

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA MICROSILICE SIKAFUME Y SIKACEM PLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO CON FINES DE CIMENTACION CON RELACION A/C DE 0.50, EN LA CIUDAD DE LIMA,2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Isael Davila Mayo

Arturo Ochoa Barrera

Asesor:

Mg. Ing. Neicer Campos Vasquez

<https://orcid.org/0000-0003-1508-6575>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Jose Luis Neyra Torres	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Edmundo Vereau Miranda	10557797
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Ruben Kevin Manturano Chipana	46905022
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico en especial a mis padres: Pedro Davila y Martha Mayo, quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y sacrificio me permitieron llegar a cumplir hoy una de mis mas grandes sueños, gracias por inculcar en mi el gran ejemplo de valentía y esfuerzo, por enseñarme a seguir adelante y no rendirme. A mi hijo Andrew Mccool Davila y esposa Yaceni Facundo por ser mi más grande motivación. A mis queridos hermanos por ser mi apoyo incondicional. A toda mi familia por sus oraciones y consejos que hicieron de mi una mejor persona. Finalmente, a mi amigo y compañero de tesis Arturo Ochoa por el apoyo incondicional que permitió que este trabajo se realice con éxito.

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanos por el apoyo y guía incondicional en esta etapa universitaria, gracias a ellos que fueron un pilar fundamental por sus consejos y recomendaciones. A nuestros maestros que nos acompañaron en la etapa universitaria inculcándonos valores y conocimientos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por darme la sabiduría y fortaleza para alcanzar esta meta. A mis padres quienes nunca dejaron de apoyarme a lo largo de toda mi formación académica, sin ellos jamás hubiera podido lograr lo que hasta ahora. A mis hermanos por su apoyo para seguir adelante. A mi amigo y compañero de tesis por todo el apoyo para la culminación de este trabajo. Gracias a mi universidad por permitirme convertirme en el profesional que tanto me apasionaba. Finalmente, a mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias por prepararnos para un futuro competitivo como mejores profesionales.

Agradezco de manera especial a mi madre Aydee Barrera por su apoyo incondicional en mi etapa universitaria, ya que gracias a su esfuerzo y dedicación estoy logrando uno de mis sueños.

Agradezco de manera muy especial a mi esposa la Ing. Joan Ñaupá por su apoyo en todo el proceso del taller de titulación.

Agradezco de antemano al Ing. Neicer Campos Vasquez por el apoyo, guía y consejos en la asesoría de nuestra tesis, por la cual llegamos a desarrollar y concluir de manera satisfactoria.

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática	10
1.2. Antecedentes	12
1.3. Justificación	17
1.4. Marco Teórico	18
1.4.1. Componentes del concreto	19
1.4.2. Clasificación de los agregados	27
1.4.3. Aditivos para el concreto	29
1.4.4. Propiedades Principales del concreto	35
1.5. Limitaciones	37
1.6. Formulación del problema	38
1.7. Objetivos	38
1.7.1. Objetivos específicos	38
1.8. Hipótesis	39
1.8.1. Hipótesis específicas	39
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	40

2.1. Tipo de investigación	40
2.2. Población y muestra	41
CAPÍTULO III: RESULTADOS	59
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	64
REFERENCIAS	82
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Componentes de la fabricación del cemento Portland</i>	19
<i>Tabla 2. Características Químicas de los cementos Peruanos</i>	23
<i>Tabla 3. Límites Permisibles para agua de mezcla</i>	24
<i>Tabla 4. Limitaciones en la composición de agua.</i>	25
<i>Tabla 5. Operacionalización de Variables</i>	40
<i>Tabla 6. Nivel de Confianza Z</i>	42
<i>Tabla 7. Estudio previo para estimación de cantidad de muestra</i>	43
<i>Tabla 8. Cantidad de muestra</i>	44
<i>Tabla 9. Resultados de la caracterización de los agregados</i>	59
<i>Tabla 10. Propiedades del concreto patrón y variantes en estado fresco</i>	60
<i>Tabla 11. Resistencia a la compresión promedio a la edad de 07 días</i>	61
<i>Tabla 12. Resistencia a la compresión promedio a la edad de 14 días</i>	61
<i>Tabla 13. Capacidad de Succión y Velocidad de Succión del concreto</i>	62
<i>Tabla 14. Análisis de Costos del concreto patrón y sus variantes</i>	63
<i>Tabla 15. Resumen de los valores de Resistencia a compresión.</i>	68
<i>Tabla 16. Análisis de normalidad Shapiro Wilk del concreto</i>	76
<i>Tabla 17. Confiabilidad de la Resistencia a la compresión a edad de 7 y 14 días</i>	76
<i>Tabla 18. Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión a 07 días</i>	77
<i>Tabla 19. Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a edad de 07 días</i>	77
<i>Tabla 20. Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión a edad de 14 días</i>	78
<i>Tabla 21. Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a edad de 14 días</i>	78

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Gráfica 1. Tipo de Investigación</i>	40
<i>Gráfica 2. Curva y Huso Granulométrico del agregado fino.</i>	64
<i>Gráfica 3. Curva y Huso granulométrico N° 6 del agregado grueso</i>	65
<i>Gráfica 4. Asentamiento o Slump del concreto patrón y variantes</i>	66
<i>Gráfica 5. Peso Unitario teórico y práctico del concreto patrón y variantes.</i>	67
<i>Gráfica 6. Envoltente de la Resistencia a compresión del concreto a edades de 07 y 14 días de curado.</i>	69
<i>Gráfica 7. Envoltente de la Velocidad Inicial de Succión</i>	70
<i>Gráfica 8. Envoltente de la Capacidad de Succion o Absortividad del concreto</i>	71

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el fin de conocer la influencia de la microsílíce y el plastificante en las propiedades tanto físicas y mecánicas de un concreto con relación a/c 0.50 fines de cimentación, esta investigación es experimental, donde la variable independiente es la microsílíce Sikafume, la variable constante es el plastificante Sikacem plastificante y la variable dependiente son las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Se realizó 55 testigos de 10 x 20 cm, 50 para evaluar la resistencia a la compresión y 5 para el estudio de succión capilar del concreto, en el estado fresco de la mezcla se observó que conforme se aumentó la microsílíce el asentamiento del concreto se redujo, es decir perdía trabajabilidad aun con el plastificante, en el concreto patrón se tuvo un asentamiento de 7" y con el porcentaje óptimo (5.00% microsílíce Sikafume) se obtuvo un asentamiento de 5 3/4", en la resistencia a la compresión se obtuvo que la adición que tiene mayor impacto en el concreto patrón es la del 5.00% de microsílíce observando a los 07 días una resistencia de 251.04 kg/cm² en la patrón y 272.42 kg/cm², a 14 días se obtuvo una resistencia de 342.18 kg/cm² en la patrón y 373.58 kg/cm² con 5.00% de microsílíce, la capacidad de absorción del concreto (succión capilar) se reduce con el uso de la microsílíce, logrando así un concreto más impermeable lo que es ideal para la cimentación brindándole una mayor durabilidad al concreto.

PALABRAS CLAVES: Asentamiento, Durabilidad, Influencia, Resistencia a la compresión, Succión capilar

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el Perú, lo que hasta hace unos 20 años se percibía como algo poco probable hoy por hoy en la actualidad se puede hacer posible, de que es lo que estamos hablando, es de la construcción de edificios altos, centros comerciales y las sedes de grandes corporaciones, ubicándose en altos rascacielos, el Perú al encontrarse en una zona sísmica activa genera que los edificios grandes o rascacielos no sean considerados frecuentes y por ello las regulaciones para estos presentan una mayor exigencia. No obstante, dado al alto crecimiento de la población y la demanda de vivienda, las construcciones en vertical, se vienen desarrollando en muchas regiones del Perú.

Según (Camara peruana de la construcción (capeco), 2020), nos indica que el crecimiento del mercado inmobiliario aumentó en un 6.78%, esto se debe a la extensión de viviendas sociales e inversión privada.

Se observó la construcción de estos rascacielos en las distintas partes del mundo, siendo las más notorias, las construcciones en Dubái, Estados Unidos, observándose el uso de un aditivo en común que es la micro sílice, la micro sílice o humo de sílice, es un sub producto de la industria de aleaciones de hierro, como el ferro silíceo.

La construcción del edificio Two Unión Square en Seattle, utilizó concreto con una resistencia a 91 días de 145 Mpa, Su diseño exigió 556 kg/m³ de material cementante, incluido un 7.7% de micro sílice; 15.7 l/m³ de aditivo super plastificante y una relación agua cemento de 0.23.

El uso principal de la Micro sílice es para hacer el concreto de alta resistencia que es a menudo esencial en proyectos importantes, como el récord de edificios altos. Estas aplicaciones de ingeniería que requieren de concreto de alta resistencia (> 80 MPa) uso micro sílice como un costo medio efectivo para aumentar la resistencia a la compresión. Hormigón de ultra alta resistencia (uhsc), generalmente definida como > 150 MPa puede lograrse utilizando dosis más altas de micro sílice. Aumento de la fuerza de reacción micro sílice es Particle Packing & puzolánico. En micro sílice hormigón, el espesor de la zona de transición (interfaz) entre la pasta de cemento y agregado se reduce y el castillo son más pequeños y más cristales orientados aleatoriamente, resultando en la disminución de la porosidad y la interfaz de mayor adherencia.

En Ecuador, (Barrionuevo Castañeda & Tapia Vargas, 2021) investigan el uso de la micro sílice como adición en un concreto de alto desempeño al 5%, 10% y 15% de micro sílice, se realizó una mezcla adicional entre 15% de micro sílice y 3% de nano sílice reemplazando un cierto porcentaje de Cemento, llegando a la conclusión que estos aditivos en el concreto con relaciones agua cemento bajas, generan una mejora de la resistencia a la compresión, se observó también que los días de evaluación de la resistencia tienden a ser pasados los 28 días para ver el desarrollo completo de las adiciones y la resistencia del concreto, evaluando a 56 y 91 días. (pág.26)

1.2. Antecedentes

“Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia con micro sílice y nano sílice”, Lima-2019

(Fiores Peña, 2019, pág. 5), tuvo como objetivo general determinar y comparar como influye en las propiedades mecánicas del concreto la incorporación de la micro sílice y nano sílice, evaluando la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción para un concreto de 600 kg/cm^2 y resistencia a la flexión para un concreto de 600 kg/cm^2 .

Se logro observar que en la resistencia a la compresión a 28 días de edad, el rendimiento del concreto vario en un rango de 100 % a 160.72 %, obteniendo resistencias de 920 kg/cm^2 con una adición del 15% de micro sílice, no obstante se concluyó que la dosificación más favorable es de 10% de micro sílice, en la resistencia a la flexión el rendimiento a 28 días de edad alcanzo un rango de 16% y 16.16%, donde se observó que con la adición del 15% de micro sílice se obtiene una resistencia a la flexión de 97.90 kg/cm^2 .

Se concluyó que la dosificación optima de la micro sílice es en 10% ya que el aumento de la resistencia tanto a la compresión, tracción y flexión es mínima cuando se empleó al 15% de adición de micro sílice, lo cual ya no resulta beneficiosa con respecto a los costos. (Fiores Peña, 2019, pág. 61)

“Influencia de la micro sílice en un concreto de alta resistencia para bypass en Trujillo,2021”

(Merino Carrera, 2021), se planteó como objetivo general el determinar la influencia de la micro sílice en un concreto de alta resistencia para bypass en Trujillo. (pág. 14)

Se empleó dos aditivos como sustitución porcentual del cemento, el Sika Fume y Microsilica Z ambos aditivos a pesar de presentar propiedades químicas similares al cemento se demostró que el reemplazo de este, genera un impacto negativo en la resistencia a la compresión y asentamiento, se presentó sustitución del 3%, 5%, 7% y 9% en función al peso del cemento, partiendo de un valor patrón de 286.70 kg/cm² observándose que para la marca Sika al reemplazar el 9% solo llegó a alcanzar un 85.9% de resistencia a la compresión en comparación con el concreto patrón, para la marca Z alcanzó un 82.5% de resistencia a la compresión en comparación con el concreto patrón, se observó también que según el tipo de fallas observadas de los ensayos a los testigos, el agregado grueso utilizado no fue de la calidad adecuada. (Merino Carrera, 2021, pág. 47)

“Estudio comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en el concreto utilizando micro y nano sílice con agregados de la cantera Cutimbo-Puno”

(Pachacutec Gutierrez & Vilca Salazar, 2018) buscaron determinar y comparar las propiedades de resistencia del concreto utilizando micro sílice y nano sílice con el agregado de la cantera Cutimbo, llegando a la conclusión que, los concretos con adiciones de Micro sílice reportan resistencias a la compresión superiores al concreto patrón obteniéndose mayores valores con 10% de Micro sílice de 570.95 kg/cm² a la edad de 28 días.

El concreto con 10% de micro sílice tiene una mayor resistencia a la edad de 14 días, pero el incremento adicional a la edad de 28 días es solo del 17.32%; sin embargo, el concreto con 15% de micro sílice tiene una menor resistencia a la edad de 14 días su incremento a la edad de 28 días es 14.16 %; entonces se puede concluir

que a la edad de 28 días del concreto las resistencias del 10 % llega a superarlo al de 15 % en 18.72 kg/cm². (pág.173)

“Influencia de la microsílíce sobre la resistencia a la compresión de concreto con relación agua/cemento 0.30; 0.35 y 0.40 Trujillo, 2019”

(Fernandez Chuman & Ramos Landauro, 2019), buscaron determinar de qué manera influye la microsílíce en la resistencia a la compresión de concretos con relaciones de agua/cemento 0.30, 0.35 y 0.40 a edades de 7, 28 y 63 días, Trujillo 2019, Llegando a la conclusión que, el mejor porcentaje de adición de microsílíce para la relación agua/cemento de 0.30 es el 10.0 %, ya que con el este porcentaje se obtuvieron ganancias del 12.06 % a la edad de 7 días, del 14.22 % a la edad de 28 días y 7.52 % a la edad de 63 días, el mejor porcentaje de adición de microsílíce para la relación agua/cemento de 0.35 es el 7.5 %, ya que con el este porcentaje se obtuvieron ganancias del 6.99 % a la edad de 7 días, del 4.97 % a la edad de 28 días y 22.09 % a la edad de 63 días, el mejor porcentaje de adición de microsílíce para la relación agua/cemento de 0.40 es el 7.5 %, ya que con el este porcentaje se obtuvieron ganancias del 16.78 % a la edad de 7 días, del 11.60 % a la edad de 28 días y 8.77 % a la edad de 63 días.

El concreto con relación agua/cemento de 0.30 con 10.0 % de adición de microsílíce aumento de costo un 23.90 % significando pasar de costar el m³ de mezcla patrón de S/. 613.71 a costar el m³ de concreto adicionado S/. 761.39.(pág.81)

“Estudio de las propiedades del concreto de alta resistencia $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$, adicionando microsílíce, nanosílíce y superplastificante- Trujillo- 2021”

(Rondo Rojas, 2021) tuvo como objetivo general diseñar un concreto de alta resistencia de 600 kg/cm² con la adición de microsílíce, nanosílíce y superplastificante- Trujillo 2021, llegando a la conclusión que se logró encontrar un diseño de mezcla para un concreto de 600 Kgf/cm², lo cual se alcanzó a los 28 días una mayor resistencia tanto

en comprensión, tracción y flexión con una dosificación de 10% microsílíce, 2% nanosílíce y 2% superplastificante. No obstante, también se ha corroborado que la dosificación de 5% microsílíce, 2% nanosílíce y 2% superplastificante obtuvo menor resistencia. Los resultados de trabajo de investigación se pueden concluir que porcentaje óptimo para el diseño de mezcla es de 10% microsílíce, 2% nanosílíce y 2% superplastificante. Dando como resultado a los 28 días un aumento de 23% (740 kg/cm²) a la resistencia a la comprensión. Los resultados de la densidad del concreto de alta resistencia del diseño 1=2.15kg/cm³, diseño 2 = 2.16kg/cm³, diseño 3 = 2.17 kg/cm³, concluyendo que es un concreto de peso normal según la NORMA E. 060 CONCRETO ARMADO. De los resultados del diseño de mezcla 3, se obtuvieron mejores resultados en comprensión con un aumento de 23% (740 kgf/cm²) de resistencia a los 28 días, el rendimiento a la resistencia de tracción a los 28 días de logro obtener un rango de 22% a 36% a una resistencia máxima de 216 kgf/cm² y una resistencia a la flexión de 45 kgf/cm². (pág.46)

“Análisis de la adición de microsílíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280 kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020.”

(Garcia Cortez, 2020), como objetivo general de la presente investigación, se plantea analizar cuál es la influencia de la adición de microsílíce en la permeabilidad al agua de un concreto convencional $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, llegando a la conclusión, Respecto a la trabajabilidad del concreto, se determinó la influencia de incidencia de la adición de microsílíce al 3% y 8% del peso del cemento en la trabajabilidad del concreto 280kg/cm² mediante la medida del asentamiento del concreto fresco, siendo estos valores de 12% y 24% menores respecto al diseño sin adición de microsílíce, concluyendo que la trabajabilidad del concreto fresco es susceptible a la adición del mineral y disminuye conforme se incrementa la cantidad de microsílíce en el diseño. En

cuanto a la resistencia a la compresión del concreto 280kg/cm^2 se logró determinar la influencia de la adición de la microsílíce en porcentajes del 3% y 8% del peso del cemento sobre el diseño sin adición mediante los ensayos a la compresión de probetas de concreto endurecido realizadas en laboratorio, llegando a la conclusión que conforme se incrementa el porcentaje de microsílíce en el concreto, mayor es la resistencia a la compresión obtenida. Es decir, la adición de microsílíce en el concreto está directamente relacionada con la resistencia a la compresión del mismo. respecto a la profundidad de penetración al agua del concreto 280kg/cm^2 , se logró determinar la influencia que tiene de la adición de microsílíce al 3% y 8% del peso del cemento sobre el diseño que no tiene adición de mineral, verificando con los resultados obtenidos durante los ensayos al concreto endurecido, que el porcentaje de poros, el porcentaje de absorción y la profundidad de penetración al agua de las probetas se redujo y fue menor en los diseños con una mayor adición de microsílíce. Por tanto, se concluye que la profundidad de penetración al agua del concreto disminuye conforme se incrementa la cantidad de microsílíce en las mezclas de concreto, es decir, se determinó que la adición de microsílíce en los diseños de concreto reduce el valor de penetración de agua en el concreto endurecido. (García Cortez, 2020)

“Aplicación de aditivo microsílíce, y superplastificante para el diseño de mezclas de concreto de alto desempeño, Lima, 2019”

(Anicama Rosas, 2019), busco determinar cómo influye el uso de aditivo en las propiedades de un concreto de alto desempeño, llegando a la conclusión que De acuerdo con los resultados se llega a la conclusión que la influencia de los aditivos usados en un concreto de alto desempeño con los porcentajes óptimos es de vital importancia para la obtención del concreto de alto desempeño, y favorece de manera positiva la utilización de estos para el mejoramiento del concreto de alto desempeño, ya que al usar demasiado

microsílíce en vez de mejorar su resistencia a la compresión y flexión este solo lo disminuye, en cambio al usar mayores cantidades de superplastificante este sigue mejorando su resistencia a la compresión y flexión.

Se llega a la conclusión con respecto al, que los análisis de las tablas de las diferentes proporciones de aditivos usados en el concreto de alto desempeño, se observó cuando se aporta los más altos porcentajes tanto de microsílíce, superplastificante y se usa la menor relación de $a/c=0.38$ generan mayor beneficio para el concreto de alto desempeño, en el estado fresco obtenemos los resultados: En el ensayo de asentamiento se obtiene menores resultados de slump siendo el más bajo el de 3 1/2", en ensayo de peso unitario se obtiene mayor peso cuando más se aumenta los porcentajes de microsílíce y superplastificante en cada relación de agua, obteniendo el más alto peso unitario en la relación $a/c=0.30$ de 2521,7 kg/? ? ; por lo tanto con todos los datos se concluye que los efectos de estos aditivos en el concreto en estado fresco y endurecido generan ventajas en su trabajabilidad, previniendo la segregación, reduciendo la cantidad de aire en la mezcla haciéndolo así menos permeable.

1.3. Justificación

Esta investigación se realiza con fines de aplicación de la normativa vigente para el control de calidad de los agregados y del concreto (Norma técnica peruana), de igual forma aplicar la teoría dada por los cursos de tecnología del concreto y materiales, con el fin de aplicarlos en el diseño de mezcla del concreto, evaluar la resistencia a la compresión. Dar a conocer el uso de la microsílíce y el plastificante para futuras investigaciones.

1.4. Marco Teórico

Nomenclatura usada en esta investigación

NTP: Norma técnica peruana

ACI: American Concrete Institute

ASTM: American Society for Testing and Materials

A.G: Agregado Grueso

A.F: Agregado Fino

M.F: Modulo de finura

%H: Porcentaje de Humedad

% Abs: Porcentaje de Absorción

El concreto ofrece, como las piedras naturales, una resistencia muy grande a los esfuerzos de compresión y muy escasa a los de tracción (por lo general, la resistencia a la tracción es del orden de un 10% de su resistencia a la compresión), pero al disponer de varillas de acero en las zonas de tracción, se suple esta deficiencia, por tal motivo las propiedades y características del concreto se estudian con el fin de determinar el diseño de mezcla adecuado. En términos generales, el concreto puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (Diego Sánchez de Guzmán, s.f., pág. 19)

1.4.1. Componentes del concreto

Cemento

(Pasquel Carbajal, 1998), El cemento es una de las materias primas de la construcción más populares y hoy en día más indispensables, es por excelencia el pegante más barato y más versátil, sus propiedades físicas y mecánicas son aprovechadas en multitud de usos. “Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes; los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son.” (pág.11)

Tabla 1.

Componentes de la fabricación del cemento Portland

% de participación en el concreto	Componente Químico	Procedencia Usual
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro
5%	Óxidos de Magnesio, Sodio, Potasio, Titanio, Azufre, Fósforo y Manganeseo.	Minerales varios

Fuente: Pasquel Carbajal, 1998, pág.11

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 15), nos dice que el Silicato Tricálcico (Alita), Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación. Silicato Dicálcico (Belita), define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación; el aluminato Tricálcico, aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona

el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3%-6%) para controlarlo, es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

Mecanismo de Hidratación del Cemento

(Pasquel Carbajal, 1998), “se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. Los componentes ya mencionados anteriormente, al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de Calcio complejos. La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener. Contrariamente a lo que se creía hace años, la reacción con el agua no une las partículas de cemento, sino que cada partícula se dispersa en millones de partículas de productos de hidratación desapareciendo los constituyentes iniciales. El proceso es exotérmico generando un flujo de calor hacia el exterior denominado calor de hidratación. Dependiendo de la temperatura, el tiempo, y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación.” (pág.16)

Fraguado Inicial

(Pasquel Carbajal, 1998) Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia

el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas. Se forma una estructura porosa llamada gel de Hidratos de Silicatos de Calcio (CHS o Torbemorita), con consistencia coloidal intermedia entre sólido y líquido que va rigidizándose cada vez más en la medida que se siguen hidratando los silicatos. Este período dura alrededor de tres horas y se producen una serie de reacciones químicas que van haciendo al gel CHS más estable con el tiempo. En esta etapa la pasta puede remezclarse sin producirse deformaciones permanentes ni alteraciones en la estructura que aún está en formación. (Pág.17)

Fraguado Final

(Pasquel Carbajal, 1998), “se obtiene al término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas.” (Pág.17)

Endurecimiento

(Pasquel Carbajal, 1998), “Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continúa de manera indefinida. Es el estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento. Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo agua. Hay dos fenómenos de fraguado, que son diferentes a los descritos; el primero corresponde al llamado "Fraguado Falso" que se produce en algunos cementos debido al calentamiento durante la molienda del clinker con el yeso, produciéndose la deshidratación parcial del producto resultante, por lo que al

mezclarse el cemento con el agua, ocurre una cristalización y endurecimiento aparente durante los 2 primeros minutos de mezclado, pero remezclando el material, se re cobra la plasticidad, no generándose calor de hidratación ni ocasionando consecuencias negativas. El segundo fenómeno es el del "fraguado violento" que ocurre cuando durante la fabricación no se ha añadido la suficiente cantidad de yeso, lo que produce un endurecimiento inmediato, desarrollo violento del calor de hidratación y pérdida permanente de la plasticidad, sin embargo, es muy improbable en la actualidad que se produzca este fenómeno, ya que con la tecnología moderna el yeso adicionado se controla con mucha precisión." (pág.17)

Tipos de Cemento

Tipo I: De uso general, donde no se requieren propiedades especiales.

Tipo II: De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.

Tipo III: Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.

Tipo IV: De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo.

Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos.

En el Perú, se fabrican los Tipo I, tipo II, tipo V, tipo IP y tipo IPM

Es interesante anotar que en general los cementos nacionales siguen los comportamientos típicos a largo plazo que es factible esperar de cementos similares fabricados en el extranjero, sin embargo la experiencia en el uso de ellos y la variabilidad que se puede apreciar en los análisis y gráficos mostrados nos permite

afirmar que las propiedades a corto plazo no siempre mantienen parámetros constantes, por lo que nunca debe confiarse a priori en ellas sin efectuar pruebas de control para el caso de obras de cierta importancia. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 28)

Tabla 2.

Características Químicas de los cementos Peruanos

Elemento	Sol Tipo I	Atlas Tipo IP	Andino Tipo I	Andino Tipo II	Andino Tipo IV
CaO	63.20	53.65	64.18	63.83	64.60
SiO₂	19.79	26.28	21.86	22.58	22.51
Al₂O₃	6.15	6.44	4.81	4.21	3.04
Fe₂O₃	2.82	4.84	3.23	3.11	4.28
K₂O	0.96	1.07	0.65	0.54	0.56
Na₂O	0.28	0.37	0.15	0.12	0.13
SO₃	2.58	2.84	2.41	2.38	2.36
MgO	3.16	2.76	0.96	0.97	0.92
Cal libre	0.52	0.29	0.59	0.40	0.55
P. Ignición	0.80	1.63	1.24	1.46	1.08
R. Insolubles	0.62	10.21	0.42	0.59	0.57
C₃S	54.18	-	51.33	48.73	58.64
C₂F	15.87	-	23.95	27.98	20.30
C₃A	11.53	-	7.28	5.89	0.81
C₄AF	8.57	-	9.82	9.45	13.01

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

El Agua de Mezcla

(Pasquel Carbajal, 1998), “El agua en la mezcla tiene tres funciones principales, reaccionar con el cemento para hidratarlo, actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto y procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.” (Pág.32)

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto. En este sentido, es interesante distinguir el agua potable en términos de los requerimientos nominales establecidos por los organismos que regulan su producción y uso, y el agua apta para consumo humano, ya que los requerimientos aludidos normalmente son mucho más exigentes de lo necesario. Como dato interesante, es una evidencia que en el Perú muy pocas "aguas potables" cumplen con las limitaciones nominales indicadas, sobre todo en lo que se refiere al contenido de sulfatos y carbonatos, sin embargo, sirven para el consumo humano y consecuentemente para el concreto, por lo que no debe cometerse el error de establecer especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 33)

Tabla 3.

Limites Permisibles para agua de mezcla

Descripción	Limite Permissible		
Solidos en suspensión	5000	p.p.m	máximo
Materia orgánica	3	p.p.m	máximo
Alcalinidad	1000	p.p.m.	máximo
Sulfato	600	p.p.m.	máximo
Cloruros	1000	p.p.m.	máximo
pH	5 a 8		

Fuente: Norma ITINTEC 339.088

El agua para el curado

(Pasquel Carbajal, 1998), “En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto. No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos.” (Pág.36)

Tabla 4.

Limitaciones en la composición de agua.

Elemento	Limitaciones		
Cloruros (Ión Cl)			
a) En concreto pretensado o losas de puentes	500	p.p.m.	Máximo
b) Cualquier otro concreto armado en ambiente			
Húmedo o con elementos embutidos de aluminio o metales diferentes o con insertos galvanizados	1000	p.p.m.	Máximo
Sulfatos (Ión SO₄)	3000	p.p.m.	Máximo
Alkalis (NaO + 0.658 K₂O)	600	p.p.m.	Máximo
Sólidos disueltos totales	50000	p.p.m.	Máximo

Fuente: Norma ASTM C94

Otro factor que incide en esta consideración es que el agua de curado permanece relativamente poco tiempo en contacto con el concreto, pues en la mayoría de especificaciones el tiempo máximo exigido para el curado con agua no supera los

14 días. Una precaución en relación al curado con agua en obra empleando el método usual de las "arroceras", es decir creando estancamiento de agua colocando arena o tierra en los bordes del elemento horizontal, consiste en que hay que asegurarse que estos materiales no tengan contaminaciones importantes de sales agresivas como cloruros o sulfatos, que entrarían en solución y podrían ocasionar efectos locales perjudiciales, si por falta de precaución o descuido permanecen en contacto con el concreto durante mucho tiempo. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 37)

Agregados para el Concreto

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente. Ocupan alrededor de las 3/4 partes del volumen total luego la calidad de estos tienen una importancia primordial en el producto final. La denominación de inertes es relativa, porque si bien no intervienen directamente en las reacciones químicas entre el cemento y el agua, para producir el aglomerante o pasta de cemento, sus características afectan notablemente el producto resultante, siendo en algunos casos tan importantes como el cemento para el logro de ciertas propiedades particulares de resistencia, conductibilidad, durabilidad etc. Están constituidos usualmente por partículas minerales de arenisca, granito, basalto, cuarzo o combinaciones de ellos, y sus características físicas y químicas tienen influencia en prácticamente todas las propiedades del concreto. La distribución volumétrica de las partículas tiene gran trascendencia en el concreto para obtener una estructura densa y eficiente, así como una trabajabilidad adecuada. Está científicamente demostrado que debe haber un ensamble casi total entre las partículas, de manera que las más pequeñas ocupen los espacios entre las mayores y el conjunto esté unido por la pasta de cemento. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 38)

1.4.2. Clasificación de los agregados

Por su procedencia se les puede clasificar como agregados naturales que son formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto, estos agregados son de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto; los agregados artificiales provienen de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto, algunos de estos tipos de agregados lo constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado y la micro sílice. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 39)

Por su gradación, la gradación es la distribución volumétrica de las partículas que tienen suma importancia en el concreto, se ha establecido convencionalmente una clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y menores diámetro (4.75 mm , malla standard ASTM #4), esta clasificación responde además a consideraciones tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados(zarandeo, chancado) pretenden separarlos con el objetivo de poder establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 40)

Por su densidad, “se entiende como gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de los sólidos referidos a la densidad del agua, se acostumbra a clasificarlos como normales al rango entre 2.5 a 2.75, ligeros para valores menores a 2.5 y pesados para valores mayores a 2.75, cada uno de esta marca un

comportamiento diverso en la relación al concreto, habiendo establecido técnicas y métodos de diseño para cada caso.” (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 40)

Características físicas de los agregados

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación. Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas standard que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas. Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos a las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 40)

Ensayos como peso específico, peso unitario, porcentaje de vacíos, humedad, son datos importantes para el diseño del concreto y para obtener una mezcla de calidad para las obras civiles. Los agregados también presentan características resistentitas tales como la resistencia propiamente dicha que es la Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande. La resistencia en compresión está inversamente relacionada con la porosidad y la absorción y directamente con el peso específico. Agregados normales con Peso específico entre 2.5 a 2.7, tienen resistencias en compresión del orden de 750 a 1,200 Kg/cm². Los agregados ligeros con Peso específico entre 1.6 a 2.5 usualmente manifiestan resistencias de 200 a 750 Kg/cm². La resistencia del agregado condiciona en gran medida la resistencia del concreto, por lo que es fundamental el

evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos. (Pasquel Carbajal, 1998, págs. 40-41)

Propiedades Térmicas de los agregados.

Condicionan el comportamiento de los agregados ante el efecto de los cambios de temperatura. Estas propiedades tienen importancia básica en el concreto pues el calor de hidratación generado por el cemento, además de los cambios térmicos ambientales actúan sobre los agregados provocando dilataciones, expansiones, retención o disipación de calor según sea el caso. Las propiedades térmicas están afectadas por la condición de humedad de los agregados, así como por la porosidad, por lo que sus valores son bastante variables. El calor específico, es la cantidad de calor necesaria para incrementar en 1 °C la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de rocas salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 44)

1.4.3. Aditivos para el concreto

Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto. El comportamiento de los diversos tipos de cemento Portland está definido dentro de un esquema relativamente rígido, ya que, pese a sus diferentes propiedades, no pueden satisfacer todos los requerimientos de los procesos constructivos. Existen consecuentemente varios casos, en que la única alternativa de solución técnica y eficiente es el uso de aditivos. Al margen de esto, cada vez se va consolidando a nivel internacional el criterio de considerar a los aditivos como un componente normal dentro de la Tecnología del Concreto moderna ya que contribuyen a minimizar los riesgos que ocasiona el no poder controlar ciertas características

inherentes a la mezcla de concreto original, como son los tiempos de fraguado, la estructura de vacíos, el calor de hidratación, etc. Cualquier labor técnica se realiza más eficientemente si todos los riesgos están calculados y controlados, siendo los aditivos la alternativa que siempre permite optimizar las mezclas de concreto y los procesos constructivos. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 68)

Aditivos reductores de agua- plastificantes

(Pasquel Carbajal, 1998, pág. 70), Son compuestos orgánicos e inorgánicos que permiten emplear menor agua de la que se usaría en condiciones normales en el concreto, produciendo mejores características de trabajabilidad y también de resistencia al reducirse la Relación Agua/Cemento. Trabajan en base al llamado efecto de superficie, en que crean una interfase entre el cemento y el agua en la pasta, reduciendo las fuerzas de atracción entre las partículas, con lo que se mejora el proceso de hidratación. Muchos de ellos también desarrollan el efecto aniónico que mencionamos al hablar de los incorporadores de aire. Usualmente reducen el contenido de agua por lo menos en un 5% a 10%. Tienen una serie de ventajas como son:

- a) Economía, ya que se puede reducir la cantidad de cemento.
- b) Facilidad en los procesos constructivos, pues la mayor trabajabilidad de las mezclas permite menor dificultad en colocarlas y compactarlas, con ahorro de tiempo y mano de obra.
- c) Trabajo con asentamientos mayores sin modificar la relación Agua/Cemento.
- d) Mejora significativa de la impermeabilidad.
- e) Posibilidad de bombear mezclas a mayores distancias sin problemas de atoros, ya que actúan como lubricantes, reduciendo la segregación.

En general, la disminución del asentamiento en el tiempo es algo más rápida que en el concreto normal, dependiendo principalmente de la temperatura de la mezcla. Las sustancias más empleadas para fabricarlos son los lignosulfonatos y sus sales, modificaciones y derivados de ácidos lignosulfonados, ácidos hidroxilados carboxílicos y sus sales, carbohidratos y polioles etc. La dosificación normal oscila entre el 0.2% al 0.5% del peso del cemento, y se usan diluidos en el agua de mezcla. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 70)

Sikacem Plastificante

Es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales, mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación, permite una reducción en la cantidad de agua de amasado en un 15% aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido, presenta un aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos y disminuye la exudación. (Sika Building Trust, 2021, pág. 1)

Aditivos Impermeabilizantes

Esta es una categoría de aditivos que sólo está individualizada nominalmente pues en la práctica, los productos que se usan son normalmente reductores de agua, que propician disminuir la permeabilidad al bajar la Relación Agua/Cemento y disminuir los vacíos capilares. Su uso está orientado hacia obras hidráulicas donde se requiere optimizar la estanqueidad de las estructuras. No existe el aditivo que pueda garantizar impermeabilidad si no damos las condiciones adecuadas al concreto para que no exista fisuración, ya que de nada sirve que apliquemos un reductor de agua muy sofisticado, si por otro lado no se consideran en el diseño estructural la ubicación adecuada de

juntas de contracción y expansión, o no se optimiza el proceso constructivo y el curado para prevenir agrietamiento. Hemos tenido ocasión de apreciar proyectos hidráulicos donde en las especificaciones técnicas se indica el uso exclusivo de aditivos impermeabilizantes, lo cual no es correcto y lleva a confusión pues esta connotación que es subjetiva, la han introducido principalmente los fabricantes, pero en la práctica no son en general otra cosa que reductores de agua. Existe un tipo de impermeabilizantes que no actúan reduciendo agua, sino que trabajan sobre el principio de repeler el agua y sellar internamente la estructura de vacíos del concreto, pero su uso no es muy difundido pues no hay seguridad de que realmente confieran impermeabilidad y definitivamente reducen resistencia. Las sustancias empleadas en este tipo de productos son jabones, butilestearato, ciertos aceites minerales y emulsiones asfálticas. Otros elementos que proporcionan características de incremento de impermeabilidad son las cenizas volátiles, las puzolanas y la micro sílice, que en conjunción con el cemento generan una estructura mucho menos permeable que la normal, pero su uso es más restringido. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 72)

Aditivo Sika Fume

Es un aditivo en polvo compuesto por microsílíce (Sílíce Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto. Disminuye la pérdida de cemento y elementos finos, aumenta la resistencia mecánica, aumenta la impermeabilidad, aumenta la resistencia química, aumenta la adherencia al acero, permite utilizar mezclas altamente fluidas con alta cohesión, aumenta la cohesión y disminuye la

exudación de la mezcla fresca, aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos y aumenta la resistencia a abrasión. (Sika Building Trust, 2021, págs. 1-2)

Microsílíce

(Euclid Group Toxement, 2016, págs. 1-3), La Microsílíce o Microsílíce o Humo de sílice o sílica fume, como fue adoptado por la ASTM y el ACI para referirse al humo de sílice condensado, es un subproducto de la industria de las aleaciones de hierro, como el ferro silíceo. En términos simples, es el hollín que queda adherido a las mangas del filtro cuando los gases pasan a través de éste.

El tamaño de la partícula es aproximadamente 100 veces más pequeña que el grano de cemento (alrededor de 0,14 μm en promedio), tienen forma redondeada y un alto contenido de sílice amorfa (SiO_2 - que se puede combinar químicamente), el cemento durante el proceso de hidratación libera calor, que en presencia de un material amorfo rico en sílice (como la microsílíce), en condiciones de humedad y a temperatura ambiente, forma productos cementantes secundarios estables física y químicamente que contribuyen a las resistencias del concreto; además, los productos formados no liberan calor de hidratación y son resistentes químicamente, lo que hace concretos más durables. De otra parte, el tamaño de partícula le permite ocupar los vacíos que normalmente quedan en la pasta de cemento, dando un efecto de densificación, contribuyendo en la masa de concreto a una menor porosidad, menor permeabilidad, mayor resistencia y mayor durabilidad.

Aplicaciones.

(Euclid Group Toxement, 2016, pág. 4), Concretos de altas resistencias (mayores a 55 MPa): Se ha tenido conocimiento de concretos de hasta 230 MPa (2300 kg/cm^2 , más de 30.000 psi). Los concretos de alta resistencia han permitido construir edificios de concreto de gran altura; se pueden obtener columnas con dimensiones más

reducidas y con menores volúmenes de concreto, lo que permite reducción de la carga muerta estructural; además un módulo elástico mayor reduce las deflexiones en edificios altos. En Colombia se han logrado concretos experimentales cercanos a los 98 MPa (980 kg/cm², 14.000 psi). La construcción del edificio Two Union Square, en Seattle, utilizó concreto con una resistencia a 91 días de 145 MPa. Su diseño exigió 556 kg/m³ de material cementante, incluido un 7.7% de Microsíllice; 15.7 l/m³ de aditivo súper plastificante y una relación agua/material cementante de 0.23.

Concretos de alta durabilidad: Con el empleo de la Microsíllice se pueden lograr importantes reducciones en la permeabilidad a fluidos y en la difusión iónica. Esto significa un concreto más resistente a la penetración de elementos como: cloruros, sulfatos, dióxido de carbono, ácidos, vapores, gases, etc.

Concreto lanzado de alto desempeño: Con el uso de Microsíllice en el concreto lanzado se obtiene una mayor cohesión del concreto fresco y la reacción puzolánica.

Estas dos propiedades significan:

- Reducción de hasta el 50% del rebote.
- Mayor espesor de cada aplicación.
- Eventual eliminación del acelerante.
- Alta resistencia a edades tempranas y al deslave.
- Mayor durabilidad frente a cloruros, sulfatos, ácidos y la reacción álcali - agregado.

(Euclid Group Toxement, 2016, pág. 4)

1.4.4. Propiedades Principales del concreto

Trabajabilidad

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian. Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa. Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos 1/4" sobre el agregado grueso. El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo, debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump, pero trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 75)

Segregación

(Pasquel Carbajal, 1998), "las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es sólo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación. En los concretos con contenidos de piedra > del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniendo dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más del 6%.” (Pág.79)

Resistencia

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto. Un factor indirecto, pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto. Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 Kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencias sobre los 700 kg/cm². Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en

compresión que bordean los 1,500 kg/cm², y todo parece indicar que el desarrollo de estas técnicas permitirá en el futuro superar incluso estos niveles de resistencia. (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 81)

Succión capilar

La capacidad y la velocidad de succión del concreto, es un parámetro asociado con la durabilidad de las estructuras de concreto, el método es sensible a los cambios de la características de las mezclas y principalmente a las condiciones de curado, por lo que resulta una herramienta eficaz para especificaciones basadas en el desempeño, el reglamento Cirsoc 201-2005 establece que los concretos de las estructuras sometidas a cualquier clase de exposición, excepto a la exposición no agresiva, debe tener una velocidad de succión igual o menos a 4g/m², medida de acuerdo a la norma Iram 1871.

(Fernández Luco, s.f., pág.142) , sostiene que la porosidad es un parámetro condicionante de primer orden para asegurar la durabilidad del concreto, para profundizar en esta dependencia no basta con considerar la presencia de poros en la masa, hay que analizar también su distribución geométrica y espacial, la succión capilar puede ser medida solamente en morteros o concreto parcialmente saturados, no produciéndose el fenómeno de succión en materiales saturados, mientras los materiales totalmente secos, la absorción se efectúa en los capilares.

1.5. Limitaciones

Las limitaciones del proyecto, se evaluará, las propiedades del concreto fresco (asentamiento y peso unitario) y en el concreto en estado endurecido a 14 días de curado se evaluará (resistencia a la compresión y succión capilar).

1.6. Formulación del problema

¿De qué manera influye el uso de la micro sílice Sika fume en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con fines de cimentación empleando una relación a/c 0.50 en la ciudad de Lima,2022?

1.7. Objetivos

Determinar la influencia de la microsílíce Sika fume y el plastificante Sikacem como variable constante en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con fines de cimentación empleando una relación a/c 0.50 en la ciudad de Lima,2022.

1.7.1. Objetivos específicos

- Elaborar el diseño de mezcla para un concreto con fines de cimentación con una relación a/c 0.50.
- Determinar la dosificación óptima con microsílíce Sika Fume y Sikacem plastificante como variable constante para la resistencia a la compresión óptima del concreto con relación a/c de 0.50
- Determinar la resistencia a la compresión, Asentamiento y succión capilar de los testigos de concreto con dosificaciones de adición de microsílíce al 2.50%, 5.00%, 7.50%,10.00% y el plastificante con 0.85% en cada dosificación del concreto.
- Analizar los costos por m³ del concreto patrón y sus dosificaciones en adiciones porcentuales de microsílíce y plastificante.

1.8. Hipótesis

H: El uso de la sílice Sika fume y el plastificante Sikacem como variable constante mejorará las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con fines de cimentación empleando una relación a/c 0.50 en la Ciudad de Lima,2022.

1.8.1. Hipótesis específicas

- El desarrollo del diseño de mezcla de un concreto con fines de cimentación con una relación a/c 0.50 influyen en la obtención de resultados, al evaluar las propiedades físicas y mecánicas.
- La incorporación de la sílice Sika fume al 2.50%, 5.00%. 750% y 10.00% y Sikacem plastificante como un agente que aporta trabajabilidad a la mezcla influye de manera positiva en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto con relación a/c de 0.50 con fines de cimentación.
- La incorporación de la sílice Sika fume y Sikacem plastificante como un agente que aporta trabajabilidad a la mezcla influye de manera positiva en el asentamiento, peso unitario del concreto, resistencia a la compresión y succión capilar de un concreto con relación a/c 0.50 con fines de cimentación.
- La incorporación de la sílice Sika fume y Sikacem plastificante como un agente que aporta trabajabilidad a la mezcla generará un aporte en costo-beneficio para el análisis de costos por m³.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental.

La presente investigación es de diseño experimental porque se manipula de manera intencional una o más variables dependientes, para analizar las consecuencias sobre una o más variables independientes.

La investigación es transversal porque permite la recolección de datos con el propósito de describir las variables y analizar su comportamiento en un mismo tiempo.

Gráfica 1.

Tipo de Investigación



Tabla 5.

Operacionalización de Variables

Grupo	Pre prueba	Tratamiento	Post Prueba
GE	O1	X: Adición microsílíce Sika fume y plastificante Sikacem	O2: resistencia a la compresión, slump, PUC y succión capilar
GC	O3	Adición del plastificante Sikacem	O4: Resistencia a la compresión, slump, PUC y Succión capilar.

Se estableció los siguientes GE (grupo de estudio) y GC (grupo de control) en los cuales se indica que el uso del plastificante es para solo para que la mezcla no pierda trabajabilidad, siendo así una variable constante en los diseños de mezcla realizados para porcentaje de adición de Microsílíce Sika fume.

Variable Independiente: Microsílíce Sika Fume

Variable Dependiente: Propiedades del concreto con fines de cimentación

Variable Constante: Plastificante Sikacem Plastificante

2.2. Población y muestra

2.1.1. Unidad de Estudio

La probeta Cilíndrica de 4” x 8” de un concreto con fines de cimentación empleando una relación a/c 0.50 en la ciudad de Lima

2.1.2. Población

En la presente investigación se emplearán todas las probetas de concreto que se someterán a resistencia a compresión, tanto como las probetas con aditivo Sika fume y probetas patrón, por medio del ensayo a la compresión, asentamiento y permeabilidad por el ensayo de succión capilar realizados en un laboratorio especializado; a los 7, 14 días.

2.1.3. Muestra

El tipo de muestreo es probabilístico estratigráfico, el muestreo estratificado es un tipo de muestreo probabilístico mediante el cual se puede ramificar toda una población en múltiples grupos homogéneos no superpuestos (estratos) y elegir aleatoriamente a miembros finales de los diversos estratos para realizar la investigación. (Rubio Jacobo, 2014, pág. 20)

El tamaño de muestra de la investigación se calculará con la siguiente formula:

Variable Cualitativa: para proporción poblacional

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

- n_0 = Tamaño de la muestra
- Z = Es el valor de la distribución normal estandarizada (bilateral) para un nivel de confianza fijado por el investigador.
- S = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.
- E = Error del muestreo en % del estimador o en absoluto (unidades). Fijada por el investigador.

Tabla 6.

Nivel de Confianza Z

Nivel de confianza ($1-\alpha$)	Nivel de significancia (α)	Valor Z (Bilateral)
90% = 0.90	10% = 0.10	1.645
91% = 0.91	9% = 0.09	1.695
92% = 0.92	8% = 0.08	1.751
93% = 0.93	7% = 0.07	1.812
94% = 0.94	6% = 0.06	1.881
95% = 0.95	5% = 0.05	1.960
96% = 0.96	4% = 0.04	2.054
97% = 0.97	3% = 0.03	2.170
98% = 0.98	2% = 0.02	2.326
99% = 0.99	1% = 0.01	2.576

Fuente: (Rubio Jácobo, 2014, pág. 18)

Tabla 7.
Estudio previo para estimacion de cantidad de muestra

Especímenes de Concreto	Esfuerzo (kg/cm²)	Promedio (kg/cm²)
Muestra Patrón	612.00	612.48
	618.45	
	607.00	
5%	751.58	751.33
	745.35	
	757.1	
10%	895.73	900.33
	906.11	
	898.85	
15%	925.14	920.33
	915.67	
	920.00	

Fuente: Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia con micro sílice y nano sílice, Lima-2019

El cálculo de la desviación estándar es de 80.06.

$$E = 70.127$$

Z= 1.96, nivel de confianza del 95%

Por lo tanto, obtenemos:

$$n_0 = \frac{1.96^2 80.06^2}{70.127^2}$$

$$n_0 = 4.994 \rightarrow 5$$

Por lo tanto, lo mínimo que se requiere es 5 especímenes de concreto, pero por motivos de estudio se tomará 6 especímenes de concreto por diseño.

El número de muestra para la investigación está determinado por las siguientes características:

1. Resistencia de diseño del concreto: Relación a/c 0.50
2. Tiempo de rotura de Curado: 7, 14 días
3. Tipo de ensayos del concreto estado endurecido:
 - Probetas: Resistencia a la compresión (ASTM C39).
 - Probeta: Permeabilidad- Succión Capilar
4. Dosificación del aditivo Sika fume (2.5%, 5.0%, 7.50% y 10%) en función al volumen de concreto)

Tabla 8.

Cantidad de muestra

TIEMPO DE ROTURA	Dosificación del aditivo Sika Fume				
	Patrón	2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
7 DIAS	5	5	5	5	5
14 DIAS	5	5	5	5	5
SUBTOTAL	10	10	10	10	10
TOTAL	50				

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Se realizará 5 probetas adicionales para el ensayo de Permeabilidad- Succión capilar

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.2.1. Técnica de recolección de Datos

Para la técnica de recolección de datos se empleará la NTP 339.034 Método de Ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto, además, ASTM C39 Método de prueba estándar para Resistencia a la Compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Asimismo, se empleará la norma ASTM C43 Método de Ensayo Determinación del Asentamiento del Concreto.

Por último, se utilizará la técnica de observación, porque se busca ver, analizar, caracterizar, anotar y comparar entre varias muestras elaborada para finalmente analizarlas. Esta técnica sirve para recoger información inmediata sobre el tema de estudio.

2.2.2. Instrumentos de Recolección de Datos

El instrumento que se usará para poder recoger y registrar los datos de la investigación, será mediante hoja de observación, ya que este instrumento de recolección de datos es el que mejor se ajusta a nuestra investigación, ayudándonos a describir todo lo observado a lo largo de cada ensayo realizado para cada propiedad tanto física como mecánica.

2.2.3. Técnica de Análisis de Datos

Los métodos usados para el procedimiento de datos son:

- Estadística descriptiva: para estimar medidas de resumen como media aritmética y desviación estándar de la variable respuesta. Lo cual es importante porque luego se verificará con los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis.

- Estadística inferencial: porque a partir de la muestra evaluada, se podrá obtener conclusiones estadísticamente válidas y significativas para la población.

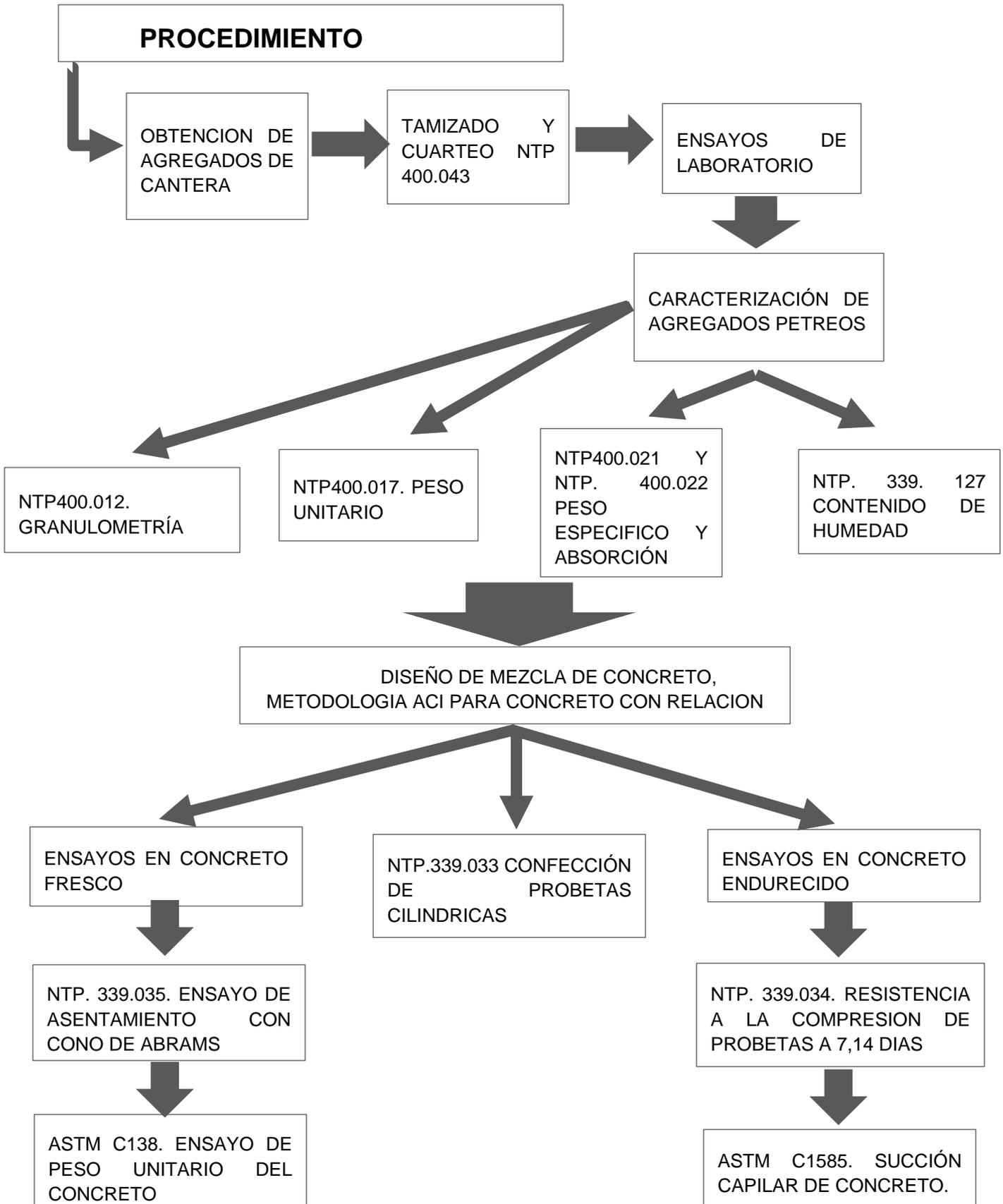
Para ellos se usará las pruebas de Normalidad, confiabilidad y el análisis de la varianza.

2.2.4. Instrumentos de Análisis de Datos

Los instrumentos estadísticos utilizados son las hojas de cálculo en Microsoft Excel
SSPS versión 26.

2.3. Procedimiento

La investigación presenta una serie de etapas de experimentación, las cuales se describen en la Gráfica, y están sustentadas bajo normas técnicas peruanas e internacionales. Para un mejor entendimiento se procederá a describir cada una de las etapas del desarrollo de ensayos tanto en los agregados empleados, así como en los diseños de mezcla de concreto con adiciones de Microsílíce Sikafume de manera variable y aporte de Sikacem plastificante como mejorador de trabajabilidad del concreto.



2.4.4.1. Contenido de Humedad

- El procedimiento de este ensayo se encuentra en la NTP 339.185, denominada Método de ensayo Normalizado para Contenido total de Humedad evaporable en agregados por secado.
- Para el ensayo de humedad se toma una muestra de agregado, que para el caso de la arena gruesa se requiere de una masa mínima de 500 gramos y para el caso de la grava será de mínimo 1kg.
- Posteriormente pesada la masa de los agregados (en estado natural o como se haya encontrado) se procede a introducir cada muestra de agregado a un horno por un periodo de 24 horas con una temperatura constante de 110°C.
- Una vez cumplidas las 24 ± 4 horas, se procede a pesar la masa de la muestra en estado seco, para luego calcular el porcentaje de humedad de cada agregado, el cual se obtiene al dividir entre el peso seco, la diferencia de los pesos húmedos y secos, expresados en porcentaje.

2.4.4.2. Granulometría y Modulo de Finura

- El procedimiento de este ensayo se describe en la NTP 400.012. Agregados. Análisis Granulométrico del Agregado fino, grueso y global.
- Este ensayo permite conocer el tamaño de las partículas y su distribución, a fin de determinar si su gradación es adecuada o se encuentra dentro los rangos permisibles para su uso en concreto.
- Para este ensayo se procede a colocar muestras de agregado fino y grueso en el horno por un periodo de 24 horas a 110°C, en masas superiores a 1 kg en el caso de agregado fino y superiores a 5 kg en el caso del agregado grueso.
- Con masa conocida en condición seca del agregado, se procede a utilizar tamices o mallas ordenadas de mayor a menor diámetro de abertura, con la finalidad de

hacer pasar el agregado por cada uno de los tamices, de esta forma se obtendrán porcentajes retenidos, retenidos acumulados y que pasan, cada una de las mallas utilizadas, Con los valores pasantes, expresados en porcentajes en el eje de ordenadas, y los valores de abertura (expresados en mm), se procede a graficar la curva granulométrica de cada agregado, y se le compara con los husos o rangos permisibles Granulométricos a fin de conocer si el agregado se encuentra dentro de los estándares requeridos para su uso en concreto.

- Asimismo, con este ensayo se calcula el Módulo de finura del agregado fino (o grueso de ser necesario, utilizando mallas de mayor abertura, superiores a malla de 4.75 mm.) el cual se expresa como un número adimensional que se calcula como la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en Los tamices N^o04, N^o08, N^o16, N^o30, N^o50, N^o100, dividido entre 100.

2.4.4.3. Peso Unitario Suelto y Compactado

- Esta prueba también denominada Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos de los agregados se encuentra en la NTP 400.017.
- Para este ensayo se utiliza un recipiente metálico de volumen y masa conocida, los cuales son los valores tara del recipiente. Este ensayo presenta dos modalidades según se indica para material suelto y material compactado y es aplicable para agregados de diámetro inferior a 5 pulgadas.
- Para el caso del peso unitario suelto, el ensayo se resume en llenar por completo el recipiente metálico hasta desbordar de agregado, dejándolo caer de una altura aproximada de 10 cm, para posteriormente rasar con ayuda de una varilla de acero lisa de 5/8" de diámetro y longitud aproximada de 60 cm, de esta forma se retira todo excedente con respecto al nivel o ras, y se procede a registrar la masa del

agregado que ocupa dentro del recipiente. Al conocer la masa del recipiente se le resta el registro anterior para dividirlo entre el volumen que ocupa equivalente al volumen del recipiente, de esta manera se expresa con número entero en unidades de kg/m³.

- Para caso de peso unitario compactado se deja caer el agregado en 03 capas, aproximadamente a cada 1/3 de capacidad del recipiente metálico, compactándose enérgicamente con ayuda de la varilla lisa, con 25 golpes/capa repartidos en la mayor cantidad de área posibles de agregado. Posteriormente compactado, se procede a rasar en la última capa con respecto a nivel del recipiente, se retiran los excesos y se registra la masa de suelo compactada en el recipiente. El cálculo se determina de la misma forma que el anterior caso.

2.4.4.4. Pesos Específico y Absorción del Agregado Grueso

- Para este ensayo se utiliza la normativa denominada Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del Agregado Grueso el cual se encuentra codificado como NTP 400.021.
- Para este ensayo, se procede a sumergir por 24 horas una muestra de agregado grueso, aproximadamente 5kg, con ello se busca saturar los poros del agregado.
- Posteriormente, se retira el agregado del agua y con ayuda de una franela se retira el excedente de agua superficial del agregado, hasta que su superficie pierda brillo, y se va acumulando una muestra de agregado en una tara de masa conocida, Se procede a registrar la masa de agregado, al cual se le denomina masa de agregado saturado superficialmente seco (SSS),
- Luego, con la misma muestra de agregado obtenida en el paso anterior, se determina la masa de suelo en condición sumergida, para lo cual se utiliza una balanza de presión 1g, la cual tiene un gancho con una bandeja de agua por debajo

de ella y una canastilla sumergible, previamente se tara la canastilla sumergida, para introducir el agregado y registrar su masa sumergida.

- Una vez realizado el procedimiento anterior, se procede a retirar la muestra de la canastilla (intentando conservar la totalidad de la muestra) y se coloca en una tara de masa conocida, que es llevada al horno por un periodo de 24 horas a una temperatura estable de 110°C, y de esta forma determinar la masa seca del agregado.
- Con estos valores se determina el peso específico de masa como la división de la masa seca obtenida en el horno entre, la diferencia de la masa SSS y la masa sumergida del agregado, multiplicada x100, este valor se expresa en gramos/cm³.
- Asimismo, se puede determinar la absorción del agregado como la diferencia de la masa SSS y la masa seca, dividida entre su propia masa seca, multiplicada x100 y expresada como porcentaje de absorción del agregado (%).

2.4.4.5. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

- Se sumerge en agua durante 24 horas unos 3 kg. del agregado a fin de saturar sus poros, posteriormente se escurre el agua en exceso, y con uso de una estufa o un secador de cabello se procede a secar la parte superficial de los granos de arena para determinar la masa saturada superficialmente seca, se debe tener cuidado con no secar de manera excesiva, de esta forma, su condición SSS se corrobora con ayuda de un molde cónico trunco y un pisón de mano, para lo cual se introduce arena por el orificio de menor diámetro del cono trunco y con el pisón se le da 25 golpes, se esta manera al retirar el cono, si el agregado conserva la forma del molde, se debe secar un poco más, muy por el contrario, si se cae por completo estará muy seca; se debe evidenciar en la prueba un pequeño núcleo de arena compactada.

- Del material en condición SSS, se toma una muestra de 500 gr que se lleva a una fiola con agua, la cual se deberá rolar con la finalidad de eliminar vacíos o burbujas de aire, posteriormente se llena de agua hasta su marca de capacidad, y se registra la masa. Previamente se deberá tener los valores de la fiola vacía y la fiola con agua hasta su marca de capacidad. Para este procedimiento se debe utilizar una balanza analítica con precisión de 0.1 g.
- Una vez realizado el procedimiento en la fiola, se extrae todo el material evitando pérdidas y se coloca en una tara con la finalidad de llevarla al horno por 24 horas a una temperatura de 110°C, de esta manera se registra la masa seca del agregado.
- Para el cálculo de su peso específico de masa, se obtiene de la masa seca del material del horno dividido entre la diferencia de 500 (volumen de la fiola en cm³) y el peso en gramos de agua destilada añadida, multiplicado por 100 y se expresa en gramos/centímetro cúbico (g/cm³). Para el cálculo de la absorción se toma como la diferencia de los 500 g (masa SSS) menos la masa seca, dividida entre la propia masa seca multiplicada por 100 para expresarse en porcentaje (%).
- Este ensayo se encuentra descrito en la NTP400.022, denominada Método de Ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

2.3.1. Diseño de mezclas de concreto

2.3.1.1. Diseño de mezcla

- Para el diseño de mezcla se utilizaron las recomendaciones brindadas por el ACI, para ello se requieren de los ensayos mencionados en el ítem 2.4.1., el cual nos proporciona los datos de algunas propiedades de físicas del material que en suma a las tablas del ACI (que se mencionan en nuestra normativa E060 de concreto armado) realizamos el diseño de mezcla de concreto para relaciones a/c=0.50.

- Para este diseño de mezcla, también se consideran las características de la ficha técnica de los demás materiales involucrados, como el cemento, que para nuestra investigación se utilizó Cemento Tipo I, debido a que es un concreto comercial en nuestra área de estudio. Asimismo, el agua se considera agua de red pública que en base a lo que indica la entidad prestadora del servicio presenta condiciones potables, por lo que no repercute o afecta la producción de concreto.
- Con relación A/C de 0.50, la cual fue impuesta a criterio nuestro en base a nuestros antecedentes, se proyecta tener resistencias superiores a 320 kg/cm² y un Slump de diseño de 6 pulgadas.
- Con estos datos de entrada, se procede a determinar las proporciones de los materiales para los diseños de mezcla requeridos. El procedimiento sigue la metodología ACI, con el cálculo del factor cemento según su relación A/C, relaciones el tamaño máximo nominal y el asentamiento para determinar el cubicaje de agua, posteriormente se determinan los volúmenes de agregado y las correcciones respectivas por humedad y absorción.
- Una vez realizado el cálculo del concreto patrón, se procedió a replicar el procedimiento para determinar las proporciones de los materiales para los diseños de mezcla con adiciones porcentuales de Sikafume Microsílíce, considerando que se debe conservar nuestra relación a/c de 0.50, y considerando el aditivo Sikacem Plastificante como un valor fijo para todos los diseños, ya que un aporte de más de este no nos permitirá conocer la afectación en la trabajabilidad.
- Una vez realizados los cálculos de concreto, se determina un volumen de muestra para los trabajos de mezcla, considerando una tanda de 30L para realizar nuestros ensayos de laboratorio para el concreto de cada diseño de mezcla.

2.3.1.2. Confección de Probetas Cilíndricas

- Una vez realizados los cálculos de los diseños de mezcla, se elaboran las tandas de concreto. Y para los ensayos de concreto endurecido se proceden a realizar probetas cilíndricas de concreto, según la NTP. 339.033 la cual es una Práctica Normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto.
- Para esta investigación se realizaron 05 tandas de diseño de mezcla, un concreto patrón y cuatro con adiciones porcentuales de Sikafume. Para cada tanda se realizaron 16 probetas cilíndricas de concreto, 15 para resistencia a compresión a diversos días de curado (07, 14 días) y una para realizarle cortes con la finalidad de determinar valores de succión de cada tanda de concreto.
- Para la confección de cada probeta, se debe considerar una superficie nivelada y rígida libre de vibraciones o desplazamientos bajo techo o un área que no le afecte el clima u otras alteraciones.
- Para nuestra investigación se utilizaron moldes de 4 x 8 pulgadas (relaciones diámetro altura 1 a 2) de plástico previamente engrasados con desmoldante, para estas características corresponde una varilla de acero lisa de 3/8" con una longitud aproximada de 30 cm.
- La confección de las probetas se realiza en dos capas de concreto, que con ayuda de nuestra varilla se compactación se realizan 25 golpes por capa (si se requiere se utilizara combo de goma para vibrar las paredes del molde a fin de evitar cangrejeras o cerrar los vacíos generados por la chuzca). Una vez realizada las dos capas de compactación se rasa el elemento con la varilla a fin de generar una superficie o cara nivelada.
- Luego de haber fraguado (al día siguiente) se procede a desencofrar con ayuda de una compresora de aire, para luego ingresar las probetas a la poza de curado.

2.3.2. Ensayos en Concreto Fresco

2.3.2.1. Asentamiento o Slump del Concreto

- Este ensayo se encuentra descrito en la NTP. 339.035. denominado Método de Ensayo normalizado para la medición del asentamiento del Concreto de cemento Portland.
- Para este ensayo se utiliza un molde (plástico duro o metálico) de forma de cono con terminación trunca denominada cono de Abrams, el cual se asienta sobre una bandeja o superficie nivelada y húmeda, en cuyo interior se vierte concreto en 03 capas homogéneas en altura (determinadas visualmente), y cada capa se compacta 25 veces con golpes repartidos en toda el área de contacto con ayuda de la varilla de acero liso de 5/8”.
- Una vez varillado, se rasa a nivel del cono (todo este procedimiento se realiza mientras se ejerce presión sobre el cono de Abrams). Se procede a levantar el cono en un periodo no mayor a 5 segundos. Y se toma la medida del desplazamiento o asentamiento generado entre la altura del cono metálico a la parte media del concreto desplazado, ese valor se expresa en pulgadas o centímetros con una precisión de 0.25cm. (1/4”), y equivale a la trabajabilidad de la mezcla de concreto.

2.3.2.2. Peso Unitario del concreto

- El ensayo se encuentra descrito en la NTP. 339.046, denominada Método de ensayo para determinar la densidad, rendimiento y contenido de aire del concreto.
- Con ayuda de un recipiente metálico de masa y volumen conocido, se vierte concreto en 03 capas, y a cada capa se compacta con 25 golpes enérgicos con la varilla lisa de acero de 5/8” repartidas en toda el área del concreto, Asimismo, se vibra o cierra vacíos con ayuda de un combo de goma, repartiendo golpes en todo el perímetro del recipiente (12 a 15 golpes). Luego de haber realizado la

compactación, se procede a rasar la superficie de tal manera que quede nivelada y se limpian los excesos, para registrar el peso del concreto dentro del recipiente.

2.3.2.3. Control de temperatura

- El procedimiento para realizar los ensayos de control de temperatura de mezclas de concreto, se encuentra en la NTP 339.184.
- Se aprovecha el concreto dentro del molde una vez realizado el ensayo descrito en 2.4.3.2. Sobre la superficie del concreto fresco, se coloca un termómetro sumergible, el cual debe penetrar mínimamente 3 pulgadas en la mezcla.
- Una vez colocado el termómetro, se deja 1 o dos minutos, o hasta que la lectura en el panel se estabilice, y se registra este valor como la temperatura de la mezcla. Se recomienda que estos valores no superen los 30°C, debido a que un concreto con una alta temperatura puede presentar problemas de fisuración.

2.3.3. Ensayos en concreto endurecido.

2.3.3.1. Resistencia a Compresión de Probetas Cilíndricas

- La descripción del procedimiento de este ensayo se encuentra en la NTP 339.034. Método de Ensayo Normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
- Este procedimiento se aplicó en probetas con curado de 07, 14 días de curado. Según nuestro cronograma, se procedió a retirar la muestra de su inmersión para poder realizar el ensayo de resistencia a compresión.
- El ensayo consiste en someter a carga axial sobre las caras niveladas de concreto de tal manera que se obtenga una relación carga/área equivalente al valor de presión o resistencia a carga de compresión, y también representa el f'_c de diseño para cada mezcla de concreto a sus diversos días de curado.

- Para este ensayo se utilizó una prensa hidráulica Nacional con algunos accesorios Tecnicas CP (Marca de la prensa) con una capacidad de carga de 100Ton o 1000KN, durante el ensayo se aplica una carga constante a una velocidad de 0.25 MPa/s. Las probetas deben estar en condición húmeda, y se registran las medidas de los diámetros superior, medio e inferior de cada probeta, a fin de obtener un área promedio.
- El cálculo de la resistencia obtiene de la división del valor de carga indicado en cada rotura entre su área (calculada con el diámetro promedio) de contacto y se expresa en kg/cm².

2.3.3.2. Ensayo de succión del concreto

- El ensayo de succión o absorción se encuentra en la ASTM C1585 la cual indica el método de prueba estándar para la medición de la tasa de absorción de agua por hormigones de cemento hidráulico.
- Para realizar este ensayo, se procedieron a cortar las probetas cilíndricas transversalmente a su eje más largo, de tal manera que se obtenían cilindros de diámetros 10 cm con una altura de 5 cm aproximadamente, las cuales se secaron al horno por 24 horas a una temperatura de 110°C, para cada diseño de mezcla (05) se utilizaron dos muestras o cilindros.
- Una vez secadas las muestras, se procede a retirar del horno, y se procede impermeabilizar con ayuda de cinta o pintura todas las áreas de concreto, excepto la cara que estará en contacto con el agua.
- Se proceden a colocar las muestras sobre bandejas con superficie nivelada de tal manera, que la inmersión de cada muestra sea de 3mm aproximadamente, y se van registrando los datos para cada intervalo de tiempo de inmersión, se

registraron datos a 1min, 5min, 10 min, 20 min, 30 min, 1h, 2h, 3h, 4h, 6h. 24h, 48h, 72h.

- Se registraron los valores de los pesos de muestra más agua absorbida para cada intervalo de tiempo, asimismo con estos datos se procede a determinar la velocidad de succión para cada diseño de mezcla, de esta manera se logra relacionar el ensayo con la permeabilidad generada por las partículas de Microsílíce en el concreto.

2.4. Consideraciones Éticas

- En esta investigación se hace referencia a cada una de las normas técnicas nacionales e internacionales utilizadas para los ensayos de agregados y concreto, las cuales fueron debidamente citadas.
- En esta investigación se respeta la propiedad intelectual de los antecedentes, artículos, libros y demás fuentes bibliográficas que fueron debidamente citadas en respeto y admiración a su aporte científico que permitieron desarrollar nuestra investigación.

Los datos, cálculos o valores procesados y tabulados en esta investigación corresponden a datos verídicos conforme a cada ensayo realizado y las fórmulas sustentadas en marco teórico, normas y bibliografía señalada.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En este capítulo, se reportan los datos registrados y cálculos obtenidos, debidamente tabulados de los ensayos de laboratorio realizados para los agregados y cada uno de los diseños de mezcla (tanto patrón como con adiciones porcentuales de Microsílíce Sika fume) para ensayos de concreto en estado fresco y endurecido.

3. Agregados

Tabla 9.

Resultados de la caracterización de los agregados

Material	Módulo de finura	Peso específico nominal (Kg/m ³)	Absorción (%)	Peso unitario (Kg/m ³)		Contenido de humedad (%)
				Suelto	Compacto	
A. F	2.68	2,726	0.91	1,638	1,861	0.74
AG.	6.54	2,682	1.01	1,397	1,522	0.34

Descripción. A.F (Agregado fino), A.G. (Agregado grueso), se reportan los resultados de los ensayos mencionados en el capítulo de metodología, estos sirvieron para el desarrollo de los diseños de mezcla.

3.1. Ensayos en concreto

3.1.1. Ensayos en Concreto Fresco

En esta etapa, se procedieron a realizar los diseños de mezcla y determinar los valores de Asentamiento (Slump), Control de temperatura y el Peso unitario del concreto en estado fresco, resultados que se reportan en la Tabla.

Una vez realizados los ensayos de concreto en estado fresco, se procedieron a confeccionar probetas cilíndricas de concreto las cuales se dejaron fraguar, para posteriormente desencofrar y sumergir en agua (curado) hasta los días de rotura correspondientes.

Tabla 10.
Propiedades del concreto patrón y variantes en estado fresco

Diseño de Mezcla	Asentamiento (pulg.)	Temperatura (°C)	Peso unitario (Kg/m ³)
Patrón	7	22.6	2,342
Sika fume al 2.50%	6 1/4	23.0	2,335
Sika fume al 5.00%	5 3/4	21.9	2,320
Sika fume al 7.50%	4 1/2	23.0	2,308
Sika fume al 10.00%	3 1/4	22.6	2,298

Nota: Se aprecia los valores se Slump, temperatura y peso unitario de concreto fresco. Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Ensayos en concreto endurecido

Para el caso de concreto endurecido se realizaron ensayos de resistencia a compresión de testigos cilíndricos de concreto a edades de 07 y 14 días de curado. Asimismo, se realizaron probetas de más para realizar el ensayo de capacidad de succión capilar o absorptividad de concreto.

En la tabla se pueden apreciar los valores promedio, obtenidos de los ensayos de resistencia a compresión a edad de 07 días, los cuales evidencian que existen una mejoría de la resistencia de concreto patrón. Se puede indicar que el concreto con adiciones de 5.00% presenta una mayor ganancia, el cual logra mejorar de 251.04 kg/cm² a 272.42 kg/cm²; cabe señalar que según antecedentes la microsílíce mejora sus efectos al aportar resistencia a mayor tiempo de curado.

Tabla 11.
Resistencia a la compresión promedio a la edad de 07 días

Diseño de Mezcla	Resistencia promedio (kg/cm²)
Patrón	251.04
Sika fume al 2.50%	258.35
Sika fume al 5.00%	272.42
Sika fume al 7.50%	267.12
Sika fume al 10.00%	217.64

Valores indican que al 5.00% de adición se obtuvo resistencia máxima de concreto a edad de 07 días.

Tabla 12.
Resistencia a la compresión promedio a la edad de 14 días

Diseño de Mezcla	Resistencia promedio (kg/cm²)
Patrón	342.18
Sika fume al 2.50%	349.33
Sika fume al 5.00%	373.58
Sika fume al 7.50%	350.25
Sika fume al 10.00%	276.68

Valores indican que al 5.00% de adición se obtuvo resistencia máxima de concreto a edad de 14 días

Se puede apreciar en la tabla 12, que el diseño de mezcla con Sikafume al 5.00% presenta una resistencia de 373.58 kg/cm² a una edad de 14 días, proyectándose a desarrollar resistencias mayores al patrón que tiene un valor de 342.18kg/cm². Solo los valores de adición con Sikafume al 10% se encuentran por debajo de la resistencia patrón, lo cual hace indicar que adiciones superiores al 7.5% no resultarían de utilidad para mejorar las

propiedades resistentes del concreto. Para el caso de 2.5% y 5.0% de adición de Microsílíce los valores se encuentran por encima de la resistencia de concreto patrón.

3.1.3. Ensayo de Capacidad de Succión.

Se desarrollaron también, ensayos de Capacidad de Succión, relacionándola con las características de porosidad del concreto, según la teoría, las adiciones de Microsílíce logran reducir la porosidad del concreto, en consecuencia, su capacidad y velocidad de succión. Dicho esto, para el ensayo se procedió a realizar los cortes de las partes inferiores y superiores de una probeta de concreto, una vez preparadas las muestras, se procedió a realizar el ensayo de succión por 04 días (periodo en el cual se estabilizaron los pesos de las muestras). En la tabla 13, se evidencian los resultados del ensayo.

Tabla 13.

Capacidad de Succión y Velocidad de Succión del concreto

Diseño de Mezcla de concreto	V succión g/ (m ² s ^{1/2})	R ²	Cap. Succión g/m ²
Patrón superior	42.47	0.993	9013.30
Patrón inferior	49.81	0.989	8849.40
Sikafume al 2.5% sup.	46.82	0.990	8910.73
Sikafume al 2.5% inf	44.88	0.992	8735.97
Sikafume al 5% sup.	44.06	0.990	8499.91
Sikafume al 5% inf	44.48	0.993	8737.31
Sikafume al 7.5% sup	42.50	0.988	8250.28
Sikafume al 7.5% inf	45.89	0.984	8420.82
Sikafume al 10% sup	36.63	0.985	8144.48
Sikafume al 10% inf	42.44	0.984	8119.76

Se aprecia los valores de velocidad de succión, que se determinan con los valores de la pendiente de su recta, asimismo se pueden determinar como el promedio de la cantidad de agua absorbida por las probetas dividido entre el área de contacto y la raíz cuadrada del tiempo. Asimismo, los valores R² están referidos a la confiabilidad de la regresión lineal de la recta. Y la capacidad de succión, es la cantidad de agua absorbida del concreto dividida entre su área de contacto.

3.1.4. Costos de la elaboración de concreto por M3.

Dentro de nuestros objetivos, se plantea determinar un análisis de costo de la elaboración de concreto para 1 metro cúbico, de esta manera determinar los beneficios económicos que generaría o no. De esta forma en la tabla 13, se pueden apreciar los costos que conllevaría realizar 1 m³ de concreto. Para el caso de concreto patrón se tiene un costo de 342.64 soles el m³, y para el caso de 5.00% (que es el concreto con mayor resistencia obtenida, y la adición de mayor beneficio) se tiene un costo de 453.78 soles.

Tabla 14.

Análisis de Costos del concreto patrón y sus variantes

Análisis de Costos x m³ del concreto patrón y sus variantes

	Patrón	2.50% Sikafume	5.00% Sikafume	7.50% Sikafume	10.00% Sikafume
Costo x m³	S/ 342.64	S/400.32	S/ 453.78	S/ 512.00	S/570.23

Para nuestro porcentaje óptimo de 5% de Sikafume, se tiene un sobrecosto de 111.14 soles por M³ de concreto, lo que sería justificable en gastos para mejorar las capacidades resistentes y de durabilidad de un concreto con fines de cimentación.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

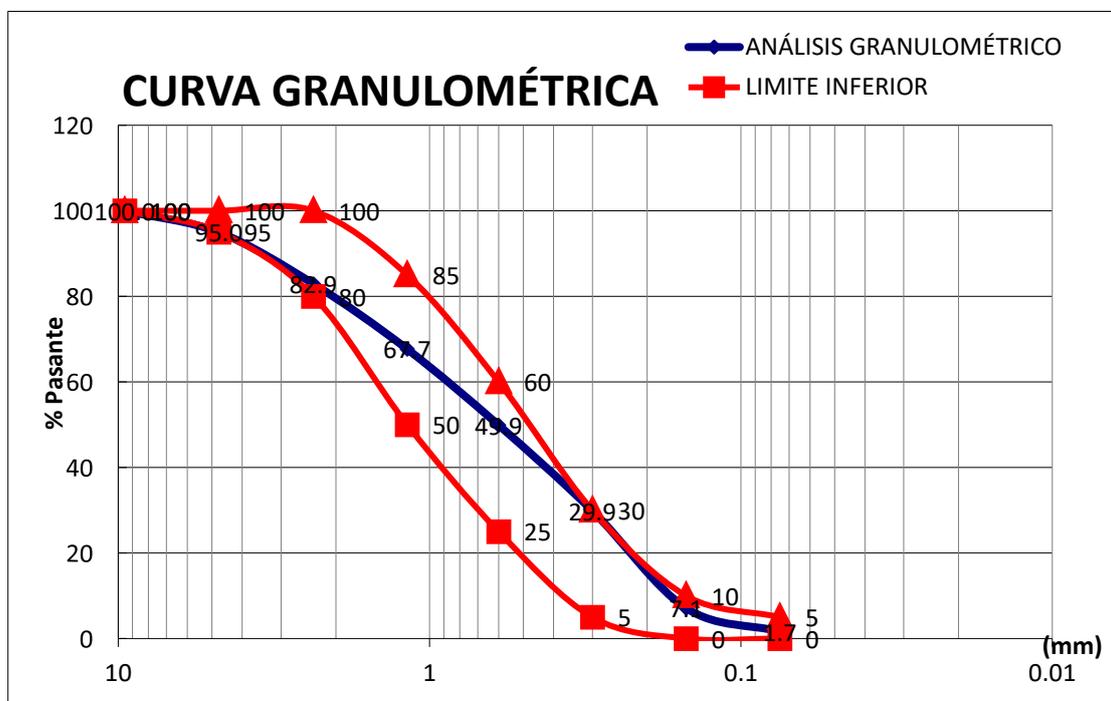
4. Discusión

4.1.1. Caracterización de los Agregados

Uno de los parámetros que se deben cumplir en la elaboración de concreto, es que los agregados utilizados para la mezcla, cumplan las gradaciones o husos granulométricos normativos, esto se deriva del ensayo de granulometría, del cual se obtuvieron las siguientes curvas granulométricas.

Gráfica 2.

Curva y Huso Granulométrico del agregado fino.



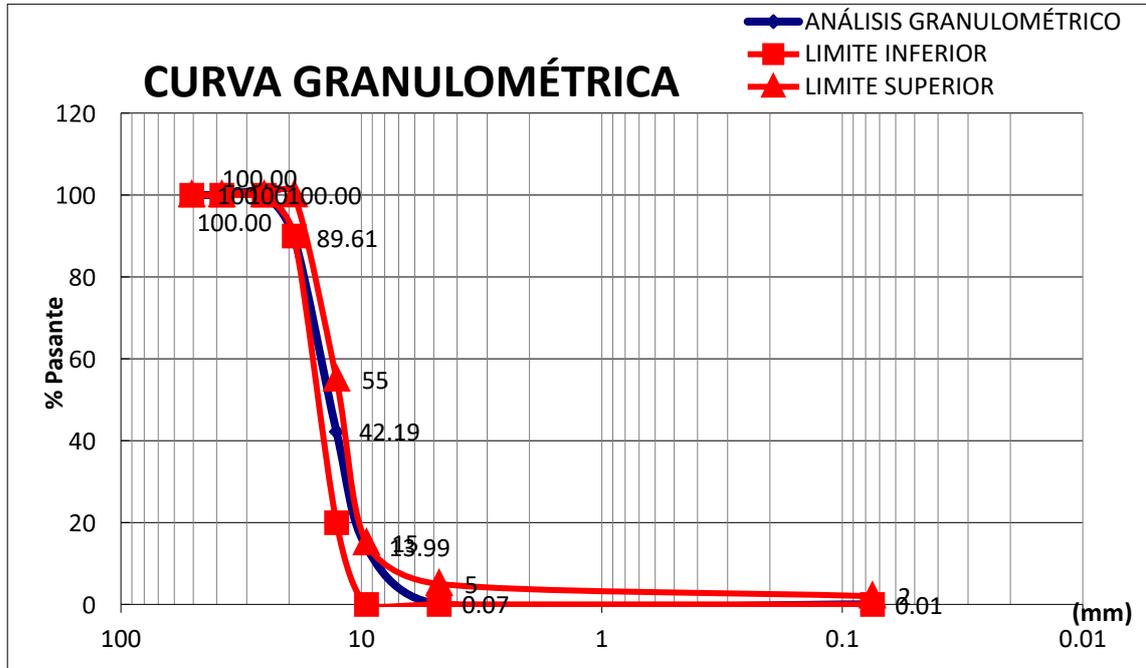
Siendo la curva azul la correspondiente al análisis granulométrico del agregado fino (arena gruesa), y las franjas rojas los límites o husos granulométricos correspondientes a la arena para su uso en concreto, como indican las normativas técnica NTP. 400.012.

Asimismo, para el ensayo de granulometría del agregado grueso se tuvieron que realizar la clasificación del huso granulométrico para el agregado empleado. Estos husos se evidencian en un cuadro resumen generado con los datos de la NTP 400.012.

Sobre las características del agregado que cumple con las condiciones mínimas que nos indica la NTP.400.037 sobre Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

Gráfica 3.

Curva y Huso granulométrico N° 6 del agregado grueso



Siendo la curva azul la correspondiente al análisis granulométrico del agregado grueso (grava), y las franjas rojas los límites o huso granulométrico N°06 correspondientes a la grava para su uso en concreto, como indican las normativas técnica NTP. 400.012.

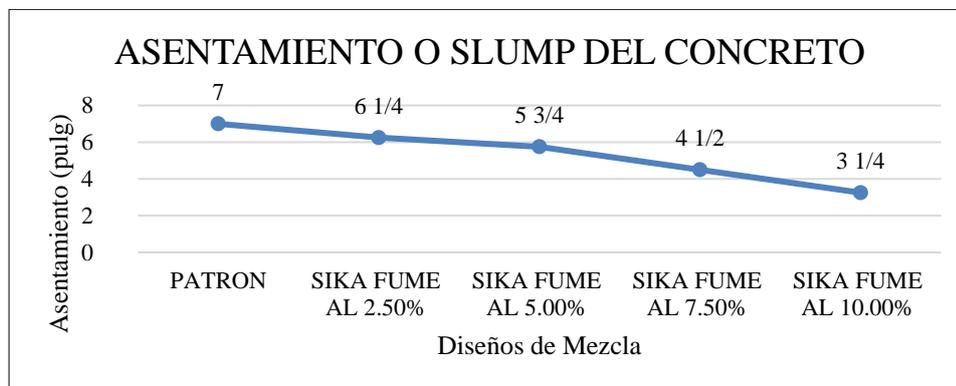
En la gráfica 03, podemos apreciar los valores que pasan de la distribución de partículas del agregado grueso, según el ensayo de granulometría, y los rangos permisibles para el agregado a fin de que se encuentre entre las tolerancias del Huso 06. Es por ello que se puede indicar que el agregado se encuentra dentro de los rangos permisibles en cuanto a su distribución de partículas, por lo que se puede utilizar en la elaboración de concreto.

4.1.2. Concreto Fresco

De la tabla 10, se puede apreciar que, conforme se adiciona porcentajes de microsílíce (2.50%, 5.00%, 7.50% y 10.00%) y sin variar las cantidades de plastificante Sikacem al 0.85%, se va perdiendo trabajabilidad reflejada en la reducción de asentamiento o trabajabilidad del diseño de mezcla ensayado, asimismo, esto se reflejó en los trabajos de confección de probetas cilíndricas, los cuales se tuvieron que realizar con mayor cuidado. Asimismo, en la tabla, encontramos que la temperatura no afecta de manera directa a la trabajabilidad de la mezcla en condiciones de laboratorio (debido a que en obra se encuentran otros factores climáticos que sí podrían tener incidencia sobre el proceso de amasado de concreto).

Gráfica 4.

Asentamiento o Slump del concreto patrón y variantes

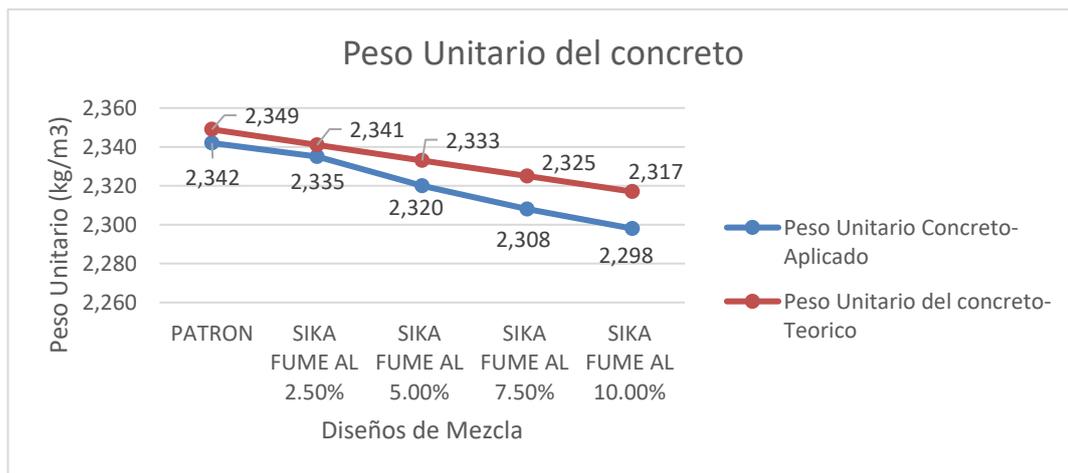


Para nuestra investigación, como se puede apreciar en la gráfica 04 se presenta un el 5% de Adición presenta un Slump de 5 3/4" lo cual resulta en un concreto bastante trabajable, y teniendo en cuenta las propiedades resistentes encontradas se puede determinar que la microsílíce reduce sus propiedades trabajables, sin embargo al 5% aún se puede obtener un concreto de buena trabajabilidad.

Para el concreto en estado fresco también se realizaron los ensayos de peso unitario donde se encontró la tendencia de que el peso unitario se reduce conforme se va incrementando las adiciones de microsílíce, esto se debe a que el microsílíce presenta una menor densidad (según su ficha técnica) lo que conlleva que se reduzca el peso unitario. Este ensayo se contrasta con los pesos unitarios teóricos calculados en los diseños de mezcla de concreto, como se puede apreciar en la Gráfica 5, los valores de los ensayos en laboratorio resulta por debajo de los valores teóricos, por una pequeña diferencia en peso, es decir las mezclas de concreto cumple con las características de peso unitario teóricos, la diferencia entre los valores teóricos y prácticos puede acuñarse al proceso de amasado del concreto y a la densidad del microsílíce, el cual al parecer reduce el peso unitario generando un concreto de menor densidad. Podemos apreciar también que conforme aumenta la adición la diferencia entre los valores teóricos y prácticos es más notoria.

Gráfica 5.

Peso Unitario teórico y práctico del concreto patrón y variantes.



4.1.3. Concreto endurecido

4.1.3.1. Resistencia a compresión

Sobre los ensayos de resistencia a compresión se obtuvieron resultados para edades de curado de 07 y 14 días. En la tabla 14 podemos apreciar los valores de resistencia para ambos días de curado, donde resaltamos que la adición de microsílíce al 5% presenta un mejor desempeño con respecto a su resistencia para ambos días de curado, superando al concreto Patrón y demás adiciones. Esto nos permite determinar que las adiciones de microsílíce, verdaderamente, aportan en la ganancia de resistencia del concreto, garantizando y mejorando sus propiedades mecánicas resistentes, es por ello que se recomienda la adición de microsílíce pues permite alcanzar grandes resistencias y mejora la durabilidad de la estructura debido a que la sílice presente en la mezcla maximiza y garantiza que el cemento de la mezcla logre obtener sus características reológicas.

Tabla 155. Resumen de los valores de Resistencia a compresión.

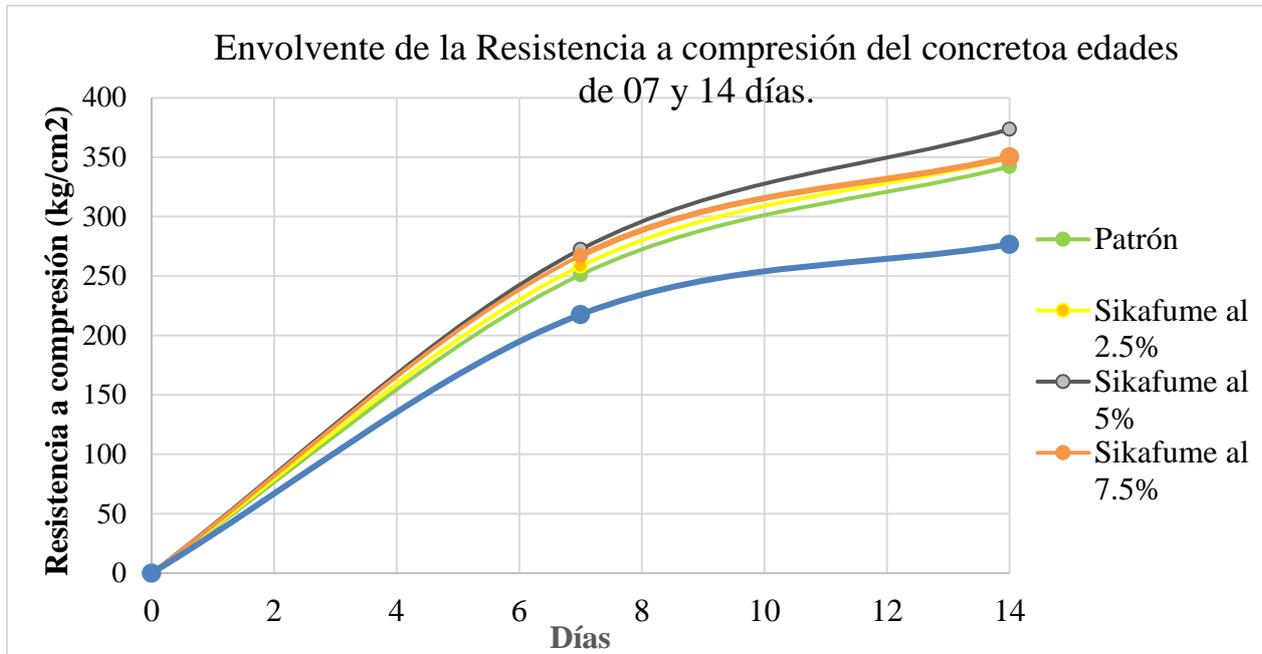
EDAD	PATRON	2.50%	5.00%	7.50%	10.00%
07	251.04	258.35	272.42	267.12	217.64
14	342.18	349.33	373.58	350.25	276.68

En la Gráfica 6, podemos apreciar la evolución de la resistencia a compresión del concreto a través de las edades de ensayo, donde podemos apreciar que la mezcla con Sikafume al 5% presenta una mayor ganancia con respecto a sus contendores. También, podemos indicar que los porcentajes de 2.5% y 7.5% tienen características similares en resistencia, sin embargo, no resulta útil utilizar mayor cantidad de sílice si no se obtendrá mayores beneficios en su resistencia, por lo que la adición de 2.5% también podría indicarse que aporta y garantiza las resistencias de diseño por lo que

podría aplicarse como una alternativa más económica. Se descarta utilizar Sikafume al 10% debido a que su poca trabajabilidad y su no ganancia en resistencia a través del tiempo.

Gráfica 6.

Envolvente de la Resistencia a compresión del concreto a edades de 07 y 14 días de curado.



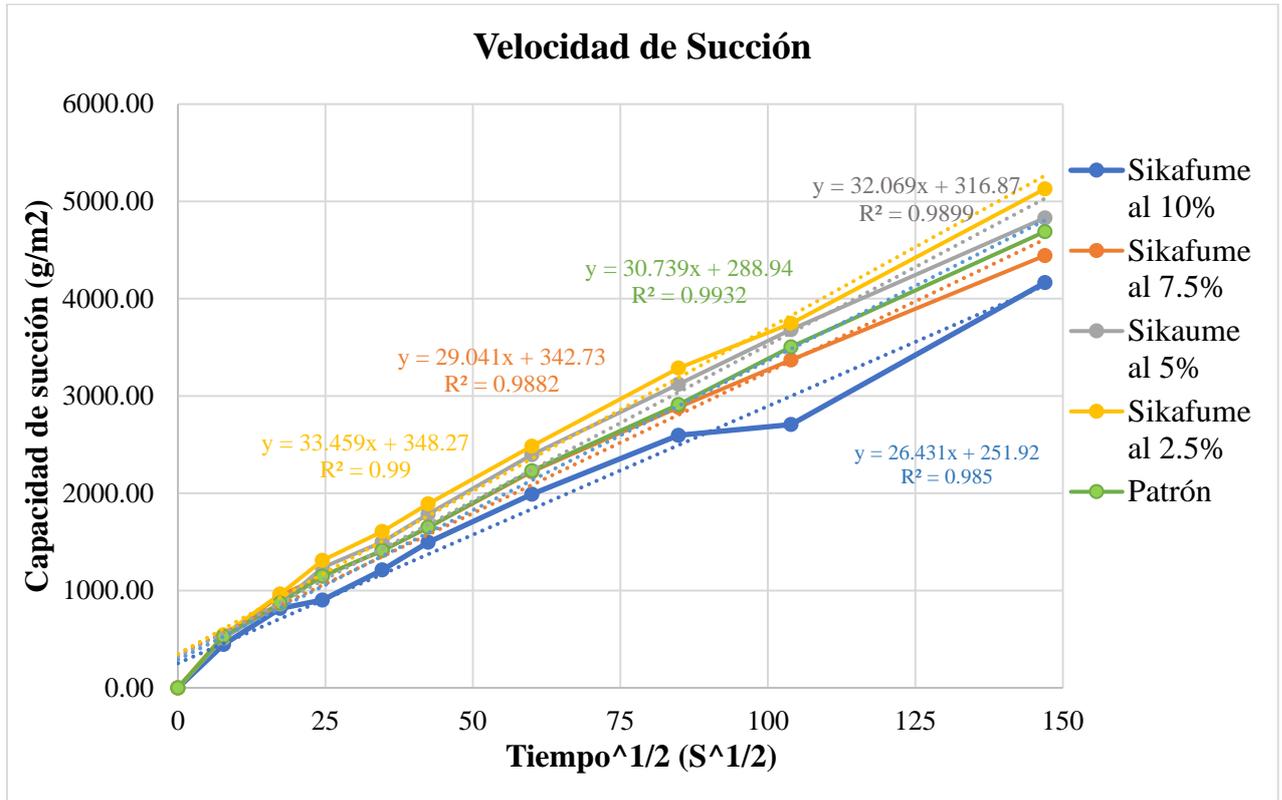
En la gráfica 06, podemos ver la envolvente de las resistencias a compresión para cada diseño de mezcla elaborado, evidenciado que la cúspide de la resistencia la presentan las probetas de 5% Sikafume, el cual mejora las propiedades y se recomienda su uso para cimentaciones debido a su alta capacidad de resistencia, siendo un elemento que trabaja netamente a compresión, por lo que las adiciones de Sikafume al 5% resulta beneficioso.

4.1.3.2. Capacidad de Succión

En la gráfica 07 se aprecian las curvas de las velocidades iniciales de succión de los diseños de mezcla de concreto, con sus respectivas ecuaciones.

Gráfica 7.

Envolvente de la Velocidad Inicial de Succión



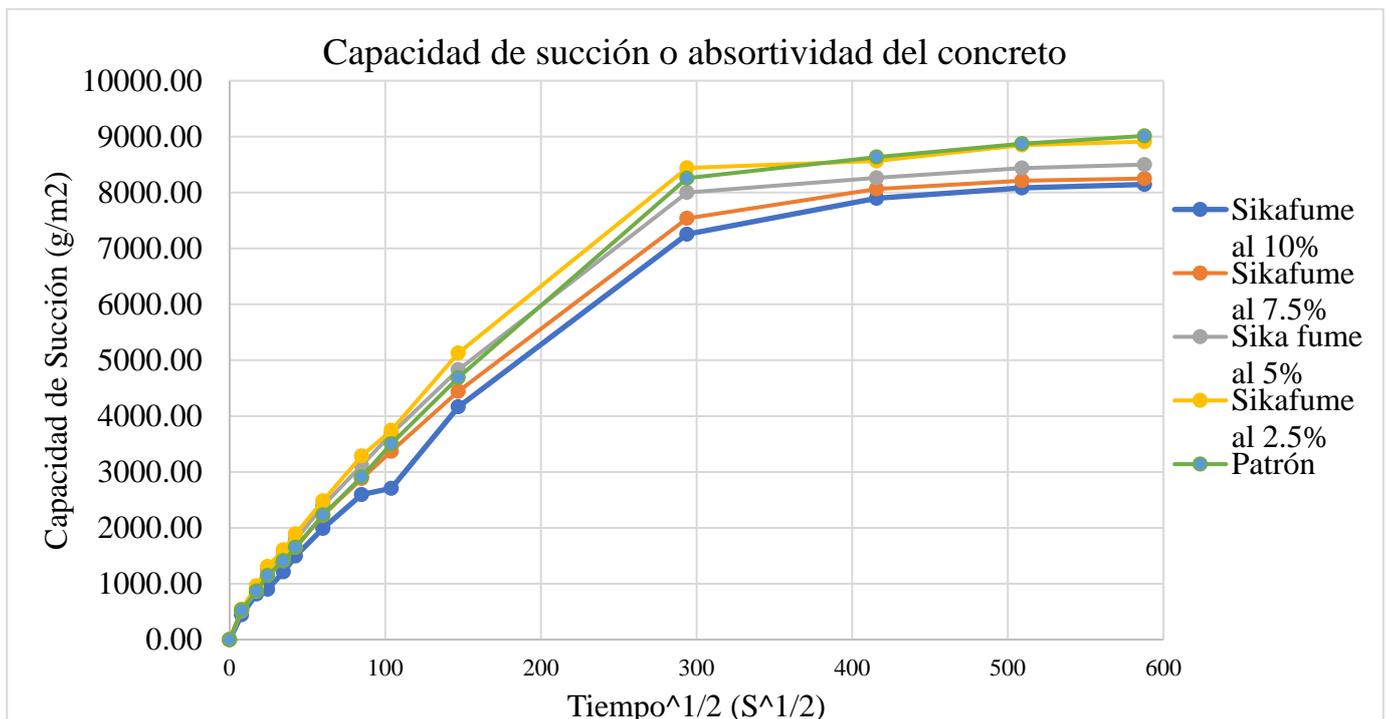
Durante el ensayo de succión, también se puede determinar la capacidad del concreto para absorber agua, conocido como capacidad de succión o absorptividad. En la tabla 13 podemos verificar los resultados, donde se indica que a mayor cantidad de Sikafume, menor es la capacidad de succión del concreto, por lo que el microsílíce debido a su finura ocupa espacio dentro de las moléculas de concreto reduciendo su permeabilidad, logrando que el concreto retenga menor cantidad de agua. Esta reducción de permeabilidad, en cimentaciones, reduce la incursión de agentes agresivos como cloruros o sulfatos, mejorando la durabilidad del concreto. Así mismo, al verse reducida la

permeabilidad, se garantiza la durabilidad de los elementos embebidos del concreto como el acero de refuerzo.

En la gráfica 8, se puede apreciar las envolventes de los ensayos de capacidad de succión, donde podemos ver la tendencia de absorción de cada una de las muestras para cada diseño de mezcla elaborado, se puede apreciar que en las adiciones de 5%, 7.5% y 10%, la capacidad de succión se ve reducida, sin embargo, para las adiciones de 2.5% no existe gran diferencia con respecto a la mezcla patrón. En esta gráfica, también, se puede apreciar que los últimos valores, tomados a 96 horas, las masas absorbidas tienden a ser constantes con respecto a su último valor tomado.

Gráfica 8.

Envolvente de la Capacidad de Succion o Absortividad del concreto



4.1.4. Contraste con los antecedentes de la investigación.

Considerando los resultados de Fiores (2019), nos indica que los valores obtenidos en sus ensayos de resistencia a compresión tenían una ganancia de 160.72% con un 10% de microsílíce para una edad de 28 días. Sin embargo, se desconocen la presentación y granulometría de las sílices utilizados, para nuestro caso se ha utilizado un aditivo de uso comercial, que presenta ficha técnica y recomendaciones de uso, siendo el rango de uso máximo según ficha técnica de 10% y se recomienda ensayos de laboratorio. Por ello, a las edades de 14 días nuestros valores de resistencia obtuvieron una ganancia de 9.18% a edades tempranas, sin embargo, es conocido que, a edades mayores de curado, la microsílíce sigue aportando en la resistencia a compresión, y, además, los ensayos de succión reflejarían que a mayor tiempo de curado y con los aportes de microsílíce la capacidad de succión se vería reducida y con ello la permeabilidad del concreto confeccionado.

Merino (2021), nos indica en su investigación que no tuvo resultados favorables en resistencia para las sustituciones porcentuales de microsílíce por peso de cemento, indicando que para porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9% no se obtuvieron resultado por encima del concreto patrón. Cabe señalar que este autor sí utilizó microsílíce comercial de las marcas Z Aditivos y Sikafume, llegando a las conclusiones mencionadas. Por lo tanto, podemos indicar que, en nuestra investigación, si se obtuvieron resultados favorables a edades de 14 días, y consideramos que, a edades de 28 días, la ganancia de la resistencia sería más diferenciada con respecto al patrón, y de haberse realizado ensayos a 56 días, los resultados serían mucho más resaltantes.

En la investigación de Pachacútec y Vilca (2018), se realizaron ensayos de resistencia a compresión, para los cuales se indica que obtuvo un aumento de resistencia de 14.16% para una adición al 10% de microsílíce, con respecto a la resistencia patrón. Con ello se valida que nuestra investigación sigue un rumbo similar a lo señalado por los autores, pues nosotros obtuvimos una ganancia de 9.18% con un 5% de adición de microsílíce a edad de 14 días, nuestros resultados se orienta obtener ganancias similares e incluso superiores, de haberse realizado resistencias a compresión de 28 días. Sin embargo, con los valores de tendencia obtenidos podemos indicar que se ha logrado mejorar las propiedades del concreto con adiciones de Sikafume al 5%, obteniéndose resultado favorable en la resistencia a compresión, y en la reducción de permeabilidad, garantizando la resistencia y durabilidad del concreto con fines de cimentación.

Según Fernández y Ramos (2019), quienes trabajaron con relaciones agua/cemento bajas de 0.30, 0.35 y 0.40, por lo que utilizaron superplastificantes a diferencia nuestra, estos nos indican que para la mezcla de a/c 0.30 determinaron que el 10% fue el porcentaje óptimo de microsílíce con ganancias de 12.06% a 07 y 14.22% a 28 días; y los porcentajes óptimos para 0.35 y 0.40 fue de 7.5%; con ganancias de 6.99% y 16.78% para roturas a 07 días, respectivamente. De ello, podemos señalar que las ganancias en resistencia a edades tempranas, son similares a los valores arrojados por nuestra investigación, asimismo, se puede indican una tendencia que a mayor relación a/c menor es el porcentaje óptimo de microsílíce, así pues para estos autores su porcentajes óptimos rondan entre 10% y 7.5%, y para nuestro caso que trabajamos con una relación a/c mayor 0.50, tenemos un óptimo contenido de microsílíce al 5% de adición.

En la investigación de Rondo (2021), indica que para un concreto de alta resistencia con diseños de 600kg/cm² con un óptimo contenido de microsílíce al 10%, nanosílíce al 2% y 2% de superplastificante, en la cual indica que a 28 días tuvo un aumento de resistencia del 23% con respecto al concreto patrón. Con ello, podemos indicar que nuestra investigación presenta ganancias similares, sin embargo, nuestra propuesta de diseño de mezcla es mucho más económica que la indicada por nuestro antecesor, debido a que utilizamos plastificantes al 0.85% y 5% de microsílíce, representando nuestra investigación una alternativa igual de resaltante en resistencia y de menor costo de producción por m³ de concreto, esto representa un gran beneficio de nuestra investigación. Asimismo, el autor señala en su investigación valores de densidad, prácticamente iguales, variables entre 2.15 y 2.17, cuando hemos demostrado en nuestra investigación que las características de peso unitario si sufren variación debido a la adición de microsílíce, debido a que este es más ligero y ocupa volumen dentro del concreto.

Al igual que García (2020), nos indica que “la trabajabilidad del concreto fresco es susceptible a la adición mineral y disminuye conforme se incrementa la cantidad de microsílíce en el diseño”. En nuestro caso, afirmamos este enunciado, debido a que en nuestra experimentación presentamos la misma tendencia en los ensayos de trabajabilidad del concreto, se encontró que a mayor cantidad de microsílíce, el concreto se hacía menos trabajable. Asimismo, García (2020) señala que “la profundidad de penetración al agua del concreto disminuye conforme se incrementa la cantidad de microsílíce en las mezclas de concreto”; este mismo escenario ocurrió con nuestros ensayos de succión, determinándose que las adiciones de microsílíce influyen en la permeabilidad y capacidad de succión del concreto, por lo que se validan los resultados obtenidos con lo indicado por nuestro antecesor.

Como indica Anicama (2019), conocer los porcentajes óptimos es de vital importancia para la obtención del concreto de alto desempeño, así mismo, el autor indica que agregar microsílíce en exceso termina por disminuir las propiedades resistentes del concreto, asimismo indica que utilizar mayores cantidades de superplastificante mejora la resistencia a compresión y flexión. Es por ello que debe haber un equilibrio entre las cantidades de plastificantes o superplastificantes y la microsílíce a fin de maximizar el efecto de estos aditivos en la ganancia de resistencia del concreto.

Los aditivos, como el microsílíce Sikafume, favorecen de manera positiva mejorando el desempeño del concreto y su durabilidad, mejora sus propiedades resistentes y reduce la permeabilidad del concreto. De esta manera, podemos indicar que nuestra investigación obtuvo resultados favorables que señalar al aditivo Sikafume al 5% como un óptimo contenido de microsílíce para una mezcla con plastificante al 0.85%, que a una edad de 14 días obtuvo una ganancia de 9.18% con una tendencia a superar este valor a edades posteriores de curado.

Podemos indicar con los sustentado, que los resultados obtenidos en nuestra investigación son válidos, y se encuentra dentro de los estándares de investigaciones anteriores a la nuestra, evidenciando que los procedimientos realizados se llevaron de la mejor manera, y se sostiene de manera práctica y teórica los datos de nuestra investigación.

4.2. Contraste y validación de la hipótesis mediante la estadística

Se realizó el análisis de la distribución normal de los resultados a 07 y 14 días del concreto patrón y sus variantes al 2.50%, 5.00%, 7.50% y 10.00% de microsílíce

Sikafume, en donde p value (sig.) es mayor > 0.05 los resultados presentan una distribución normal

Ho: No presenta una distribución normal $\rightarrow p < 0.05$

Hi: Presenta una distribución normal $\rightarrow p > 0.05$

Tabla 16.

Análisis de normalidad Shapiro Wilk del concreto

Prueba de Distribución normal		
Descripción	Shapiro Wilk	
	Significancia a 07 días	Significancia a 14 días
Concreto Patrón	0.850	0.473
2.50% Microsílíce Sikafume	0.433	0.754
5.00% Microsílíce Sikafume	0.940	0.576
7.50% Microsílíce Sikafume	0.863	0.821
10.00% Microsílíce Sikafume	0.204	0.974

Se realizó el análisis de la confiabilidad mediante la prueba de Alpha de Cronbach, para los resultados de resistencia a la compresión a edades de 7 y 14 días respectivamente, recordando que Kaplan y Sacuzzo (en Hogan, 2004) señalan que la confiabilidad en rango del 70% y 80% es lo suficientemente buena para cualquier propósito de investigación.

Tabla 17.

Confiabilidad de la Resistencia a la compresión a edad de 7 y 14 días

Análisis de la Confiabilidad			
Casos	Alpha de Cronbach		
		Valido	25
	Total	25	100%
	Número de Elementos	02	100%
Resultado	Alpha de Cronbach	0.917	

Se realizó el análisis de la varianza en el cual se observó que porcentaje de microsílíce Sikafume es el que presentó un mayor en la resistencia a la compresión, ya que es una de las propiedades más importantes del concreto, el análisis se realizó a edades de 7 y 14 días con lo cual se obtuvo las siguientes tablas.

Tabla 18.

Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión a 07 días

Datos estadísticos descriptivos						
Resultados a 07 Días						
	N	Media	Desv.	Error	Minimo	Máximo
Concreto Patrón	5	251.042	2.496	1.116	247.82	254.39
2.50% Microsílíce Sikafume	5	258.354	6.555	2.931	250.39	265.10
5.00% Microsílíce Sikafume	5	272.422	3.450	1.542	267.40	276.55
7.50% Microsílíce Sikafume	5	267.120	2.285	1.022	264.10	269.73
10.00% Microsílíce Sikafume	5	217.636	6.101	2.728	212.06	227.92
Total	25	253.315	20.115	4.023	212.06	276.55

Tabla 19.

Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a edad de 07 días

Análisis de la Varianza a 07 Días del concreto					
Datos	N	1	2	3	4
10.00% Microsílíce Sikafume	5	217.636			
Concreto Patrón	5		251.042		
2.50% Microsílíce Sikafume	5			258.354	
7.50% Microsílíce Sikafume	5				267.120
5.00% Microsílíce Sikafume	5				272.422

Se observó que la media de la adición del 5.00% y 7.50% son las que mayor impacto tienen en el concreto patrón (grupo de control) a edad de 7 días.

Tabla 20.
Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión a edad de 14 días

Datos estadísticos descriptivos						
Resultados a 14 Días						
	N	Media	Desv.	Error	Minino	Máximo
Concreto Patrón	5	342.180	5.034	2.251	337.00	350.20
2.50% Microsílíce Sikafume	5	349.326	1.811	0.810	346.67	351.23
5.00% Microsílíce Sikafume	5	373,576	2.950	1.320	368.95	376.88
7.50% Microsílíce Sikafume	5	350,2540	4.324	1.934	344.69	356.60
10.00% Microsílíce Sikafume	5	276,676	9.241	4.133	263.48	288.32
Total	25	338,402	33.6480	6.730	263.48	376.88

Tabla 21.
Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión a edad de 14 días

Análisis de la Varianza a 07 Días del concreto				
Datos	N	1	2	3
10.00% Microsílíce Sikafume	5	276.676		
Concreto Patrón	5		342.180	
2.50% Microsílíce Sikafume	5		349.326	
7.50% Microsílíce Sikafume	5		350.254	
5.00% Microsílíce Sikafume	5			373.576

Se observó que a los 07 días la adición de 5.00% y 7.50% presentaron un mayor impacto en el concreto patrón (grupo de control), no obstante al transcurrir de los días se observó que a 14 días de curado, la adición de 5.00% de microsílíce Sikafume es la que presentó una mayor incidencia en la resistencia a la compresión, estos nos ayudó a comprobar estadísticamente que la mejor adición para este diseño de concreto con fines de cimentación fue de 5.00% de microsílíce Sika fume.

CONCLUSIONES

- Se determinó que las adiciones de microsílíce Sikafume y plastificante Sikacem al 0.85% influyen en las propiedades físicas y mecánicas del concreto con fines de cimentación para un concreto de relación a/c=0.50, en Lima.
- Se realizaron diseño de mezclas para variaciones de 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y concreto patrón con relaciones a/c=0.50, determinándose que existe un descenso en el peso unitario teórico del concreto debido a que el peso unitario de la microsílíce es menor que el cemento, logrando ocupar poros en estado fresco.
- Se determinó que el porcentaje óptimo del microsílíce Sikafume es de 5%, logrando obtener una resistencia a 07 días de 272.42 kg/cm² y a 14 días de 373.58 kg/cm², obteniéndose ganancias 8.51% y 9.18%, respectivamente, comparándolo con el concreto patrón.
- Se determinó que el porcentaje óptimo de 5% es eficiente, debido a que aumenta la resistencia, no perjudica del todo a la trabajabilidad, reduce la permeabilidad del concreto, y no acrecenté en demasía el costo, siendo nuestra opción ideal para garantizar la resistencia y durabilidad de un concreto a/c 0.50 con fines de cimentación.
- Se determinaron valores de resistencia a compresión para adiciones al 2.5%, la cual obtuvo resistencias de 258.35 kg/cm² a 07 días, 349.33 kg/cm² a 14 días; para adiciones al 5.00% de 272.42 kg/cm² a 07 días, 373.58 a kg/cm² a 14 días; para adiciones al 7.5% de 267.12 kg/cm² a 07 días, 350.25 kg&cm² a 14 días; para adiciones al 10% de 217.64 kg/cm² a 07 días, 276.68 kg/cm² a 14 días; y para el caso del concreto patrón se obtuvieron resistencias de 251.04 kg/cm² a 07 días y 342.18 kg/cm² a 14 días.
- Se determinó, que las adiciones de microsílíce influyen directamente en la mezcla de concreto, debido a que a mayor cantidad de microsílíce en la mezcla de concreto, los

valores de trabajabilidad y los valores de peso unitario se ven reducidos, es decir es menos trabajable y presenta menor peso unitario.

- Se determinó que la microsílíce Sikafume influye en la capacidad de succión y/o absorción del concreto evidenciado en los resultados, que la capacidad de succión se reduce a mayor cantidad de microsílíce, reduciendo la permeabilidad.
- El uso de aditivos Microsílíce Sikafume aumenta los costos de producción del concreto. Para nuestro contenido óptimo al 5% se obtuvo un aumento del costo en 111.14 soles, equivalente al 34.29% en costos; este aumento en costos es sustentable debido al aporte técnico que ofrece la microsílíce como agente mejorador de las propiedades resistentes del concreto.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar muestreos en varias canteras a fin de obtener un material correctamente gradado que permita aprovechar las características del concreto a diseñar.
- Se recomienda, también, utilizar agregado grueso triturado de diámetro pequeño, esto garantiza la homogeneidad de la mezcla de concreto y permite un mejor trabajo de mezclas con relaciones a/c bajas.
- Se recomienda afianzarse, siempre, de las normas técnicas para un correcto desempeño y trabajo en laboratorio.
- Se recomienda investigar, aún más, las influencias de la microsílíce, a corto, mediano y largo plazo, no solo en sus propiedades resistentes sino en otro tipo de ensayos.
- Se recomienda, como futura línea de investigación, realizar diseños de concreto considerando un porcentaje fijo de microsílíce, e ir variando el plastificante o superplastificante, para poder determinar cómo este influye en su desempeño.
- Se recomienda, agenciarse de bibliografía, a fin de justificar la investigación de manera teórica y con antecedentes, esto nos permite enriquecer la investigación.

REFERENCIAS

- Anicama Rosas, L. C. (2019). *Aplicación de aditivo microsilíce y superplastificante para el diseño de mezclas de concreto de alto desempeño*, Lima, 2019. Lima: Universidad Cesar Vallejo .
- Barrionuevo Castañeda, A., & Tapia Vargas, J. (2021). *Estudio de un hormigón, Eco-amigable de alto desempeño (HPC) fabricado con la incorporación de una mezcla entre micro-nano Sílice*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Camara peruana de la construcción (capeco). (2020). *Ventas de viviendas*. Lima: Capeco.
- Diego Sánchez de Guzmán. (s.f.). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.
- Euclid Group Toxement. (2016). *Micrisilíce*. Bogota.
- Fernandez Chuman, D. A., & Ramos Landauero, H. A. (2019). *Influencia de la microsilíce sobre la resistencia a la compresión de concreto con relaciones agua/cemento 0.30;0.35 Y 0.40 Trujillo*, 2019. Trujillo: Universidad Privada del Norte .
- Flores Peña, P. (2019). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia con microsilíce y nanosilíce*, Lima-2019. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- García Cortez, J. C. (2020). *Análisis de la adición de microsilíce en la permeabilidad de un concreto convencional 280 kg/cm² en la ciudad de Lima, 2020*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Merino Carrera, K. F. (2021). *Influencia de la microsilíce en un concreto de alta resistencia para bypass en Trujillo*, 2021. Trujillo: Universidad Privada del norte .
- Pachacutec Gutierrez, Y. P., & Vilca Salazar, N. G. (2018). *Estudio comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en concreto utilizando micro y nano sílice con agregado de la cantera de cutimbo-Puno*. PUNO: Universidad Nacional del Altiplano.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de la Tecnología del concreto*. Lima: Colegio de Ingenieros del Peru.
- Rondo Rojas, A. E. (2021). *Estudio de las propiedades del concreto de alta resistencia $f'c = 600$ kg/cm², adicionando microsilíce, nanosilíce y superplastificante Trujillo-2021*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- Rubio Jacobo, L. A. (2014). *Manual Estadística*. Lima: Universidad Privada del Norte .
- Sika Building Trust. (2021). *Sika Fume*. Lima: Sika Peru S.A.
- Sika Building Trust. (2021). *SikaCem Plastificante*. Lima: Sika Peru.

ANEXOS

1. Diseño de Mezcla del concreto patrón y variantes

Dosificación del Concreto Patrón (Grupo de control)

Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda 30 L
Cemento Sol Tipo I	1	426		426		12.78
Material Cementante:		426	0.1365	426	426	12.78
Agua		213	0.2130	220	213	6.39
Agregado Fino-Cantera Jicamarca		767	0.2815	773	774	23.19
Agregado Grueso-Cantera Jicamarca		923	0.3440	926	932	27.77
Sikacem Plastificante	0.85%			3.62	3.62	0.109
Microsílíce Sika fume		0.00	0.0000	0.00	0.00	0.000
Aire Atrapado	2.50%		0.0250		0.00	
Total	1.00	2329	1.0000	2349	2349	70.464

Dosificación del Concreto +2.50% Microsílíce

Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Sol Tipo I	1	426		426		12.78
Material Cementante:		426	0.1365	426	426	12.78
Agua		218	0.2183	226	218	6.55
Agregado Fino-Cantera Jicamarca		757	0.2775	762	763	22.86
Agregado Grueso-Cantera Jicamarca		910	0.3392	913	919	27.38
Sikacem Plastificante	0.85%			3.62	3.62	0.109
Microsílíce Sika fume	0.025%	11	0.0035	11	0.00	0.320
Aire Atrapado	2.50%		0.0250		0.00	
Total	1.00	2321	1.0000	2341	2341	70.228

Dosificación del Concreto +5.00% Microsílíce

Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Sol Tipo I	1	426		426		12.78
Material Cementante:		426	0.1365	426	426	12.78
Agua		224	0.2237	231	224	6.71
Agregado Fino-Cantera Jicamarca		757	0.2736	751	753	22.53
Agregado Grueso-Cantera Jicamarca		897	0.3344	900	906	27.00
Sikacem Plastificante	0.85%			3.62	3.62	0.109
Microsílíce Sika fume	0.05%	21	0.0069	21	0.00	0.640
Aire Atrapado	2.50%		0.0250		0.00	
Total	1.00	2314	1.0000	2333	2333	69.992

Dosificación del Concreto +7.50% Microsílíce

Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Sol Tipo I	1	426		426		12.78
Material Cementante:		426	0.1365	426	426	12.78
Agua		229	0.2290	236	229	6.87
Agregado Fino-Cantera Jicamarca		735	0.2697	741	742	22.22
Agregado Grueso-Cantera Jicamarca		884	0.3296	887	893	26.61
Sikacem Plastificante	0.85%			3.62	3.62	0.109
Microsílíce Sika fume	0.075%	32	0.0103	32	0.00	0.960
Aire Atrapado	2.50%		0.0250		0.00	
Total	1.00	2306	1.0000	2325	2325	69.756

Dosificación del Concreto +10.00% Microsílíce

Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Sol Tipo I	1	426		426		12.78
Material Cementante:		426	0.1365	426	426	12.78
Agua		229	0.2343	241	234	7.03
Agregado Fino-Cantera Jicamarca		735	0.2657	730	731	21.89
Agregado Grueso-Cantera Jicamarca		884	0.3248	874	880	26.22
Sikacem Plastificante	0.85%			3.62	3.62	0.109
Microsílíce Sika fume	0.10%	43	0.0137	43	0.00	1.280
Aire Atrapado	2.50%		0.0250		0.00	
Total	1.00	2298	1.0000	2317	2317	69.520

2. Resistencia a la compresión a edad de 7 días y 14 días

Mezcla	Código	Carga	F'c	f'c prom.	Fecha de	Fecha de
		Máx.		(kg/cm ²)		
		(Kg)	(Kg/ cm ²)		elaboración	rotura
PATRÓN	1	19970.00	251.74			
	2	20370.00	251.75			
	3	19990.00	249.51	251.04	09/05/2022	16/05/2022
	4	20180.00	254.39			
	5	20250.00	247.82			
SIKA FUME AL 2.50%	1	21620.00	264.59			
	2	20690.00	258.24			
	3	21450.00	265.10	258.35	09/05/2022	16/05/2022
	4	20710.00	253.45			
	5	20460.00	250.39			
SIKA FUME AL 5.00%	1	21720.00	276.55			
	2	21960.00	274.09			
	3	21850.00	267.40	272.42	09/05/2022	16/05/2022
	4	21710.00	270.97			
	5	21880.00	273.10			
SIKA FUME AL 7.50%	1	21620.00	267.20			
	2	21580.00	264.10			
	3	21540.00	268.85	267.12	10/05/2022	17/05/2022
	4	21610.00	269.73			
	5	21500.00	265.72			
SIKA FUME AL 10.00%	1	17160.00	216.32			
	2	17010.00	214.43			
	3	16990.00	212.06	215.11	10/05/2022	17/05/2022
	4	17250.00	217.45			
	5	17080.00	215.31			

Mezcla	Código	Carga	F'c	f'c prom.	Fecha de	Fecha de
		Máx.		(kg/cm ²)		
		(Kg)	(Kg/ cm ²)		elaboración	rotura
PATRÓN	1	27000.00	337.00			
	2	27780.00	350.20			
	3	27710.00	342.46	342.18	09/05/2022	23/05/2022
	4	27420.00	342.24			
	5	27160.00	339.00			
SIKA FUME AL 2.50%	1	28050.00	346.67			
	2	28140.00	351.23			
	3	28210.00	348.64	349.33	09/05/2022	23/05/2022
	4	27990.00	349.36			
	5	28100.00	350.73			
SIKA FUME AL 5.00%	1	29600.00	376.88			
	2	29420.00	374.59			
	3	29560.00	368.95	372.83	09/05/2022	23/05/2022
	4	29580.00	372.89			
	5	29710.00	370.83			
SIKA FUME AL 7.50%	1	29160.00	363.96			
	2	28750.00	356.60			
	3	28760.00	355.44	358.85	10/05/2022	24/05/2022
	4	29040.00	358.90			
	5	28790.00	359.34			
SIKA FUME AL 10.00%	1	22280.00	278.09			
	2	22080.00	272.88			
	3	22410.00	279.71	279.92	10/05/2022	24/05/2022
	4	22260.00	280.61			
	5	23100.00	288.32			

3. Análisis de precios x m³ del concreto patrón y sus variantes

Análisis de Precios Unitario – Concreto patrón

	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	Total
Materiales					
Agregado Grueso	m3	0.3440	S/ 65.00	S/22.36	
Agregado Fino	m3	0.2815	S/ 60.00	S/16.89	
Agua	m3	0.2130	S/ 8.00	S/1.70	
Cemento	bol	10.02	S/25.60	S/256.51	
Plastificante Sikacem	lt	3.62	S/ 12.48	S/45.18	
Microsílíce Sika Fume	kg				
					S/ 342.64

Análisis de Precios Unitario – Concreto +2.50% Microsílíce Sika Fume

	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	Total
Materiales					
Agregado Grueso	m3	0.3392	S/ 65.00	S/22.05	
Agregado Fino	m3	0.2775	S/ 60.00	S/16.65	
Agua	m3	0.2183	S/ 8.00	S/1.75	
Cemento	bol	10.02	S/25.60	S/256.51	
Plastificante Sikacem	lt	3.62	S/ 12.48	S/45.18	
Microsílíce Sika Fume	kg	11	S/5.34	S/ 58.74	
					S/ 400.32

Análisis de Precios Unitario – Concreto +5.00% Microsílíce Sika Fume

	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	Total
Materiales					
Agregado Grueso	m3	0.3344	S/ 65.00	S/21.74	
Agregado Fino	m3	0.2736	S/ 60.00	S/16.42	
Agua	m3	0.2237	S/ 8.00	S/1.79	
Cemento	bol	10.02	S/25.60	S/256.51	
Plastificante Sikacem	lt	3.62	S/ 12.48	S/45.18	
Microsílíce Sika Fume	kg	21	S/5.34	S/ 112.14	
					S/ 453.78

Análisis de Precios Unitario – Concreto +7.50% Microsílíce Sika Fume

	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	Total
Materiales					
Agregado Grueso	m3	0.3296	S/ 65.00	S/21.42	
Agregado Fino	m3	0.2697	S/ 60.00	S/16.18	
Agua	m3	0.2290	S/ 8.00	S/1.83	
Cemento	bol	10.02	S/25.60	S/256.51	
Plastificante Sikacem	lt	3.62	S/ 12.48	S/45.18	
Microsílíce Sika Fume	kg	32	S/5.34	S/ 170.88	
					S/ 512.00

Análisis de Precios Unitario – Concreto +10.00% Microsílíce Sika Fume

	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	Total
Materiales					
Agregado Grueso	m3	0.3248	S/ 65.00	S/21.11	
Agregado Fino	m3	0.2657	S/ 60.00	S/15.94	
Agua	m3	0.2343	S/ 8.00	S/1.87	
Cemento	bol	10.02	S/25.60	S/256.51	
Plastificante Sikacem	lt	3.62	S/ 12.48	S/45.18	
Microsílíce Sika Fume	kg	43	S/5.34	S/ 229.62	
					S/ 570.23

4. Certificados de Laboratorio



CORPORACIÓN A&J
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS			
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA MICROSILICE SIKAFUME Y SIKACEM PLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO CON FINES DE CIMENTACION CON RELACION A/C DE 0.50, EN LA CIUDAD DE LIMA, 2022		
PROCEDENCIA:	CANTERA JICAMARCA, LIMA		
SOLICITANTE	Isael Davila Mayo / Arturo Ochoa Barrera	TIPO MATERIAL	AGREGADOS
PROFUNDIDAD:	- MUESTRA 01		
CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS- RESUMEN			
Agregado fino			
Humedad (%)	0.74		
Absorción (%)	0.91		
P.U.S. (Kg/m3)	1,638		
P.U.C. (Kg/m3)	1,861		
Peso específico (Kg/m3)	2,726		
Modulo de finura	2.68		
Agregado grueso			
Humedad (%)	0.34		
Absorción (%)	1.01		
P.U.S. (Kg/m3)	1,397		
P.U.C. (Kg/m3)	1,522		
Peso específico (Kg/m3)	2,682		
T.M.N.	3/4"		



Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

1/3

CORPORACIÓN A&J

CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS			
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA MICROSILICE SIKAFUME Y SIKACEM PLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE UN CONCRETO CON FINES DE CIMENTACION CON RELACION A/C DE 0.50. EN LA CIUDAD DE LIMA, 2022		
PROCEDENCIA:	CANTERA JICAMARCA, LIMA		
SOLICITANTE	Isael Davila Mayo / Arturo Ochoa Barrera	TIPO MATERIAL	AGREGADOS
PROFUNDIDAD:	- MUESTRA 01		
AGREGADO FINO CANTERA JICAMARCA			
Contenido de humedad	0.74		
Peso natural de la muestra (gr)	586.9		
Peso de la muestra seca (gr)	582.60		
Peso específico	2.73	Absorción	0.91
Peso de la fiola + agua + muestra (gr)	1,010.3		
Peso de la fiola + agua (gr)	698.2		
Peso de la muestra s.s.s. (gr)	500.0		
Peso de la muestra seca (gr)	495.5		
Peso unitario suelto	1,638		
	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.093	12.093	12.093
Peso del agregado + tara (kg)	23.56	23.49	23.54
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,642	1,632	1,640
Peso unitario compactado	1,861		
	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.093	12.093	12.093
Peso del agregado + tara (kg)	25.05	25.12	25.09
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,856	1,865	1,861

Gregorio
Gregorio Alejandro Ganoza Aguilas
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

2/3

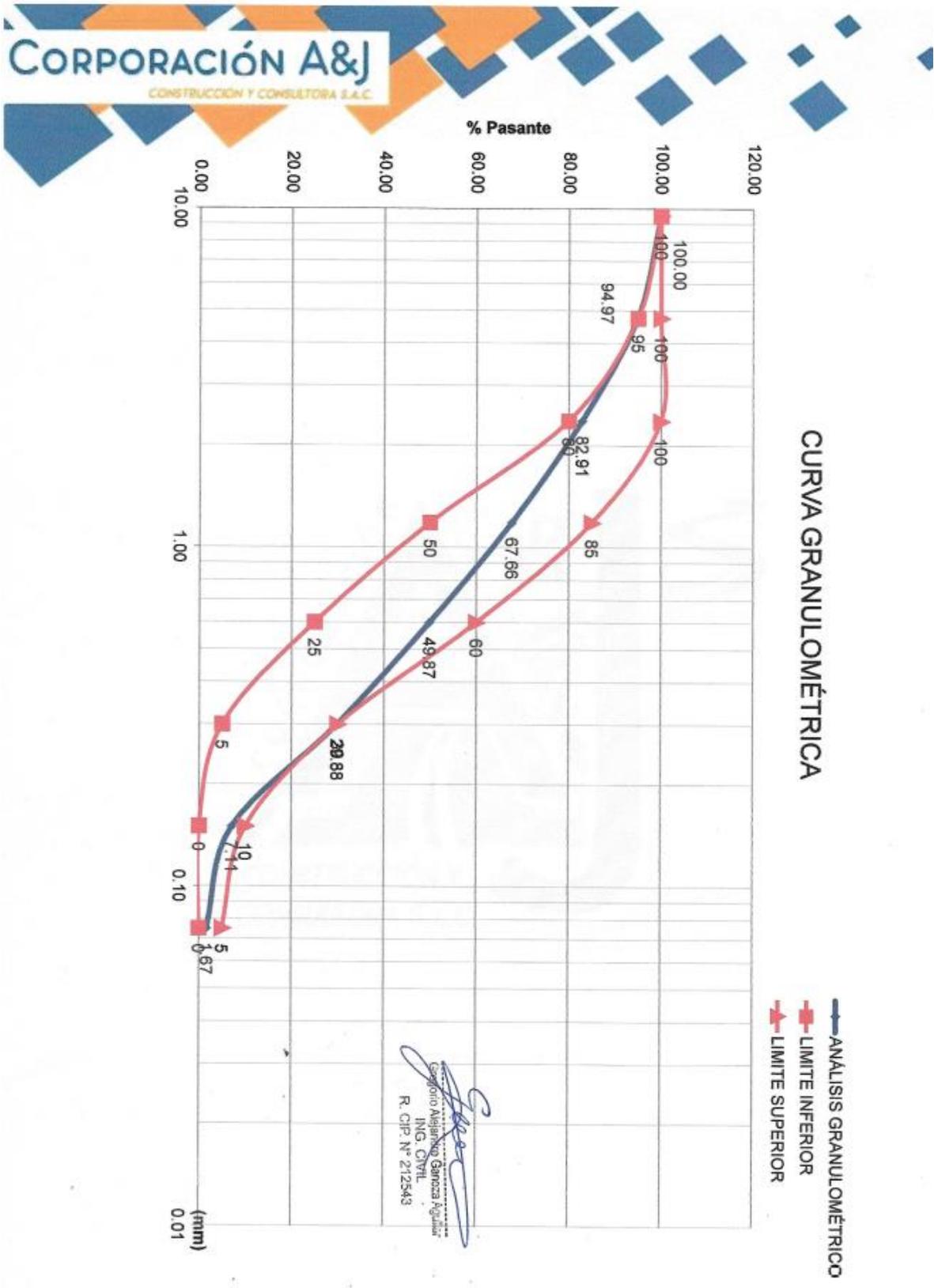
CORPORACIÓN A&J

CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS			
PROYECTO:	INFLUENCIA DE LA MICROSILICE SIKAFUME Y SIKACEM PLASTIFICANTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN CONCRETO CON FINES DE CIMENTACION CON RELACION A/C DE 0.50, EN LA CIUDAD DE LIMA, 2022		
PROCEDENCIA:	CANTERA JICAMARCA, LIMA		
SOLICITANTE	Isael Davila Mayo / Arturo Ochoa Barrera	TIPO MATERIAL	AGREGADOS
PROFUNDIDAD:	- MUESTRA 01		
AGREGADO GRUESO- CANTERA JICAMARCA			
Contenido de humedad	0.34		
Peso natural de la muestra (gr)	1,287.6		
Peso de la muestra seca (gr)	1,283.3		
Peso específico	2.68	Absorción	1.01
Peso de la muestra s.s.s. (gr)	1,799.0		
Peso de la muestra seca (gr)	1,781.0		
Peso de la muestra sumergida (gr)	1,135.0		
Peso unitario suelto	1,397		
	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.093	12.093	12.093
Peso del agregado + tara (kg)	21.89	21.78	21.86
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,403	1,388	1,399
Peso unitario compactado	1,522		
	M 01	M 02	M 03
Volumen de la tara (m3)	0.0070	0.0070	0.0070
Peso de la tara (kg)	12.093	12.093	12.093
Peso del agregado + tara (kg)	22.78	22.77	22.61
Peso unitario bruto (kg/m3)	1,531	1,529	1,506


 Alejandro Alejandro Ganoza Aguilár
 ING. CIVIL
 R. CHIP. N° 212543

3/3



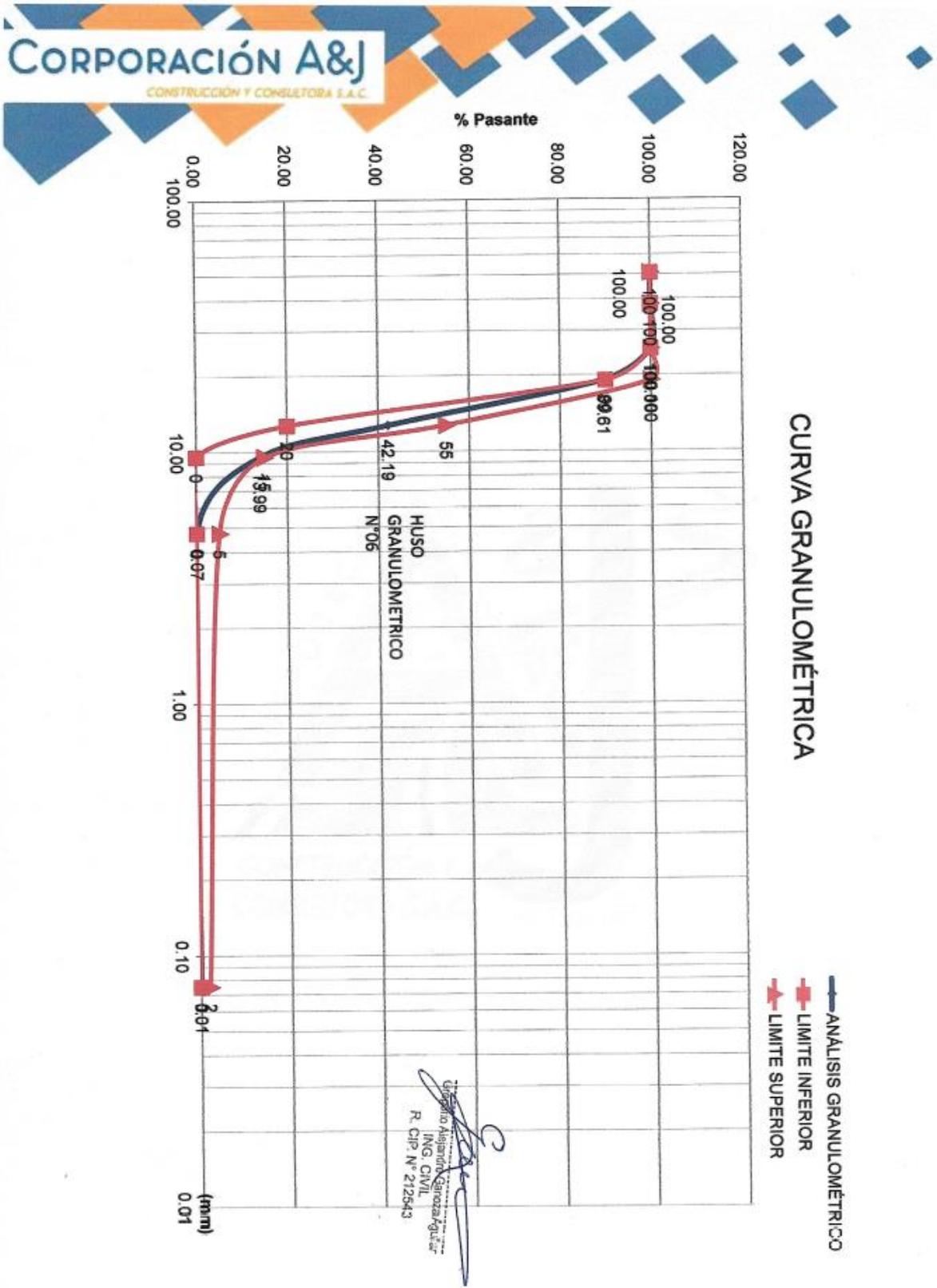




TABLA 01. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS A 07 DÍAS

Mezcla	Desc.	D	Área	Carga Máx.	F'c	f'c prom. (kg/cm ²)	Fecha de elaboración	Fecha de rotura
		(cm)	(cm ²)	(Kg)	(Kg/ cm ²)			
PATRÓN	1	10.05	79.33	19970.00	251.74	251.04	9/05/2022	16/05/2022
	2	10.15	80.91	20370.00	251.75			
	3	10.10	80.12	19990.00	249.51			
	4	10.05	79.33	20180.00	254.39			
	5	10.20	81.71	20250.00	247.82			
SIKA FUME AL 2.50%	1	10.20	81.71	21620.00	264.59	258.35	9/05/2022	16/05/2022
	2	10.10	80.12	20690.00	258.24			
	3	10.15	80.91	21450.00	265.10			
	4	10.20	81.71	20710.00	253.45			
	5	10.20	81.71	20460.00	250.39			
SIKA FUME AL 5.00%	1	10.00	78.54	21720.00	276.55	272.42	9/05/2022	16/05/2022
	2	10.10	80.12	21960.00	274.09			
	3	10.20	81.71	21850.00	267.40			
	4	10.10	80.12	21710.00	270.97			
	5	10.10	80.12	21880.00	273.10			
SIKA FUME AL 7.50%	1	10.15	80.91	21620.00	267.20	267.12	10/05/2022	17/05/2022
	2	10.20	81.71	21580.00	264.10			
	3	10.10	80.12	21540.00	268.85			
	4	10.10	80.12	21610.00	269.73			
	5	10.15	80.91	21500.00	265.72			
SIKA FUME AL 10.00%	1	10.05	79.33	17160.00	216.32	217.64	10/05/2022	17/05/2022
	2	10.05	79.33	17010.00	214.43			
	3	10.10	80.12	16990.00	212.06			
	4	10.05	79.33	17250.00	217.45			
	5	10.05	79.33	18080.00	227.92			

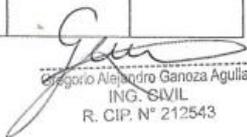
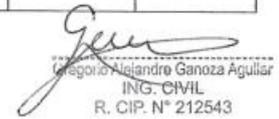

Gregorio Alejandro Ganoza Aguilár
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543



TABLA 02. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILINDRICOS A 14 DÍAS.

Mezcla	Desc.	D	Área	Carga Máx.	F'c	F'c prom. (kg/cm ²)	Fecha de	Fecha de rotura
		(cm)	(cm ²)	(Kg)	(Kg/ cm ²)		elaboración	
PATRÓN	1	10.10	80.12	27000.00	337.00	342.18	9/05/2022	23/05/2022
	2	10.05	79.33	27780.00	350.20			
	3	10.15	80.91	27710.00	342.46			
	4	10.10	80.12	27420.00	342.24			
	5	10.10	80.12	27160.00	339.00			
SIKA FUME AL 2.50%	1	10.15	80.91	28050.00	346.67	349.33	9/05/2022	23/05/2022
	2	10.10	80.12	28140.00	351.23			
	3	10.15	80.91	28210.00	348.64			
	4	10.10	80.12	27990.00	349.36			
	5	10.10	80.12	28100.00	350.73			
SIKA FUME AL 5.00%	1	10.00	78.54	29600.00	376.88	373.58	9/05/2022	23/05/2022
	2	10.00	78.54	29420.00	374.59			
	3	10.10	80.12	29560.00	368.95			
	4	10.05	79.33	29580.00	372.89			
	5	10.10	80.12	30010.00	374.57			
SIKA FUME AL 7.50%	1	10.10	80.12	28160.00	351.48	350.25	10/05/2022	24/05/2022
	2	10.10	80.12	28570.00	356.60			
	3	10.15	80.91	27890.00	344.69			
	4	10.15	80.91	28250.00	349.14			
	5	10.10	80.12	27990.00	349.36			
SIKA FUME AL 10.00%	1	10.10	80.12	22280.00	278.09	276.68	10/05/2022	24/05/2022
	2	10.15	80.91	22080.00	272.88			
	3	10.10	80.12	21110.00	263.48			
	4	10.05	79.33	22260.00	280.61			
	5	10.10	80.12	23100.00	288.32			

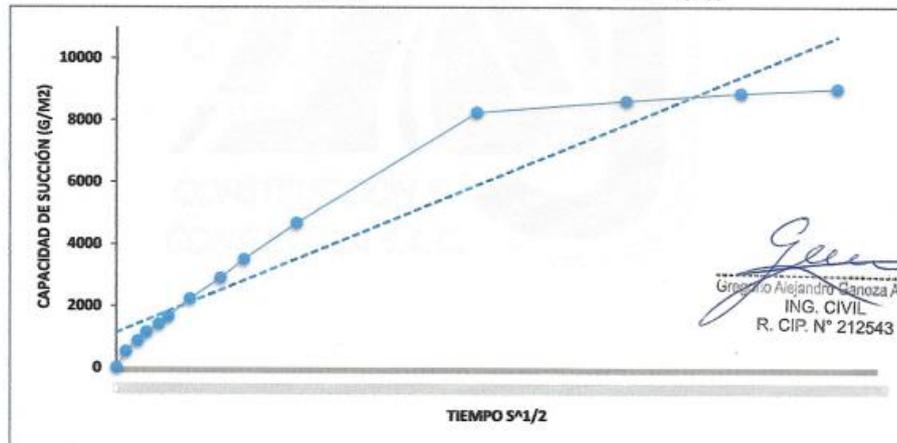

 Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 212543



ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		Patrón	Masa Seca de muestra (g.) :		890.40		
Diametro de muestra (m.)		0.1005	Area de sección transv. (m2):		0.0079		
Tiempo del Ensayo			Tiempo $\wedge 1/2$	Masa (g)	$\Delta M (g.) =$ Mhumeda- Mseca	Parametros de succion capilar	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succion (g/m2)	Velocidad de succion (g/ (m2. s $\wedge 1/2$))
0	0	min	0	890.40	0.00	0.00	-
60	1	min	8	894.60	4.20	529.45	68.35
300	5	min	17	897.30	6.90	869.82	50.22
600	10	min	24	899.50	9.10	1147.15	46.83
1200	20	min	35	901.60	11.20	1411.87	40.76
1800	30	min	42	903.50	13.10	1651.39	38.92
3600	1	h.	60	908.10	17.70	2231.27	37.19
7200	2	h.	85	913.50	23.10	2911.99	34.32
10800	3	h.	104	918.20	27.80	3504.47	33.72
21600	6	h.	147	927.60	37.20	4689.44	31.91
86400	24	h.	294	955.90	65.50	8256.94	28.09
172800	48	h.	416	958.90	68.50	8635.12	20.77
259200	72	h.	509	960.80	70.40	8874.64	17.43
345600	96	h.	588	961.90	71.50	9013.30	15.33

eje xx

eje yy



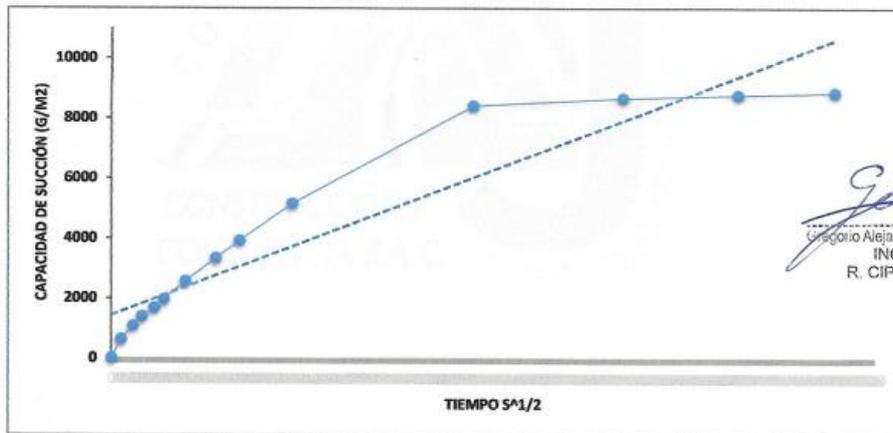
CORPORACIÓN A&J

CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		Patrón		Masa Seca de muestra (g.) :		870.20	
Diametro de muestra (m.)		0.1010		Area de sección transv. (m2):		0.0080	
Tiempo del Ensayo			Tiempo $\wedge 1/2$	Masa (g)	$\Delta M (g) = M_{humeda} - M_{seca}$	Parametros de succion	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succion (g/m2)	Velocidad de succion (g/(m2. s $\wedge 1/2$))
0	0	min	0	870.20	0.00	0.00	-
60	1	min	8	875.20	5.00	624.08	80.57
300	5	min	17	878.80	8.60	1073.41	61.97
600	10	min	24	881.30	11.10	1385.45	56.56
1200	20	min	35	883.60	13.40	1672.52	48.28
1800	30	min	42	885.90	15.70	1959.60	46.19
3600	1	h.	60	890.70	20.50	2558.71	42.65
7200	2	h.	85	896.90	26.70	3332.57	39.27
10800	3	h.	104	901.60	31.40	3919.20	37.71
21600	6	h.	147	911.50	41.30	5154.87	35.07
86400	24	h.	294	937.60	67.40	8412.54	28.62
172800	48	h.	416	939.70	69.50	8674.65	20.87
259200	72	h.	509	940.50	70.30	8774.51	17.23
345600	96	h.	588	941.10	70.90	8849.40	15.05

eje xx

eje yy



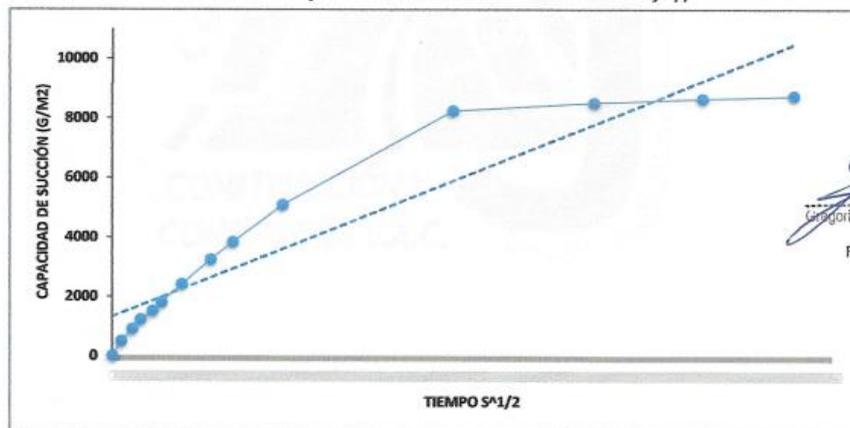
CORPORACIÓN A&J

CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		2.5% Sika-1		Masa Seca de muestra (g.) :		863.00	
Diametro de muestra (m.)		0.1005		Area de sección transv. (m2):		0.0079	
Tiempo del Ensayo			Tiempo ^{^1/2}	Masa (g)	$\Delta M (g.) = M_{humeda} - M_{seca}$	Parametros de succion capilar	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succión (g/m2)	Velocidad de succión (g/(m2. s ^{^1/2}))
0	0	min	0	863.00	0.00	0.00	-
60	1	min	8	867.00	4.00	504.24	65.10
300	5	min	17	870.20	7.20	907.63	52.40
600	10	min	24	872.70	9.70	1222.78	49.92
1200	20	min	35	875.00	12.00	1512.72	43.67
1800	30	min	42	877.30	14.30	1802.66	42.49
3600	1	h.	60	882.20	19.20	2420.36	40.34
7200	2	h.	85	888.80	25.80	3252.35	38.33
10800	3	h.	104	893.50	30.50	3844.84	37.00
21600	6	h.	147	903.40	40.40	5092.83	34.65
86400	24	h.	294	928.40	65.40	8244.34	28.05
172800	48	h.	416	930.50	67.50	8509.06	20.47
259200	72	h.	509	931.60	68.60	8647.73	16.99
345600	96	h.	588	932.30	69.30	8735.97	14.86

eje xx

eje yy



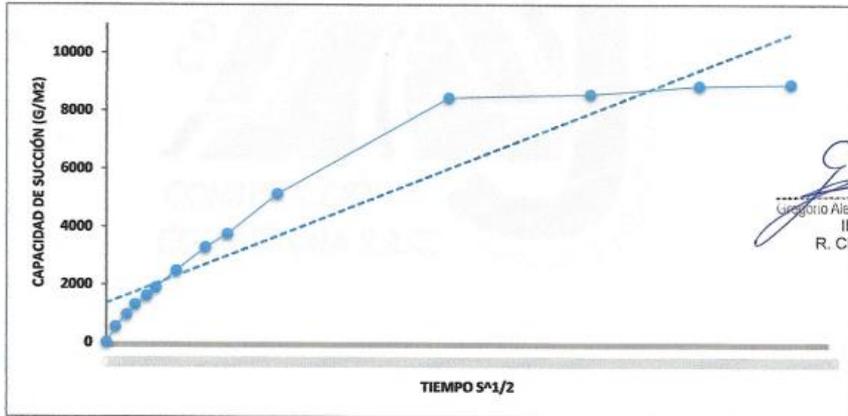
Gregorio Alejandro Ganoza Aguilier
Gregorio Alejandro Ganoza Aguilier
ING. CIVIL
R. CIP. N° 212543

CORPORACIÓN A&J
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		2.5% Sika-2		Masa Seca de muestra (g.):		856.10	
Diametro de muestra (m.)		0.1015		Area de sección transv. (m2):		0.0081	
Tiempo del Ensayo			Tiempo ^{1/2}	Masa (g)	$\Delta M (g) = M_{humeda} - M_{seca}$	Parametros de succion	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succión (g/m2)	Velocidad de succión (g/(m2. s ^{1/2}))
0	0	min	0	856.10	0.00	0.00	-
60	1	min	8	860.50	4.40	543.79	70.20
300	5	min	17	863.90	7.80	963.99	55.66
600	10	min	24	866.70	10.60	1310.04	53.48
1200	20	min	35	869.10	13.00	1606.65	46.38
1800	30	min	42	871.40	15.30	1890.90	44.57
3600	1	h.	60	876.20	20.10	2484.13	41.40
7200	2	h.	85	882.70	26.60	3287.45	38.74
10800	3	h.	104	886.40	30.30	3744.73	36.03
21600	6	h.	147	897.60	41.50	5128.92	34.90
86400	24	h.	294	924.40	68.30	8441.09	28.72
172800	48	h.	416	925.40	69.30	8564.68	20.60
259200	72	h.	509	927.70	71.60	8848.94	17.38
345600	96	h.	588	928.20	72.10	8910.73	15.16

eje xx

eje yy



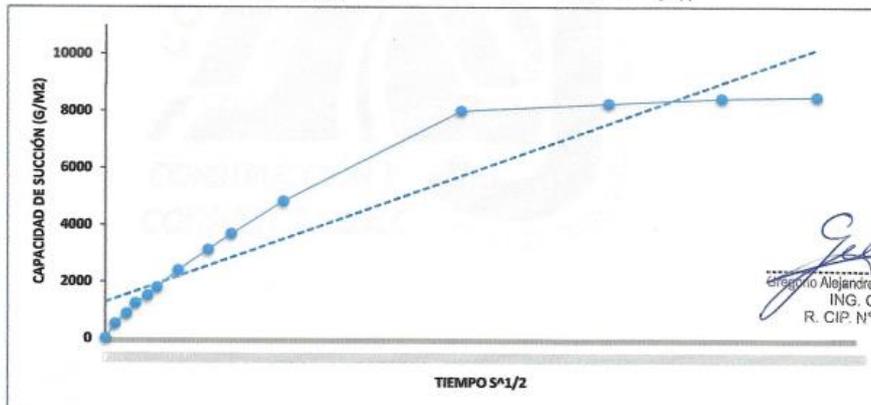
[Firma]
Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar
ING. CIVIL
R. CIR. N° 212543



ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		5.0% Sika-1		Masa Seca de muestra (g.) :		848.70	
Diametro de muestra (m.)		0.1010		Area de sección transv. (m2):		0.0080	
Tiempo del Ensayo			Tiempo \wedge 1/2	Masa (g)	ΔM (g.) = Mhumeda- Mseca	Parametros de succion capilar	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succion (g/m2)	Velocidad de succion (g/ (m2. s \wedge 1/2))
0	0	min	0	848.70	0.00	0.00	-
60	1	min	8	852.80	4.10	511.74	66.07
300	5	min	17	855.60	6.90	861.22	49.72
600	10	min	24	858.60	9.90	1235.67	50.45
1200	20	min	35	860.70	12.00	1497.78	43.24
1800	30	min	42	863.00	14.30	1784.86	42.07
3600	1	h.	60	867.90	19.20	2396.45	39.94
7200	2	h.	85	873.70	25.00	3120.38	36.77
10800	3	h.	104	878.20	29.50	3682.05	35.43
21600	6	h.	147	887.40	38.70	4830.35	32.87
86400	24	h.	294	912.80	64.10	8000.65	27.22
172800	48	h.	416	914.90	66.20	8262.76	19.88
259200	72	h.	509	916.30	67.60	8437.51	16.57
345600	96	h.	588	916.80	68.10	8499.91	14.46

eje xx

eje yy

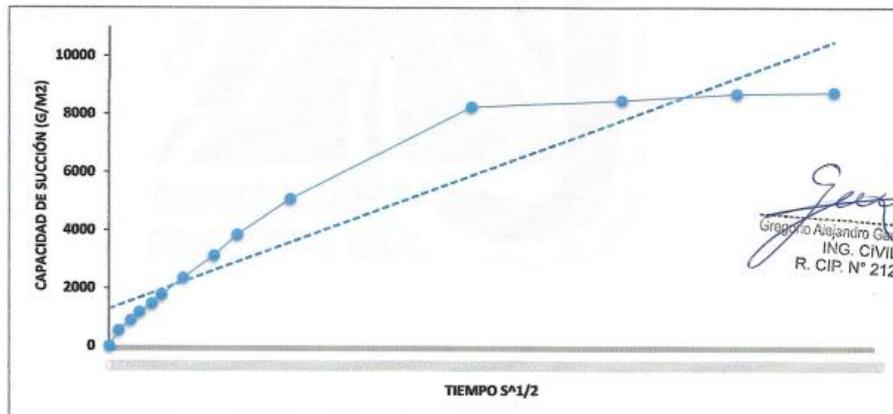




ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra			5.0% Sika-2	Masa Seca de muestra (g.) :		856.90	
Diametro de muestra (m.)			0.1015	Area de sección transv. (m2):		0.0081	
Tiempo del Ensayo			Tiempo \sqrt{t}	Masa (g)	ΔM (g.) = Mhmeda- Mseca	Parametros de succion	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succión (g/m2)	Velocidad de succión (g/(m2. s $^{1/2}$))
0	0	min	0	856.90	0.00	0.00	-
60	1	min	8	861.30	4.40	543.79	70.20
300	5	min	17	864.10	7.20	889.84	51.37
600	10	min	24	866.40	9.50	1174.09	47.93
1200	20	min	35	868.70	11.80	1458.34	42.10
1800	30	min	42	871.10	14.20	1754.96	41.36
3600	1	h.	60	875.90	19.00	2348.18	39.14
7200	2	h.	85	882.10	25.20	3114.43	36.70
10800	3	h.	104	888.00	31.10	3843.60	36.99
21600	6	h.	147	897.90	41.00	5067.13	34.48
86400	24	h.	294	923.60	66.70	8243.35	28.04
172800	48	h.	416	925.40	68.50	8465.81	20.37
259200	72	h.	509	927.20	70.30	8688.27	17.07
345600	96	h.	588	927.60	70.70	8737.71	14.86

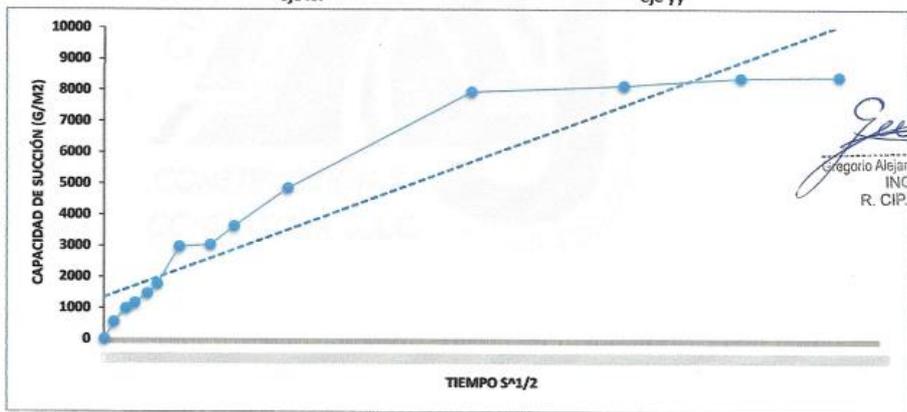
eje xx

eje yy



CORPORACIÓN A&J
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		7.5% Sika-1		Masa Seca de muestra (g.):		834.30	
Diametro de muestra (m.)		0.1005		Area de sección transv. (m2):		0.0079	
Tiempo del Ensayo			Tiempo $\wedge 1/2$	Masa (g)	$\Delta M (g.) =$ Mhumeda- Mseca	Parametros de succion capilar	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succión (g/m2)	Velocidad de succión (g/(m2. s $\wedge 1/2$))
0	0	min	0	834.30	0.00	0.00	-
60	1	min	8	838.70	4.40	554.66	71.61
300	5	min	17	842.10	7.80	983.27	56.77
600	10	min	24	843.50	9.20	1159.75	47.35
1200	20	min	35	845.90	11.60	1462.30	42.21
1800	30	min	42	848.30	14.00	1764.84	41.60
3600	1	h.	60	857.90	23.60	2975.02	49.58
7200	2	h.	85	858.40	24.10	3038.05	35.80
10800	3	h.	104	863.20	28.90	3643.14	35.06
21600	6	h.	147	872.80	38.50	4853.32	33.02
86400	24	h.	294	897.30	63.00	7941.79	27.02
172800	48	h.	416	898.90	64.60	8143.49	19.59
259200	72	h.	509	900.80	66.50	8383.00	16.47
345600	96	h.	588	901.10	66.80	8420.82	14.32

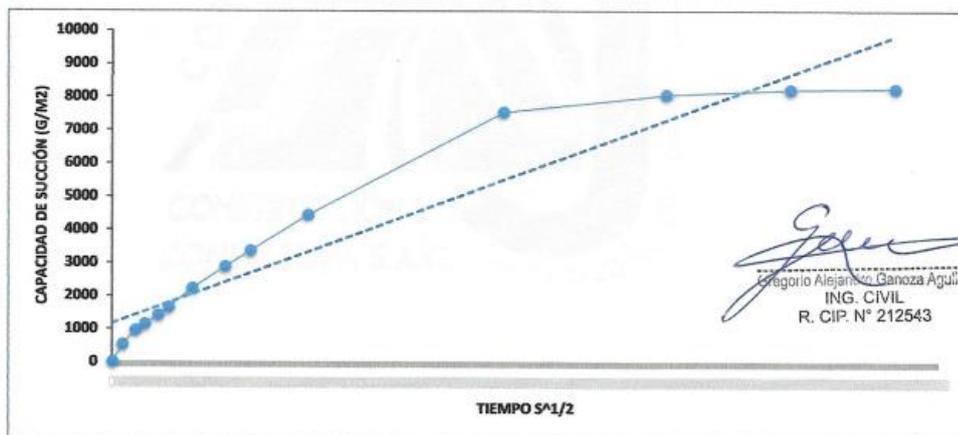




ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		7.5% Sika-2		Masa Seca de muestra (g) :		867.50	
Diametro de muestra (m.)		0.1010		Area de sección transv. (m2):		0.0080	
Tiempo del Ensayo			Tiempo [^] 1/2	Masa (g)	$\Delta M (g.) =$ Mhumeda- Mseca	Parametros de succion capilar	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succión (g/m2)	Velocidad de succión (g/ (m2. s [^] 1/2))
0	0	min	0	867.50	0.00	0.00	-
60	1	min	8	871.70	4.20	524.22	67.68
300	5	min	17	875.10	7.60	948.60	54.77
600	10	min	24	876.70	9.20	1148.30	46.88
1200	20	min	35	878.80	11.30	1410.41	40.72
1800	30	min	42	880.70	13.20	1647.56	38.83
3600	1	h.	60	885.30	17.80	2221.71	37.03
7200	2	h.	85	890.60	23.10	2883.23	33.98
10800	3	h.	104	894.50	27.00	3370.01	32.43
21600	6	h.	147	903.10	35.60	4443.42	30.23
86400	24	h.	294	927.90	60.40	7538.84	25.65
172800	48	h.	416	932.10	64.60	8063.06	19.40
259200	72	h.	509	933.30	65.80	8212.84	16.13
345600	96	h.	588	933.60	66.10	8250.28	14.03

eje xx

eje yy

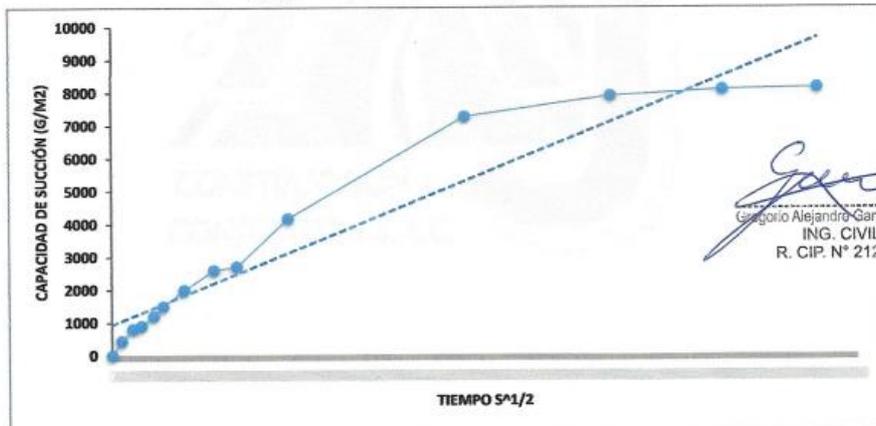


CORPORACIÓN A&J
CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORA S.A.C.

ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		10% Sika-1		Masa Seca de muestra (g.):		904.10	
Diámetro de muestra (m.)		0.1015		Área de sección transv. (m ²):		0.0081	
Tiempo del Ensayo			Tiempo ^{^1/2}	Masa (g)	Δ M (g.) = Mhumeda- Mseca	Parametros de succion capilar	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succión (g/m ²)	Velocidad de succión (g/ m ² . s ^{^1/2})
0	0	min	0	904.10	0.00	0.00	-
60	1	min	8	907.70	3.60	444.92	57.44
300	5	min	17	910.70	6.60	815.68	47.09
600	10	min	24	911.40	7.30	902.20	36.83
1200	20	min	35	913.90	9.80	1211.17	34.96
1800	30	min	42	916.20	12.10	1495.42	35.25
3600	1	h.	60	920.20	16.10	1989.77	33.16
7200	2	h.	85	925.10	21.00	2595.36	30.59
10800	3	h.	104	926.00	21.90	2706.59	26.04
21600	6	h.	147	937.80	33.70	4164.93	28.34
86400	24	h.	294	962.80	58.70	7254.64	24.68
172800	48	h.	416	968.00	63.90	7897.30	19.00
259200	72	h.	509	969.50	65.40	8082.69	15.88
345600	96	h.	588	970.00	65.90	8144.48	13.85

eje xx

eje yy

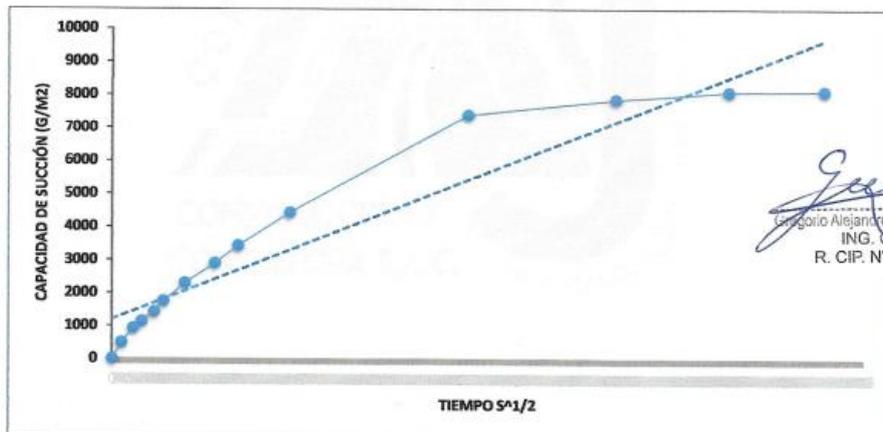




ENSAYO DE SUCCIÓN EN EL CONCRETO							
Datos de entrada:							
Codigo de la muestra		10% Sika-2		Masa Seca de muestra (g.):		898.20	
Diametro de muestra (m.)		0.1015		Area de sección transv. (m2):		0.0081	
Tiempo del Ensayo			Tiempo $t^{1/2}$	Masa (g)	$\Delta M (g.) =$ Mhumeda- Mseca	Parametros de succión capilar	
Segundos (s)	Tiempo					Capacidad de succión (g/m2)	Velocidad de succión (g/(m2. s ^{1/2}))
0	0	min	0	898.20	0.00	0.00	-
60	1	min	8	902.20	4.00	494.35	63.82
300	5	min	17	905.70	7.50	926.91	53.52
600	10	min	24	907.40	9.20	1137.01	46.42
1200	20	min	35	909.70	11.50	1421.27	41.03
1800	30	min	42	912.40	14.20	1754.96	41.36
3600	1	h.	60	916.80	18.60	2298.75	38.31
7200	2	h.	85	921.70	23.50	2904.33	34.23
10800	3	h.	104	926.00	27.80	3435.76	33.06
21600	6	h.	147	934.10	35.90	4436.83	30.19
86400	24	h.	294	958.00	59.80	7390.59	25.14
172800	48	h.	416	961.80	63.60	7860.23	18.91
259200	72	h.	509	963.70	65.50	8095.05	15.90
345600	96	h.	588	963.90	65.70	8119.76	13.81

eje xx

eje yy





METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LF - 280 - 2021

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	210690	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CORPORACIÓN A&J CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.C.	
3. Dirección	Av. Salvador Lara Nro. 1331 Urb. Los Jardines - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	100000 kN	
Marca	TECNICAS	
Modelo	TCP341	
Número de Serie	747	
Procedencia	PERÚ	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGH	
Modelo	X8	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	10 kN	
5. Fecha de Calibración	2021-11-22	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-23

Firmado digitalmente por
Williams Pérez
Fecha: 2021.11.23 09:23:59
-05'00'



METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 555 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

1. Expediente	210690	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	CORPORACIÓN A&J CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.C.	
3. Dirección	Av. Salvador Lara Nro. 1331 Urb. Los Jardines - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Capacidad Máxima	8 000 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	1 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	WT80001CFEJ	
Número de Serie	130420036	
Capacidad mínima	2 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-11-22	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-23



Firmado digitalmente por
Williams Pérez

Fecha: 2021.11.23 09:23:27 -05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA
Tel: (511) 540-0642

ventas@metrologiatecnicas.com
metrologia@metrologiatecnicas.com

METROTEC

METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C.

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 242 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 6

1. Expediente	210690
2. Solicitante	CORPORACIÓN A&J CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORÍA S.A.C.
3. Dirección	Av. Salvador Lara Nro. 1331 Urb. Los Jardines - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De -50 °C a 300 °C
Marca	A&A INSTRUMENTS
Modelo	STHX-2A
Número de Serie	190522
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	-50 °C a 300 °C	-50 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

5. Fecha de Calibración **2021-11-22**

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-11-23



Firmado digitalmente por
Williams Pérez

Fecha: 2021.11.23 09:18:12 -05'00'



Metrología & Técnicas S.A.C.

5. Ficha técnica de los aditivos

SikaFume®

Adición mineral - Microsílíce

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFume® es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice.

USOS

SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaFume® contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de sílice forma un enlace químico con la cal libre (CaOH₂). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementicia final significativamente más densa.

Con el uso de SikaFume®, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

- Alta estabilidad del hormigón fresco.
- Mayor durabilidad.
- Excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo.
- Mayores resistencias finales.
- Mayor resistencia a la abrasión.
- Mayor estanqueidad en el concreto endurecido.
- Reducción a la penetración de cloruros.

SikaFume® no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFume® cumple los requisitos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa de 25 kg Bolsa de 20 kg
Vida Útil	36 meses de vida útil a partir de la fecha de producción, si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
Condiciones de Almacenamiento	Almacenamiento en un ambiente seco.
Apariencia / Color	polvo gris o crema
Specific gravity	Peso específico: 2,200 kg/m ³

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto Se deben seguir las reglas estándar de buenas prácticas relativas a la pro-

Hoja De Datos Del Producto
SikaFume®
Marzo 2022, Versión 01.03
021403031000000019

ducción y la colocación de concreto. Las pruebas de laboratorio deben llevarse a cabo en el sitio para realizar los ajustes que sean necesarios, consulte con el soporte técnico de Sika en tanto sea necesario.

Diseño de la Mezcla de Concreto	Cuando se usa SikaFume®, se debe tener en cuenta un diseño de mezcla adecuado y se deben probar y acondicionar su desempeño con los materiales locales.
Condiciones de Curado	Sugerimos, como en todos los concretos, seguir las instrucciones dadas en el ACI 308 para un correcto curado del concreto.
Compatibilidad	Compatible con todos los productos Sika.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	5 - 10% en peso de cemento.
---------------------------------	-----------------------------

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MEZCLADO

Se dosifica y adiciona en la planta de concreto en forma similar al cemento u otros materiales cementicios. Puede dosificarse en una mezcladora central o mixer. Seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM C94 o NTP 339.114, Especificación estándar para concreto premezclado.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante

Aditivo plastificante y reductor de agua para morteros y hormigones

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

USOS

SikaCem® Plastificante es recomendable para:

- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
- Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.
- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado en un 15% aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden de más del 15%.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaCem® Plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo A y Tipo D

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
Empaques	<ul style="list-style-type: none"> • Envase PET x 4 L • Balde x 20 L
Apariencia / Color	Líquido marrón oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa.
Densidad	1.20 +/- 0.02

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto Mezclar los materiales componentes del hormigón o mortero con parte del

Hoja De Datos Del Producto
SikaCem® Plastificante
Junio 2021, Versión 01.02
02130201100000829

agua de mezclado, incorpore el contenido del DoyPack de SikaCem® Plastificante al pastón y complete con la menor cantidad de agua hasta lograr la fluidez requerida.

Para asegurar la homogeneidad del hormigón o mortero, se recomienda mezclar durante 3 minutos adicionales luego de incorporar todos los materiales componentes a la mezcladora.

Para mejorar el desempeño de morteros y hormigones se recomienda mantener la dosificación y proporción de los materiales componentes, Utilizar la menor cantidad de agua de mezclado hasta alcanzar la fluidez necesaria para la obra.

Cuidar que se cumplan las correctas condiciones de elaboración, colocación, compactación y curado.

La sobre-dosificación de SikaCem® Plastificante puede causar retardo de fragüe.

El desempeño de los aditivos pueden variar si se modifican los materiales componentes o sus cantidades.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada

- Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
 - Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
-

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

LIMITACIONES

Temperatura Ambiente +5°C mín. / +30°C máx.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

NOTAS LEGALES

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

6. Panel Fotográfico

Ensayo de Granulometría por tamizado en seco para muestra de grava



Nota. Para el ensayo se procedió a secar la muestra previamente al horno por 24 ± 4 horas a temperatura de 110°C , posterior a ello se realizó el ensayo de tamizado. *Fuente: Propia*

Ensayo de Granulometría por tamizado en seco para muestra de arena gruesa.



Nota. Para el ensayo se procedió a secar la muestra previamente al horno por 24 ± 4 horas a temperatura de 110°C , posterior a ello se realizó el ensayo de tamizado. *Fuente: Propia*

Ensayo de Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso.



Nota. Para el ensayo se utilizó una olla calibrada de masa y volumen conocido, a la que se le incorporó agregado en 03 capas compactadas según normativa indicada *Fuente: Propia*

Ensayo de Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino.



Nota. Para el ensayo se utilizó una olla calibrada de masa y volumen conocido, a la que se le incorporó agregado en 03 capas compactadas según normativa indicada *Fuente: Propia*

Ensayo de Peso específico, determinación de peso SSS de agregado grueso.



Nota. Para el ensayo se procedió a saturar agregado en agua por 24 ± 4 horas, posteriormente se secó una muestra representativa, superficialmente con una franela. *Fuente: Propia*

Ensayo de Peso específico, determinación de peso sumergido del agregado grueso



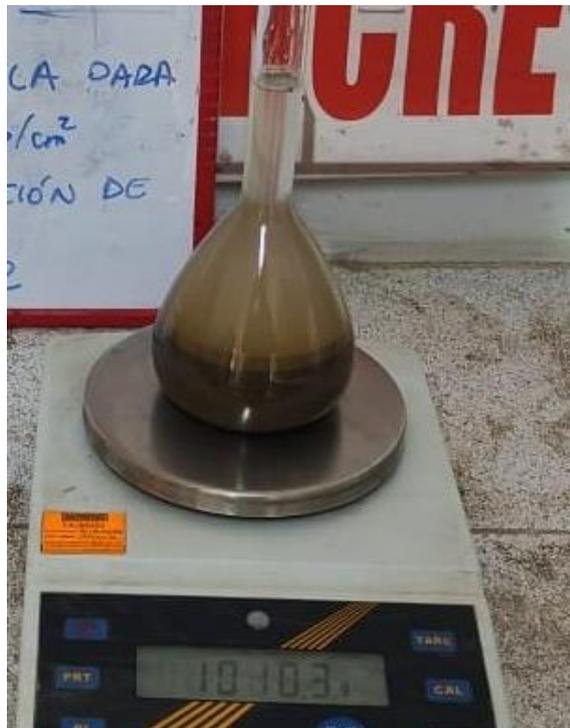
Nota. Para el ensayo se procedió a tarar el recipiente sumergible, y posteriormente se pesó la muestra bajo agua. *Fuente: Propia*

Ensayo de Peso específico, condición SSS del agregado fino.



Nota. Para el ensayo se procedió a saturar muestra por 24 ± 4 horas, que posteriormente se secó con ayuda de una estufa de manera superficial hasta llevar a condición saturada superficialmente seca. *Fuente: Propia*

Ensayo de Peso específico, obtención de peso de agregado fino en fiola con agua.



Nota. De la muestra SSS se tomó 500 gramos para su rolado y peso en fiola. *Fuente: Propia*

Ensayo de Asentamiento o Slump para Concreto de mezcla patrón con adición de Sikacem Plastificante al 0.85%.



Nota. Se utilizó el cono de Abrams para ensayo de asentamiento se determinó un Slump de 7" para mezcla patrón. *Fuente: Propia*

Ensayo de Asentamiento o Slump para Concreto de mezcla con adición de Microsílíce al 5% y con adición de Sikacem Plastificante al 0.85%.



Nota. Se utilizó el cono de Abrams para ensayo de asentamiento se determinó un Slump de 5 ¾" para mezcla con Microsílíce, se encontró incidencia que a mayor cantidad de Sikafume, menor trabajabilidad se obtenía. *Fuente: Propia*

Proceso de confección de probetas cilíndricas de concreto 4°x8”



Nota. Se evidencia el procedimiento de confección de probetas para para rotura a diferentes edades, se utilizaron probetas de plásticos posteriormente desencofradas con aire

Fuente: Propia

Proceso de confección de probetas cilíndricas de concreto 4°x8”



Nota. Grupo de probetas confeccionadas para ensayos de resistencia a compresión, se elaboraron 15 de cada diseño de mezcla y una más para succión *Fuente: Propia*

Resistencia a compresión del concreto Patrón a edad de 07 días.



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 2.5% a edad de 07 días



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 5.0% a edad de 07 días



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 7.5% a edad de 07 días



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 10% a edad de 07 días -01



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 10% a edad de 07 días -02



Resistencia a compresión del concreto patrón a edad de 14 días -01



Resistencia a compresión del concreto patrón a edad de 14 días -02



Resistencia a compresión del concreto patrón a edad de 14 días -03



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 2.5% a edad de 14 días -01



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 2.5% a edad de 14 días -02



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 5.0% a edad de 14 días -01



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 5.0% a edad de 14 días -02



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 7.5% a edad de 14 días -01



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 10.0% a edad de 14 días -01



Resistencia a compresión del concreto con Sikafume al 10.0% a edad de 14 días -02



Ensayos de capacidad de Succión en muestras de concreto Patrón, masa inicial.



Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 2.5%, masa inicial.



Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 5%, masa inicial.



Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 7.5%, masa inicial



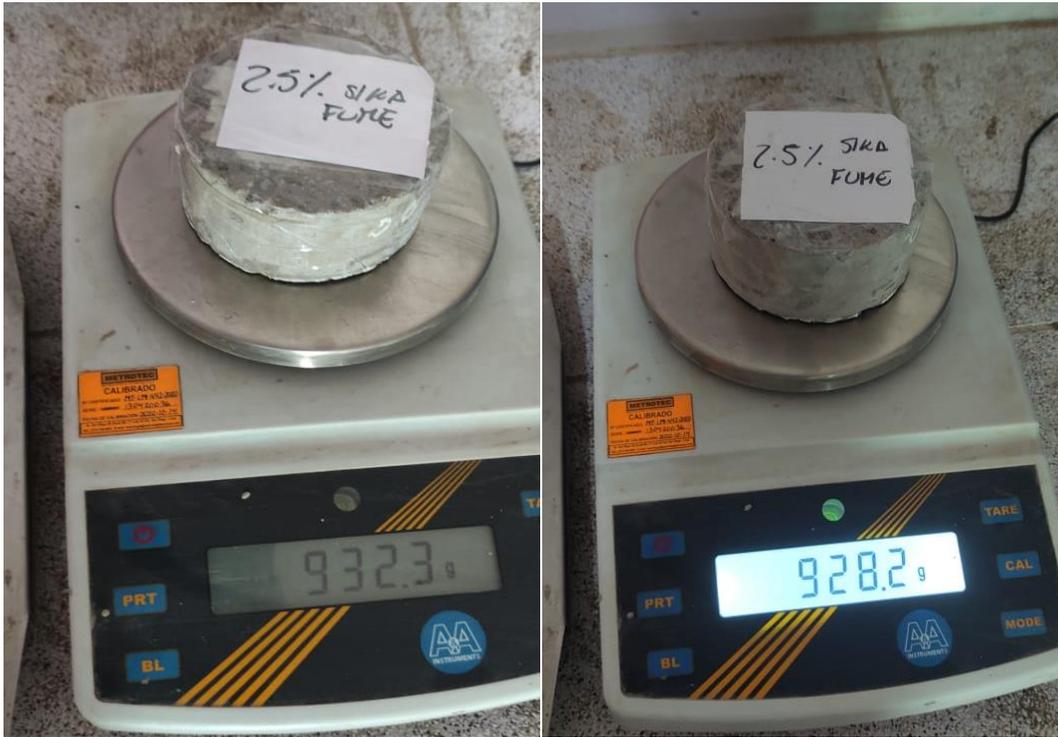
Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 10%, masa inicial.



Ensayos de capacidad de Succión en muestras con de concreto Patrón, masa final.



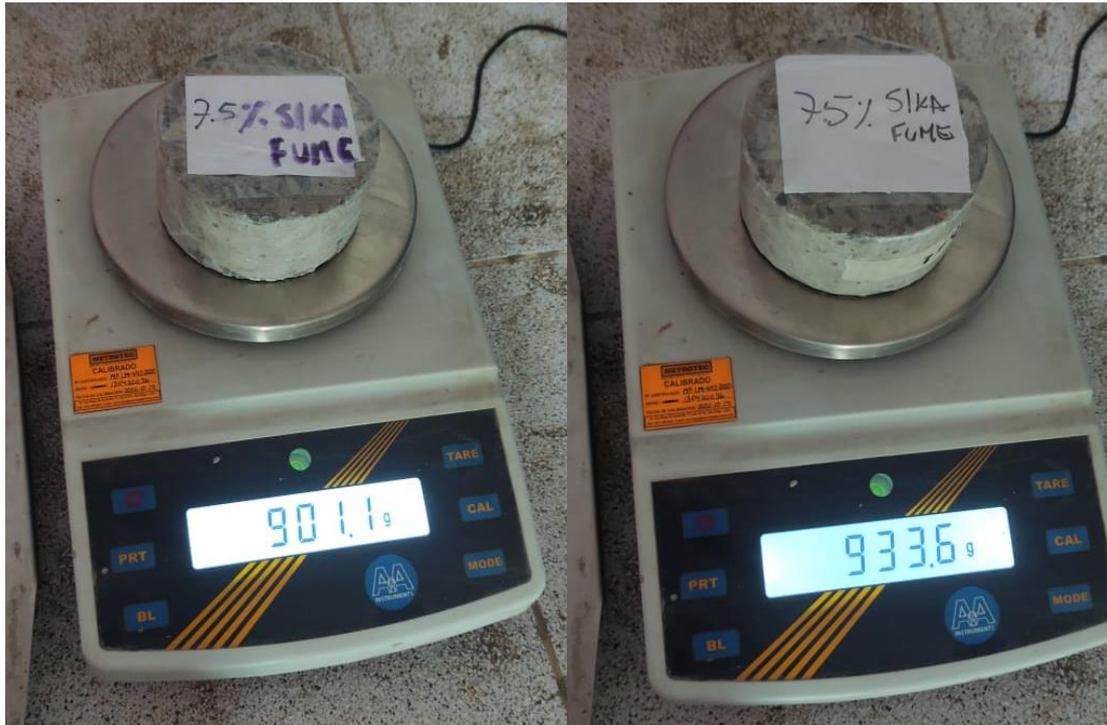
Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 2.5%, masa final.



Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 5%, masa final.



Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 7.5%, masa final



Ensayos de capacidad de Succión en muestras con Sikafume al 10%, masa final.



Preparación de muestras para ensayo de Capacidad de Succión



Ensayo de Capacidad de Succión, vista general de las muestras.



Ensayo de Capacidad de Succión, control del nivel de agua

