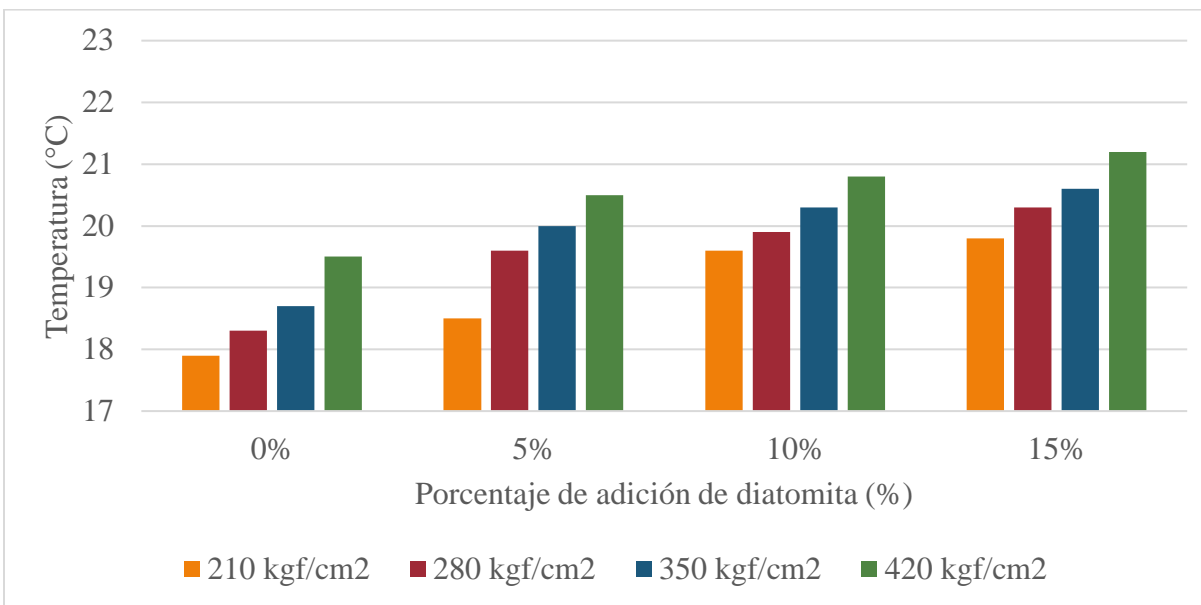
### 5.3.3. Temperatura

En las Tablas 71 y 72, se aprecian los resultados de la temperatura para cada uno de los diseños a 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, con una adición de 0, 5, 10 y 15 % de diatomita o

microsílice para diseños por el Método ACI 211 y Método de Módulo de Fineza de la combinación de agregados, respectivamente.

**Gráfico 13**

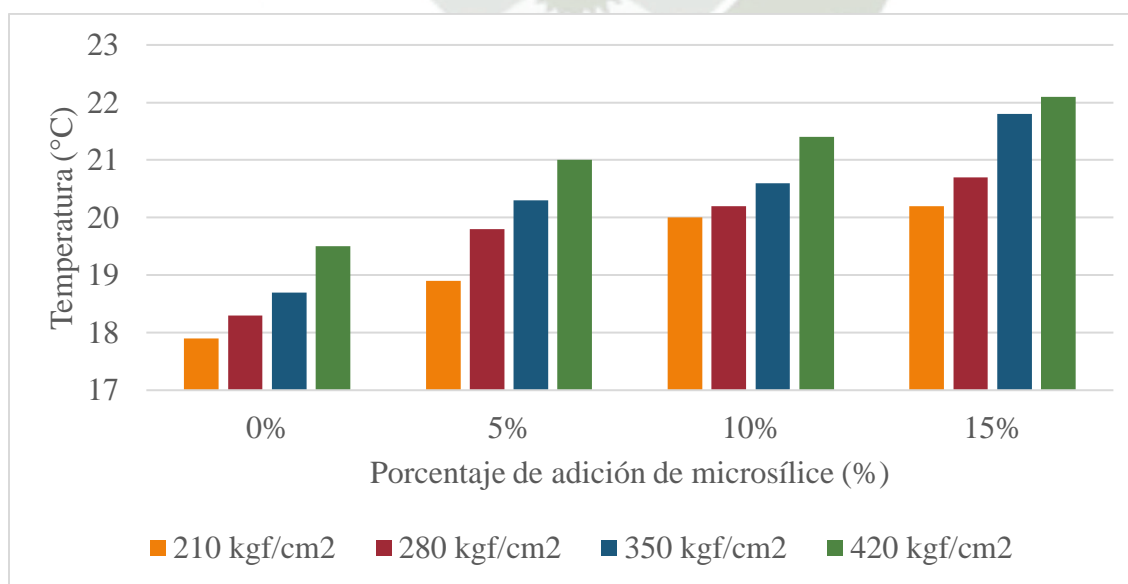
*Temperatura para diseños con adición de diatomita por el Método ACI 211*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Gráfico 14**

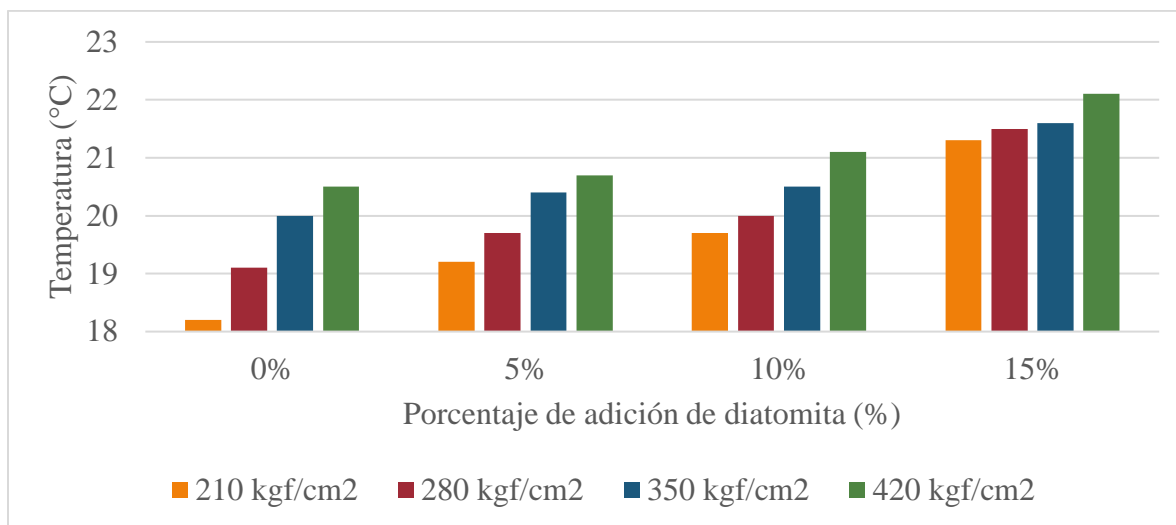
*Temperatura para diseños con adición de microsíllice por el Método ACI 211*



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 15**

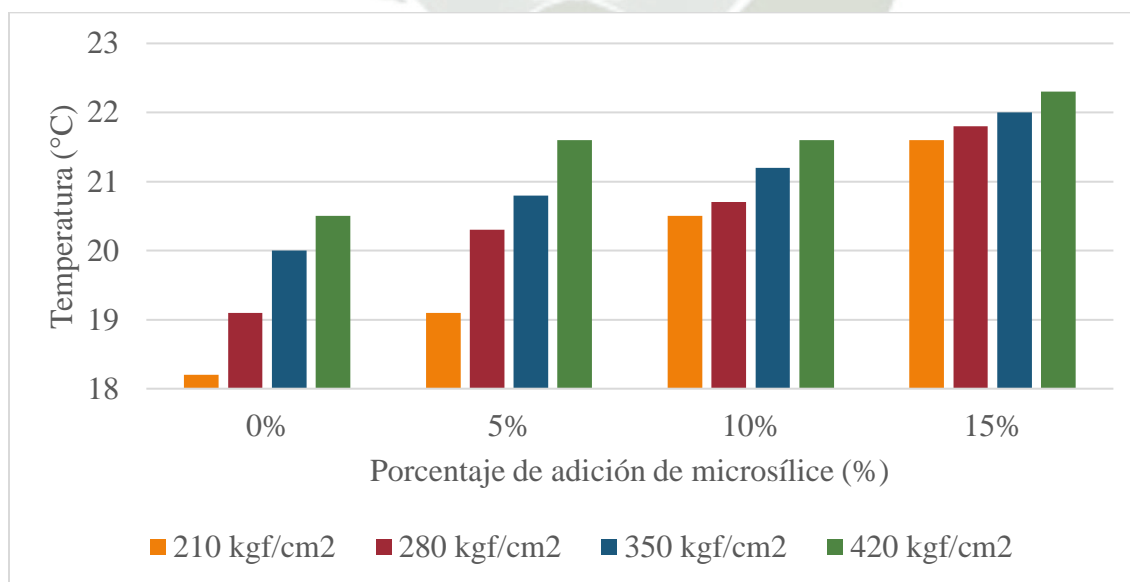
*Temperatura para diseños con adición de diatomita por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados*



Fuente: *Elaboración propia.*

**Gráfico 16**

*Temperatura para diseños con adición de microsílíce por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados*



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, los Gráficos 13, 14, 15 y 16 siguen la tendencia de crecimiento conforme incrementa el porcentaje de adición de diatomita o microsíllice, pero se mantienen en un rango entre 17.9 y 22.3 °C.

#### 5.4. Análisis de resultados de ensayos de concreto en estado endurecido

##### 5.4.1. Resistencia a la compresión

Se debe tener en cuenta que, al no tener registros de ensayos previos, la resistencia a la compresión usada como base para la dosificación del concreto fue determinada según la Tabla 86, en la que se incrementa la magnitud de la resistencia promedio requerida a la compresión.

**Tabla 86**

*Determinación de la resistencia promedio*

<i>Resistencia especificada a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistencia promedio requerida a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>
$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 84$
$f'c > 350$	$f'cr = f'c + 98$

*Fuente: ACI 211.*

Por lo que, la resistencia a la compresión usada como base para la dosificación del concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup> fue de 294 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir un 40.0 % más; para un concreto de 280 kgf/cm<sup>2</sup> fue de 364 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir un 30.0 % más; para un concreto de 350 kgf/cm<sup>2</sup> fue de 434 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir un 24.0 % más; y, para un concreto de 420 kgf/cm<sup>2</sup> fue de 518 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir un 23.3 % más.

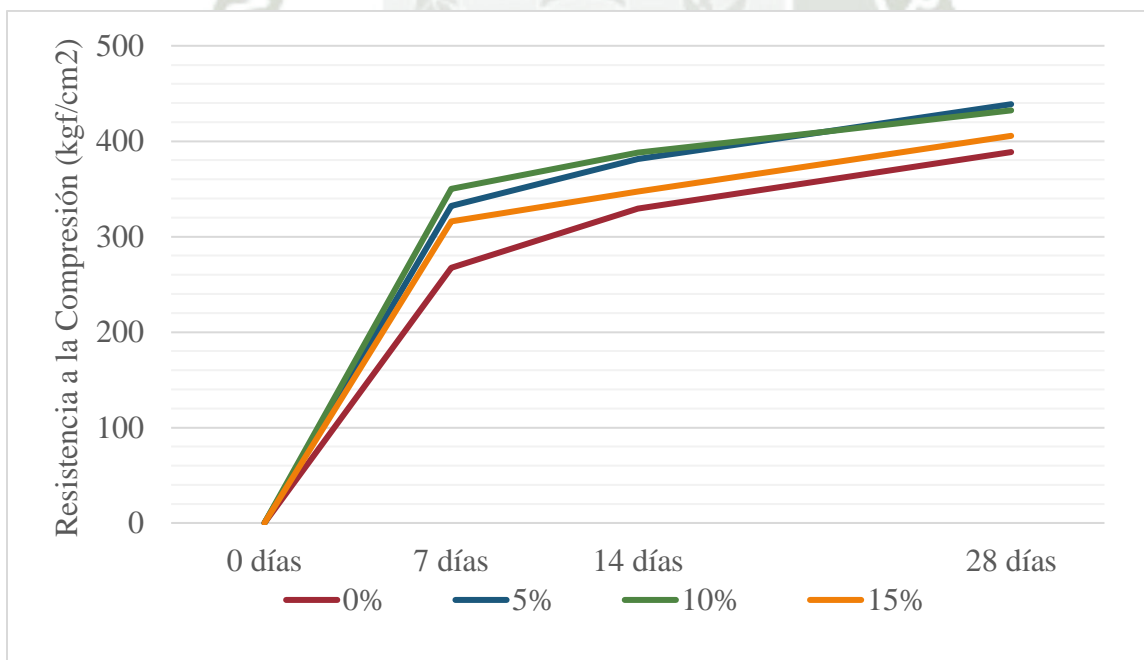
#### 5.4.1.1. Resistencia a la compresión a través del tiempo por el método ACI 211 con adición de diatomita

El Gráfico 17 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de diatomita de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

En el diseño de una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, el concreto tradicional sin adición de diatomita, a los 28 días de curado, alcanza una resistencia a la compresión de 388.63 kgf/cm<sup>2</sup>, siendo 178.63 kgf/cm<sup>2</sup> mayor de lo esperado, es decir que, se tiene un incremento del 85.06%.

**Gráfico 17**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente:* Elaboración propia.

En el diseño de una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kgf/cm}^2$ , al añadirle diatomita en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de 438.79, 432.32 y  $405.64 \text{ kgf/cm}^2$ , es decir que se tiene un incremento de 108.95, 105.87 y 93.16 %, respectivamente.

En los cuatro casos, se puede notar un incremento significativo de las resistencias a la compresión obtenidas como se aprecia en la Tabla 87, que sigue una tendencia no lineal por cada 5 % de adición de diatomita, siendo más significativa la adición de 5 % de este aditivo.

**Tabla 87**

*Variación porcentual de la resistencia a la compresión para un diseño de  $210 \text{ kgf/cm}^2$  por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado ( $\text{kgf/cm}^2$ )		388.63	438.79	432.32	405.64
Resistencia a la compresión de diseño	$210.0 \text{ kgf/cm}^2$	+ 85.06 %	+ 108.95 %	+ 105.87 %	+ 93.16 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	$388.63 \text{ kgf/cm}^2$	-	+ 12.91 %	+ 11.24 %	+ 4.38 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita		-	+ 12.91 %	- 1.67 %	- 6.86 %

*Fuente:* Elaboración propia.

El Gráfico 18 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de diatomita de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de  $280 \text{ kgf/cm}^2$ .

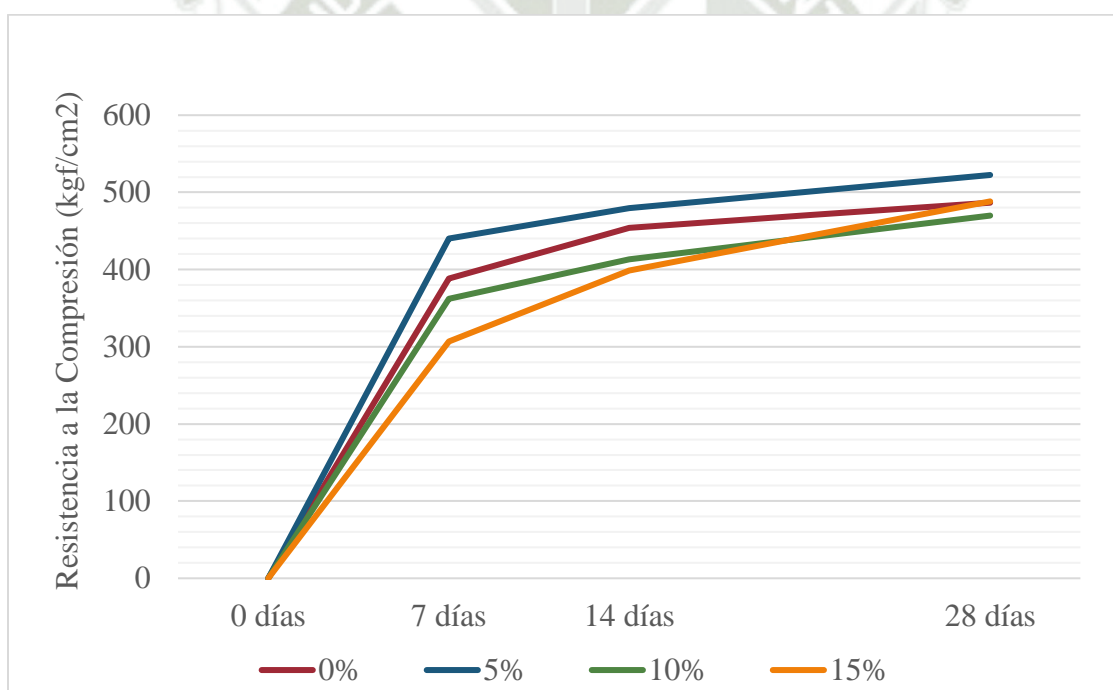
En el diseño de una resistencia a la compresión de  $280 \text{ kgf/cm}^2$ , el concreto tradicional sin adición de diatomita, a los 28 días de curado, alcanza una resistencia a la

compresión de  $486.60 \text{ kgf/cm}^2$ , siendo  $206.60 \text{ kgf/cm}^2$  mayor de lo esperado, es decir que, se tiene un incremento del 73.79%.

En el diseño de una resistencia a la compresión de  $280 \text{ kgf/cm}^2$ , al añadirle diatomita en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de 522.55, 469.92 y  $488.30 \text{ kgf/cm}^2$ , es decir que se tiene un incremento de 86.63, 67.82 y 74.39 %, respectivamente.

**Gráfico 18**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de  $280 \text{ kgf/cm}^2$  por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente:* Elaboración propia.

En los cuatro casos, se puede notar un incremento significativo de las resistencias a la compresión obtenidas como se aprecia en la Tabla 88, que sigue una tendencia no lineal

por cada 5 % de adición de diatomita, siendo más significativa la adición de 5 % de este aditivo.

**Tabla 88**

*Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

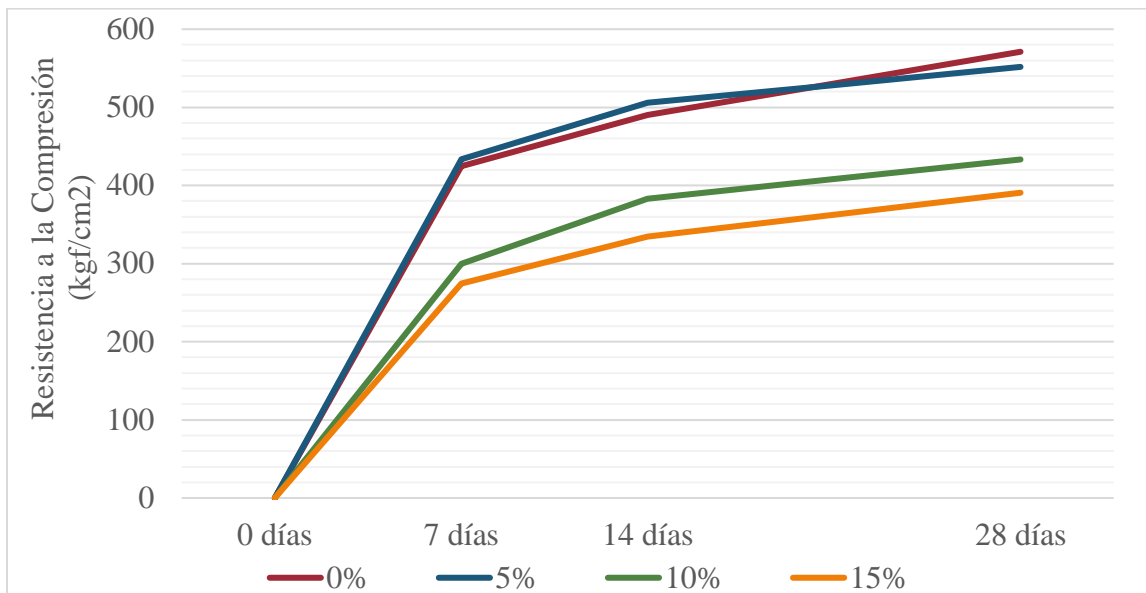
<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		486.60	522.55	469.92	488.30
Resistencia a la compresión de diseño	280.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 73.79 %	+ 86.63 %	+ 67.83 %	+ 74.39 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	486.60 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 7.39 %	- 3.43 %	+ 0.35 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita		-	+ 7.39 %	- 10.82 %	+ 3.78 %

*Fuente:* Elaboración propia.

El Gráfico 19 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de diatomita de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico 19**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de  $350 \text{ kgf/cm}^2$  por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

En el diseño de una resistencia a la compresión de  $350 \text{ kgf/cm}^2$ , el concreto tradicional sin adición de diatomita, a los 28 días de curado, alcanza una resistencia a la compresión de  $571.10 \text{ kgf/cm}^2$ , siendo  $221.10 \text{ kgf/cm}^2$  mayor de lo esperado, es decir que, se tiene un incremento del 63.17 %.

En el diseño de una resistencia a la compresión de  $350 \text{ kgf/cm}^2$ , al añadirle diatomita en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de  $551.75$ ,  $433.24$  y  $390.69 \text{ kgf/cm}^2$ , es decir que se tiene un impacto de 57.64 %, 23.78 % y 11.63 %, respectivamente.

En los cuatro casos, se puede notar una variación de las resistencias a la compresión obtenidas como se aprecia en la Tabla 89, que sigue una tendencia no lineal, existe un decremento de la resistencia a la compresión mediante el porcentaje de adición aumenta.

**Tabla 89**

*Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

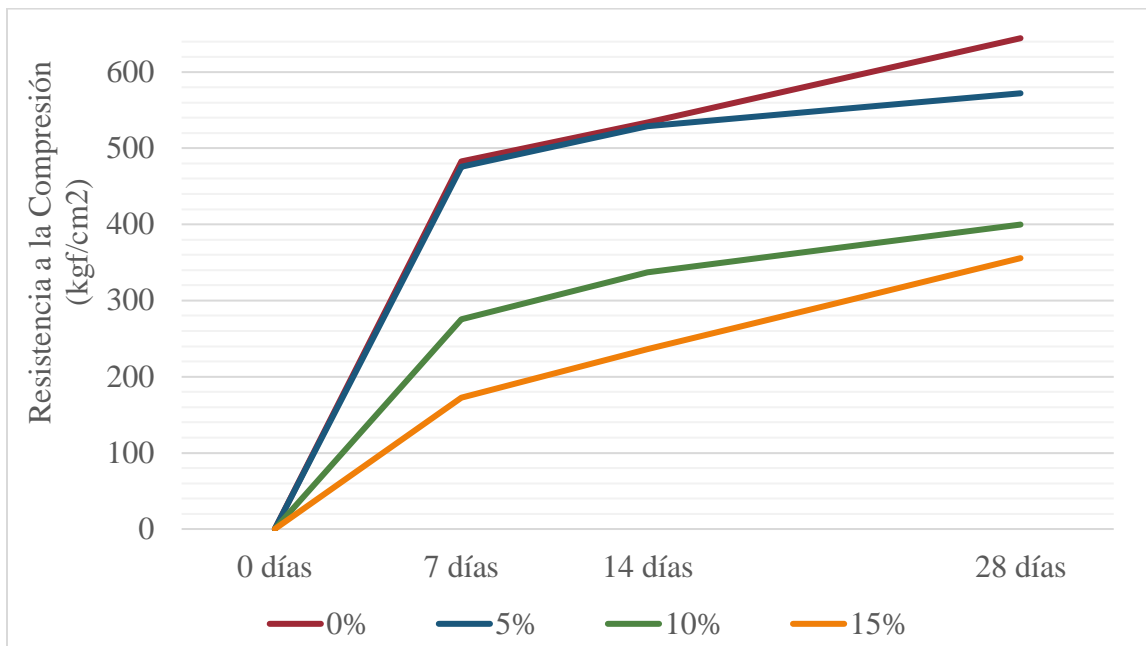
<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		571.10	551.75	433.24	390.69
Resistencia a la compresión de diseño	350.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 63.17 %	+ 57.64 %	+ 23.78 %	11.63 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	571.10 kgf/cm <sup>2</sup>	-	- 3.38 %	- 24.14 %	- 31.41 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita		-	- 3.38 %	- 20.76 %	- 7.27 %

*Fuente:* Elaboración propia.

El Gráfico 20 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de diatomita de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Gráfico 20**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de  $420 \text{ kgf/cm}^2$  por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

En el diseño de una resistencia a la compresión de  $420 \text{ kgf/cm}^2$ , el concreto tradicional sin adición de diatomita, a los 28 días de curado, alcanza una resistencia a la compresión de  $644.52 \text{ kgf/cm}^2$ , siendo  $224.52 \text{ kgf/cm}^2$  mayor de lo esperado, es decir que, se tiene un incremento del 53.46 %.

En el diseño de una resistencia a la compresión de  $420 \text{ kgf/cm}^2$ , al añadirle diatomita en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de 572.19, 399.78 y  $355.72 \text{ kgf/cm}^2$ , es decir que se tiene una variación de + 36.24 %, - 4.81 % y - 15.30 %, respectivamente.

En los cuatro casos, se puede notar una variación en las resistencias a la compresión obtenidas como se aprecia en la Tabla 90, que sigue una tendencia no lineal, con un

incremento por una adición del 5 % y decrementos crecientes conforme se sigue incorporando el mismo.

**Tabla 90**

*Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		644.52	572.19	399.78	355.72
Resistencia a la compresión de diseño	420.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 53.46 %	+ 36.24 %	- 4.81 %	- 15.30 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	644.52 kgf/cm <sup>2</sup>	-	- 11.22 %	- 37.97 %	- 44.81 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita		-	- 11.22 %	- 26.75 %	- 6.84 %

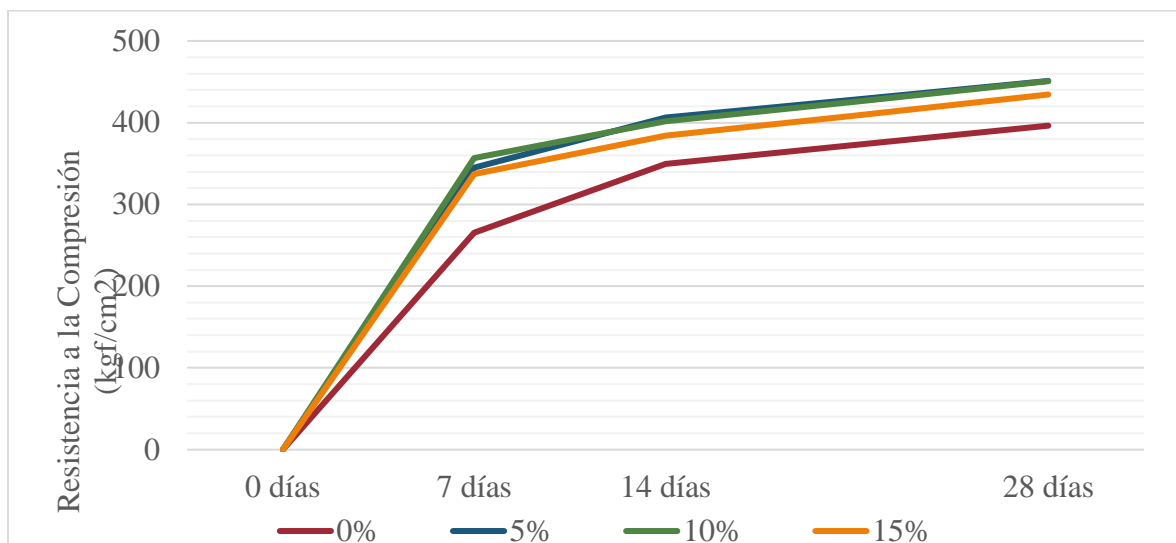
*Fuente:* Elaboración propia.

#### **5.4.1.2. Resistencia a la compresión a través del tiempo por el método Módulo de fineza de la combinación de agregados con adición de diatomita**

Los resultados por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados son similares y poco superiores al Método ACI 211. Los Gráficos 21, 22, 23 y 24 muestran el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método Módulo de Fineza de la combinación de agregados, con una adición de diatomita de 0, 5, 10 y 15 %, para diseños de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Gráfico 21**

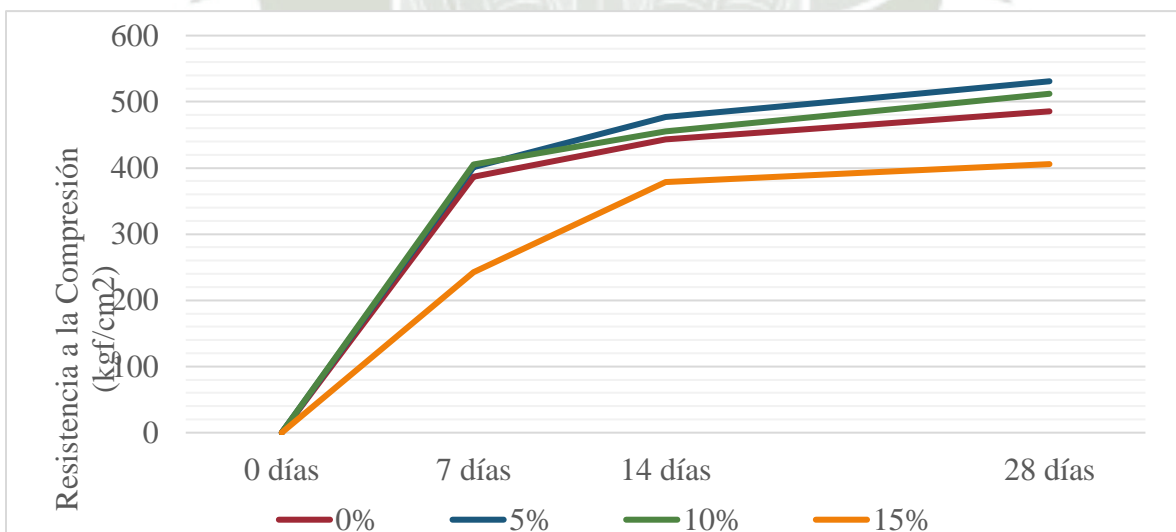
*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 22**

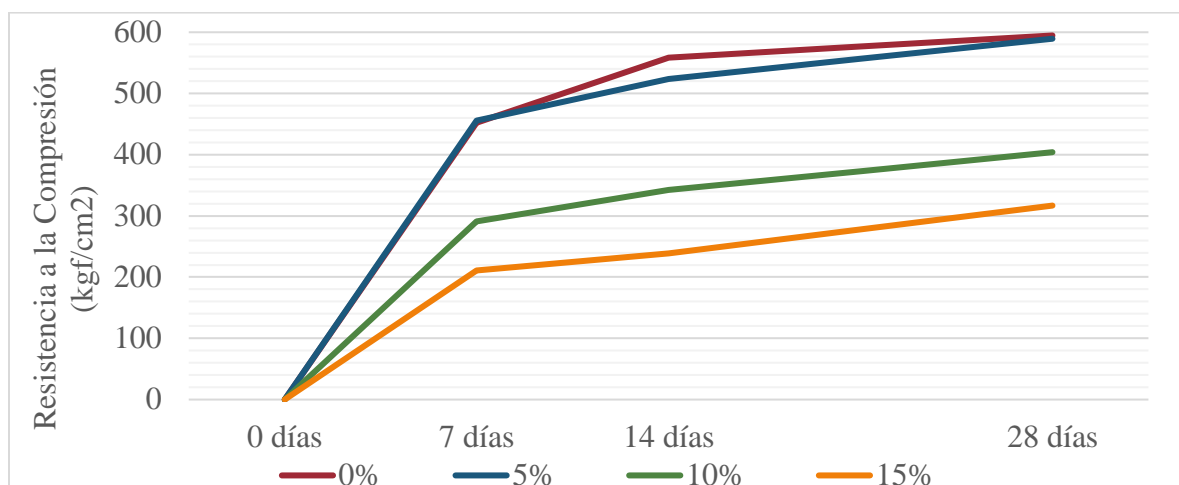
*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 23**

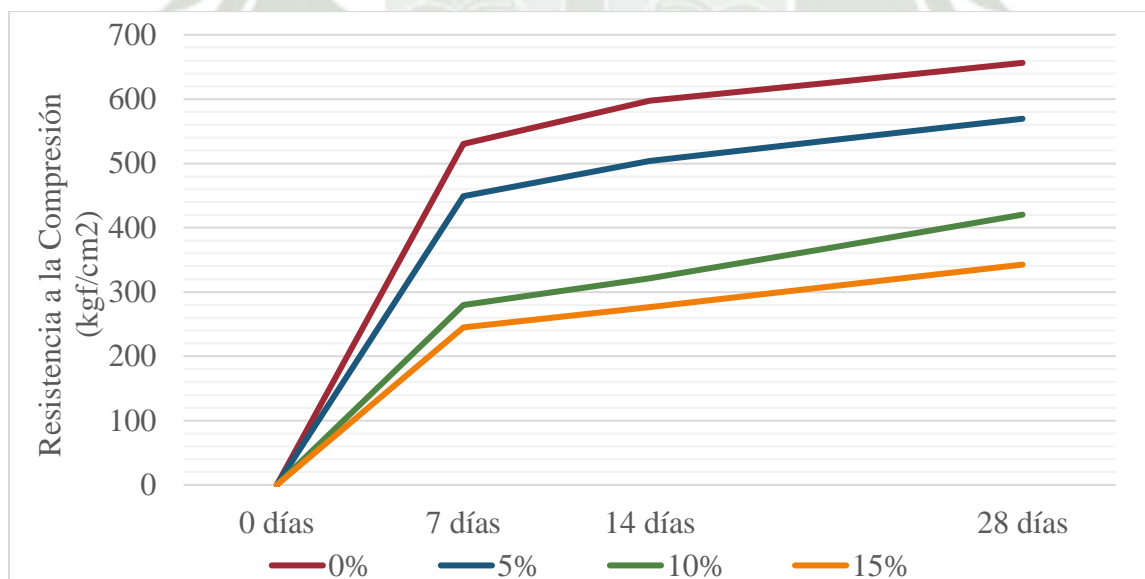
*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 24**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*



Fuente: Elaboración propia.

Las Tablas 91, 92, 93 y 94 cuantifican la variación porcentual de la resistencia a la compresión del concreto por el método Módulo de Fineza de la combinación de agregados, con una adición de diatomita de 0, 5, 10 y 15 %, para diseños de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Tabla 91**

*Variación porcentual para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

<b>Base de comparación</b>		<b>Porcentaje de adición de diatomita</b>			
		<b>0 %</b>	<b>5 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		396.34	451.05	450.81	434.47
Resistencia a la compresión de diseño	210.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 88.73 %	+ 114.79 %	+ 114.67 %	+ 106.89 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	396.34 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 13.80 %	+ 13.74 %	+ 9.62 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita		-	+ 13.80 %	- 0.06 %	- 4.12 %

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 92**

*Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

<b>Base de comparación</b>		<b>Porcentaje de adición de diatomita</b>			
		<b>0 %</b>	<b>5 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		485.53	530.95	512.08	405.79
Resistencia a la compresión de diseño	280.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 73.40 %	+ 89.63 %	+ 82.89 %	+ 44.93 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	392.9 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 9.35 %	+ 5.46 %	- 16.42 %

<i>Base de comparación</i>	<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
	<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita	-	+ 9.35 %	- 3.89 %	- 21.88 %

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 93**

*Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		594.72	589.43	404.07	316.84
Resistencia a la compresión de diseño	350.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 69.92 %	+ 68.41 %	+ 15.45 %	- 9.47 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	594.72 kgf/cm <sup>2</sup>	-	- 0.89 %	- 32.06 %	- 46.72 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita		-	- 0.89 %	- 32.95 %	- 14.66 %

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 94**

*Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de diatomita del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		656.34	569.45	420.31	342.61
Resistencia a la compresión de diseño	420.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 56.27 %	+ 35.58 %	+ 0.07 %	- 18.43 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de diatomita	656.34 kgf/cm <sup>2</sup>	-	- 13.24 %	- 35.96 %	- 47.80 %

<i>Base de comparación</i>	<i>Porcentaje de adición de diatomita</i>			
	<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Variación porcentual cada 5 % de adición de diatomita	-	- 13.24 %	- 22.72 %	- 11.84 %

*Fuente:* Elaboración propia.

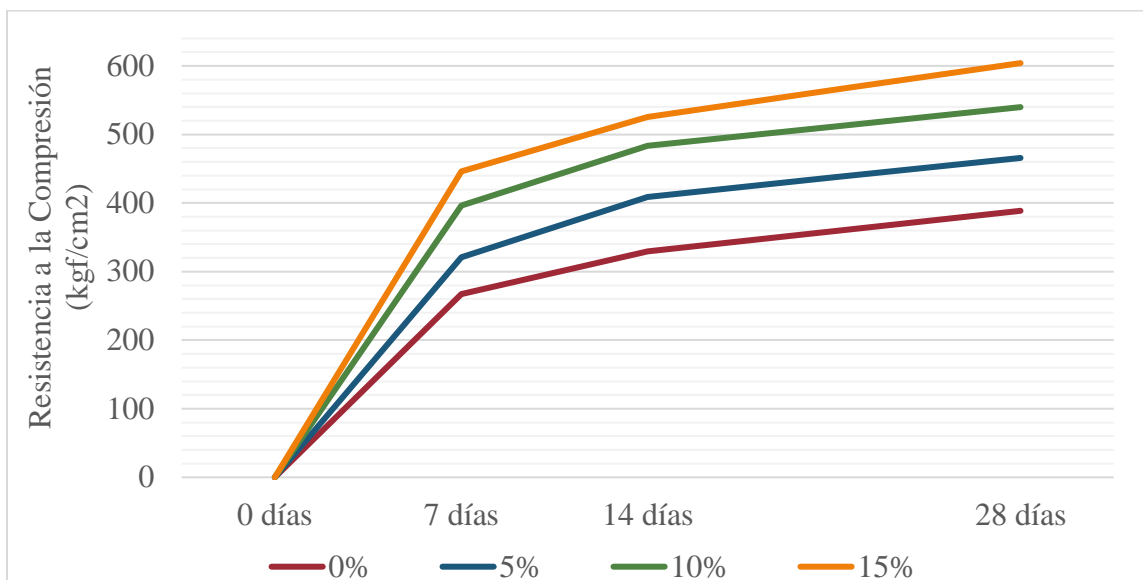
#### **5.4.1.3. Resistencia a la compresión a través del tiempo por el método ACI 211 con adición de microsílíce**

El Gráfico 25 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de microsílíce de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>.

En el diseño de una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, al añadirle microsílíce en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de 465.73, 539.84 y 604.02 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir que se tiene un incremento de 121.78, 157.07 y 187.63 %, respectivamente.

**Gráfico 25**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 95**

*Variación porcentual para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

Base de comparación		Porcentaje de adición de microsílíce			
		0 %	5 %	10 %	15 %
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		388.63	465.73	539.84	604.02
Resistencia a la compresión de diseño	210.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 85.06 %	+ 121.78 %	+ 157.07 %	+ 187.63 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	388.63 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 19.84 %	+ 38.91 %	+ 55.42 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce		-	+ 19.84 %	+ 19.07 %	+ 16.51 %

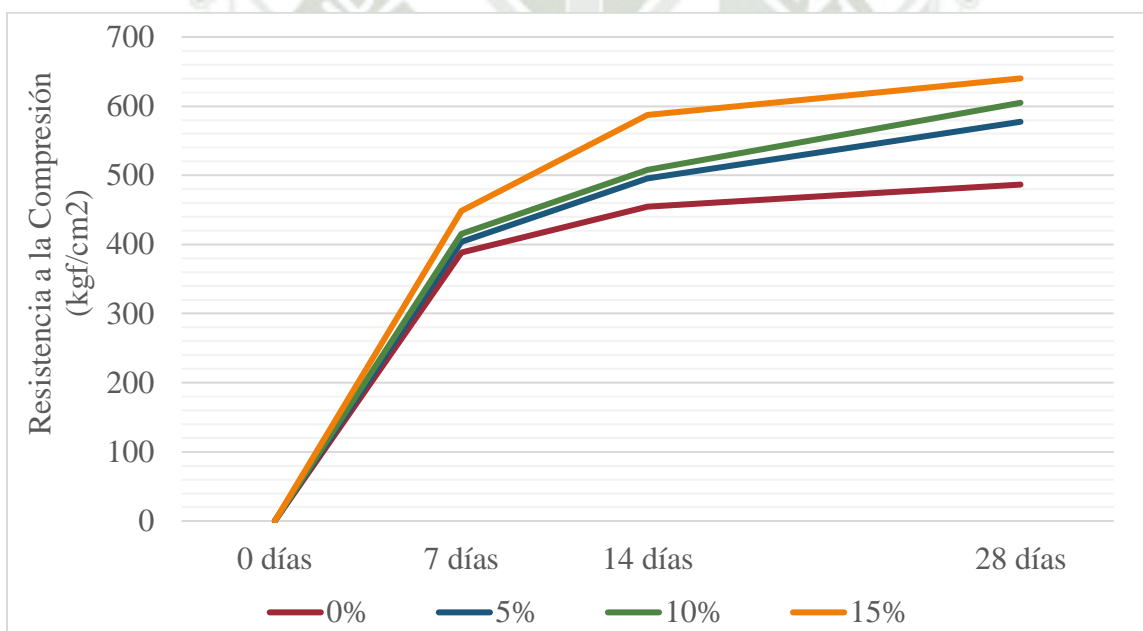
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 26 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de microsílíce de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup>.

En el diseño de una resistencia a la compresión de 280 kgf/cm<sup>2</sup>, al añadirle microsílíce en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de 577.42, 604.88 y 640.16 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir que se tiene un incremento de 106.22, 116.03 y 128.63 %, respectivamente.

**Gráfico 26**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 96**

*Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de microsílíce</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		486.60	577.42	604.88	640.16
Resistencia a la compresión de diseño	280.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 73.79 %	+ 116.22 %	+ 116.03 %	+ 128.63 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	486.60 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 18.66 %	+ 24.31 %	+ 31.56 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce		-	+ 18.66 %	+ 5.65 %	+ 7.25 %

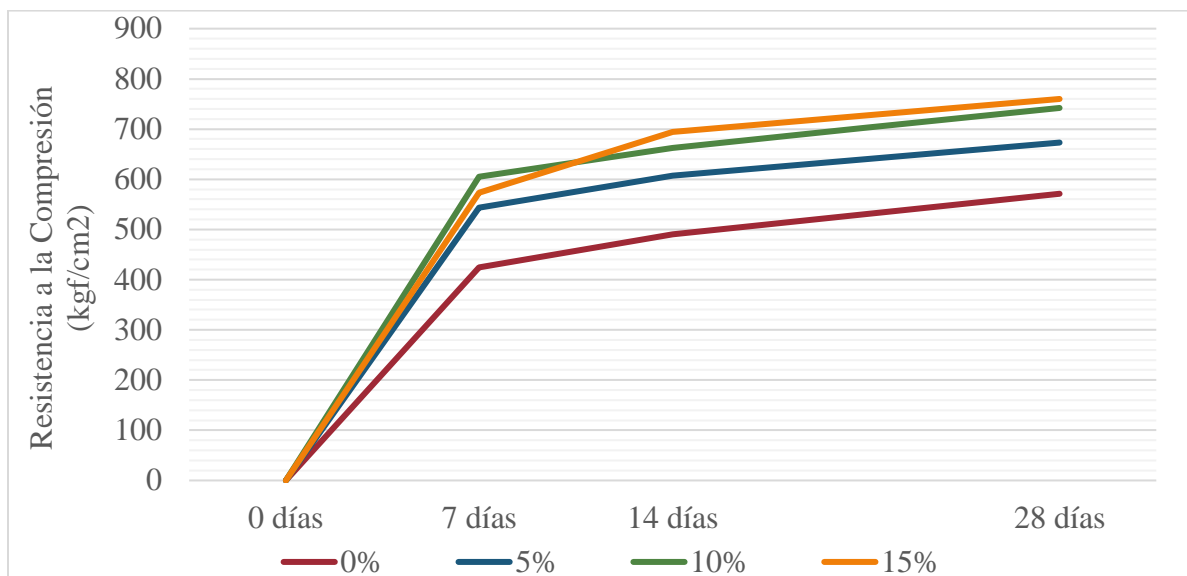
*Fuente:* Elaboración propia.

El Gráfico 27 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de microsílíce de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup>.

En el diseño de una resistencia a la compresión de 350 kgf/cm<sup>2</sup>, al añadirle microsílíce en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de 673.10, 742.05 y 759.96 kgf/cm<sup>2</sup>, es decir que se tiene un incremento de 92.31, 112.01 y 117.13 %, respectivamente.

**Gráfico 27**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 97**

*Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

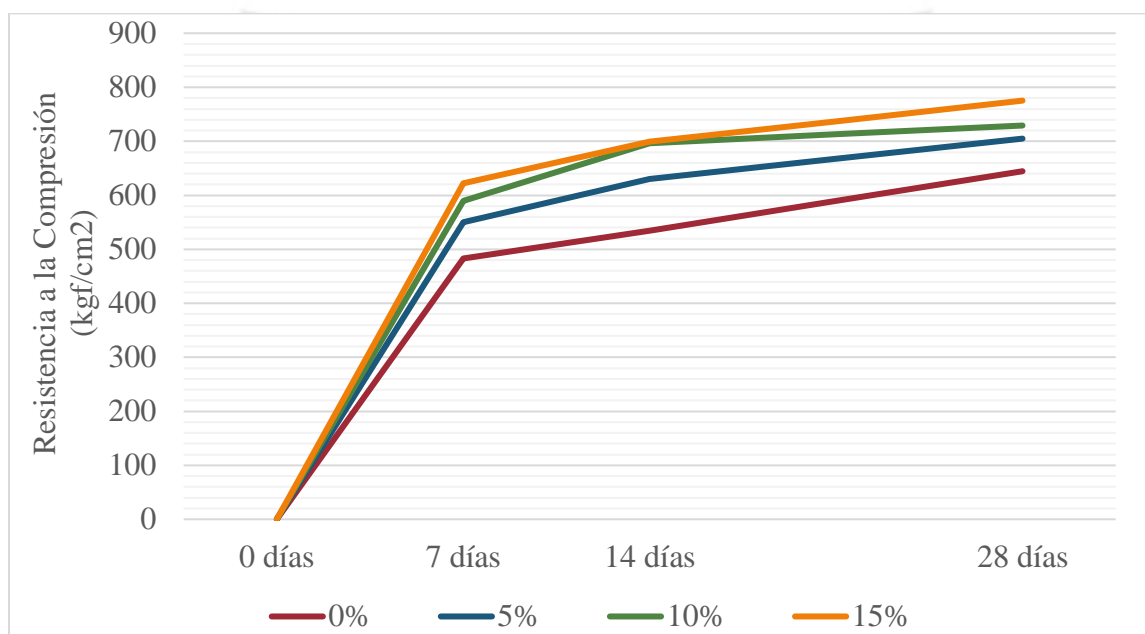
<b>Base de comparación</b>		<b>Porcentaje de adición de microsílíce</b>			
		<b>0 %</b>	<b>5 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		571.10	673.10	742.05	759.96
Resistencia a la compresión de diseño	350.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 63.17 %	+ 92.31 %	+ 112.01 %	+ 117.13 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	571.10 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 17.86 %	+ 29.93 %	+ 33.07 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce		-	+ 17.86 %	+ 12.07 %	+ 3.14 %

*Fuente: Elaboración propia.*

El Gráfico 28 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método ACI 211, con una adición de microsílíce de 0, 5, 10 y 15 %, para un diseño de  $420 \text{ kgf/cm}^2$ .

**Gráfico 28**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de  $420 \text{ kgf/cm}^2$  por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

En el diseño de una resistencia a la compresión de  $420 \text{ kgf/cm}^2$ , al añadirle microsílíce en diferentes porcentajes de 5, 10 y 15%, a los 28 días de curado, se recabaron resistencias a la compresión de 704.88, 729.14 y 775.24  $\text{kgf/cm}^2$ , es decir que se tiene un incremento de 67.83, 73.60 y 84.58 %, respectivamente.

**Tabla 98**

*Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de microsílíce</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		644.52	704.88	729.14	775.24
Resistencia a la compresión de diseño	420.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 53.46 %	+ 67.83 %	+ 73.60 %	+ 84.58 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	644.52 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 9.37 %	+ 13.13 %	+ 20.28 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce		-	+ 9.37 %	+ 3.76 %	+ 7.15 %

*Fuente:* Elaboración propia.

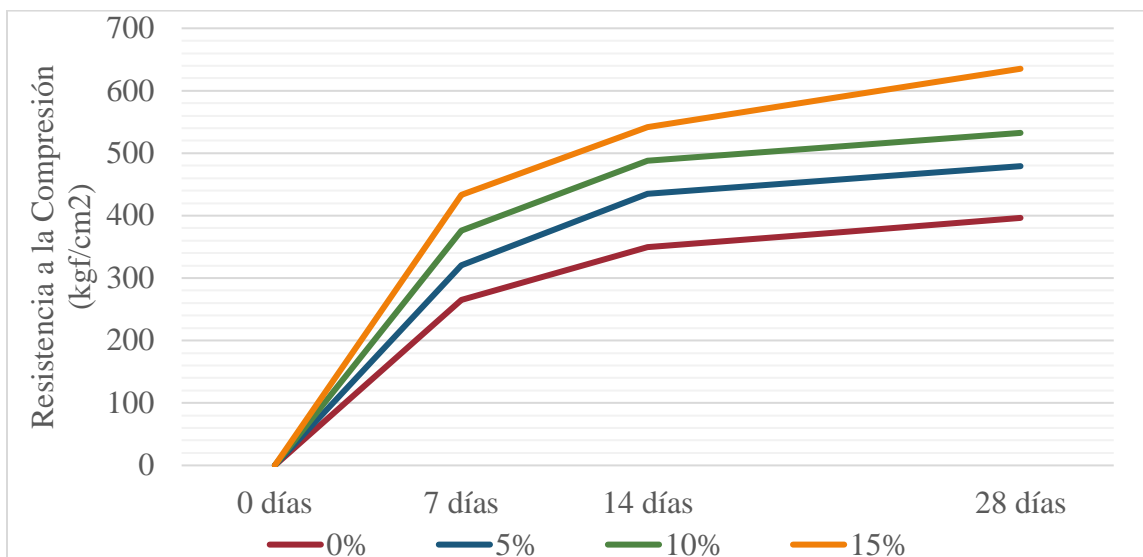
En todos los casos de adición de microsílíce, se puede notar un incremento significativo de las resistencias a la compresión obtenidas como se aprecia en las Tablas 95, 96, 97 y 99 que sigue una tendencia creciente mientras se aumenta el porcentaje de adición de microsílíce.

#### **5.4.1.4. Resistencia a la compresión a través del tiempo por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados con adición de microsílíce**

Los resultados por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados son similares y poco superiores al Método ACI 211. Los Gráficos 29, 30, 31 y 32 muestran el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto por el método Módulo de Fineza de la combinación de agregados, con una adición de diatomita de 0, 5, 10 y 15 %, para diseños de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Gráfico 29**

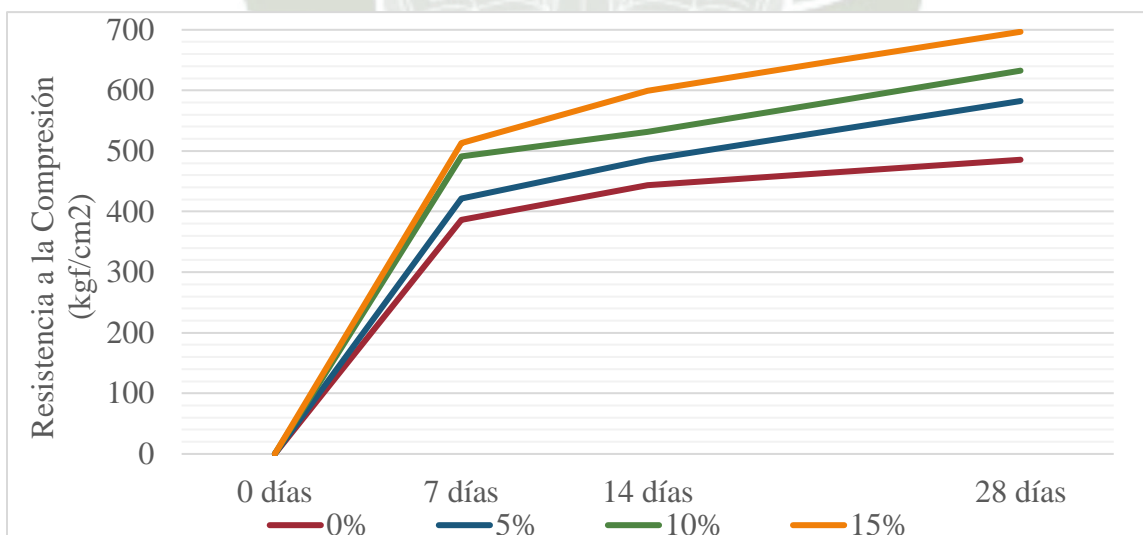
*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 30**

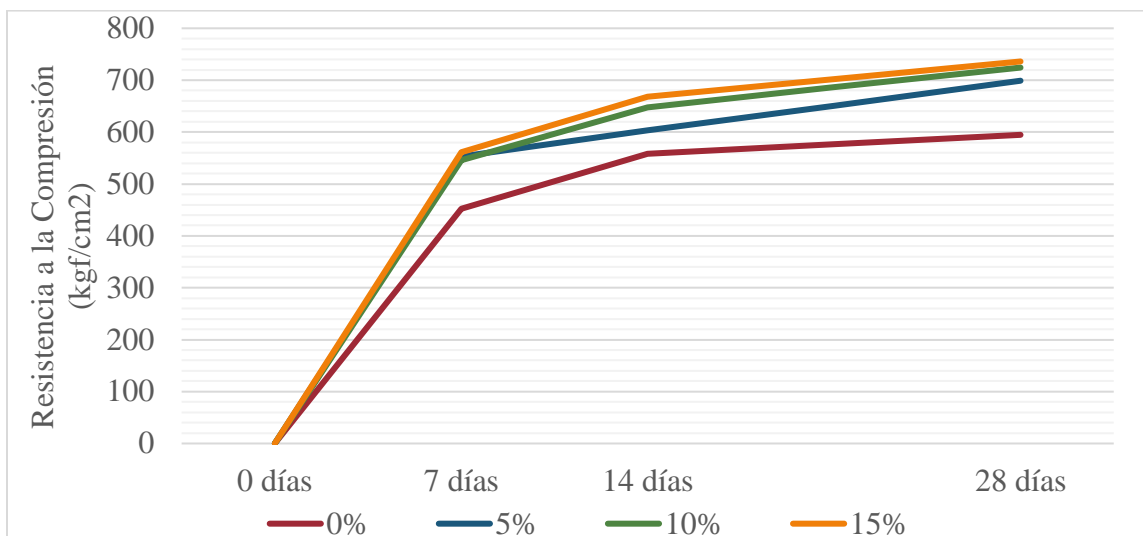
*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 31**

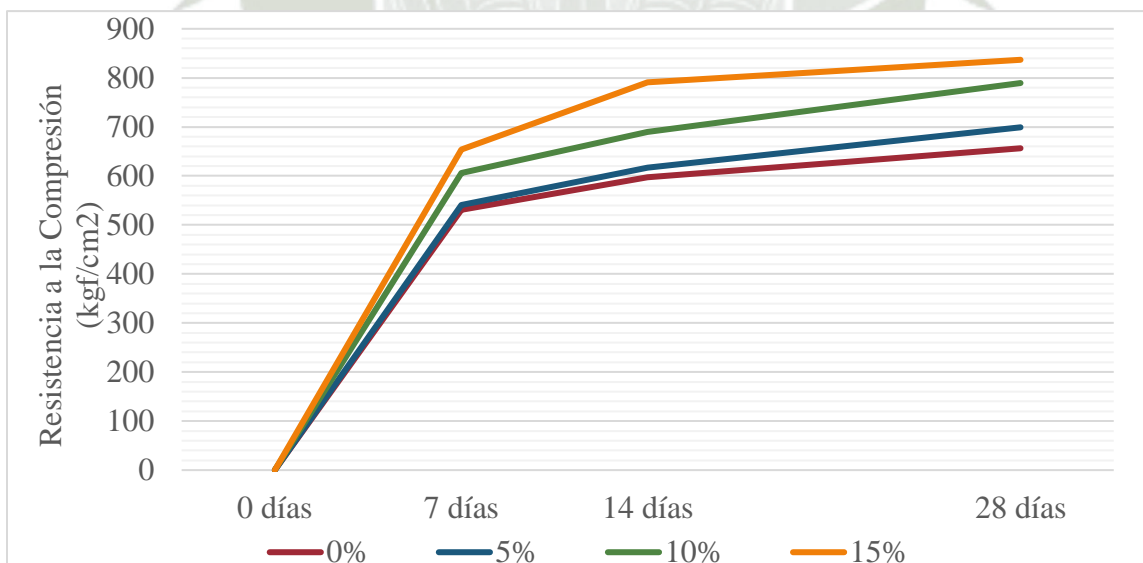
*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Gráfico 32**

*Resistencia a la compresión a través del tiempo para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*



*Fuente: Elaboración propia.*

Las Tablas 99, 100, 101 y 102 cuantifican la variación porcentual de la resistencia a la compresión del concreto por el método Módulo de Fineza de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce de 0, 5, 10 y 15 %, para diseños de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Tabla 99**

*Variación porcentual para un diseño de 210 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

<b>Base de comparación</b>		<b>Porcentaje de adición de microsílíce</b>			
		<b>0 %</b>	<b>5 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		396.34	479.19	532.51	635.20
Resistencia a la compresión de diseño	210.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 88.73 %	+ 128.19 %	+ 153.58 %	+ 202.48 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	396.34 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 20.90 %	+ 34.36 %	+ 60.27 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce		-	+ 20.90 %	+ 13.46 %	+ 25.91 %

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 100**

*Variación porcentual para un diseño de 280 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

<b>Base de comparación</b>		<b>Porcentaje de adición de microsílíce</b>			
		<b>0 %</b>	<b>5 %</b>	<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		485.53	582.44	635.60	696.75
Resistencia a la compresión de diseño	280.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 73.40 %	+ 108.01 %	+ 125.92 %	+ 148.84 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	485.53 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 19.96 %	+ 30.29 %	+ 43.50 %

<i>Base de comparación</i>	<i>Porcentaje de adición de microsílíce</i>			
	<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce	-	+ 19.96 %	+ 10.33 %	+ 13.21 %

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 101**

*Variación porcentual para un diseño de 350 kgf/cm<sup>2</sup> por el método ACI 211, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de microsílíce</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		594.72	699.00	724.33	736.06
Resistencia a la compresión de diseño	350.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 69.92 %	+ 99.71 %	+ 106.95 %	+ 110.30 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	594.72 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 17.53 %	+ 21.79 %	+ 23.77 %
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce		-	+ 17.53 %	+ 4.26 %	+ 1.98 %

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 102**

*Variación porcentual para un diseño de 420 kgf/cm<sup>2</sup> por el método MF de la combinación de agregados, con una adición de microsílíce del 0, 5, 10 y 15 %*

<i>Base de comparación</i>		<i>Porcentaje de adición de microsílíce</i>			
		<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de curado (kgf/cm <sup>2</sup> )		656.34	699.09	789.41	836.84
Resistencia a la compresión de diseño	420.0 kgf/cm <sup>2</sup>	+ 56.27 %	+ 66.45 %	+ 87.95 %	+ 99.25 %
Resistencia a la compresión obtenida sin adición de microsílíce	656.34 kgf/cm <sup>2</sup>	-	+ 6.51 %	+ 20.27 %	+ 27.50 %

<i>Base de comparación</i>	<i>Porcentaje de adición de microsílíce</i>			
	<i>0 %</i>	<i>5 %</i>	<i>10 %</i>	<i>15 %</i>
Variación porcentual cada 5 % de adición de microsílíce	-	+ 6.51 %	+ 13.76 %	+ 7.23 %

*Fuente:* Elaboración propia.



## CAPÍTULO VI.

### 6. Análisis comparativo de costos

#### 6.1. Dosificación de agregados por metro cúbico

En el diseño de mezclas desarrollado en el Capítulo 4, se realizó la dosificación por metro cúbico considerando seis componentes: cemento, agua, agregado fino, agregado grueso, diatomita y microsílíce.

Las Tablas 103, 104, 105 y 106, detallan la dosificación de agregados por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211, con adición de diatomita, para resistencias a la compresión de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Tabla 103**

*Dosificación de agregados por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>
0%	345.63	141.41	816.50	1,047.32	-
5%	345.63	144.90	793.87	1,047.32	18.96
10%	345.63	148.38	771.24	1,047.32	37.92
15%	345.63	151.87	748.61	1,047.32	56.89

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 104**

*Dosificación por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>	<i>[ kg ]</i>	<i>[ l ]</i>	<i>[ kg ]</i>	<i>[ kg ]</i>	<i>[ kg ]</i>
0%	414.16	145.32	757.69	1,047.32	-
5%	414.16	149.49	730.57	1,047.32	22.72
10%	414.16	153.67	703.46	1,047.32	45.44
15%	414.16	157.85	676.35	1,047.32	68.16

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 105**

*Dosificación por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>	<i>Dosificación de diseño por metro cúbico</i>				
	<i>Cemento</i> <i>[ kg ]</i>	<i>Agua</i> <i>[ l ]</i>	<i>Ag. Fino</i> <i>[ kg ]</i>	<i>Ag. Grueso</i> <i>[ kg ]</i>	<i>Diatomita</i> <i>[ kg ]</i>
0%	487.37	149.49	694.87	1,047.32	-
5%	487.37	154.40	662.96	1,047.32	26.74
10%	487.37	159.32	631.05	1,047.32	53.48
15%	487.37	164.23	599.15	1,047.32	80.21

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 106**

*Dosificación por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Porcentaje de adición de aditivo</i>	<i>Dosificación de diseño por metro cúbico</i>				
	<i>Cemento</i> <i>[ kg ]</i>	<i>Agua</i> <i>[ l ]</i>	<i>Ag. Fino</i> <i>[ kg ]</i>	<i>Ag. Grueso</i> <i>[ kg ]</i>	<i>Diatomita</i> <i>[ kg ]</i>
0%	618.59	156.96	582.27	1,047.32	-
5%	618.59	163.20	541.77	1,047.32	33.94
10%	618.59	169.44	501.27	1,047.32	67.87
15%	618.59	175.68	460.78	1,047.32	101.81

*Fuente:* Elaboración propia.

Las Tablas 107, 108, 109 y 110, detallan la dosificación de agregados por metro cúbico de concreto por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados, con adición de diatomita, para resistencias a la compresión de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Tabla 107**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>
0%	345.63	138.26	862.22	1,000.42	-
5%	345.63	138.93	851.60	988.10	18.96
10%	345.63	139.61	840.99	975.78	37.92
15%	345.63	140.28	830.37	963.46	56.89

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 108**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>
0%	414.16	143.23	787.94	1,016.29	-
5%	414.16	143.99	775.93	1,000.79	22.72
10%	414.16	144.75	763.92	985.30	45.44
15%	414.16	145.51	751.91	969.81	68.16

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 109**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>
0%	487.37	148.31	712.00	1,029.74	-
5%	487.37	149.14	698.76	1,010.59	26.74
10%	487.37	149.97	685.52	991.44	53.48
15%	487.37	150.80	672.28	972.30	80.21

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 110**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>
0%	618.59	156.79	584.71	1,044.82	-
5%	618.59	157.71	569.94	1,018.42	33.94
10%	618.59	158.62	555.17	992.03	67.87
15%	618.59	159.54	540.40	965.64	101.81

*Fuente: Elaboración propia.*

Las Tablas 111, 112, 113 y 114, detallan la dosificación de agregados por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211, con adición de microsílíce, para resistencias a la compresión de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Tabla 111**

*Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsíllice para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	345.63	141.41	816.50	1,047.32	-
5%	345.63	141.41	816.50	1,047.32	17.28
10%	345.63	141.41	816.50	1,047.32	34.56
15%	345.63	141.41	816.50	1,047.32	51.84

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 112**

*Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsíllice para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	414.16	145.32	757.69	1,047.32	-
5%	414.16	145.32	757.69	1,047.32	20.71
10%	414.16	145.32	757.69	1,047.32	41.42
15%	414.16	145.32	757.69	1,047.32	62.12

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 113**

*Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsíllice para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	487.37	149.49	694.87	1,047.32	-
5%	487.37	149.49	694.87	1,047.32	24.37
10%	487.37	149.49	694.87	1,047.32	48.74
15%	487.37	149.49	694.87	1,047.32	73.11

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 114**

*Dosificación por el Método ACI 211 con adición de microsíllice para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	618.59	156.96	582.27	1,047.32	-
5%	618.59	156.96	582.27	1,047.32	30.93
10%	618.59	156.96	582.27	1,047.32	61.86
15%	618.59	156.96	582.27	1,047.32	92.79

*Fuente: Elaboración propia.*

Las Tablas 115, 116, 117 y 118, detallan la dosificación de agregados por metro cúbico de concreto por el Método Módulo de Fineza de la combinación de agregados, con adición de microsíllice, para resistencias a la compresión de 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Tabla 115**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsíllice para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	345.63	138.26	862.22	1,000.42	-
5%	345.63	138.26	862.22	1,000.42	17.28
10%	345.63	138.26	862.22	1,000.42	34.56
15%	345.63	138.26	862.22	1,000.42	51.84

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 116**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsíllice para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	414.16	143.23	787.94	1,016.29	-
5%	414.16	143.23	787.94	1,016.29	20.71
10%	414.16	143.23	787.94	1,016.29	41.42
15%	414.16	143.23	787.94	1,016.29	62.12

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 117**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsíllice para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	487.37	148.31	712.00	1,029.74	-
5%	487.37	148.31	712.00	1,029.74	24.37
10%	487.37	148.31	712.00	1,029.74	48.74
15%	487.37	148.31	712.00	1,029.74	73.11

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 118**

*Dosificación por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsíllice para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Porcentaje de adición de aditivo</b>	<b>Dosificación de diseño por metro cúbico</b>				
	<b>Cemento [ kg ]</b>	<b>Agua [ l ]</b>	<b>Ag. Fino [ kg ]</b>	<b>Ag. Grueso [ kg ]</b>	<b>Microsíllice [ kg ]</b>
0%	618.59	156.79	584.71	1,044.82	-
5%	618.59	156.79	584.71	1,044.82	30.93
10%	618.59	156.79	584.71	1,044.82	61.86
15%	618.59	156.79	584.71	1,044.82	92.79

*Fuente: Elaboración propia.*

Sin embargo, en laboratorio o campo, se tuvieron que hacer ciertas correcciones para que cumpla con la fluidez o consistencia requerida, por lo que se incorporó el aditivo superplastificante Dynamon SP1 y agua, lo cual modificaría la dosificación inicial de diseño.

Por lo que, esto se detalla en las Tablas 119 a 134.

**Tabla 119**

*Dosificación corregida de agregados por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	8.13	0.1414	0.3326	0.3796	-	-
5%	8.13	0.1449	0.3234	0.3796	18.96	3.86
10%	8.13	0.1516	0.3142	0.3796	37.92	3.86
15%	8.13	0.1583	0.3049	0.3796	56.89	4.18

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 120**

*Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	9.75	0.1453	0.3086	0.3796	-	-
5%	9.75	0.1527	0.2976	0.3796	22.72	4.82
10%	9.75	0.1633	0.2866	0.3796	45.44	5.14
15%	9.75	0.1739	0.2755	0.3796	68.16	5.47

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 121**

*Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Adición de aditivo</i>	<i>Dosificación corregida por metro cúbico</i>					
	<i>Cemento [ bls ]</i>	<i>Agua [ m3 ]</i>	<i>Ag. Fino [ m3 ]</i>	<i>Ag. Grueso [ m3 ]</i>	<i>Diatomita [ kg ]</i>	<i>Plastificante [ l ]</i>
0%	11.47	0.1495	0.2831	0.3796	-	-
5%	11.47	0.1640	0.2701	0.3796	26.74	6.11
10%	11.47	0.1786	0.2571	0.3796	53.48	6.43
15%	11.47	0.1996	0.2441	0.3796	80.21	6.43

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 122**

*Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Adición de aditivo</i>	<i>Dosificación corregida por metro cúbico</i>					
	<i>Cemento [ bls ]</i>	<i>Agua [ m3 ]</i>	<i>Ag. Fino [ m3 ]</i>	<i>Ag. Grueso [ m3 ]</i>	<i>Diatomita [ kg ]</i>	<i>Plastificante [ l ]</i>
0%	14.56	0.1570	0.2372	0.3796	-	-
5%	14.56	0.1825	0.2207	0.3796	33.94	8.04
10%	14.56	0.2112	0.2042	0.3796	67.87	8.04
15%	14.56	0.2336	0.1877	0.3796	101.81	8.04

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 123**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	8.13	0.1383	0.3512	0.3626	-	-
5%	8.13	0.1389	0.3469	0.3581	18.96	3.86
10%	8.13	0.1428	0.3426	0.3537	37.92	3.86
15%	8.13	0.1467	0.3383	0.3492	56.89	4.18

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 124**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	9.75	0.1432	0.3210	0.3683	-	-
5%	9.75	0.1472	0.3161	0.3627	22.72	4.82
10%	9.75	0.1544	0.3112	0.3571	45.44	5.14
15%	9.75	0.1648	0.3063	0.3515	68.16	5.47

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 125**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	11.47	0.1483	0.2900	0.3732	-	-
5%	11.47	0.1588	0.2846	0.3663	26.74	6.11
10%	11.47	0.1725	0.2792	0.3593	53.48	6.43
15%	11.47	0.1894	0.2739	0.3524	80.21	6.43

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 126**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Diatomita [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	14.56	0.1568	0.2382	0.3787	-	-
5%	14.56	0.1770	0.2322	0.3691	33.94	8.04
10%	14.56	0.1972	0.2262	0.3596	67.87	8.04
15%	14.56	0.2142	0.2201	0.3500	101.81	8.04

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 127**

*Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	8.13	0.1414	0.3326	0.3796	-	-
5%	8.13	0.1414	0.3326	0.3796	17.28	-
10%	8.13	0.1414	0.3326	0.3796	34.56	-
15%	8.13	0.1430	0.3326	0.3796	51.84	1.16

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 128**

*Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	9.75	0.1453	0.3086	0.3796	-	-
5%	9.75	0.1453	0.3086	0.3796	20.71	-
10%	9.75	0.1469	0.3086	0.3796	41.42	1.41
15%	9.75	0.1485	0.3086	0.3796	62.12	1.61

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 129**

*Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	11.47	0.1495	0.2831	0.3796	-	-
5%	11.47	0.1511	0.2831	0.3796	24.37	1.61
10%	11.47	0.1527	0.2831	0.3796	48.74	1.93
15%	11.47	0.1543	0.2831	0.3796	73.11	1.93

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 130**

*Dosificación corregida por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	14.56	0.1570	0.2372	0.3796	-	-
5%	14.56	0.1602	0.2372	0.3796	30.93	2.44
10%	14.56	0.1618	0.2372	0.3796	61.86	2.44
15%	14.56	0.1634	0.2372	0.3796	92.79	2.44

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 131**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	8.13	0.1383	0.3512	0.3626	-	-
5%	8.13	0.1383	0.3512	0.3626	17.28	-
10%	8.13	0.1383	0.3512	0.3626	34.56	-
15%	8.13	0.1399	0.3512	0.3626	51.84	1.16

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 132**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	9.75	0.1432	0.3210	0.3683	-	-
5%	9.75	0.1432	0.3210	0.3683	20.71	-
10%	9.75	0.1448	0.3210	0.3683	41.42	1.41
15%	9.75	0.1464	0.3210	0.3683	62.12	1.61

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 133**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	11.47	0.1483	0.2900	0.3732	-	-
5%	11.47	0.1499	0.2900	0.3732	24.37	1.61
10%	11.47	0.1515	0.2900	0.3732	48.74	1.93
15%	11.47	0.1531	0.2900	0.3732	73.11	1.93

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 134**

*Dosificación corregida por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Dosificación corregida por metro cúbico</b>					
	<b>Cemento [ bls ]</b>	<b>Agua [ m3 ]</b>	<b>Ag. Fino [ m3 ]</b>	<b>Ag. Grueso [ m3 ]</b>	<b>Microsílíce [ kg ]</b>	<b>Plastificante [ l ]</b>
0%	14.56	0.1568	0.2382	0.3787	-	-
5%	14.56	0.1600	0.2382	0.3787	30.93	2.44
10%	14.56	0.1616	0.2382	0.3787	61.86	2.44
15%	14.56	0.1632	0.2382	0.3787	92.79	2.44

*Fuente: Elaboración propia.*

## 6.2. Precios unitarios

El costo que se considera en el presente análisis es únicamente el de los materiales a intervenir en un metro cúbico de concreto.

Una partida de concreto convencional considera unidades diferentes para un análisis de precios unitarios, los cuales se detallan en la Tabla 135, con su respectivo costo por unidad de medida.

**Tabla 135**

*Procedencia, unidad y costo de los agregados a intervenir en un metro cúbico de concreto*

<i>Agregado</i>	<i>Procedencia</i>	<i>Unidad</i>	<i>Parcial</i>
Cemento	WARI TIPO I	bolsa	S/ 21.50
Agua	Laboratorio de la U.C.S.M.	metro cúbico	S/ 5.68
Agregado fino	Cantera La Poderosa	metro cúbico	S/ 50.00
Agregado grueso	Cantera La Poderosa	metro cúbico	S/ 65.00
Diatomita	Cantera Polobaya	kilogramo	S/ 0.50
Microsílice	MAPEI Mapefluid PZ500	kilogramo	S/ 7.70
Aditivo superplastificante	MAPEI Dynamon SP1	litro	S/ 6.00

*Fuente:* Elaboración propia.

### 6.3. Costo por metro cúbico de concreto

Luego de realizar la conversión de unidades de los agregados que intervienen en la elaboración de concreto, se evidencia el costo por agregado y por metro cúbico de concreto para cada uno de los diseños por el Método de ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de agregados con una adición de diatomita o microsíllice con una resistencia a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, incluyendo las correcciones en laboratorio de adición de aditivo superplastificante y agua.

**Tabla 136**

*Precio por metro cúbico de concreto por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	174.85	0.80	16.63	24.67	-	-	216.96
5%	174.85	0.82	16.17	24.67	9.48	23.13	249.13
10%	174.85	0.86	15.71	24.67	18.96	23.13	258.18
15%	174.85	0.90	15.25	24.67	28.44	25.06	269.17

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 137**

*Precio por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	209.52	0.83	15.43	24.67	-	-	250.45
5%	209.52	0.87	14.88	24.67	11.36	28.91	290.21
10%	209.52	0.93	14.33	24.67	22.72	30.84	303.01
15%	209.52	0.99	13.78	24.67	34.08	32.77	315.81

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 138**

*Precio por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	246.55	0.85	14.15	24.67	-	-	286.23
5%	246.55	0.93	13.50	24.67	13.37	36.62	335.65
10%	246.55	1.01	12.85	24.67	26.74	38.55	350.38
15%	246.55	1.13	12.20	24.67	40.11	38.55	363.22

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 139**

*Precio por el Método ACI 211 con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	312.93	0.89	11.86	24.67	-	-	350.36
5%	312.93	1.04	11.03	24.67	16.97	48.19	414.84
10%	312.93	1.20	10.21	24.67	33.94	48.19	431.14
15%	312.93	1.33	9.38	24.67	50.91	48.19	447.41

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 140**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	174.85	0.79	17.56	23.57	-	-	216.76
5%	174.85	0.79	17.35	23.28	9.48	23.13	248.87
10%	174.85	0.81	17.13	22.99	18.96	23.13	257.87
15%	174.85	0.83	16.91	22.70	28.44	25.06	268.79

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 141**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	209.52	0.81	16.05	23.94	-	-	250.32
5%	209.52	0.84	15.80	23.58	11.36	28.91	290.01
10%	209.52	0.88	15.56	23.21	22.72	30.84	302.73
15%	209.52	0.94	15.31	22.85	34.08	32.77	315.47

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 142**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	246.55	0.84	14.50	24.26	-	-	286.16

5%	246.55	0.90	14.23	23.81	13.37	36.62	335.49
10%	246.55	0.98	13.96	23.36	26.74	38.55	350.14
15%	246.55	1.08	13.69	22.91	40.11	38.55	362.89

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 143**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de diatomita para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Diatomita</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	312.93	0.89	11.91	24.61	-	-	350.35
5%	312.93	1.01	11.61	23.99	16.97	48.19	414.70
10%	312.93	1.12	11.31	23.37	33.94	48.19	430.86
15%	312.93	1.22	11.01	22.75	50.91	48.19	447.00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 144**

*Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Microsílíce</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	174.85	0.80	13.30	24.67	-	-	213.63
5%	174.85	0.80	13.30	24.67	133.07	-	346.70
10%	174.85	0.80	13.30	24.67	266.14	-	479.76
15%	174.85	0.81	13.30	24.67	399.20	6.94	619.78

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 145**

*Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Adición de aditivo</i>	<i>Precio total por metro cúbico ( S/ )</i>						
	<i>Cemento</i>	<i>Agua</i>	<i>Ag. Fino</i>	<i>Ag. Grueso</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Super Plastificante</i>	<i>TOTAL</i>
0%	209.52	0.83	12.35	24.67	-	-	247.36
5%	209.52	0.83	12.35	24.67	159.45	-	406.82
10%	209.52	0.83	12.35	24.67	318.91	8.48	574.76
15%	209.52	0.84	12.35	24.67	478.36	9.64	735.38

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 146**

*Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílice para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Adición de aditivo</i>	<i>Precio total por metro cúbico ( S/ )</i>						
	<i>Cemento</i>	<i>Agua</i>	<i>Ag. Fino</i>	<i>Ag. Grueso</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Super Plastificante</i>	<i>TOTAL</i>
0%	246.55	0.85	11.32	24.67	-	-	283.40
5%	246.55	0.86	11.32	24.67	187.64	9.64	480.68
10%	246.55	0.87	11.32	24.67	375.28	11.57	670.26
15%	246.55	0.88	11.32	24.67	562.92	11.57	857.91

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 147**

*Precio por el Método ACI 211 con adición de microsílice para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Adición de aditivo</i>	<i>Precio total por metro cúbico ( S/ )</i>						
	<i>Cemento</i>	<i>Agua</i>	<i>Ag. Fino</i>	<i>Ag. Grueso</i>	<i>Microsílice</i>	<i>Super Plastificante</i>	<i>TOTAL</i>
0%	312.93	0.89	9.49	24.67	-	-	347.99
5%	312.93	0.91	9.49	24.67	238.16	14.65	600.81
10%	312.93	0.92	9.49	24.67	476.31	14.65	838.98
15%	312.93	0.93	9.49	24.67	714.47	14.65	1,077.14

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 148**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Microsílíce</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	174.85	0.79	14.05	23.57	-	-	213.25
5%	174.85	0.79	14.05	23.57	133.07	-	346.32
10%	174.85	0.79	14.05	23.57	266.14	-	479.39
15%	174.85	0.79	14.05	23.57	399.20	6.94	619.40

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 149**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Microsílíce</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	209.52	0.81	12.84	23.94	-	-	247.11
5%	209.52	0.81	12.84	23.94	159.45	-	406.57
10%	209.52	0.82	12.84	23.94	318.91	8.48	574.51
15%	209.52	0.83	12.84	23.94	478.36	9.64	735.13

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 150**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsílíce para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup>*

<b>Adición de aditivo</b>	<b>Precio total por metro cúbico ( S/ )</b>						
	<b>Cemento</b>	<b>Agua</b>	<b>Ag. Fino</b>	<b>Ag. Grueso</b>	<b>Microsílíce</b>	<b>Super Plastificante</b>	<b>TOTAL</b>
0%	246.55	0.84	11.60	24.26	-	-	283.26

5%	246.55	0.85	11.60	24.26	187.64	9.64	480.54
10%	246.55	0.86	11.60	24.26	375.28	11.57	670.12
15%	246.55	0.87	11.60	24.26	562.92	11.57	857.77

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 151**

*Precio por el Método MF de la combinación de agregados con adición de microsilíce para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

<i>Adición de aditivo</i>	<i>Precio total por metro cúbico ( S/ )</i>						
	<i>Cemento</i>	<i>Agua</i>	<i>Ag. Fino</i>	<i>Ag. Grueso</i>	<i>Microsilíce</i>	<i>Super Plastificante</i>	<i>TOTAL</i>
0%	312.93	0.89	9.53	24.61	-	-	347.97
5%	312.93	0.91	9.53	24.61	238.16	14.65	600.79
10%	312.93	0.92	9.53	24.61	476.31	14.65	838.96
15%	312.93	0.93	9.53	24.61	714.47	14.65	1,077.12

*Fuente:* Elaboración propia.

Luego de realizar la conversión de unidades de los agregados que intervienen en la elaboración de concreto, en la Tabla 154 se evidencia el costo por agregado y por metro cúbico de concreto.

**Tabla 152**

*Costo por metro cúbico y resistencia a la compresión de cada diseño de concreto con una adición de diatomita o microsílíce con una resistencia a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>*

		<i>Resistencia de diseño</i>	<i>Resistencia a la compresión</i>	<i>Costo por metro cúbico</i>	
<i>Adición de Diatomita</i>	<i>0%</i>	<i>210 kgf/cm<sup>2</sup></i>	392.49 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	216.86
		<i>280 kgf/cm<sup>2</sup></i>	486.07 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	250.39
		<i>350 kgf/cm<sup>2</sup></i>	582.91 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	286.19
		<i>420 kgf/cm<sup>2</sup></i>	650.43 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	350.35
	<i>5%</i>	<i>210 kgf/cm<sup>2</sup></i>	444.92 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	249.00
		<i>280 kgf/cm<sup>2</sup></i>	526.75 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	290.11
		<i>350 kgf/cm<sup>2</sup></i>	570.59 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	335.57
		<i>420 kgf/cm<sup>2</sup></i>	570.82 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	414.77
	<i>10%</i>	<i>210 kgf/cm<sup>2</sup></i>	441.92 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	258.03
		<i>280 kgf/cm<sup>2</sup></i>	526.75 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	302.87
		<i>350 kgf/cm<sup>2</sup></i>	570.59 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	350.26
		<i>420 kgf/cm<sup>2</sup></i>	570.82 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	431.00
	<i>15%</i>	<i>210 kgf/cm<sup>2</sup></i>	420.06 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	268.98
		<i>280 kgf/cm<sup>2</sup></i>	447.05 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	315.64
		<i>350 kgf/cm<sup>2</sup></i>	353.77 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	363.05
		<i>420 kgf/cm<sup>2</sup></i>	349.17 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	447.21
<i>Adición de Microsílíce</i>	<i>0%</i>	<i>210 kgf/cm<sup>2</sup></i>	392.49 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	213.44
		<i>280 kgf/cm<sup>2</sup></i>	486.07 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	247.24
		<i>350 kgf/cm<sup>2</sup></i>	582.91 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	283.33
		<i>420 kgf/cm<sup>2</sup></i>	650.43 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	347.98
	<i>5%</i>	<i>210 kgf/cm<sup>2</sup></i>	472.46 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	346.51
		<i>280 kgf/cm<sup>2</sup></i>	579.93 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	406.69
		<i>350 kgf/cm<sup>2</sup></i>	686.05 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	480.61
		<i>420 kgf/cm<sup>2</sup></i>	701.98 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	600.80
	<i>10%</i>	<i>210 kgf/cm<sup>2</sup></i>	536.18 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	479.58
		<i>280 kgf/cm<sup>2</sup></i>	618.74 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	574.63

		<i>Resistencia de diseño</i>	<i>Resistencia a la compresión</i>	<i>Costo por metro cúbico</i>	
		<b>350 kgf/cm<sup>2</sup></b>	733.19 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	670.19
		<b>420 kgf/cm<sup>2</sup></b>	759.27 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	838.97
	<b>15%</b>	<b>210 kgf/cm<sup>2</sup></b>	619.61 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	619.59
		<b>280 kgf/cm<sup>2</sup></b>	668.46 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	735.25
		<b>350 kgf/cm<sup>2</sup></b>	748.01 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	857.84
		<b>420 kgf/cm<sup>2</sup></b>	806.04 kgf/cm <sup>2</sup>	S/	1,077.13

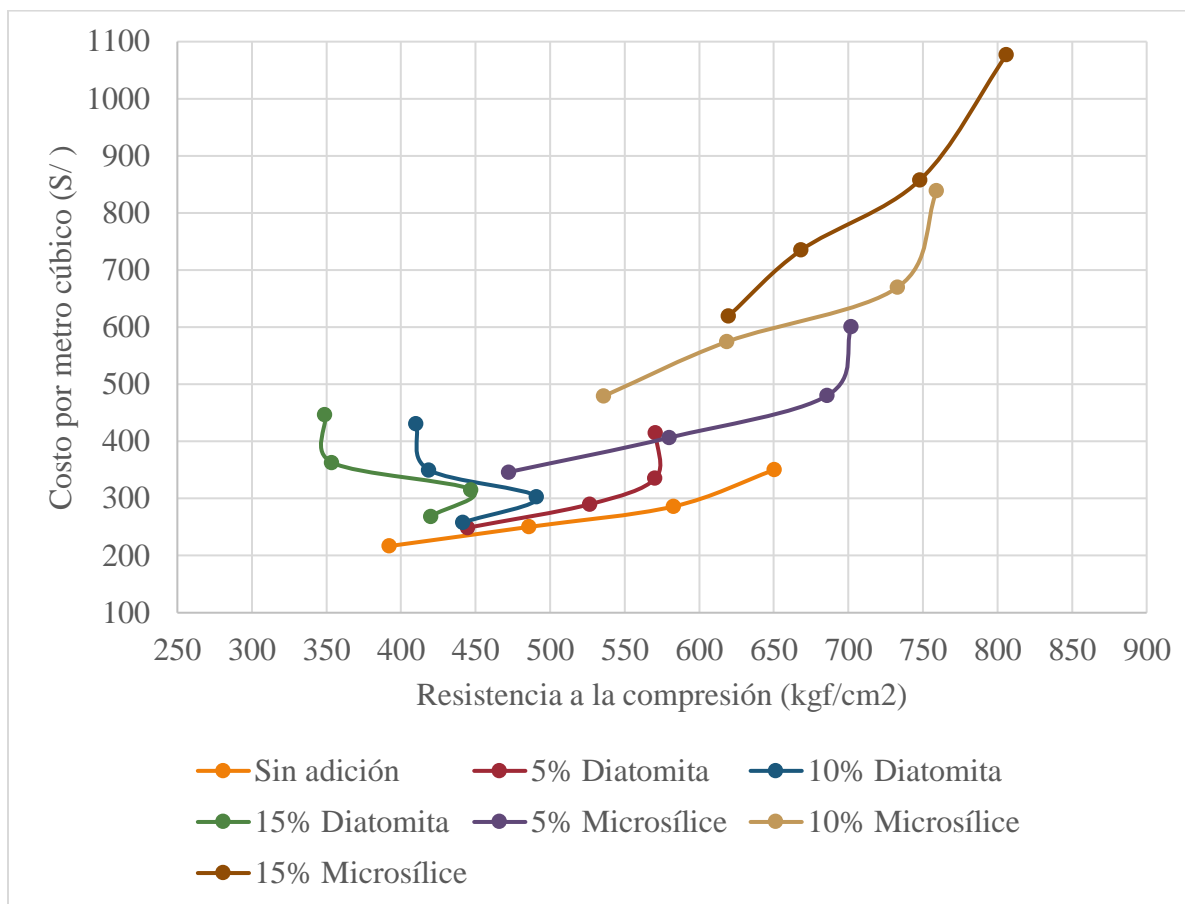
*Fuente:* Elaboración propia.

Se consideró el promedio de los diseños por el Método de ACI 211 y Módulo de Fineza de la combinación de agregados con una adición de diatomita o microsílíce con una resistencia a la compresión 210, 280, 350 y 420 kgf/cm<sup>2</sup>, incluyendo las correcciones en laboratorio de adición de aditivo superplastificante y agua y el resultado de la resistencia a la compresión obtenido en laboratorio.

Asimismo, se agruparon los datos por aditivo agregado, sea diatomita o microsílíce y por el porcentaje de adición del mismo, ya sea del 0, 5, 10 y 15 %, como se aprecia en el Gráfica 33.

**Gráfico 33**

*Resistencia a la compresión vs costo por metro cúbico de concreto con adición del 0, 5, 10 y 15 % de diatomita y microsílíce*



*Fuente: Elaboración propia.*

## CONCLUSIONES

1. Se realizó un análisis comparativo utilizando diatomita y microsílíce como aditivos en la elaboración de concreto con resistencias de diseño  $210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $420 \text{ kgf/cm}^2$  en la ciudad de Arequipa y su costo beneficio.
2. Se determinó las propiedades físicas de los agregados a intervenir y de la diatomita.
3. Se realizó 56 diseños de mezcla de concreto empleando los métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados para las siguientes resistencias:  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $420 \text{ kgf/cm}^2$ .
4. Se determinaron las propiedades físicas del concreto en estado fresco y la resistencia a la compresión utilizando diatomita y microsílíce como aditivos al concreto en porcentajes de 5%, 10% y 15%.
5. El método de diseño de mezclas más adecuado es el método Módulo de Fineza de la Combinación de agregados, porque logra mejores resultados a la resistencia a la compresión, trabajabilidad y menor costo.
6. La utilización de cemento Wari tipo I aumenta la resistencia a la compresión de los distintos diseños y métodos utilizados en la presente tesis, respaldado por otras investigaciones mencionadas en estado del arte.
7. Se realizaron los siguientes ensayos aplicados al concreto en estado fresco: asentamiento del concreto (slump), peso unitario y temperatura.
  - A medida que la cantidad de adición de diatomita aumenta se presentan problemas de trabajabilidad, por lo que se tuvo que adicionar aditivo súperplastificante MAPEI Dynamon SP1, respetando la dosificación recomendada por el fabricante de 0.6 a 1.2 litros por cada 100 kg de cemento; sin embargo, pese a implementar la

dosificación máxima recomendada algunos diseños no tenían la fluidez óptima, de modo que, también se añadió agua, lo que ocasiona una modificación en la relación agua cemento y, por ende, en la resistencia a la compresión, puesto que son inversamente proporcionales.

- El slump resultante está dentro de los parámetros seleccionados en el diseño de mezclas, que es de 3 a 4 pulgadas.
- El peso unitario del concreto en estado fresco decrece mediante la adición de la diatomita aumenta, indicando así que a mayor porcentaje de adición de diatomita se obtiene un concreto más ligero.
- La temperatura tiene una tendencia de crecimiento conforme la resistencia a la compresión es mayor y se incrementa el porcentaje de adición de diatomita y microsílíce, estando en un rango entre 17.9 y 22.3 °C, lo que indica que la temperatura se encuentra dentro de los límites recomendados y aceptables para evitar fisuras.

8. Se evaluó la resistencia a la compresión, obteniendo los siguientes análisis:

- La utilización de cemento Wari tipo I aumenta la resistencia a la compresión de los distintos diseños y métodos utilizados en la presente tesis, respaldado por otras investigaciones mencionadas en estado del arte.
- Para los concretos con una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  se alcanzan los incrementos más altos en la resistencia a la compresión, siendo estos 85.06% y 88.73% para los métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados respectivamente, esto debido a la utilización del cemento Wari tipo I.

- A mayor porcentaje de adición de diatomita menor es el incremento de la resistencia a la compresión o en su defecto la disminuye.
  - En los concretos elaborados con diatomita, la adición óptima es de 5% para los diseños 210 kgf/cm<sup>2</sup>, dado que se obtiene 12.91% y 13.80% de incremento a la resistencia a la compresión para los métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados respectivamente.
  - Los concretos con resistencia  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 420 \text{ kgf/cm}^2$  obtienen resultados negativos, porque presentan problemas de trabajabilidad, es por eso que se tuvo que añadir súper-plastificante y agua en distintas cantidades hasta obtener el asentamiento deseado.
  - En todos los diseños se obtiene que a mayor porcentaje de adición de microsílíce mayor es el incremento de la resistencia a la compresión.
  - En los concretos con diseño 210 kgf/cm<sup>2</sup> y 15% de adición de microsílíce se obtienen los mejores valores de incremento de la resistencia a la compresión, siendo 55.42 y 60.27% para los métodos ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados respectivamente.
9. Se realizó un análisis y comparación de costo beneficios entre el concreto convencional y un concreto con adición de diatomita y microsílíce, logrando el siguiente análisis:
- Pese a que el comportamiento de la resistencia a la compresión en el tiempo del concreto con adición de microsílíce es mejor que con adición de diatomita, el primero en mención tiene un costo considerablemente alto.

- Para los concretos con adición de diatomita, el que tiene mayor beneficio y menor costo es el concreto diseñado para una resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y 5% de adición de diatomita.
- El concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y 5% de adición de diatomita del método Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, logra incrementar su resistencia en 13.80% comparado con un concreto convencional, y su costo se incrementa 14.81% comparado con el mismo.
- El concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y 5% de adición de diatomita del método ACI 211, logra incrementar su resistencia en 12.91% comparado con un concreto convencional, y su costo se incrementa 14.83% comparado con el mismo.
- Para los concretos con adición de microsílíce, el que tiene mayor beneficio y menor costo es el concreto diseñado para una resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y con 5% de adición de microsílíce.
- El concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y 5% de adición de microsílíce del método Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, logra incrementar su resistencia en 20.90% comparado con un concreto convencional, y su costo se incrementa 62.40% comparado con el mismo.
- El concreto con resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y 5% de adición de microsílíce del método ACI 211, logra incrementar su resistencia en 19.84% comparado con un concreto convencional, y su costo se incrementa 62.29% comparado con el mismo.
- Los concretos con adición de 5% de microsílíce, elaborados con un diseño 210  $\text{kgf/cm}^2$  son más costosos respecto al concreto con 5% de adición de diatomita en 39.17% y 39.16% y un incremento porcentual de resistencia a la compresión de

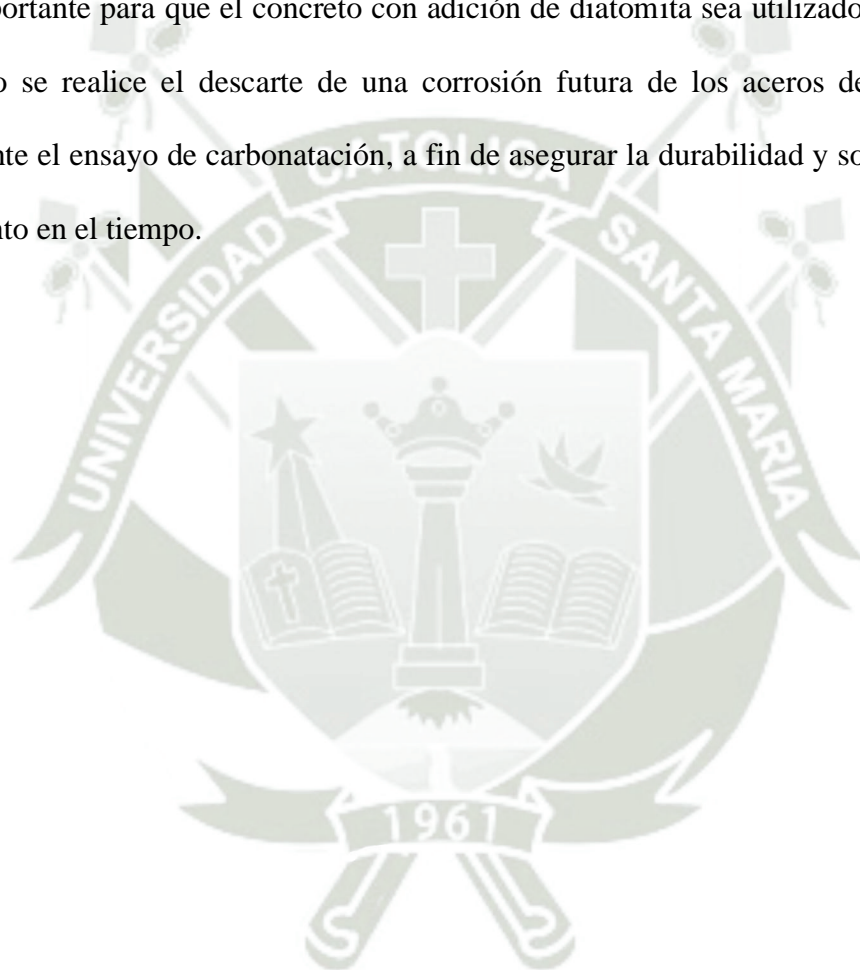
6.14% y 6.24% con el método ACI 211 y Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados respectivamente.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis químico de la diatomita a fin de confirmar el porcentaje de sílice que esta posee.
- Es recomendable que la diatomita pase por un proceso de molienda, con el objetivo de que pueda alcanzar la finura del cemento y permita mejorar las propiedades mecánicas del concreto
- Para que el proceso de mezclado de concreto sea óptimo, se recomienda incorporar la diatomita junto con el cemento a la mezcladora de concreto.
- Se recomienda el uso de otros tipos de aditivo, los cuales permitan mejorar la trabajabilidad del concreto.
- Es recomendable utilizar equipos que cuenten certificado de calibración para asegurarse de que los resultados obtenidos se validen correctamente.
- Utilizar equipo de protección personal, sobre todo lentes de seguridad y respirador para partículas.
- Si el concreto con adición de diatomita o microsílíce requiere ser transportado para ser utilizado en algún proyecto, se recomienda ensayar la mantención de la trabajabilidad (slump) en el tiempo, a fin de conocer el tiempo que posee el concreto para ser correctamente trabajable.
- El concreto adicionado con microsílíce y en especial con diatomita, presentan problemas de trabajabilidad, es por ello que no se recomienda este tipo de adiciones en la utilización de concreto premezclado con equipo de bombeo, ya que para este concreto en específico se requiere de un asentamiento elevado. Se sugiere que la elaboración del concreto con adición de diatomita y microsílíce sea en obra.

- Si se requiere utilizar el concreto adicionado con diatomita en climas y ambiente de humedad constante, se recomienda realizar el descarte de álcali-sílice para prevenir la probabilidad de que las sílices del aditivo reaccionen a los álcalis del cemento (RAS). Así mismo, se recomienda la realización de una combinación de ensayos de un grado de confiabilidad alto y asesorarse con especialistas del tema.
- Es importante para que el concreto con adición de diatomita sea utilizado como concreto armado se realice el descarte de una corrosión futura de los aceros de refuerzo, esto mediante el ensayo de carbonatación, a fin de asegurar la durabilidad y sostenimiento del elemento en el tiempo.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Giraldo, O. (2004). *Diseño de Mezclas de Hormigón*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. (2010). *Agregados-Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo requerido de las pruebas*. México, DF.

Leandro, J. L. (2010). *Evaluación del uso de la diatomita como adición mineral en el concreto de alta resistencia* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú

M.MMP.2.02.019. (2020). Método de muestreo y prueba de materiales. Materiales para estructuras. SCT.

Macedo, A. R. S., Silva, A.S., da Luz, D. S., Ferreira, R. L. S., Lourenço, C. S., Gomes, U. U. (2019). *Estudo de efeito da diatomita nas propriedades físico-mecânicas do concreto*. (Cerâmica) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, Brazil.

Norma Técnica Peruana NTP 334.009. (2005). *CEMENTOS. Cementos Pórtland. Requisitos*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 334.082. (2008). *CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 334.090. (2013). *CEMENTOS. Cementos hidráulicos adicionados. Requisitos*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 339.035. (2009). *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 339.046. (2008). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 339.047. (2014). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 339.088. (2014, revisada el 2019). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Pórtland. Requisitos*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 339.184. (2013). *CONCRETO. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado. Método de ensayo*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 350.001. (1970, revisada el 2017). *TAMICES DE ENSAYO. Requisitos*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 400.010. (2011, revisada el 2016). *AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 400.011. (2008). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 400.012. (2013, revisada el 2018). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 400.017. (2011). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú.

Norma Técnica Peruana NTP 400.019. (2014). *AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo*. Lima, Perú.

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

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

Norma Técnica Peruana NTP 400.037. (2014). *AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. Lima, Perú.

Pasquel, E. (1992). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Capítulo de Ingeniería Civil. Lima, Perú.

Ramirez, J. (2019). *Diatomitas en el Perú, Características y aplicaciones*. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos. Perú.

Rivva, E. (2007). *Diseño de Mezclas*. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú.

Rodrigo, E. E., Torres, L. M. (2019). *Estudio experimental del empleo de la diatomita proveniente de Ayacucho como aditivo para concretos de resistencias  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup> y 280 kgf/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Arequipa* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.

Sanchez, C. (2008). *Estudio experimental del empleo de diatomita en la producción de concreto de alto desempeño* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.

## ANEXOS

### A. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL MÉTODO ACI 211

#### A.1. Diseño sin adición de aditivos.

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> sin adición de aditivos

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.6970</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.3030	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	743.90	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		

Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	743.90	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino:	816.50	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso:	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino:	54.20	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso:	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados:	51.59	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	141.41	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	816.50	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup> sin adición de aditivos.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 280 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	364	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	kg/m <sup>3</sup>
	9.745	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7188</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2812	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	690.32	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	690.32	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino:	757.69	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso:	1047.32	kg/m <sup>3</sup>

Aporte de agua del agregado fino:	50.30	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso:	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados:	47.68	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	145.32	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	757.69	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  sin adición de aditivos.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math></b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7421</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2579	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	633.08	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	633.08	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino:	694.87	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso:	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino:	46.13	l/m3
Aporte de agua del agregado grueso:	-2.61	l/m3
Aporte de agua de los agregados:	43.51	l/m3
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m3
Agua	149.49	l/m3
Agregado Fino	694.87	kg/m3
Agregado Grueso	1047.32	kg/m3



- Diseño para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup> sin adición de aditivos.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 420 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7839</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2161	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	530.50	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	530.50	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino:	582.27	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso:	1047.32	kg/m <sup>3</sup>

Aporte de agua del agregado fino:	38.65	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso:	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados:	36.04	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	156.96	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	582.27	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>



**A.2. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 5% de diatomita.**

- Diseño para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> con el 5% de adición de diatomita.

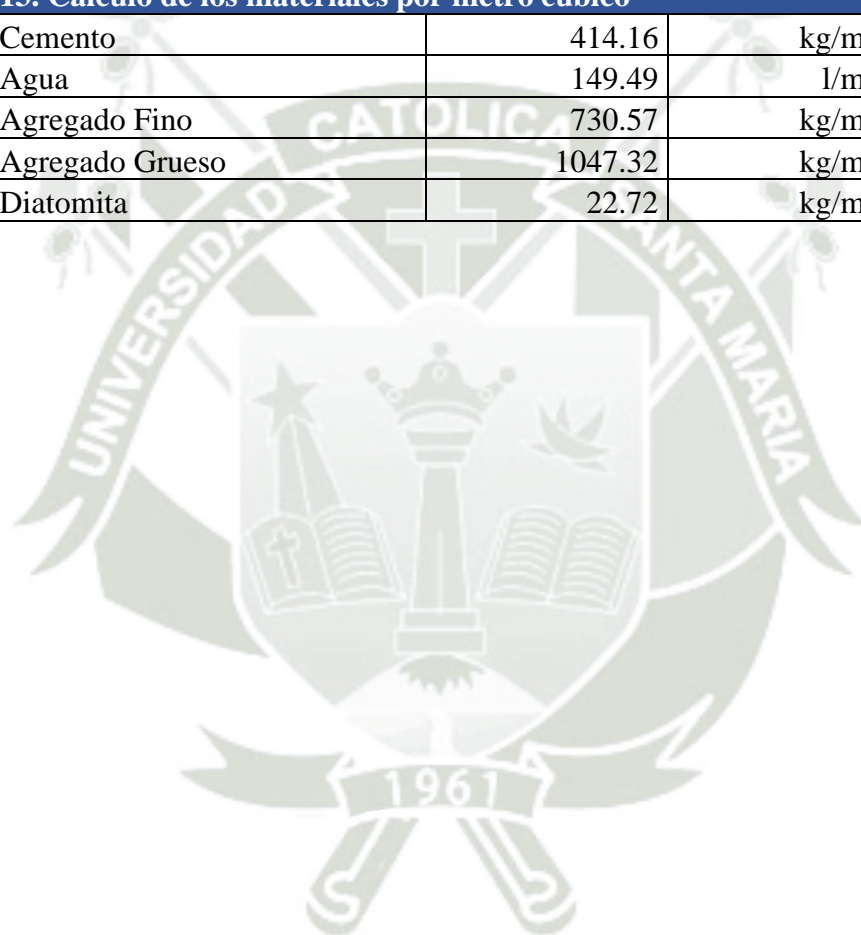
<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 5% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Diatomita	0.0084	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7054</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2946	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	723.28	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	723.28	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	17.28	kg/m <sup>3</sup>

<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	793.87	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	18.96	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	52.70	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-1.98	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	48.11	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	144.90	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	793.87	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	18.96	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 5% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Diatomita	0.0101	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7289</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2711	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	665.62	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	665.62	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
Diatomita	20.71	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	730.57	$\text{kg/m}^3$

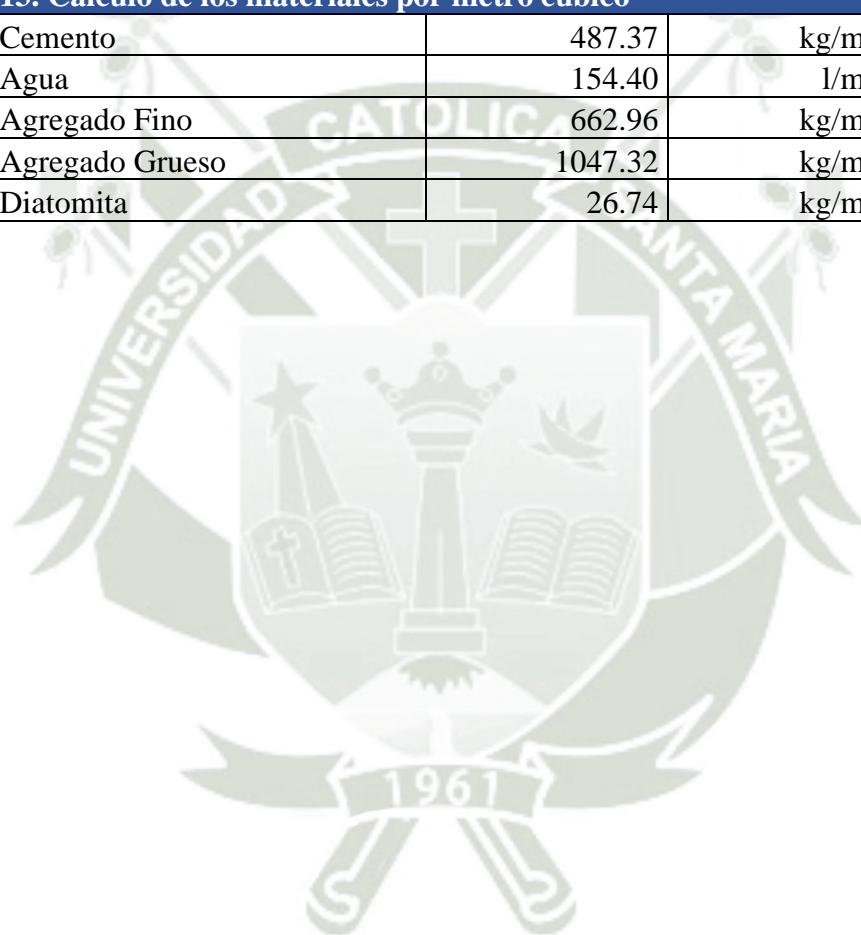
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	22.72	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	48.50	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-2.38	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	43.51	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	149.49	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	730.57	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	22.72	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup> con el 5% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 350 kg/cm<sup>2</sup> + 5% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	434	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	kg/m <sup>3</sup>
	11.468	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Diatomita	0.0118	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7539</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2461	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	604.01	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	604.01	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	24.37	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	662.96	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	26.74	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	44.01	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-2.80	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	38.60	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	154.40	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	662.96	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	26.74	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 5% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	518	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	$\text{kg/m}^3$
	14.555	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Diatomita	0.0150	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7989</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2011	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	493.60	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	493.60	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
Diatomita	30.93	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	541.77	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	33.94	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	35.96	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-3.55	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	29.80	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	163.20	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	541.77	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	33.94	kg/m <sup>3</sup>

### A.3. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 10% de diatomita.

- Diseño para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> con el 10% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 10% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Diatomita	0.0168	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7138</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2862	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	702.67	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	702.67	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	34.56	kg/m <sup>3</sup>

<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	771.24	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	37.92	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	51.20	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-3.97	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	44.62	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	148.38	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	771.24	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	37.92	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 10% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Diatomita	0.0201	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7389</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2611	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	640.91	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	640.91	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
Diatomita	41.42	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	703.46	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	45.44	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	46.70	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-4.75	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	39.33	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	153.67	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	703.46	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	45.44	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 10% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Diatomita	0.0237	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7658</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2342	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	574.94	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	574.94	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
Diatomita	48.74	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	631.05	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	53.48	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	41.89	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-5.59	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	33.68	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	159.32	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	631.05	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	53.48	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup> con el 10% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 420 kg/cm<sup>2</sup> + 10% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Diatomita	0.0301	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.8140</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.1860	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	456.70	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	456.70	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	61.86	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	501.27	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	67.87	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	169.44	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	501.27	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	67.87	kg/m <sup>3</sup>

#### A.4. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 15% de diatomita.

- Diseño para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 15% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Diatomita	0.0252	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7222</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2778	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	682.05	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	682.05	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	51.84	kg/m <sup>3</sup>

<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	748.61	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	56.89	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	49.69	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-5.95	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	41.13	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	151.87	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	748.61	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	56.89	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 15% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Diatomita	0.0302	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7490</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2510	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	616.21	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	616.21	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
Diatomita	62.12	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	676.35	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	68.16	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	44.90	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-7.13	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	35.15	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	157.85	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	676.35	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	68.16	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 15% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Diatomita	0.0355	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7776</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2224	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	545.87	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	545.87	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
Diatomita	73.11	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	599.15	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	80.21	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	39.77	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-8.39	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	28.77	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	164.23	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	599.15	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	80.21	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de 420 kgf/cm<sup>2</sup> con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 420 kg/cm<sup>2</sup> + 15% DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Diatomita	0.0451	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.8290</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.1710	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	419.81	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	419.81	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	92.79	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	460.78	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	101.81	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	30.59	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-10.65	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	17.32	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	175.68	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	460.78	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	101.81	kg/m <sup>3</sup>

### A.5. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 5% de microsílíce.

- Diseño para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> con el 5% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 5% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.6970</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.3030	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	743.90	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	743.90	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	816.50	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	54.20	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	51.59	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	141.41	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	816.50	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	17.28	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de microsilíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 5% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7188</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2812	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	690.32	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	690.32	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	757.69	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	50.30	l/m3
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m3
Aporte de agua de los agregados	47.68	l/m3
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m3
Agua	145.32	l/m3
Agregado Fino	757.69	kg/m3
Agregado Grueso	1047.32	kg/m3
Microsílice	20.71	kg/m3



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de microsilíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 5% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7421</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2579	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	633.08	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	633.08	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	694.87	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	46.13	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	43.51	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	149.49	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	694.87	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	24.37	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de microsilíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 5% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	518	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	$\text{kg/m}^3$
	14.555	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7839</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2161	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	530.50	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	530.50	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	582.27	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	38.65	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	63.04	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	156.96	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	582.27	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	30.93	kg/m <sup>3</sup>



### A.6. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 10% de microsílíce.

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 10% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.6970</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.3030	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	743.90	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	530.50	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	816.50	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	54.20	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	51.59	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	141.41	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	816.50	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	34.56	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 10% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7188</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2812	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	690.32	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	530.50	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	757.69	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	50.30	l/m3
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m3
Aporte de agua de los agregados	47.68	l/m3
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m3
Agua	145.32	l/m3
Agregado Fino	757.69	kg/m3
Agregado Grueso	1047.32	kg/m3
Microsílice	41.42	kg/m3



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 10% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7421</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2579	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	633.08	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	633.08	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	694.87	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	46.13	l/m3
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m3
Aporte de agua de los agregados	43.51	l/m3
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m3
Agua	149.49	l/m3
Agregado Fino	694.87	kg/m3
Agregado Grueso	1047.32	kg/m3
Microsílice	48.74	kg/m3



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 10% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	518	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	$\text{kg/m}^3$
	14.555	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7839</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2161	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	530.50	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	530.50	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	582.27	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	38.65	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	36.04	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	156.96	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	582.27	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	61.86	kg/m <sup>3</sup>



### A.7. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 15% de microsílíce.

- Diseño para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 15% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.6970</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.3030	m <sup>3</sup>
Peso del agregado fino seco	743.90	kg/m <sup>3</sup>
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	743.90	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1045.40	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	816.50	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	54.20	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	51.59	l/m <sup>3</sup>
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	141.41	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	816.50	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1047.32	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	51.84	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 15% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7188</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2812	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	690.32	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	690.32	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	757.69	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	50.30	l/m3
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m3
Aporte de agua de los agregados	47.68	l/m3
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m3
Agua	145.32	l/m3
Agregado Fino	757.69	kg/m3
Agregado Grueso	1047.32	kg/m3
Microsílice	62.12	kg/m3



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 15% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7421</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2579	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	633.08	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	690.32	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	694.87	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	46.13	l/m3
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m3
Aporte de agua de los agregados	43.51	l/m3
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m3
Agua	149.49	l/m3
Agregado Fino	694.87	kg/m3
Agregado Grueso	1047.32	kg/m3
Microsílice	73.11	kg/m3



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 15% MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO ACI 211</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	518	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	$\text{kg/m}^3$
	14.555	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Contenido de agregado grueso</b>		
Volumen de agregado grueso seco	0.6688	
Peso seco compactado	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>9. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Agregado Fino	0.0150	
Agregado Grueso	0.3789	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.7839</b>	
<b>10. Contenido de agregado fino</b>		
Volumen absoluto de agregado fino	0.2161	$\text{m}^3$
Peso del agregado fino seco	530.50	$\text{kg/m}^3$
<b>11. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino	530.50	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso	1045.40	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	582.27	$\text{kg/m}^3$
Peso húmedo del agregado grueso	1047.32	$\text{kg/m}^3$

Aporte de agua del agregado fino	38.65	l/m3
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m3
Aporte de agua de los agregados	36.04	l/m3
<b>13. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m3
Agua	156.96	l/m3
Agregado Fino	582.27	kg/m3
Agregado Grueso	1047.32	kg/m3
Microsílice	92.79	kg/m3



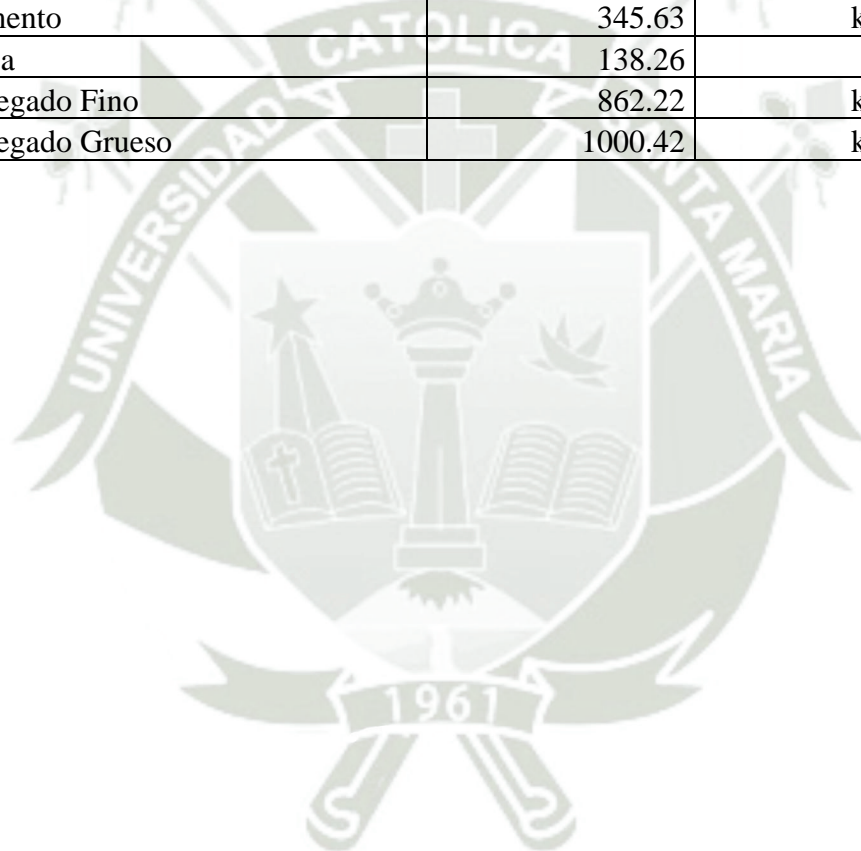
## B. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO POR EL MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

### B.1. Diseño sin adición de aditivos.

- Diseño para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> sin adición de aditivos

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3181</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6819</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.4210	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	46.93	%
<b>11. Pesos aegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.320	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.560	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.362	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	998.580	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		

Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.56	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	998.58	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	57.24	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.50	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	54.74	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	138.26	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> sin adición de aditivos.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 280 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	364	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	kg/m <sup>3</sup>
	9.745	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3399</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6601</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.5500	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	44.30	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.292	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	717.890	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.368	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1014.420	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	717.89	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1014.42	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		

Peso húmedo del agregado fino	787.94	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	143.23	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	787.94	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup> sin adición de aditivos.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 350 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	434	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	kg/m <sup>3</sup>
	11.468	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1512	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3632</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6368</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.6870	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	41.50	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.264	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	648.700	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.373	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1027.850	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	648.70	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1027.85	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	712.00	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	47.26	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.57	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	44.69	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	148.31	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	712.00	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de 420 kg/cm<sup>2</sup> sin adición de aditivos.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 420 kg/cm<sup>2</sup></b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.4050</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.5950</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.9340	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	36.47	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2170	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.730	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3780	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1042.900	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.73	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1042.90	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	38.81	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	36.21	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	156.79	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>



**B.2. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 5% de diatomita.**

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con el 5% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 5 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Diatomita	0.0084	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
	<b>Sumatoria</b>	<b>0.3265</b>
	<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6735</b> m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.4210	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	46.93	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.3161	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	775.890	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3575	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	986.280	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	775.89	kg/m <sup>3</sup>

Agregado Grueso Seco	986.28	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	17.28	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	854.60	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	988.10	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	18.96	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	56.53	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.47	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-1.98	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	54.07	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	138.93	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	851.60	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	988.10	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	18.96	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kgf/cm}^2$  con el 5% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2 + 5 \% \text{ DIATOMITA}</math></b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Diatomita	0.0101	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3500</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6500</b>	$\text{m}^3$
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.5500	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	44.30	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2880	$\text{m}^3$
Agregado Fino Seco	706.940	$\text{kg/m}^3$
Volumen Agregado Grueso	0.3621	$\text{m}^3$
Volumen Agregado Grueso	998.960	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino Seco	706.94	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso Seco	998.96	$\text{kg/m}^3$

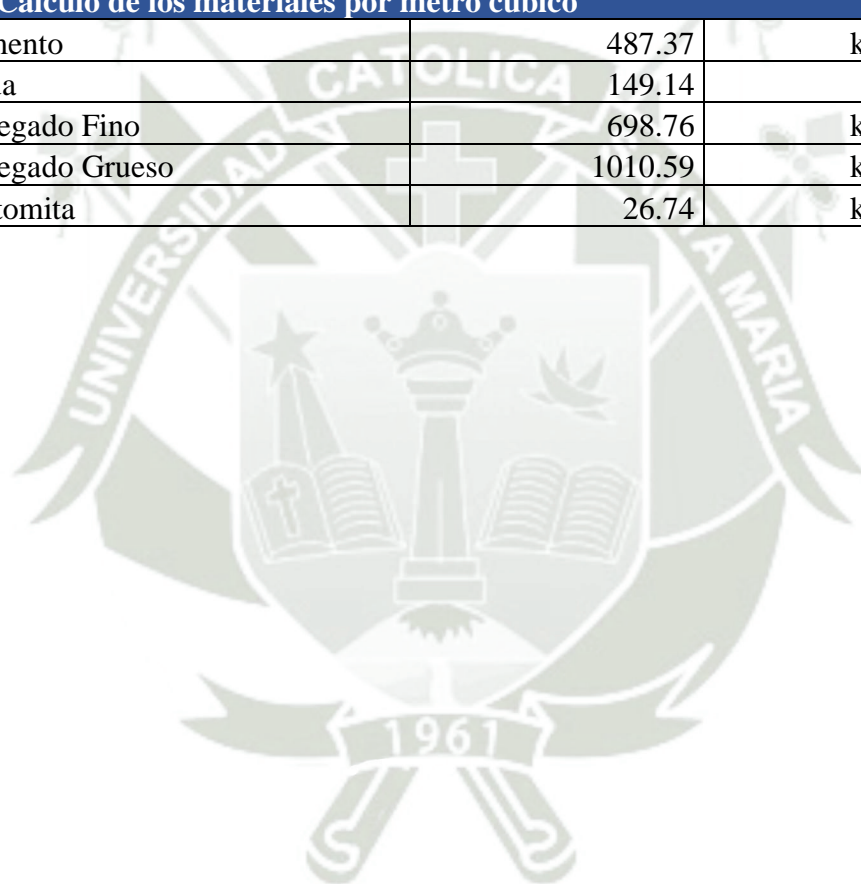
Diatomita	20.71	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	775.93	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1000.79	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	22.72	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	51.51	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.50	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-2.38	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	49.01	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	143.99	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	775.93	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1000.79	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	22.72	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kgf/cm}^2$  con el 5% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2 + 5 \% \text{ DIATOMITA}</math></b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	434	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	kg/m <sup>3</sup>
	11.468	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Diatomita	0.0118	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3750</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6250</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.6870	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	41.50	%
<b>11. Pesos agregados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2593	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	636.640	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3656	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1008.740	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	636.64	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	10008.74	kg/m <sup>3</sup>

Diatomita	24.37	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	698.76	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1010.59	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	26.74	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	46.39	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.52	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-2.80	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	43.86	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	149.14	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	698.76	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1010.59	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	26.74	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 5 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	518	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	$\text{kg/m}^3$
	14.555	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Diatomita	0.0150	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.4200</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.5800</b>	$\text{m}^3$
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.9340	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	36.47	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2115	$\text{m}^3$
Agregado Fino Seco	519.270	$\text{kg/m}^3$
Volumen Agregado Grueso	0.3684	$\text{m}^3$
Volumen Agregado Grueso	1016.550	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino Seco	519.27	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso Seco	1016.55	$\text{kg/m}^3$

Diatomita	30.93	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	569.94	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1018.42	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	33.94	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	37.83	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.54	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-3.55	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	35.29	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	157.71	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	569.94	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1018.42	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	33.94	kg/m <sup>3</sup>



### B.3. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 10% de diatomita.

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con el 10% de adición de diatomita.

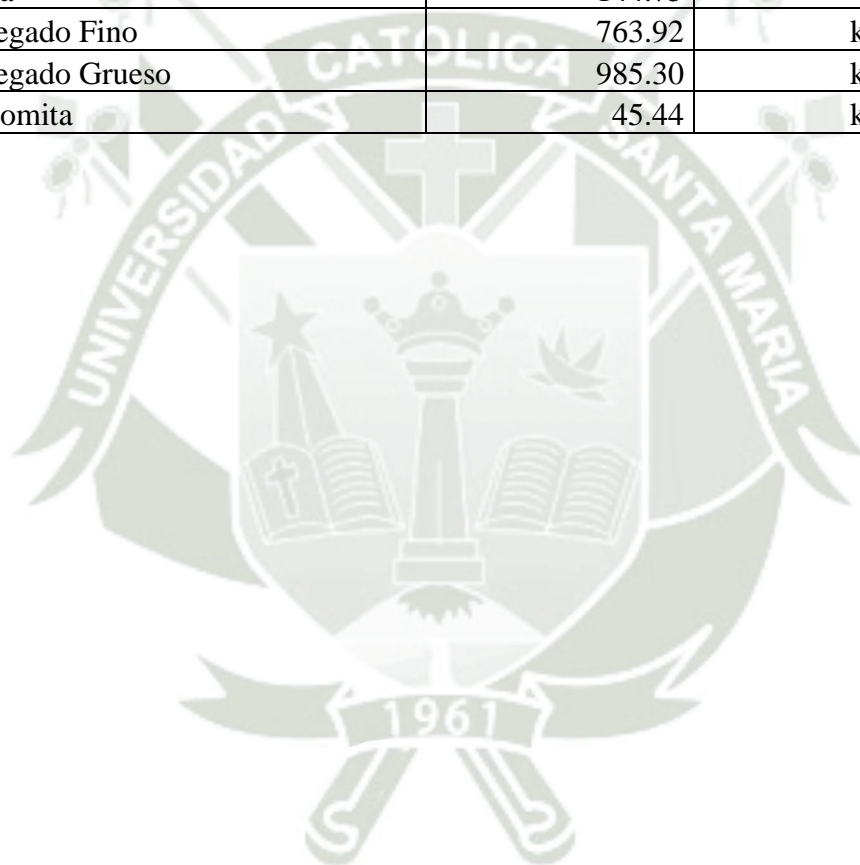
<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 10 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Diatomita	0.0168	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
	<b>Sumatoria</b>	<b>0.3349</b>
	<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6651</b> m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.4210	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	46.93	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.3121	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	766.210	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3530	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	973.980	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	766.21	kg/m <sup>3</sup>

Agregado Grueso Seco	973.98	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	34.56	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	840.99	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	975.78	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	37.92	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	55.83	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.43	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-3.97	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	53.39	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	139.61	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	840.99	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	975.78	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	37.92	kg/m <sup>3</sup>

- Diseño para una resistencia de 280 kgf/cm<sup>2</sup> con el 10% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 280 kg/cm<sup>2</sup> + 10 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	364	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	kg/m <sup>3</sup>
	9.745	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Diatomita	0.0201	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3600</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6400</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.5500	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	44.30	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2835	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	696.000	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3565	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	983.490	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	696.00	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	983.49	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	41.42	kg/m <sup>3</sup>

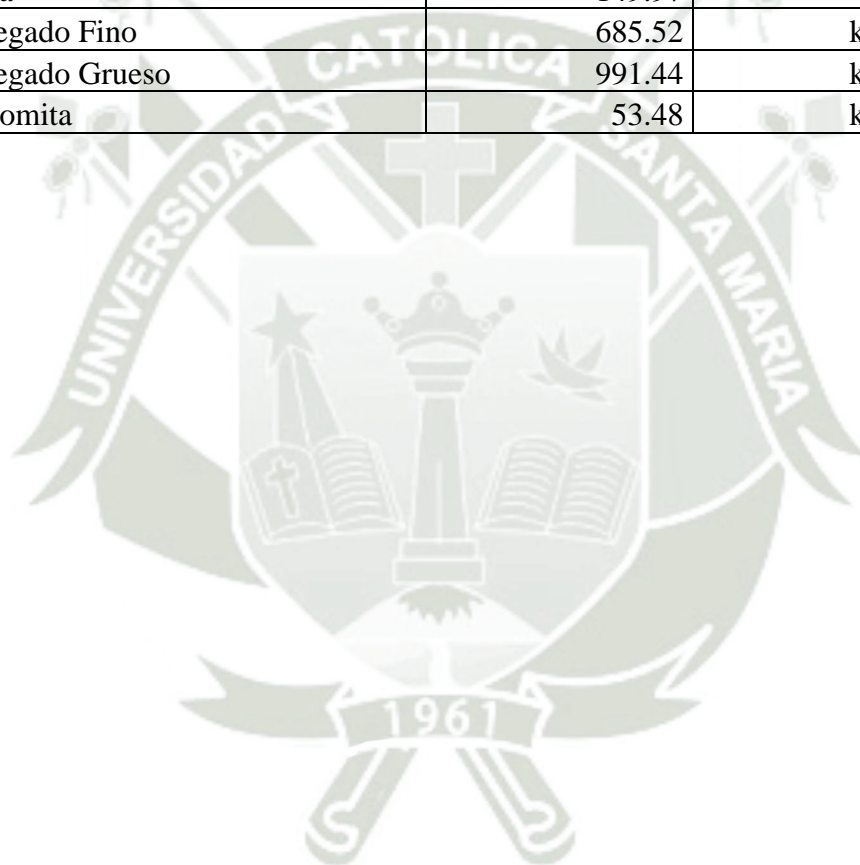
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	763.92	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	985.30	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	45.44	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	50.71	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.46	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-4.75	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	48.25	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	144.75	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	763.92	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	985.30	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	45.44	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup> con el 10% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 350 kg/cm<sup>2</sup> + 10 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	434	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	kg/m <sup>3</sup>
	11.468	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Diatomita	0.0237	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3869</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6131</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.6870	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	41.50	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2544	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	624.570	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3587	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	989.620	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	624.57	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	989.62	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	48.74	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	685.52	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	991.44	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	53.48	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	45.51	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.47	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-5.59	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	43.03	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	149.97	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	685.52	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	991.44	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	53.48	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 10 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Diatomita	0.0301	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.4351</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.5649</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.9340	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	36.47	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2060	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	505.810	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3589	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	990.210	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	505.81	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	990.21	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	61.86	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	555.17	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	992.03	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	67.87	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	36.85	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.48	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-7.10	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	34.38	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	158.62	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	555.17	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	992.03	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	67.87	kg/m <sup>3</sup>

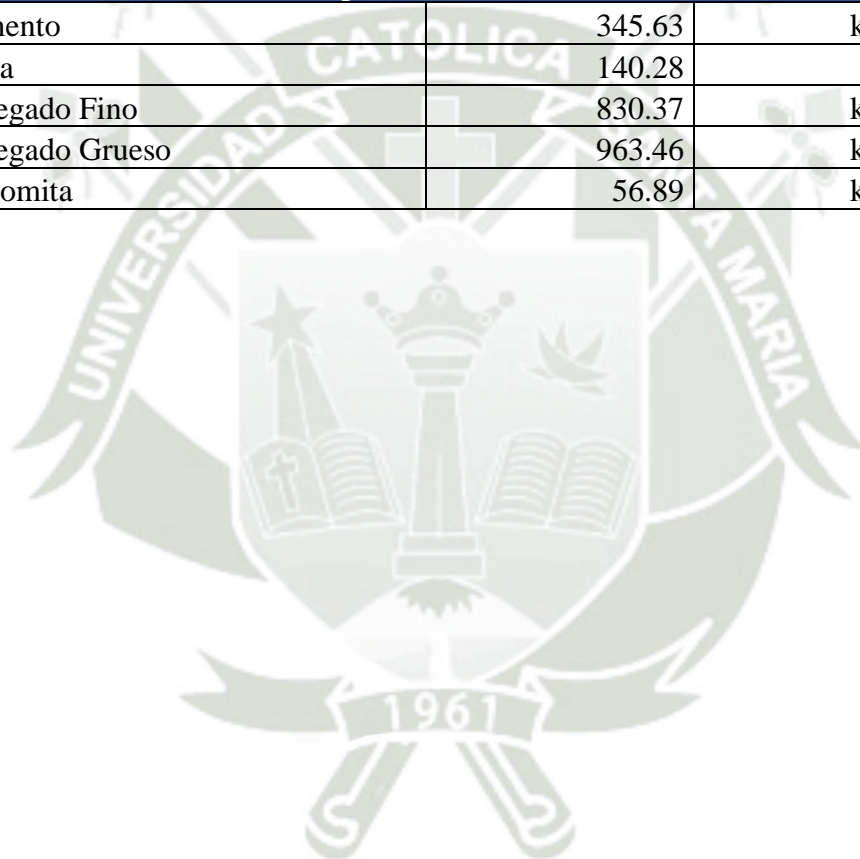


**B.4. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 15% de diatomita.**

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 15 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Diatomita	0.0252	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
	<b>Sumatoria</b>	<b>0.3433</b>
	<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6567</b> m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.4210	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	46.93	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.3082	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	756.540	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3486	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	961.690	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	756.54	kg/m <sup>3</sup>

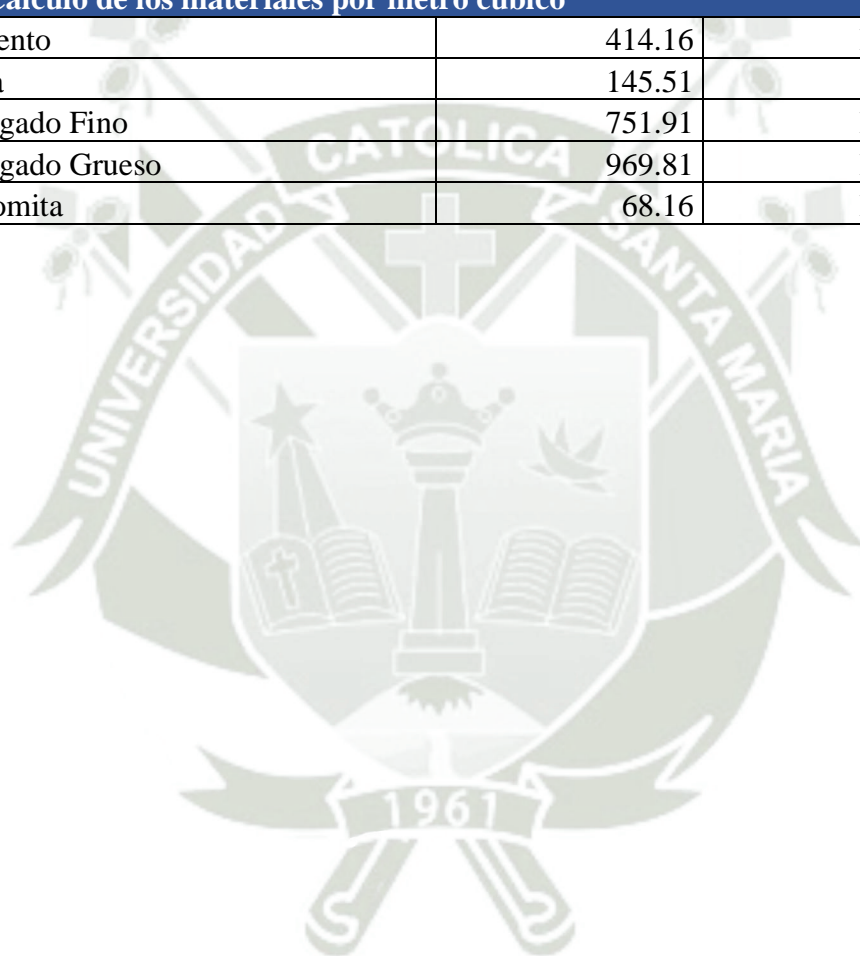
Agregado Grueso Seco	961.69	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	51.84	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	830.37	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	963.46	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	56.89	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	55.12	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.40	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-5.95	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	52.72	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	140.28	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	830.37	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	963.46	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	56.89	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 15 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	364	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	kg/m <sup>3</sup>
	9.745	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Diatomita	0.0302	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3701</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6299</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.5500	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	44.30	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2791	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	685.050	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3509	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	968.030	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	685.05	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	968.03	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	62.12	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	751.91	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	969.81	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	68.16	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	49.91	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.42	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-7.13	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	47.49	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	145.51	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	751.91	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	969.81	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	68.16	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de 350 kgf/cm<sup>2</sup> con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 350 kg/cm<sup>2</sup> + 15 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	434	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	kg/m <sup>3</sup>
	11.468	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Diatomita	0.0355	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3987</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6013</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.6870	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	41.50	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2495	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	612.510	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3518	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	970.510	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	612.51	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	970.51	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	73.11	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	672.28	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	972.30	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	80.21	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	44.63	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.43	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-8.39	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	42.20	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	150.80	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	672.28	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	972.30	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	80.21	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de diatomita.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 15 % DIATOMITA</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Diatomita	0.0451	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.4501</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.5499</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.9340	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	36.47	%
<b>11. Pesos aegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2006	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	492.360	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3493	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	963.860	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	492.36	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	963.86	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	92.79	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	540.40	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	965.64	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo de la diatomita	101.81	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	35.87	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.41	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de la diatomita	-10.65	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	33.46	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	159.54	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	540.40	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	965.64	kg/m <sup>3</sup>
Diatomita	101.81	kg/m <sup>3</sup>

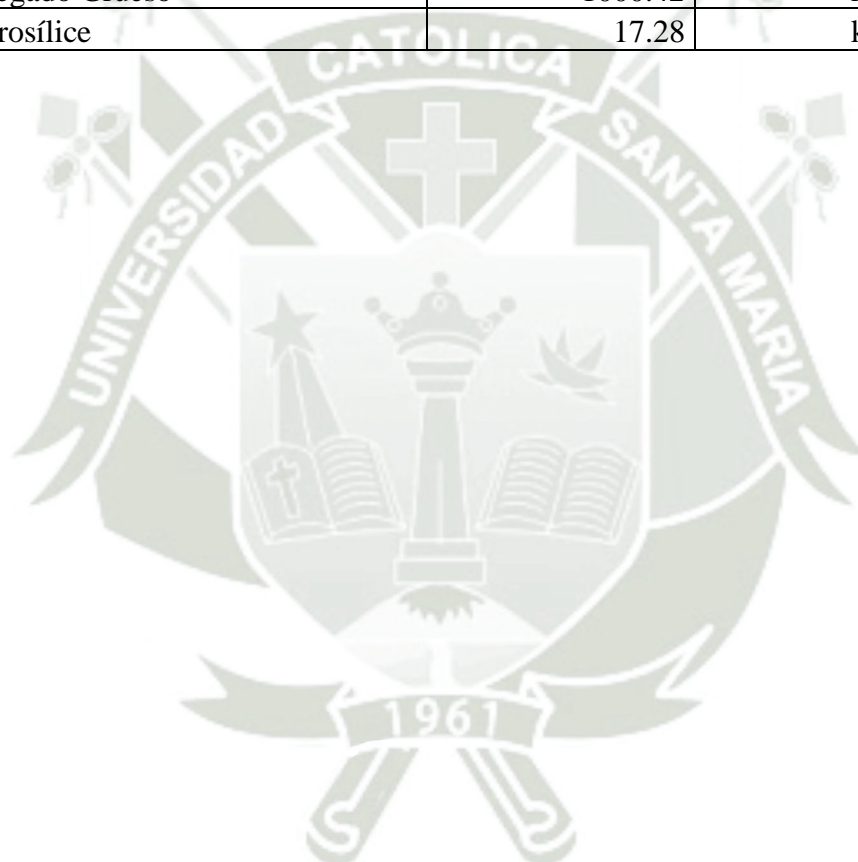


**B.5. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 5% de microsílíce.**

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con el 5% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 5 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3181</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6819</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.4210	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	46.93	%
<b>11. Pesos aegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.3200	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.560	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3619	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	998.580	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.56	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	998.58	kg/m <sup>3</sup>

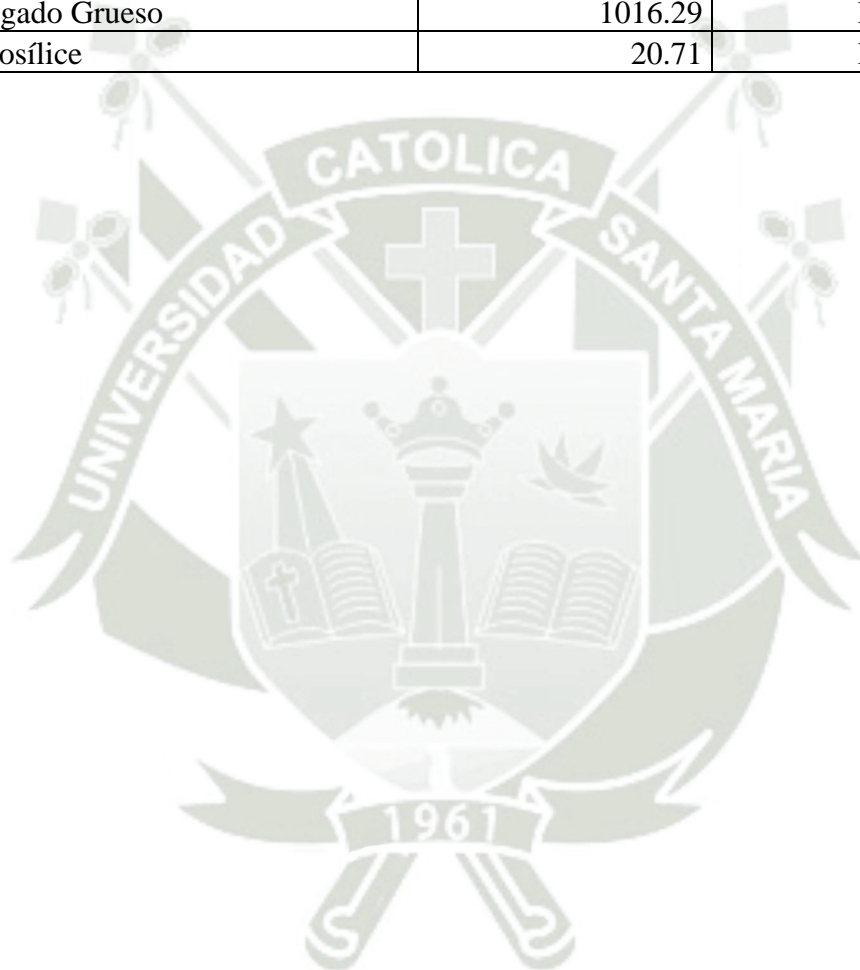
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	57.24	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.50	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	54.74	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	138.26	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	17.28	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 5 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	364	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	kg/m <sup>3</sup>
	9.745	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3399</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6601</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.5500	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	44.30	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2924	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	717.890	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3677	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1014.420	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	717.89	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1014.42	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	787.94	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	52.31	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.54	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	49.77	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	413.23	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	787.94	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	20.71	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de microsilíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 5 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3632</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6368</b>	$\text{m}^3$
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.6870	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	41.50	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2642	$\text{m}^3$
Agregado Fino Seco	648.700	$\text{kg/m}^3$
Volumen Agregado Grueso	0.3725	$\text{m}^3$
Volumen Agregado Grueso	1027.850	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino Seco	648.70	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso Seco	1027.85	$\text{kg/m}^3$
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	712.00	$\text{kg/m}^3$

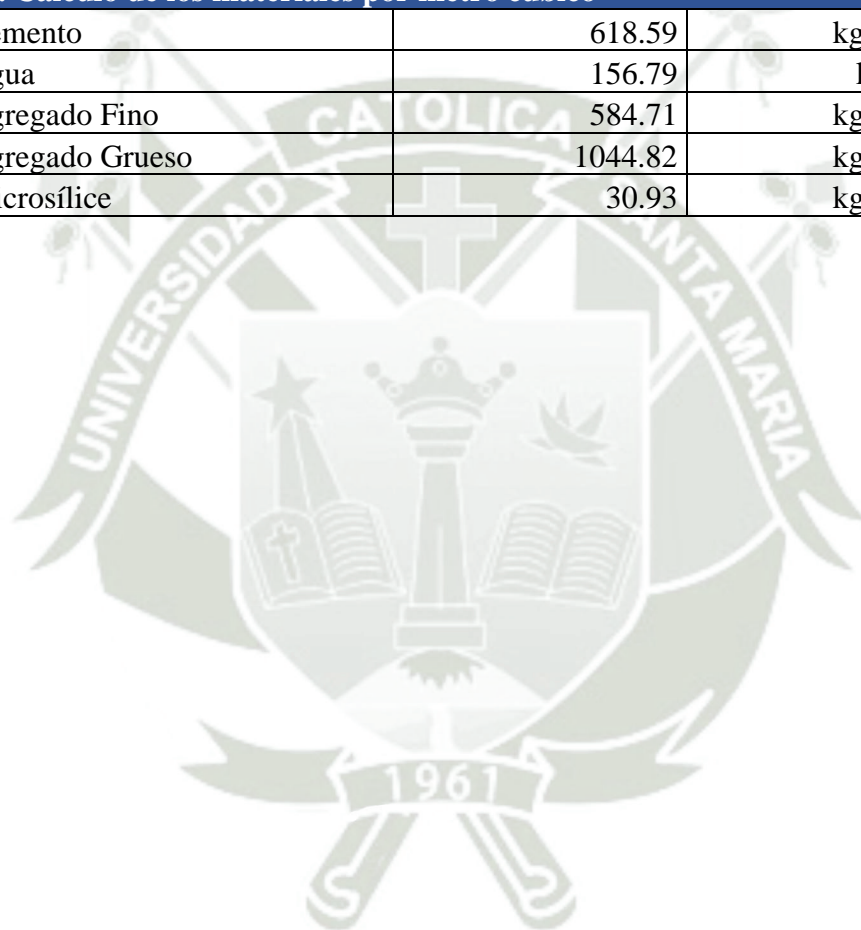
Peso húmedo del agregado grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	47.26	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.57	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	44.69	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	148.31	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	712.00	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	24.37	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 5% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 5 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
f <sub>cr</sub>	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.4050</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.5950</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.9340	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	36.47	%
<b>11. Pesos agregados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2170	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.730	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3780	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1042.900	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.73	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1042.90	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	38.81	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	36.21	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	156.79	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	30.93	kg/m <sup>3</sup>

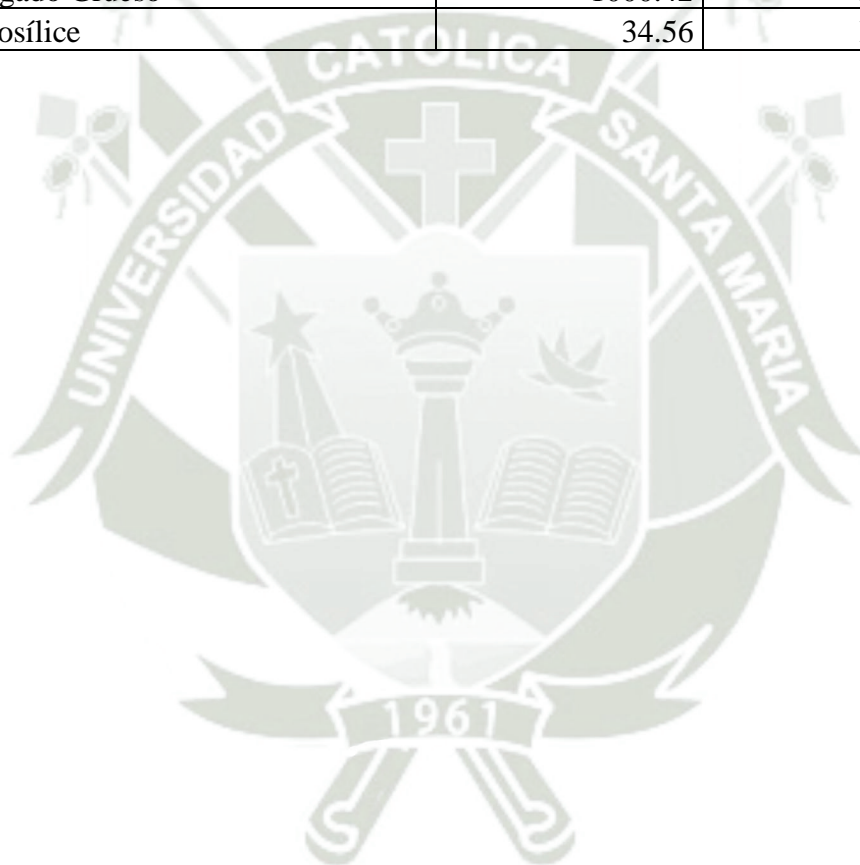


**B.6. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 10% de microsílíce.**

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 10 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
fcr	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3181</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6819</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.4210	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	46.93	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.3200	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.560	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3619	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	998.580	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.56	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	998.58	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	57.24	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.50	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	54.74	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	138.26	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	34.56	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 10 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3399</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6601</b>	$\text{m}^3$
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.5500	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	44.30	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2924	$\text{m}^3$
Agregado Fino Seco	717.890	$\text{kg/m}^3$
Volumen Agregado Grueso	0.3677	$\text{m}^3$
Volumen Agregado Grueso	1014.420	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino Seco	717.89	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso Seco	1014.42	$\text{kg/m}^3$
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	787.94	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	52.31	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.54	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	49.77	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	143.23	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	787.94	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	41.42	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 10 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3632</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6368</b>	$\text{m}^3$
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.6870	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	41.50	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2642	$\text{m}^3$
Agregado Fino Seco	648.700	$\text{kg/m}^3$
Volumen Agregado Grueso	0.3725	$\text{m}^3$
Volumen Agregado Grueso	1027.850	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino Seco	648.70	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso Seco	1027.85	$\text{kg/m}^3$
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	712.00	$\text{kg/m}^3$

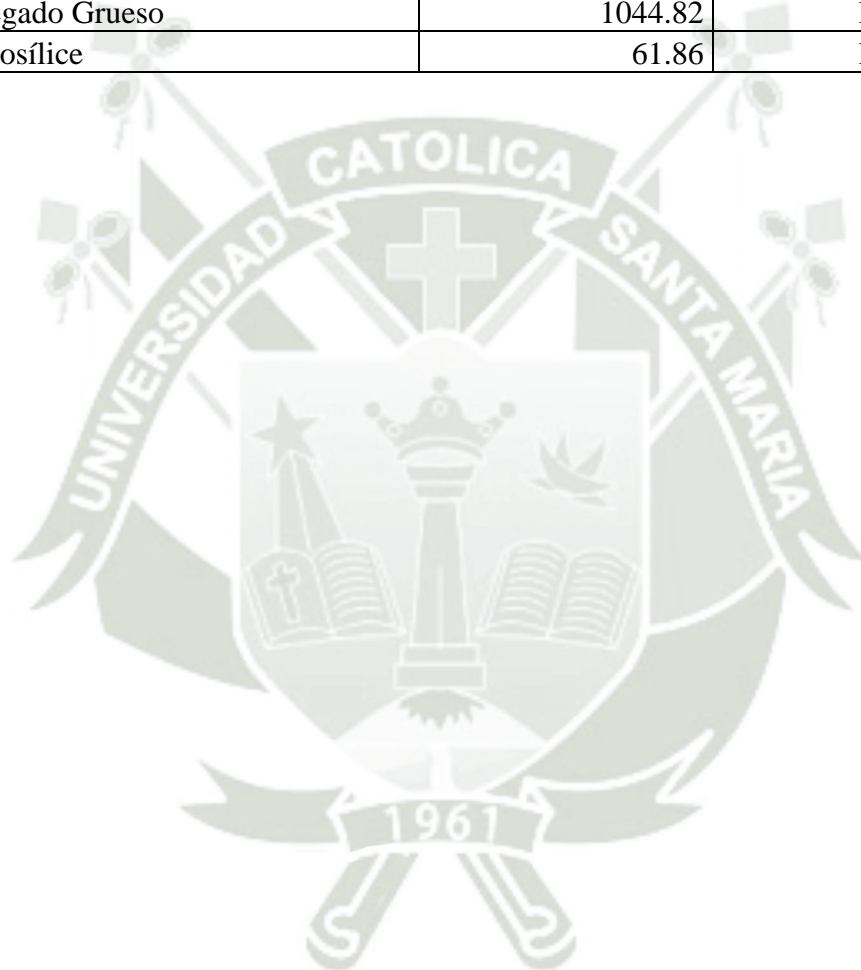
Peso húmedo del agregado grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	47.26	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.57	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	44.69	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	148.31	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	712.00	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	48.74	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 10% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 10 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.4050</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.5950</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.9340	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	36.47	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2170	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.730	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3780	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1042.900	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.73	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1042.90	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	38.81	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	36.21	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	156.79	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	61.86	kg/m <sup>3</sup>

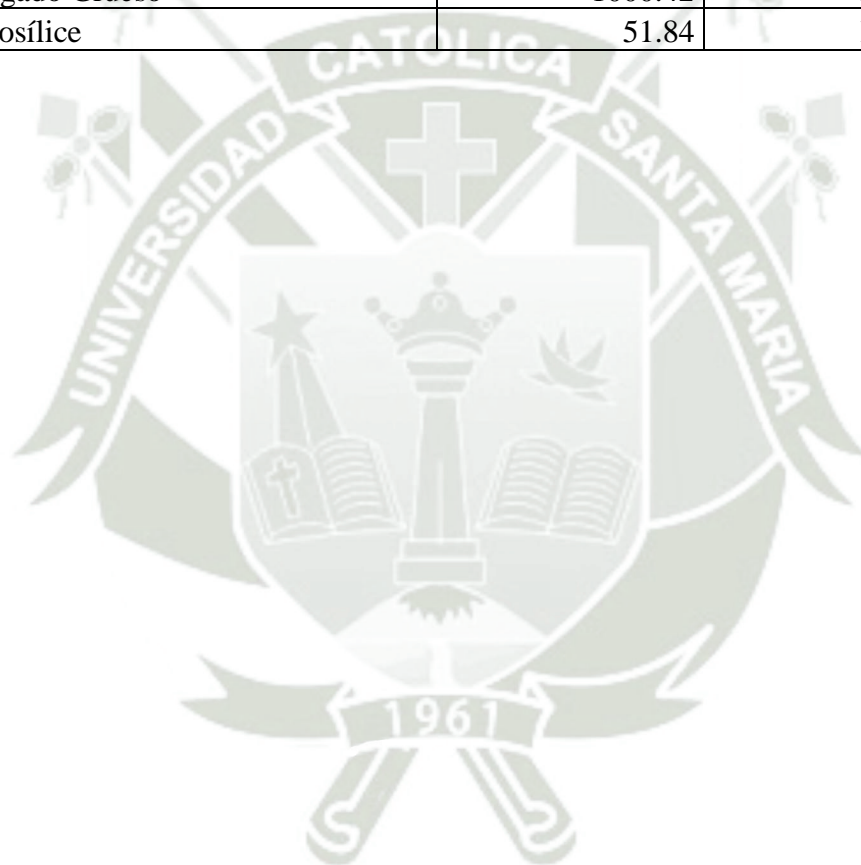


**B.7. Diseño de Mezclas de un concreto con adición de 15% de microsílíce.**

- Diseño para una resistencia de 210 kgf/cm<sup>2</sup> con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - 210 kg/cm<sup>2</sup> + 15 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
fcr	294	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.558	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	345.630	kg/m <sup>3</sup>
	8.132	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1101	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3181</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6819</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.4210	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	46.93	%
<b>11. Pesos aegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.3200	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.560	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3619	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	998.580	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	785.56	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	998.58	kg/m <sup>3</sup>

<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Peso húmedo del agregado grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	57.24	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.50	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	54.74	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	345.63	kg/m <sup>3</sup>
Agua	138.26	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	862.22	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1000.42	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	51.84	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>280 \text{ kg/cm}^2</math> + 15 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f'_{cr}$	364	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.466	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	414.160	$\text{kg/m}^3$
	9.745	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1319	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3399</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6601</b>	$\text{m}^3$
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.5500	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	44.30	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2924	$\text{m}^3$
Agregado Fino Seco	717.890	$\text{kg/m}^3$
Volumen Agregado Grueso	0.3677	$\text{m}^3$
Volumen Agregado Grueso	1014.420	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	414.16	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino Seco	717.89	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso Seco	1014.42	$\text{kg/m}^3$
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	787.94	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	51.31	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.54	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	49.77	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	414.16	kg/m <sup>3</sup>
Agua	143.23	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	787.94	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1016.29	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	62.12	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>350 \text{ kg/cm}^2</math> + 15 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
$f_{cr}$	434	$\text{kg/cm}^2$
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	$\text{l/m}^3$
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.396	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	487.370	$\text{kg/m}^3$
	11.468	$\text{bls/m}^3$
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1552	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.3632</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.6368</b>	$\text{m}^3$
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.6870	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	41.50	%
<b>11. Pesos apegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2642	$\text{m}^3$
Agregado Fino Seco	648.700	$\text{kg/m}^3$
Volumen Agregado Grueso	0.3725	$\text{m}^3$
Volumen Agregado Grueso	1027.850	$\text{kg/m}^3$
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	487.37	$\text{kg/m}^3$
Agua	193.00	$\text{l/m}^3$
Agregado Fino Seco	648.70	$\text{kg/m}^3$
Agregado Grueso Seco	1027.85	$\text{kg/m}^3$
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	712.00	$\text{kg/m}^3$

Peso húmedo del agregado grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	47.26	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.57	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	44.69	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	487.37	kg/m <sup>3</sup>
Agua	148.31	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	712.00	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1029.74	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	73.11	kg/m <sup>3</sup>



- Diseño para una resistencia de  $420 \text{ kg/cm}^2$  con el 15% de adición de microsílíce.

<b>DISEÑO DE MEZCLAS - <math>420 \text{ kg/cm}^2</math> + 15 % MICROSILICE</b>		
<b>MÉTODO MÓDULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS</b>		
<b>1. Determinación de la resistencia promedio</b>		
fcr	518	kg/cm <sup>2</sup>
<b>2. Selección de tamaño máximo nominal</b>		
TMN	1	plg
<b>3. Selección de asentamiento</b>		
Slump	4	plg
<b>4. Volumen unitario de agua</b>		
a	193	l/m <sup>3</sup>
<b>5. Contenido de aire</b>		
Aire	1.5	%
<b>6. Relación agua cemento</b>		
a/c	0.312	
<b>7. Factor cemento</b>		
Factor Cemento (F)	618.590	kg/m <sup>3</sup>
	14.555	bls/m <sup>3</sup>
<b>8. Cálculo de volúmenes absolutos</b>		
Cemento	0.1970	
Agua	0.1930	
Aire	0.0150	
<b>Sumatoria</b>	<b>0.4050</b>	
<b>Volumen absoluto de agregados</b>	<b>0.5950</b>	m <sup>3</sup>
<b>9. Módulo de fineza de la combinación de agregados</b>		
Módulo de Fineza de los Agregados	5.9340	
<b>10. Porcentaje de agregado fino</b>		
% Agregado Fino	36.47	%
<b>11. Pesos aegados en estado seco</b>		
Volumen Agregado Fino	0.2170	m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.730	kg/m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	0.3780	m <sup>3</sup>
Volumen Agregado Grueso	1042.900	kg/m <sup>3</sup>
<b>12. Valores de diseño en estado seco</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Seco	532.73	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Seco	1042.90	kg/m <sup>3</sup>
<b>13. Corrección por humedad</b>		
Peso húmedo del agregado fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>

Peso húmedo del agregado grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado fino	38.81	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua del agregado grueso	-2.61	l/m <sup>3</sup>
Aporte de agua de los agregados	36.21	l/m <sup>3</sup>
<b>14. Cálculo de los materiales por metro cúbico</b>		
Cemento	618.59	kg/m <sup>3</sup>
Agua	156.79	l/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	584.71	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1044.82	kg/m <sup>3</sup>
Microsílice	92.79	kg/m <sup>3</sup>



ANEXO 1.



Universidad Católica  
de Santa María

AREQUIPA-PERÚ

(51 54) 382038 <http://www.ucsm.edu.pe> [facebook.com/ucsm.edu.pe/](https://www.facebook.com/ucsm.edu.pe/)

## CONSTANCIA

El que suscribe, Mgter. Ing. Rubén Gamarra Tuco, Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

**HACE CONSTAR**

Que el (los) Señor(es) Bachiller(es) en Ingeniería Civil:

**MANUEL GONZALO LUQUE DELGADO** (COD - 2012800592)

Ha realizado los ensayos en el Laboratorio de Suelos y Concreto durante el periodo comprendido del 22/11/2018 al 28/02/2019, correspondientes a su trabajo de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con la tesis denominada:

**"EVALUACION Y COMPARACION DEL USO DE LA DIATOMITA Y MICROSILICE COMO ADITIVO EN LA ELABORACION DE CONCRETO CON RESISTENCIAS A LA COMPRESION DE 210kg/cm<sup>2</sup>, 280kg/cm<sup>2</sup>, 350 kg/cm<sup>2</sup> y 420 kg/cm<sup>2</sup> EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"**

Los ensayos efectuados por el señor Bachiller fueron los siguientes:

ENSAVO	CANTIDAD	C.U. al 25%	PARCIAL
<b>AGREGADO FINO (NTP 400.037)</b>			
Contenido De Humedad Agregado Fino	3	S/ 5.00	S/ 15.00
Granulometría Agregado Fino	3	S/ 13.00	S/ 39.00
Peso Especifico Agregado Fino	3	S/ 11.00	S/ 33.00
Peso Unitario Compactado y Suelto Agregado Fino	3	S/ 15.00	S/ 45.00
<b>AGREGADO GRUESO (NTP 400.037)</b>			
Contenido De Humedad Agregado Grueso	3	S/ 5.00	S/ 15.00
Granulometría Agregado Grueso	3	S/ 13.00	S/ 39.00
Peso Especifico Agregado Grueso	3	S/ 11.00	S/ 33.00
Peso Unitario Compactado y Suelto Agregado Grueso	3	S/ 15.00	S/ 45.00
<b>DIATOMITA</b>			
Contenido De Humedad Diatomita	3	S/ 5.00	S/ 15.00
Granulometría Diatomita	3	S/ 13.00	S/ 39.00
Peso Especifico Diatomita	3	S/ 11.00	S/ 33.00
Peso Unitario Compactado y Suelto Diatomita	3	S/ 15.00	S/ 45.00
<b>CONCRETO FRESCO</b>			
Temperatura	56	S/ 1.00	S/ 56.00
Peso Unitario	56	S/ 3.00	S/ 168.00
Slump	56	S/ 13.00	S/ 728.00
<b>CONCRETO ENCURECIDO</b>			
Rotura De Probetas Bajo Compresión	1060	S/ 3.00	S/ 3,240.00
<b>TOTAL RESULTANTE</b>			<b>S/ 4,588.00</b>

El costo considerado dentro del tarifario como DERECHO USO LABORATORIO POR TESIS, según la autorización de la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil se dispone:

USO DE EQUIPOS TESIS OPCION C		TOTAL A PAGAR POR TESIS	COMPROBANTE DE PAGO
TOTAL RESULTANTE S/ 4,588.00	SE COBRA EL 35% DEL TOTAL RESULTANTE	S/ 1,605.80	BO17-00002830

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para continuidad en el trámite de titulación.

Arequipa, 27 de diciembre de 2021

Mgter. Ing. Rubén Gamarra Tuco  
Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil y del Ambiente  
Universidad Católica de Santa María - Arequipa - Perú

ANEXO 2.



# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú

Telf: (054) 443294 Fax: (054) 444582

www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS-18-08027

Fecha de emisión: 14/12/2018

Página 1 de 1

Señores: MANUEL GONZALO LUQUE DELGADO  
Dirección: URB. VALENCIA MZ B LT 2 YANAHUARA - AREQUIPA  
Atención: MANUEL GONZALO LUQUE DELGADO  
Recepción: 07/12/2018  
Realización: 07/12/2018  
Observación: El Laboratorio no realiza la toma de muestra

### Métodos ensayados

\*531 Método de Ensayo para Silice por Fusión Alcalina - Gravimetría

\*598 Método de ensayo Multi-elemental por ICP-OES digestión multi-ácida

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*531	*598									
				SiO <sub>2</sub> %	Ag ppm	Al ppm	B ppm	Ba ppm	Be ppm	Bi ppm	Ca ppm	Cd ppm	Co ppm	
MN18014839	DIATOMITA	No proporcionado por el cliente.	mineral	86,90	2,88	>10 000	202,2	157,1	≤0,64	≤2,0	1 840	0,31	2,30	

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598									
				Cr ppm	Cu ppm	Fe ppm	Ga ppm	In ppm	K ppm	Li ppm	Mg ppm	Mn ppm	Mo ppm
MN18014839	DIATOMITA	No proporcionado por el cliente.	mineral	8,95	27,1	2 240	3,13	≤0,40	1 624	≤3,2	842,7	27,9	11,03

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598									
				Na ppm	Ni ppm	P ppm	Pb ppm	Sb ppm	Se ppm	Sn ppm	Sr ppm	Te ppm	
MN18014839	DIATOMITA	No proporcionado por el cliente.	mineral	2 545	2,70	34,95	75,83	7,05	≤0,64	≤16	50,48	≤0,80	

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	Procedencia de Muestra	Descripción de Muestra	*598			
				Ti ppm	Tl ppm	V ppm	Zn ppm
MN18014839	DIATOMITA	No proporcionado por el cliente.	mineral	712,32	≤0,64	176,74	35,28

*[Firma]*  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Inq. Químico C.I.P. 18474

<sup>1</sup><Valor numérico> = Límite de detección del método, <sup>2</sup><Valor Numérico> = Límite de cuantificación del método.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

N-18 N° 7702

**ANEXO 3.**





**MAPEI**

# Dynamon SP1

**Superplastificante de base acrílica modificada para hormigones prefabricados, caracterizados por una baja relación agua/cemento y resistencias mecánicas iniciales y finales muy altas**

#### DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

**Dynamon SP1** es un aditivo de base acrílica modificada, específico para el hormigón prefabricado, perteneciente al nuevo sistema MAPEI **Dynamon SP**. El sistema **Dynamon SP** está basado en la tecnología DPP (Designed Performance Polymer), una nueva química de proceso que permite, a través del completo diseño de los polímeros (know-how exclusivo de MAPEI), modular las características del aditivo con relación a las prestaciones específicas requeridas por el hormigón.

#### CAMPOS DE APLICACIÓN

Gracias a su elevada trabajabilidad (clase de consistencia S4 o S5 según la norma EN 206-1), los hormigones producidos con **Dynamon SP1** resultan de fácil colocación en obra en estado fresco y poseen elevadas prestaciones mecánicas una vez endurecidos.

**Dynamon SP1** es un aditivo con prestaciones superiores respecto a los superplastificantes tradicionales con base naftaleno o melamina, así como con respecto a los aditivos acrílicos de primera generación, ya sea en términos de reducción de agua como de incremento de las resistencias mecánicas en tiempos de curado breves.

**Dynamon SP1** está indicado particularmente para el sector de prefabricado, y donde sea necesaria una fuerte reducción de agua acompañada por una buena aceleración de las resistencias mecánicas en tiempos de curado breves, en cualquier clase de consistencia y con una temperatura de curado superior a los 15 grados o curado acelerado.

Sus prestaciones lo hacen particularmente idóneo también para la realización de hormigones

autocompactantes, ya que **Dynamon SP1** es capaz de garantizar una elevada fluidez y al mismo tiempo no produce disminuciones significativas del desarrollo de las resistencias mecánicas del hormigón a edades cortas.

Para los hormigones autocompactantes puede complementarse el uso de **Dynamon SP1** con **Viscofluid SCC** o **Viscofluid SCC/10**, aditivos modificadores de la viscosidad, para evitar los riesgos de disgregación y garantizar la homogeneidad de las mezclas con consistencias (escurrimientos o slump-flow) muy elevadas.

Los mayores campos de aplicación de **Dynamon SP1** son la producción de hormigones:

- para la producción de vigas de hormigón armado pretensado, caracterizadas por niveles elevados de trabajabilidad y por una resistencia mecánica a compresión  $R_{ck}$  mínima, al corte de los cables, de 35 N/mm<sup>2</sup>;
- para la producción de tejas de cubierta de hormigón armado pretensado, caracterizados por valores elevados de trabajabilidad, por una resistencia mecánica a compresión  $R_{ck}$  mínima, al corte de los cables, de 35 N/mm<sup>2</sup> y excelente cara vista;
- para la producción de paneles de cerramiento, caracterizados por un elevado grado de trabajabilidad y de acabado superficial en combinación con una excelente cara vista en obra;
- autocompactante para la prefabricación. **Dynamon SP1**, con posibilidad de combinación con aditivos modificadores de viscosidad **Viscofluid SCC**

# Dynamon SP1

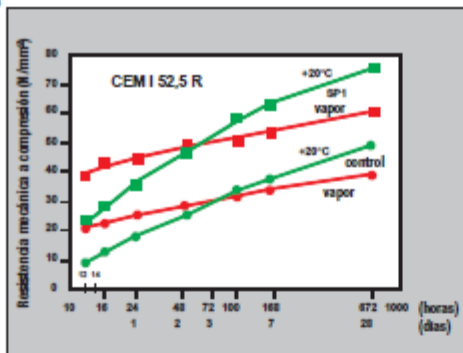


Figura 1 - Resistencia mecánica a compresión en función del tiempo, de hormigones preparados con Dynamon SP1 y CEM I 52,5R

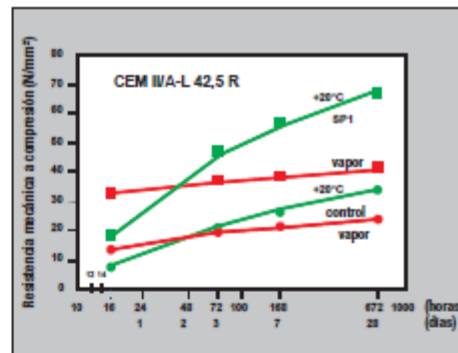


Figura 2 - Resistencia mecánica a compresión en función del tiempo, de hormigones preparados con Dynamon SP1 y CEM II/A-L 42,5R

o **Viscofluid SCC/10**, permite la obtención de hormigones autocompactantes que pueden ser colocados en obra sin ninguna vibración, con una elevada velocidad de vertido, gracias a las propiedades de fluidez y de resistencia a la segregación.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

**Dynamon SP1** es una solución acuosa al 30,5% de polímeros acrílicos de nueva generación (sin formaldehídos) capaces de dispersar eficazmente los gránulos de cemento.

La acción defloculante de **Dynamon SP1** puede ser ventajosamente utilizada de tres modos:

- para reducir el agua respecto al hormigón no aditivado con la misma trabajabilidad;
- para incrementar la trabajabilidad respecto al hormigón no aditivado con la misma relación agua/cemento;
- para reducir el agua y el cemento de manera que la relación agua/cemento quede inalterada, así como la trabajabilidad respecto al hormigón no aditivado.

Las Figuras 1 y 2 muestran el desarrollo de las resistencias mecánicas a una temperatura de +20°C y con vapor, de 12 horas a 28 días, con cemento tipo I 52,5R y tipo II/A-L 42,5R, respectivamente.

La Tabla 1 muestra un ejemplo de mezcla de hormigón autocompactante (*self compacting concrete*) prefabricado mediante la utilización de **Dynamon SP1** y **Viscofluid SCC/10**. La figura 3 muestra el desarrollo de las resistencias mecánicas a +20°C y a vapor.

### MODO DE EMPLEO

**Dynamon SP1** desarrolla la máxima acción dispersante cuando es añadido después de los otros componentes de la mezcla (cemento, áridos, minerales o filler) y al menos un 80% del agua de la mezcla) y antes de **Viscofluid SCC** o **Viscofluid SCC/10**.

### COMPATIBILIDAD CON OTROS PRODUCTOS

El aditivo **Dynamon SP1** es compatible con otros productos para la producción de hormigones especiales y en particular con:

- el aditivo acelerante de endurecimiento, exento de cloruros **Dynamon HAA**, para la obtención de altísimas resistencias mecánicas en tiempos de curado breves;

### Hormigón autocompactante realizado con Dynamon SP1 y Viscofluid SCC/10

Cemento CEM I 52,5 R	435 kg/m <sup>3</sup>
Filler calizo	115 kg/m <sup>3</sup>
Arena natural (0-4 mm)	795 kg/m <sup>3</sup>
Cemento CEM I 52,5 R	435 kg/m <sup>3</sup>
Grava (Dmax = 16 mm)	740 kg/m <sup>3</sup>
Agua	195 kg/m <sup>3</sup>
Dynamon SP1 (1,1% sobre cem. + filler)	6 l/m <sup>3</sup>
Viscofluid SCC/10 (0,5% sobre cem. + filler)	3 l/m <sup>3</sup>
• Escurrimiento: 790 mm a 5 min. 690 mm a 30 min.	
• Sangrado total: 18 cm <sup>3</sup> de agua / 5,2 l hormigón	
• a/c = 0,45	
• Clase de exposición (UNI EN 206-1) / XA3	

Tabla 1 - Composición y propiedades reológicas, de un hormigón autocompactante preparado con **Dynamon SP1** y **Viscofluid SCC/10**

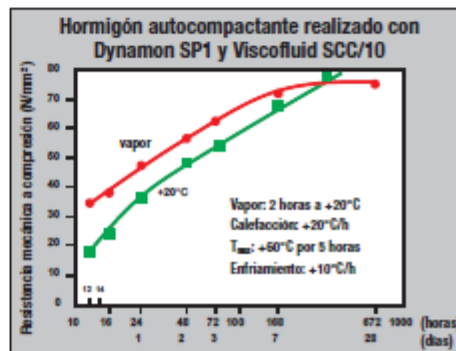


Figura 3 - Resistencia mecánica a compresión en función del tiempo, de hormigones preparados con **Dynamon SP1** y **Viscofluid SCC/10**

**DATOS TÉCNICOS (valores característicos)**

**DATOS IDENTIFICATIVOS DEL PRODUCTO**

Aspecto:	líquido
Color:	ámbar
Densidad según ISO 758 (g/cm <sup>3</sup> ):	1,09 ± 0,02 a +20°C
Contenido en sólidos secos según EN 480-8 (%):	30,5 ± 1,5
Acción principal:	Aumento de la trabajabilidad y/o reducción del agua del amasado y rápido desarrollo de las resistencias mecánicas en tiempos de curado breves a temperaturas > 15°C
Clasificación según UNI EN 934-2:	Reductor de agua de alta eficacia, superplastificante, acelerante de endurecimiento, prospectos 3.1, 3.2 y 7
Cloruros solubles en agua según EN 480-10 (%):	< 0,1 (ausentes según EN 934-2)
Contenido de álcalis (Na <sub>2</sub> O equivalente) según EN 480-12 (%):	< 3,0
Conservación:	12 meses. Proteger de las heladas.
Clasificación de peligrosidad según la Directiva 1999/45/CE:	ninguna. Antes del uso consultar el párrafo "Instrucciones de seguridad para la preparación y la puesta en obra" y la información recogida en el envase y en la Ficha de Seguridad
Clasificación aduanera:	3824 40 00

**PRESTACIONES DE DYNAMON SP1 EN HORMIGÓN\***

Dosis aditivo (% en vol. por peso de cemento):	0	0,6	1
a/c:	0,59	0,43	0,38
Reducción agua (%):	-	27	36
Consistencia Inicial (mm):	220	230	230
Consistencia a 30' (mm):	200	200	200
Rcm 16 horas (N/mm <sup>2</sup> ):			
• 20°C:	12	25	33
• Vapor:	21	38	45
Rcm 1 día (N/mm <sup>2</sup> ):			
• 20°C:	18	32	38
• Vapor:	26	43	51
Rcm 7 días (N/mm <sup>2</sup> ):			
• 20°C:	38	58	65
• Vapor:	35	50	60
Rcm 28 días (N/mm <sup>2</sup> ):			
• 20°C:	50	73	78
• Vapor:	40	60	72
Profundidad de penetración del agua según EN 12390/8 (mm):	25	0	0
Durabilidad (resistencia a las clases de exposición ambiental según UNI EN 206-1):	X0, XC1	X0, XC1 XC2, XC3, XC4 XF1 XD1, XD2, XD3 XD1, XD2, XD3 XS1 XS2, XS3 XA1, XA2, XA3	X0, XC1 XC2, XC3, XC4 XF1 XD1, XD2, XD3 XD1, XD2, XD3 XS1 XS2, XS3 XA1, XA2, XA3

\* Los datos arriba indicados se refieren a valores medios de laboratorio obtenidos sobre hormigones preparados con cemento tipo I 52,5 R dosificado a 370 kg/m<sup>3</sup> y áridos rodados. El ciclo de maduración a vapor consiste en 2 horas de pre-curado a +20°C, 3 horas de calentamiento y 5 horas de estado estable a +65°C.

## Dynamon SP1

- los aditivos modificadores de viscosidad **Viscofluid SCC** o **Viscofluid SCC/10** para la realización de hormigones autocompactantes;
- el aditivo en polvo **Mapeplast SF** con base de microsilice para la producción de hormigones "top-quality" para resistencia mecánica, impermeabilidad y durabilidad;
- el agente expansivo **Expancrete** para la producción de hormigones de retracción compensada;
- la ceniza volante para la producción de hormigones tradicionales y autocompactantes;
- filler calizos y de otra naturaleza para la realización de hormigones autocompactantes y de cualquier tipo que necesiten esta adición;
- **Desencofrante DMA 1000, DMA 2000 y DMA 3000** para el desmoldeo del hormigón de los encofrados;
- los aditivos de curado **Mapecure E** y **Mapecure S** para la protección de la rápida evaporación del agua de la mezcla de estructuras de hormigón no encofrado (pavimentaciones).

Para la producción de hormigones resistentes a los ciclos hielo-deshielo, el departamento de Asistencia Técnica está a disposición para valorar, en función del tipo de cemento utilizado, el aditivo aireante más adecuado.

### CONSUMO

**Dosificación en volumen:**  
de 0,6 a 1,2 litros por cada 100 kg de cemento para hormigones tradicionales.  
De 0,6 a 1,2 litros por cada 100 kg de finos (hasta 0,1 mm) para hormigones autocompactantes.

### PRESENTACIÓN

**Dynamon SP1** se suministra a granel, en bidones de 200 l y contenedores de 1000 l.

### ALMACENAMIENTO

**Dynamon SP1** se conserva durante 12 meses en recipientes cerrados y protegidos de las heladas. La exposición directa a los rayos solares puede provocar una variación cromática, sin que esto perjudique en modo alguno las prestaciones del producto.

### INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD PARA LA PREPARACIÓN Y LA PUESTA EN OBRA

**Dynamon SP1** no está clasificado como peligroso según las directivas vigentes sobre la clasificación de mezclas. Se recomienda utilizar guantes y gafas de protección y tomar las precauciones habituales para la manipulación de productos químicos. La Ficha de Seguridad está disponible bajo petición.

### ADVERTENCIA

*Las indicaciones y las prescripciones anteriormente descritas, aún correspondiendo a nuestra mejor experiencia, deben considerarse en todo caso como puramente indicativas y deberán confirmarse mediante aplicaciones prácticas concluyentes; por tanto, antes de emplear el producto, quien pretenda utilizarlo deberá establecer de antemano si es adecuado o no para el uso previsto y, en cualquier caso, asume toda la responsabilidad que pueda derivarse de su utilización.*

Hacer referencia a la versión actualizada de la ficha técnica, disponible en la web [www.mapei.com](http://www.mapei.com)

Las referencias relativas a este producto están disponibles bajo solicitud y en la web de Mapei [www.mapei.es](http://www.mapei.es) y [www.mapei.com](http://www.mapei.com)

RES. A. G. BEVA

La reproducción de textos, fotografías e ilustraciones de esta publicación está totalmente prohibida y será perseguida por la ley

671-5-2010

# EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL USO DE LA DIATOMITA Y MICROSÍLICE COMO ADITIVOS EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO CON RESISTENCIAS 210 KGF/CM<sup>2</sup>, 280 KGF/CM<sup>2</sup>, 350 KGF/CM<sup>2</sup> Y 420 KGF/CM<sup>2</sup> EN LA CIUDAD DE AREQUIPA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1 Submitted to Universidad Católica de Santa María 8%  
Trabajo del estudiante

2 [tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe) 4%  
Fuente de Internet

3 [repositorio.unc.edu.pe](http://repositorio.unc.edu.pe) 2%  
Fuente de Internet

4 [hdl.handle.net](http://hdl.handle.net) 2%  
Fuente de Internet

5 [repositorio.uns.edu.pe](http://repositorio.uns.edu.pe) 1%  
Fuente de Internet

6 [vsip.info](http://vsip.info) 1%  
Fuente de Internet

7 [repositorio.ucv.edu.pe](http://repositorio.ucv.edu.pe) 1%  
Fuente de Internet

[repositorio.unfv.edu.pe](http://repositorio.unfv.edu.pe)

8

Fuente de Internet

1 %

9

Submitted to Universidad Nacional de San  
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1 %

10

inba.info

Fuente de Internet

1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado