



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

“Diseño de concreto $f_c=210$ kg/cm² adicionando nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Chuzón Villacorta, Jahaira Fiorela:(ORCID: [0000-0003-2366-2720](https://orcid.org/0000-0003-2366-2720))

Ramírez Guevara, Eddy Edwin : (ORCID: [0000-0003-2545-3906](https://orcid.org/0000-0003-2545-3906))

ASESOR:

Msc. Paredes Aguilar, Luis: (ORCID: [0000-0002-1375-179X](https://orcid.org/0000-0002-1375-179X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

TARAPOTO – PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente proyecto de investigación está dedicado a mis padres, quienes me han acompañado en esta etapa de mi formación profesional, brindándome todo su apoyo incondicional, siendo los principales motores que me impulsan a lograr todas mis metas. **Jahaira Fiorela Chuzón Villacorta.**

A mis padres por haber forjado como la persona que soy en la actualidad muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Brindándome todo su apoyo incondicional en esta etapa de formación profesional. **Eddy Edwin Ramírez Guevara.**

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme su protección y permitirme seguir firme en esta etapa de mi vida. Así mismo agradezco a mi padre por ser ese pilar fundamental para el desarrollo de mi persona como profesional, a mi madre por ser el soporte que siempre me acompaña en todo momento para lograr mis objetivos. Por último, agradezco a todas las personas que me apoyaron de una u otra forma en este proceso. **Jahaira Fiorela Chuzón Villacorta.**

Agradezco a dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, gracias por apoyarme en cada decisión y por ser el pilar fundamental para el desarrollo de mi persona como profesional, por permitir cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser. Por último, agradezco a todas las personas que me apoyaron de una u otra forma en este proceso. **Eddy Edwin Ramírez Guevara.**

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y diseño de Investigación	11
3.2 Variables y operacionalización.....	12
3.3 Población, muestra y muestreo	14
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5 Procedimientos.....	17
3.6 Método de análisis de datos.....	18
3.7 Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN.....	27
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS	
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1:Propiedades físicas y químicas del cemento.....	7
Tabla 2:Propiedades físicas y químicas de la nanopartícula de sílice.....	8
Tabla 3:Gráfica del diseño experimental para la fabricación de las probetas.....	11
Tabla 4:Operacionalización de Variables	13
Tabla 5:Muestras de los concretos.....	15
Tabla 6:Cuadro de técnicas e instrumentos	16
Tabla 7:Propiedades físicas del agregado fino.....	19
Tabla 8:Propiedades físicas del nanosílice	20
Tabla 9:Propiedades químicas del nanosílice	20
Tabla 10:Resistencia del concreto a edades de 7, 14 y 28 días	21
Tabla 11:Diseño de mezcla del concreto patrón y de concreto optimo (con el 1% de adición de nanosílice).....	22
Tabla 12:Comparación económica del concreto control y del concreto óptimo (1% de nanosílice).....	23

Índice de figuras

Figura 1: Ensayo de asentamiento.....	6
Figura 2: Dimensión de las probetas.....	14
Figura 3:Gráfico de la resistencia del concreto en el software IBM SPSS del concreto patrón y los porcentajes de la adición de nanosílice (1%, 3%, 5%) a los 7, 14 y 28 días.....	24
Figura 4:Diseño optimo del concreto patrón y del concreto con adición del nanosílice en el software IBM SPSS	24
Figura 5:Grafio de la comparación económica en el software IBM SPSS.....	25
Figura 6:Gráfico de la resistencia a compresión del concreto con la adición del 1% de nanosílice.....	25
Figura 7:Gráfico de Validación de la hipótesis mediante el software IBM SPSS del concreto con la adición de los porcentajes de nanosílice.....	26

Resumen

El presente Proyecto “Diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm adicionando nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020” propone en su investigación la adición de nanosílice en distintos porcentajes, con el fin de obtener un concreto que brinde las condiciones adecuadas en cuanto a la resistencia al esfuerzo de compresión.

Para llevar a cabo el diseño del concreto, se emplearon materiales de la ciudad de Tarapoto, el agregado grueso y el agregado fino del río Huallaga, mientras que nuestro aditivo sílice fue conseguido desde la ciudad de Lima. Siendo todos los materiales llevados al laboratorio ARGAD para la ejecución del proyecto. El mismo que fue trabajado teóricamente por capítulos, en la cuales se engloba la problemática de esta investigación, proponiendo los objetivos y nuestras posibles hipótesis para que al concluir los estudios de laboratorio se identifique si se llega o no al logro de los objetivos planteados.

Para obtener la resistencia del concreto se optó por realizar testigos o probetas de dimensiones 15x30, para obtener el nanosílice se cotizó distintos precios, hasta la actualidad ya contamos con el producto y su respectiva ficha técnica las cuales serán de suma importancia para el diseño correspondiente.

Se realizaron una cantidad total de 24 especímenes de concreto, de las cuales 6 probetas están diseñadas en base a un concreto patrón y 18 probetas están diseñadas con la adición de nanosílice en proporciones de 1%, 3% y 5%, siendo analizados a edades de 7, 14 y 28 días.

Palabras claves: nanosílice, resistencia a la compresión, especímenes.

Abstract

The present Project "Concrete design $f_c=210$ kg/cm adding nanosilica to improve its compressive strength, Tarapoto 2020" proposes in its research the addition of nanosilica in different percentages, in order to obtain a concrete that provides the appropriate conditions in terms of compressive strength.

To carry out the concrete design, materials from the city of Tarapoto were used, the coarse aggregate and the fine aggregate from the Huallaga river, while our silica additive was obtained from the city of Lima. All the materials being taken to the ARGAD laboratory for the execution of the project. The same one that was worked theoretically by chapters, in which the problem of this investigation is included, proposing the objectives and our possible hypotheses so that at the end of the laboratory studies it is possible to identify whether or not the objectives set have been achieved.

In order to obtain the strength of the concrete, it was decided to make cores or test pieces of dimensions 15x30, to obtain the nanosilica, different prices were quoted, Until now we already have the product and its respective technical data sheet which will be of great importance for the corresponding design.

A total of 24 concrete specimens were made, of which 6 test pieces will be designed based on a specific pattern and 18 test pieces will be designed with the addition of nanosilica in proportions of 1%, 3% and 5%, being analyzed at ages of 7, 14 and 28 days.

Keywords: nanosilica, compression resistance, specimens.

I. INTRODUCCIÓN

En la realidad problemática, se describe desde el ámbito internacional, en el país de Brasil se ha realizado estudios que demuestran que la adición de polímero superabsorbente y nanopartículas de sílice mejoran las propiedades físicas del concreto. La adición del 2% de nanosílice promovió ganancias del orden del 10% en la resistencia a la compresión de cilindros y cubos, teniendo un efecto pronunciado, en la que se demuestra que la mejora fue del 31% sobre la mezcla de referencia. (CUNHA, 2016, p.119). Así mismo en el ámbito nacional, en la ciudad de Lima se ha realizado estudios que demuestran que sí es posible obtener concretos livianos de alta resistencia utilizando nanosílice, se tuvo en cuenta los límites establecidos por el ACI 211.2-98 y el ACI 363.2R, de esa manera se estableció un rango de dosificaciones que va desde 56.20 kg por m³ de concreto (5.98% respecto al material cementicio) hasta 67.87 kg por m³ de concreto (6.46% respecto al material cementicio). Mientras en el caso de la utilización de puzolana natural como agregado fino y grueso en el estudio del concreto, se determinó que es el responsable de encontrar una baja densidad de equilibrio en la fase de endurecimiento, donde sus valores se establecieron en un rango desde los 530 kg hasta los 700 kg por m³ de concreto. (RAMÍREZ, 2018, p.115). En el ámbito local, en la ciudad de Tarapoto, se realizó un estudio con el uso del grafeno el cual se toma como un aditivo nanotecnológico que busca mejorar las propiedades y la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm². Con los estudios realizados se mostró que el concreto mejora, con 1.00% de grafeno respecto al concreto modelo es de 10.79%, con 1.50% de grafeno es de 11.30% y con un 2.00% de grafeno es de 17.35%. Por ello concluye que la resistencia del concreto aumenta relativamente y que la trabajabilidad también aumenta con respecto al estado plástico en un 2.8%. (BARTRA, 2019, p.69). Actualmente nuestra ciudad presenta construcciones de concreto convencional en algunos casos mejorados con algún aditivo, por ello se busca que al adicionar el nanosílice en distintos porcentajes al diseño de la mezcla ayude a mejorar los factores de resistencia, por lo cual se podría emplear menos cantidad de materiales primarios de un concreto convencional con la diferencia de la adición del nanosílice alcanzando la misma o mejor resistencia. En mérito a los estudios y la problemática presentados en el presente acápite

se va realizar la investigación correspondiente al diseño de concreto $f_c=210$ kg/cm² adicionando nanosílice. Seguidamente se obtuvo la formulación del problema: ¿De qué manera el diseño de concreto $f_c=210$ kg/cm² adicionando nanosílice mejorará la resistencia a la compresión, Tarapoto 2020? Posterior a ello se obtuvieron los problemas específicos: ¿Cuáles son las propiedades físicas de los agregados de la mezcla de concreto $f_c=210$ kg/cm² para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020?, ¿Qué propiedades físicas y químicas presenta el nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión del concreto, Tarapoto 2020?, ¿Cuál es la resistencia del concreto al añadir 1%, 3% y 5% de nanosílice, Tarapoto 2020?, ¿Cuál es el diseño óptimo de la mezcla al 1%, 3% y 5% de adición de nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020?, ¿Cuál será el costo de metro cúbico de la mezcla de concreto $f_c=210$ kg/cm² con adición de nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión?. Seguidamente se dio comienzo a la elaboración de la justificación teórica: La investigación propuesta busca mediante la adición de la nanopartícula sílice mejorar la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm², el cual estará sustentado en la Norma Técnica de Edificación, donde se establece las exigencias y los requisitos mínimos para un correcto análisis, diseño, materiales y control de calidad. Contribuyendo un producto mejorado al tradicional, el cual brinda ventajas al campo de la construcción. Sin embargo, la justificación práctica: Dicha investigación está siendo propuesta porque cabe la necesidad de mejorar la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm², para ello se apelará la adición de nanosílice, donde se evaluará el comportamiento que presentan en diferentes porcentajes para obtener un diseño óptimo. Siendo de suma importancia los estudios que se van a realizar a lo largo del proyecto. Seguidamente la justificación metodológica: El proyecto de investigación va constar sobre un estudio nuevo debido al uso del nanosílice, en el cual se desarrollará una serie de ensayos, como el análisis granulométrico, ensayo de humedad y ruptura de probetas, todo ello se llevará a cabo en el laboratorio de Mecánica de suelos ARGAD. Los datos que se obtengan de los estudios tendrán gran importancia para realizar análisis precisos en investigaciones futuras. Todo ello con la finalidad que el diseño sea considerado como una alternativa más en la construcción. Por ello la justificación social: La investigación pretende

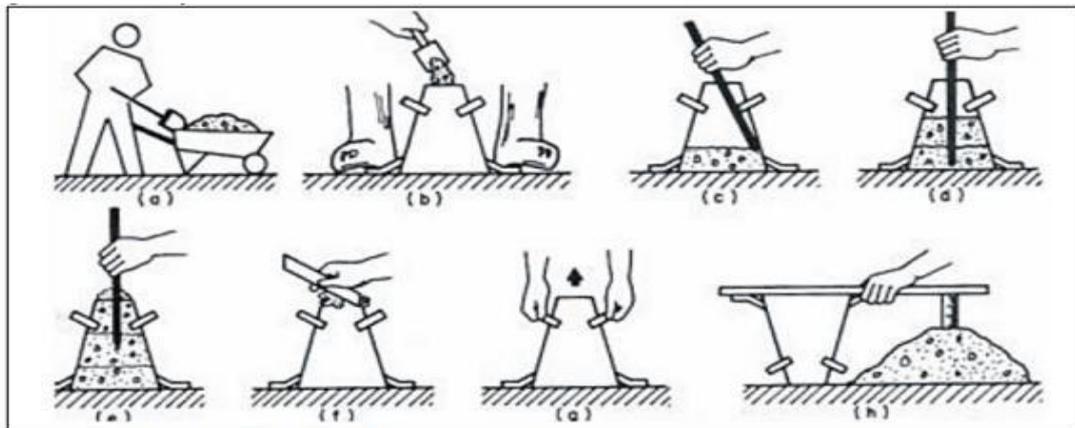
contribuir de manera eficaz al campo de la construcción, con un nuevo diseño de concreto mejorado al que tradicionalmente ya lo conocemos. De cierta manera también contribuir a la reducción del impacto negativo del uso intensivo del concreto para el cuidado del medio ambiente. Por lo tanto, la justificación por conveniencia: La investigación se realiza con el fin de mejorar la resistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con un aditivo que brinde un diseño mejorado al tradicional y de esa manera garantizar una construcción estable y segura. Con respecto al objetivo general: Determinar el diseño de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ adicionando nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020. Así mismo tenemos como objetivos específicos: Determinar las propiedades físicas de los agregados de la mezcla de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020. Determinar las propiedades físicas y químicas que presenta el nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020. Determinar la resistencia del concreto al añadir 1%, 3% y 5% de nanosílice, Tarapoto 2020. Determinar el diseño óptimo de la mezcla al 1%, 3% y 5% de adición de nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020. Determinar el costo de metro cúbico del diseño de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ con adición de nanosílice para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020. Obteniendo de esta forma la hipótesis general: El diseño de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ adicionando nanosílice mejorará eficientemente su resistencia a la compresión, Tarapoto 2020. Así mismo se planteó las hipótesis específicas: Las propiedades físicas de los agregados del concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ mejorarán su resistencia a la compresión. Las propiedades físicas y químicas de la nanosílice contribuirán con la mejora a la resistencia del concreto. La resistencia del concreto con adición del 1%, 3% y 5% de nanosílice será favorable como nueva alternativa en la construcción. El diseño óptimo de la mezcla al 1%, 3% y 5% de adición de nanosílice mejorará los resultados eficientemente para la resistencia. El costo de metro cúbico del concreto con adición de nanosílice será rentable y beneficioso en el campo de la construcción.

II. MARCO TEÓRICO

Se emplearon como trabajos de investigación los siguientes antecedentes a nivel internacional, según: ANDRADE, Sergio. En su trabajo de investigación titulado: *Análisis teórico experimental de morteros de base cemento con adición de nanopartículas*. (Tesis de posgrado). Universidad Politécnica de Madrid, España, (2017). Concluyó que la adición de nanosílice en los morteros mejora la resistencia a compresión a un tiempo de 28 días con una cantidad del 2%. Dicho esto, en cantidades superiores disminuye la trabajabilidad y estas nanopartículas no pueden dispersarse de forma correcta. Así mismo la nano alúmina también aumenta la resistencia a compresión sustituyendo el 2% y 4% en morteros de base cemento. Por ello la adición de ambas nanopartículas en porcentajes de 1% y 3% es la que mejor resulta después de los estudios realizados. También se tiene a: TSOTSIS, Georgios. En su trabajo de investigación titulado: *Aplicaciones de la nanotecnología en los materiales de construcción*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España, (2018). Concluye que la adición de nanopartículas en materiales cementosos aumenta las resistencias mecánicas generando el efecto foto-catalítico, ofreciendo de esa manera propiedades más sostenibles, tanto a nivel de resistencia como a nivel de sostenibilidad ambiental, eliminando contaminantes, lo cual le permite a este producto un nuevo camino en el mundo de la construcción; Mientras tanto a nivel nacional se tiene a: RAMÍREZ, Ely. En su trabajo de investigación titulado: *Propiedades físicas y químicas de ladrillos ecológicos de suelo de cemento con adición de cal hidratada al 5% para muros portantes, Huaraz-2016*. (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú, (2016). Concluye que de acuerdo a los ensayos realizados en los laboratorios se obtiene que el pH de la cal que utilizaron es 11.89 resultando un material extremadamente alcalino, por lo que se realizó dos estudios diferentes, el primero donde experimentaron con un pH= 9.74 y el segundo con un pH= 8.61, obteniendo el mismo material; logrando así identificar que el ladrillo es de un material alcalino. Por otra parte, en cuanto a la resistencia a compresión se obtuvo dos datos diferentes: una para la prueba modelo de 80.38 kg/cm² y otra para la prueba experimental de 64.94 kg/cm², donde el modelo se cataloga como ladrillo tipo III, mientras que la prueba modelo y experimental tipo II según

RNE E0.70. Por último, se tiene a: CHILENO, Marlon. En su trabajo de investigación titulado: *Relación del aditivo nanosílice en la resistencia del concreto en la urbanización Chorrillos-Ciudad de Huancayo, 2016*. (Tesis de pregrado). Universidad peruana de los Andes, Perú, (2017). Concluye que el uso del nanosílice como aditivo muestra relación con respecto a la resistencia del concreto, produciendo un incremento en la dureza de un concreto convencional $f_c = 388 \text{ kg/cm}^2$ a un $f_c = 409 \text{ kg/cm}^2$ con el 1% de nanosílice, a un $f_c = 432 \text{ kg/cm}^2$ con un 3% de nanosílice y a un $f_c = 461 \text{ kg/cm}^2$ con un 5% de nanosílice, por lo que se deduce que la resistencia se incrementa proporcionalmente en diversas dosificaciones, mejorando las particularidades del concreto en estado fresco como endurecido. Para la investigación se utilizaron ciertas teorías relacionadas, para la variable independiente concreto con nanopartículas de sílice según: MOLINA Y GARZÓN, (2017). Manifestó que, para reducir el impacto negativo del uso intensivo del concreto, actualmente se viene experimentando el uso de nanopartículas, las cuales pueden incrementar las propiedades estructurales del concreto y de esa manera disminuir en gran parte la producción del cemento a nivel global. La adición de estas nanopartículas durante la mezcla modifica de cierta manera el comportamiento mecánico del concreto en su fase líquida como sólida. Causando en el rubro de la ingeniería y arquitectura un enorme impacto (s. p). Propiedades físicas del concreto, existen tres etapas fundamentales del proceso del concreto, la primera cuando el concreto es un material blando, la segunda cuando es el tiempo del fraguado y la tercera al endurecimiento el cual conduce a la adquisición de las propiedades mecánicas. Dentro de ello se encuentran las Propiedades del concreto fresco: a. Trabajabilidad, capacidad del concreto para ser introducido y comprimido de manera correcta. Esto tiene que ver gracias a los factores que influyen como el contenido de aire, propiedades de los agregados y situaciones climáticas. El ensayo de asentamiento es el proceso referido a la intensidad de fluidez de la mezcla, se ejecuta mediante el cono de Abrams.

Figura 1: Ensayo de asentamiento



Fuente: Niño Hernández (2010) Tecnología del concreto Tomo 1

b. Segregación, proceso de separación de los materiales que conforman el concreto, esto se debe a la presencia de una mezcla muy seca y muy húmeda.

c. Exudación, en una mezcla de concreto colocado recientemente, el agua tiende a enaltecer a la superficie, debido a que los constituyentes no logran conservar el agua al asentarse durante todo el transcurso del fraguado.

d. Masa unitaria, materia reprimida en un metro cúbico de hormigón, esta depende de factores importantes como el volumen máximo, la densidad de los agregados y la granulometría. Propiedades del concreto endurecido, un hormigón en este estado debe cumplir con todas las exigencias principales para su correcto funcionamiento. Por ello se encuentra la resistencia a la compresión, criterio de calidad por la que toda estructura está diseñada para soportar esfuerzos. (TERREROS Y CARVAJAL, 2016, p.28). Componentes del concreto. ALIAGA, (2017), dentro de ellos se presentan los siguientes: Agregados, son aquellos materiales inertes que aglomerados forman la estructura resistente del concreto, su selección es importante debido a que deben presentar condiciones que resistan a la intemperie para evitar daños perjudiciales. Granulometría, distribución de las partículas de agregado por tamaño, las cuales se obtienen al ser pasadas por los respectivos tamices. Cemento, producto que se adquiere a través de la pulverización de Clinker portland con la adición circunstancial del sulfato de calcio, combinado con otros productos siempre y cuando no excedan el 1% y que no afecten a las propiedades del concreto (p. 34).

Control de calidad. MENDEZ Y PATIÑO (2016). Es definido gracias a las propiedades mecánicas y a su durabilidad en la cual de acuerdo al ACI318R su nivel de dureza de una clase individual de hormigón sea agradable siempre y cuando cumpla con los siguientes requerimientos (p. 61). Propiedades físicas y químicas del cemento, cabe recalcar que el cemento es un material imprescindible para la construcción, así mismo es un agente que afecta al medio ambiente. Por ello se viene realizando mezclas con la adición de nanopartículas, polvos que mejoran el desempeño mecánico con el fin de obtener hormigones más resistentes y densos. Posee propiedades tanto físicas como químicas que al ser mezclado con otros agentes de construcción logra una mejor adherencia garantizando el soporte de los esfuerzos de compresión (RAMALHO, SOTO Y SOTO, 2018, p. 230).

Tabla 1: Propiedades físicas y químicas del cemento

PROPIEDADES	RESULTADOS
Masa específica (g/cm ³)	3.12
Superficie específica, Blaine (cm ² /g)	4.743
Tiempo de fraguado inicial (min)	110
Tiempo de fraguado final (min)	163
Expansión de volumen (mm)	3
Resistencia a la compresión a los 3 días	44.40
Resistencia a la compresión a los 7 días	47.90
Resistencia a la compresión a los 28 días	52.20

Fuente: Soto y Ramalho, 2018

Propiedades físicas-químicas de la nanosílice, en la actualidad existe avances científicos que están netamente ligados con las nanopartículas y una de ellas es la nanosílice que está sumergida en el campo de la construcción, debido a sus excepcionales propiedades como: resistencia mecánica, estabilidad química, biocompatibilidad y versatilidad sintética. Así mismo posee una elevada área superficial capaz de almacenar un 35% de carga, lo cual garantiza concretos de alta resistencia (LLINÁS Y SÁNCHEZ, 2013, p.21).

Tabla 2: Propiedades físicas y químicas de la nanopartícula de sílice

Propiedades físicas	
Apariencia	Traslúcido
Densidad	2634 kg/m ³ , 2,634 g/cm ³
Masa molar	60,083 g/mol
Punto de fusión	1986 K (1713 °C)
Punto de ebullición	2503 K (2230 °C)
Estructura cristalina	Cuarzo, cristobalita o tridimita
Propiedades químicas	
Solubilidad en agua	0,012 g en 100 g de agua

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Características de las nanopartículas de sílice, el oxígeno y el silicio son los elementos que abundan bastante en la corteza terrestre, por ello la sílice se encuentra como arena en forma de mineral de cuarzo. – Al combinarse con materiales reactivos, se obtienen minerales llamados silicatos, el cual incluye granito, feldespatos y mica. – Esta nanopartícula está de diferentes formas tanto cristalinas como no cristalinas y al igual, que muchos otros minerales no pueden tomarse de forma ponderal. – Cabe mencionar que la aplicación del nanosílice al mejorar la resistencia también reduce la permeabilidad del concreto endurecido, mejorando la densidad, área de superficie específica, estructura de poro y reactividad. – La sílice (SiO₂) se encuentra presente en el concreto como parte común de las materias, convirtiéndose en un campo muy extenso de estudiar el cual abre las puertas a muchas investigaciones debido a que se observa que todo ello conduce a una dosificación que mejora las propiedades mecánicas, lo cual hace que el concreto presente las condiciones necesarias para soportar esfuerzos a compresión (MÁRQUEZ, 2018, p.16). Para el procedimiento de la investigación es importante considerar: Normas Técnicas, a. Granulometría, se basa en la NTP 400.012, NTP 400.037, NTP ASTM C136, ASTM C33. La granulometría es el ensayo que corresponde a la distribución volumétrica de las partículas por tamaño. Es de gran importancia la granulometría y el máximo volumen de los agregados porque eso influye en la dosificación, trabajabilidad y contracción del hormigón, b. Módulo de fineza, trabaja con la NTP 400.012, ASTM C136. Es un índice de magnitud aproximado de los agregados, lo que quiere decir que cuando el índice es bajo el compuesto

resulta fino y cuando es alto resulta compuesto grueso, c. Contenido de humedad, ASTM C566, NTP 339.185, se sabe que ciertos agregados contienen humedad por el mismo hecho de estar en la intemperie, lo cual es importante determinar para saber la cantidad de agua que se ocupará en el diseño de la mezcla, d. Peso específico y absorción, se basa en la N.T.P 400.022, ASTM C128, es la relación de su peso respecto al volumen total igual de agua. Por ello se realiza cálculos que nos conlleven a determinar el peso específico, e. Peso unitario suelto, se aplica la NTP 400.017, ASTM C29, es el resultado del cociente entre la pesadez de las partículas y tamaño total del recipiente, f. Peso unitario compactado, NTP 400.017, ASTM C29, se procede a realizar cuando el volumen máximo del compuesto es inferior a 50 milímetros (LARICO, 2019, p. 56). Nanosílice. CASTELLANOS, MELLO Y SILVA (2016). También conocido como dióxido de silicio, es uno de los componentes más numerosos en la corteza terrestre, abarcando un 28% de ello, compuesto de tal forma por silicio y oxígeno que comúnmente es llamado sílice, formando parte de los componentes principales de la arena (p. 17). Influencia del nano SiO₂. BERNAL, SÁNCHEZ Y ET AL, (2016). Existen muchas nanopartículas y de todas ellas la nanosílice es la que tiene mayor demanda de uso tanto con cemento y hormigón ya que mejora sus propiedades. Estudios realizados demuestran en los ensayos que aplicando una cantidad de 1 % a 5% se obtiene como resultado un aumento exponencial del contenido de aire ocluido. Si bien es cierto es de suma importancia desarrollar estructuras resistentes, durables que cumplan con los requisitos para soportar esfuerzos y al mismo tiempo colaboren con el medio ambiente (p. 5). Relación de agua-cemento. CASTILLO Y LEMA, (2018). Determinan que la relación de estos dos componentes (agua y cemento) es muy importante puesto que los minerales del cemento con el agua producen reacciones químicas como la hidrólisis e hidratación, llegando así a los procesos fisicoquímicos, dando pase a productos hidratados, mecánicamente resistentes y estables (p. 126). Se tiene las siguientes teorías relacionadas con respecto a la variable dependiente, Resistencia a la compresión. CAMARANGO E HIGUERA, (2016). Se determina para poder ver que el concreto cumpla con las exigencias correspondientes, a través de cilindros de concreto. La medición de dicho ensayo es de manera cuantitativa para verificar la dureza que exhibe una

muestra de concreto al ser prensada por dos fuerzas iguales aplicadas en sus dos caras transversales (p. 95). Sin embargo, como enfoques conceptuales está: Concreto de alta resistencia. AIZPURUA, MORENO Y CABALLERO. (2018). En la actualidad es determinado de esa manera por los ingenieros diseñadores, debido a que es un material de gran rendimiento. Gracias a ello se logra construcciones garantizadas (F. P). Concreto según: CORTÉS, DE LA CRUZ Y SÁENZ, (2015). Es un material masivo y pesado, empleado en el rubro de la construcción de manera indispensable. Por lo general el concreto presenta una densidad aproximada de $2,500\text{kg}/\text{cm}^3$, dicho peso representa un parámetro negativo para el diseño de obras por lo que toman como alternativa al concreto ligero que presenta un menor peso de $1,400\text{kg}/\text{m}^3$ y $2,000\text{kg}/\text{m}^3$, siempre buscando la mejora con la adición de nuevos materiales (p. 2). Diseño de mezcla de concreto. CANUL, MENDOZA Y MORENO, (2016). Manifiesta que el diseño de mezcla reside en cuantificar las proporciones de los elementos que formarán parte del hormigón. El diseño se realiza empleando los métodos del ACI (American Concrete Institute) para obtener la resistencia a compresión a una edad determinada. Por ello es importante que la mezcla cumpla con todos los requerimientos para obtener una dosificación adecuada (p. 242). Nanotecnología. AVALOS, HAZA Y MORALES (2016). Lo define como una ciencia multidisciplinar por lo que en la actualidad está teniendo gran impacto debido a sus beneficiosas propiedades. Así mismo es también definida como la aplicación y producción de estructuras, sistemas y dispositivos a través de la verificación de la forma y volumen de materiales en la escala nanométrica (p. 2). Nanopartículas: AQUINO, DUEÑAS Y ET AL, (2018). Manifiesta que las nanopartículas abarcan por lo general tamaños entre 1 a 100 nanómetros. Cabe mencionar que al aplicar las nanopartículas al cemento se obtiene una mejor resistencia. Por ello en los ensayos realizados con nanopartículas de sílice se obtuvo a 28 días un 20.82% y a los 60 días se logró incrementar 23.93%, concluyendo que las nanopartículas cumplen una función importante en la resistencia del concreto (s. p).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de Investigación

El presente proyecto de investigación es aplicado, por consiguiente, busca la reproducción de conocimientos con adaptación directa a los problemas que se tiene en estudio; el diseño es de nivel experimental y es de tipo cuasi experimental, por ello se acudieron a revisar las variables que intervienen, como el nanosílice en el concreto y su resistencia a la compresión.

A continuación, el diseño planteado será el siguiente:

$$D = O_1 - X - O_2$$

Dónde:

O_1 = Concreto convencional

X = Nanosílice

O_2 = Concreto mejorado

Tabla 3: Gráfica del diseño experimental para la fabricación de las probetas

GE(1)	X1 (concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 1% de nanosílice)	O1(7d)	X1(concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 1% de nanosílice)	O2(14d)	X1 (concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 1% de nanosílice)	O3(28d)
GE(2)	X2 (concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 3% de nanosílice)	O1(7d)	X2(concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 3% de nanosílice)	O2(14d)	X2 (concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 3% de nanosílice)	O3(28d)
GE(3)	X3 (concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 5% de nanosílice)	O1(7d)	X3 (concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 5% de nanosílice)	O2(14d)	X3 (concreto f`c=210kg/cm2 adicionado el 5% de nanosílice)	O3(28d)
GC(4)	X0(concreto f`c=210kg/cm2 sin utilizar nanosílice)	O1(7d)	X0 (concreto f`c=210kg/cm2 sin utilizar nanosílice)	O2(14d)	X0 (concreto f`c=210kg/cm2 sin utilizar nanosílice)	O3(28d)

Fuente: Elaboración propia de los testistas.

Dónde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo control (concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ sin utilizar nanosílice)

X1: Concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado el 1% de nanosílice

X2: Concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado el 3% de nanosílice

X3: Concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ adicionado el 5% de nanosílice

O1, O2, O3: Medición

3.2 Variables y operacionalización

- Variable independiente cuantitativa: diseño de un concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando nanosílice.
- Variable dependiente cuantitativa: resistencia a la compresión.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

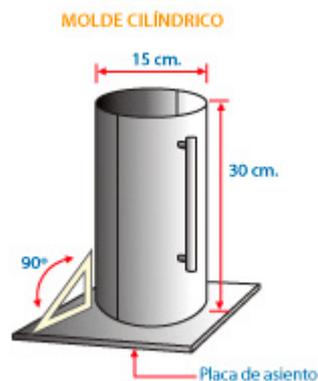
MENDIVELSO Y RODRÍGUEZ, (2018). Nos dice que la población es el grupo de fenómenos que se quiere examinar, qué sujetos se deben incluir en el estudio dependiendo estrictamente de la interrogante y los fines de la investigación. Cabe mencionar que es importante su identificación ya que nos permitirá tener una mejor visión del estudio (p.142).

Muestra

CASTRO, (2019). Define a la muestra como un subgrupo de elementos o individuos de una población delimitada, que obedece a ciertas propiedades comunes. Es importante recalcar que para que el análisis en una muestra deje extrapolar los resultados a la población de estudio, es necesario que obedezca con una serie de requerimientos para obtener buenos resultados (s. p).

Para la obtención de mejores resultados, se planteó que la población muestral será una cantidad de 24 especímenes de concreto.

Figura 2: Dimensión de las probetas



Fuente: Aceros Arequipa

Determinación de la muestra

Según la norma E. 060 de Concreto Armado, propone que el concreto debe dosificarse para proporcionar una resistencia promedio y debe cumplir con los criterios de durabilidad. Los requisitos deben estar basados en ensayos de probetas cilíndricas, confeccionadas y ensayadas a una edad

determinada de 28 días. Para determinar la dureza del concreto, se tiene que estimar el promedio de dos probetas cilíndricas tomadas de la misma selección. Sin embargo, se realizará un muestreo por conveniencia de 24 probetas con adición de nanosílice de 0%, 1%, 3% y 5% de acuerdo al volumen del testigo. Se realizarán 6 réplicas para cada diseño.

Tabla 5: Muestras de los concretos

Nanosílice	Medición			Parcial
	7 días	14 días	28 días	
0%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
1%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
3%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
5%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
	Total			24 unid.

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

HAMODI, LÓPEZ Y LÓPEZ (2015), el concepto de técnica se refiere a las estrategias que emplea el investigador con el objetivo de recoger todos los datos necesarios sobre el objeto evaluado, Por ello menciona a la observación, encuestas y el análisis documental y de producciones (p. 154).

Para la obtención de datos de nuestra investigación se utilizará como técnica la observación, para ello se realizará ensayos a compresión para obtener los resultados del concreto a edades de 7, 14 y 28 días con adición de nanosílice al 0%, 1%, 3% y 5 %.

Instrumento

HERNÁNDEZ Y PASCUAL (2018), manifestó que el instrumento de medición son aquellas herramientas empleadas por el investigador para ordenar la información y lograr extraer lo más importante para así dar un

mayor realce a los resultados de la investigación. Cabe recordar que en el proceso es importante seleccionar el instrumento a emplear (p, 160).

En cuanto a la obtención de datos se utilizarán los siguientes instrumentos:

- Ficha de registro de datos para las propiedades físicas y químicas de los materiales.
- Ficha de registro de datos para las propiedades tanto físicas como químicas del nanosílice.
- Ficha de control de datos sobre la resistencia del esfuerzo a compresión del concreto.

Para la investigación se utilizará la técnica e instrumentos mencionados con la finalidad de corroborar los resultados a través de ensayos realizados en los laboratorios y utilizando las fichas de registro para transcribir los datos obtenidos.

Tabla 6:Cuadro de técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos	Fuente
Ensayo de propiedades físicas de los agregados de la mezcla de concreto.	Ficha de registro de datos sobre las propiedades físicas de los agregados del concreto.	Norma N.T. P 339.127(ASTM D2216)
Ensayo de las propiedades físicas y químicas del nanosílice.	Ficha de registro de datos sobre las propiedades físicas y químicas del nanosílice.	Ficha Técnica
Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto convencional y adicionado.	Ficha de control para la resistencia del esfuerzo a compresión del concreto.	Norma N.T.P 339.167 (ASTM D 2166)

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

Validez y confiabilidad

Validez

ESQUIVEL, GARCÍA Y PAREJA (2014), Denomina a la validez como un juicio evaluador, el cual corresponde al grado en que el razonamiento teórico y la evidencia empírica apoyan la idoneidad y conveniencia de las conclusiones basadas en los resultados obtenidos por los instrumentos que se emplean (p, 44).

Confiabilidad

ARAVENA, MORAGA, ET AL (2014), manifestó que la confiabilidad es denominada como precisión, debido a que obedece al grado donde los resultados de una medición están libres de errores. Ello quiere decir que al realizar una o más veces las mediciones de manera constante, estas deberían mostrar similitudes (p. 72).

Para nuestra investigación, se utilizará los instrumentos del laboratorio de Mecánica de Suelos ARGAD, los cuales están debidamente calibrados, estandarizados y normados por la institución que se menciona.

- Formato de laboratorio de Mecánica de Suelos y materiales, regido por N.T. P.

3.5 Procedimientos

El presente estudio de investigación trata de un diseño concreto en el cual se inicia con la selección de los materiales que es de suma importancia ver el lugar de extracción y las condiciones que presenten garantizando una buena calidad. Posterior a ello se procedió a conseguir el nanosílice para ser aplicado a los distintos diseños que se procederá a elaborar. Al haber conseguido todos los materiales necesarios para la elaboración se procederá a realizar los ensayos respectivos, como la granulometría, el contenido de humedad, la densidad entre otros. Todos los estudios que se realicen deberán ser registrados en fichas que nos permitirán llevar el orden adecuado. Una vez obtenida las mezclas con distintas dosificaciones de nanosílice se procederá a colocar en un molde cilíndrico, para esperar las edades necesarias y ser sometidas a la prensa, de esa manera obtener la resistencia de cada probeta y llegar a un resultado óptimo.

3.6 Método de análisis de datos

La información que se recoja del estudio de la investigación será procesada previamente con ensayos de mecánica de suelos, programas como el SPSS, Excel y entre otros. Todo ello nos permitirá presentar en forma ordenada mediante gráficos, cuadros resúmenes, imágenes etc., para una mejor comprensión del lector.

Ensayo de laboratorio para medir la resistencia al esfuerzo a compresión, mediante los parámetros fijados de la norma técnica peruana 339.167.

Ensayo de laboratorio para obtener las características del suelo, a través de los parámetros fijados en la norma técnica peruana 339.127 y la N.T. P 339.128.

Ensayo de laboratorio para obtener la clasificación del suelo, por medio de los parámetros fijados en la norma técnica peruana 339.129. Se determina el tipo de suelo.

3.7 Aspectos éticos

Los investigadores del actual proyecto se comprometen a respetar con legitimidad los resultados, la seguridad de los datos efectuados en el laboratorio, establecida de conforme a normas y también a criterios del investigador, reservando prudencia de la información proporcionada de las personas que participen en el proyecto.

IV. RESULTADOS

4.1 Propiedades físicas de los agregados de la mezcla de concreto.

Tabla 7

Propiedades físicas del agregado fino y grueso

Propiedades	Unidad	Agregado fino	Agregado grueso
Tamaño máximo		3/8	3/4
Humedad Natural	(%)	1.50	0.19
Peso Específico	(gr/cm ³)	2.76	2.66
Absorción	(%)	1.1	0.63
Módulo de fineza		2.83	6.96
Peso Unitario Suelo	(Kg/cm ³)	1681	1497
Peso Unitario varillado	(Kg/cm ³)	1829	1620

Fuente: Laboratorio ARGAD

Interpretación. Las pruebas fueron desarrolladas en el laboratorio ARGAD, basándose en las siguientes normativas: norma ASTM D- 2216 (humedad natural), Norma ASTM D 422 (análisis granulométrico), Norma ASTM C – 127 (peso específico y absorción del agregado fino) , ASTM C – 128 (peso específico y absorción del agregado grueso), ASTM C 29 (peso unitario de agregados), de esta manera se obtuvieron los resultados del agregado fino que fue extraído de la cantera Amazon, siendo tamaño máximo 3/8, humedad natural 1.50 %, peso específico 2.76 gr/cm³, absorción 1.1 %, módulo de finesa 2.83, peso unitario suelto 1681 kg/cm³, peso unitario varillado 1829 kg/cm³ y del agregado grueso que fue extraído de la cantera Bardel en la cual se obtuvo tamaño máximo 3/4, humedad natural 0.2 %, peso específico 2.66 gr/cm³, absorción 0.63 %, módulo de finesa 6.96, peso unitario suelto 1497 kg/cm³, peso unitario varillado kg/cm³, dando unos resultados favorables para el diseño de mezcla.

4.2 Propiedades físicas y químicas del nanosílice.

Tabla 8

Propiedades físicas del nanosílice

PROPIEDAD	CONDICIÓN	VALOR	MÉTODO
Densidad	20 °C	aprox. 2.2 g/cm ³	DIN 51757
Pérdida de peso	-	< 2 %	DIN EN ISO 3262-19
Índice de refracción	-	1.46	-
Contenido de SiO ₂	1000 °C 2 h	> 99.8 %	DIN EN ISO 3262-19
Densidad del grupo silanol	-	2 SiOH/nm ²	-

Fuente: Kceli Inversiones Generales SAC

Tabla 9

Propiedades químicas del nanosílice

PROPIEDAD	CONDICIÓN	VALOR	MÉTODO
Perdida por desecación	-	<1.5%	USP
Residuo del tamiz	-	<0.03%	DIN EN ISO 787-18
PH	40 g/l	3.8- 4.3	DIN EN ISO 787-9
Apisonado	-	Aprox. 40 g/l	DIN EN ISO 787-11
Superficie de apuestas		175 - 225 m ² /g	DIN ISO 9277 DIN 66132
Contenido de arsénico	-	< 3 ppm	USP/AAS
Cloruro en contenido	-	< 250 ppm	EP
Contenido de silicona	-	> 99.0 - 100.5 %	USP
Perdida por combustión	-	< 2.0 %	USP

Fuente: Kceli Inversiones Generales SAC

Interpretación. El sílice es aplicable al rubro de la construcción por lo que la empresa Kceli Inversiones Generales SAC ofrece distintos tipos de sílice, siendo la HDK N20 PHARMA la más empleada de forma indirecta para múltiples beneficios. Los estudios realizados como se muestra en la ficha técnica nos permiten obtener las propiedades tanto físicas como químicas, por lo que se observa una densidad aproximada de 2.2 g/cm³ por el método DIN 51757, así mismo con un contenido de casi el 100% de dióxido de sílice por el método DIN EN ISO 3262-19. Así mismo se muestra en la tabla un PH de 3.8 – 4.3 por el método DIN EN ISO 787-9.

4.3 Resistencia del concreto con adiciones del 1%, 3% y 5% de nanosílice a edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 10

Resistencia del concreto a edades de 7, 14 y 28 días

Adición de porcentajes de nanosílice	Edades		
	7	14	28
0%	166.9 kg/cm ²	202.4 kg/cm ²	221.1 kg/cm ²
1%	165.2 kg/cm ²	188.4 kg/cm ²	213.9 kg/cm ²
3%	84.2 kg/cm ²	97.6 kg/cm ²	117.6 kg/cm ²
5%	68.6 kg/cm ²	71.6 kg/cm ²	77.8 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia de los testistas

Interpretación. El proyecto de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio ARGAD, donde se realizó los ensayos que nos permitieron obtener las resistencias en las distintas edades propuestas en nuestra investigación. En la Tabla N.º 10 se puede observar la resistencia del concreto patrón que a los 28 días alcanza una resistencia de 221.1 kg/cm². Posterior a ello se puede observar que la resistencia con adición del nanosílice en los distintos porcentajes, con el 1% se observa que la resistencia va en aumento a los 7 días con 165.2 kg/cm² hasta el fraguado de los 28 días con 213.9 kg/cm², continuando con el 3% se observa en la tabla que la resistencia desciende a un 117.6 kg/cm³, por tanto, con el 5% de adición de sílice el concreto muestra menos resistencia. Por ello se determina que el concreto con adición del 1% de sílice si cumple con la resistencia de un diseño de 210 kg/cm².

4.4 Diseño óptimo con adición del nanosílice aplicando el 1%, 3% y 5% para mejorar la resistencia a compresión del concreto.

Tabla 11

Diseño de mezcla del concreto patrón y de concreto óptimo (con el 1% de adición de nanosílice)

MATERIAL	Unidad	Patrón ($f_c=210\text{kg/cm}^2$)	1% nanosílice + 99% cemento
Cemento	Kg	366	366
Sílice	Kg	0.00	3.66
Agregado grueso	Kg	1038.67	1036.01
Agregado fino	Kg	734.17	732.30
Agua	L	206.74	206.74

Fuente: Resultados del Laboratorio ARGAD.

Interpretación: La investigación consta de cuatro grupos experimentales. El primer grupo experimental fue tomado como valor referencial, es decir las dosificaciones de los agregados para un concreto convencional de $F_c=210\text{ kg/cm}^2$ y los otros tres fueron elaborados con la adición del 1%, 3% y 5% de nanosílice. A través de la prueba de resistencia a compresión, se determinó que el diseño óptimo de la mezcla en relación a un concreto $f_c= 210\text{ kg/cm}^2$ es la que está conformada por el 1% de nanosílice y 99 % de cemento, trayendo como consigo una resistencia de $F_c=213.9\text{ kg/cm}^2$ a una edad de 28 días, en el que el diseño de la mezcla para un metro cubico de concreto mostrada en la tabla, presenta 366 kg de cemento Pacasmayo, 3.66 kg de nanosílice, 1036.01 kg de agregado grueso, 732.30 kg de agregado fino, 206.74 litros de agua. Cabe mencionar que la adición del nanosílice en la mezcla no implicó la adición de más agua, teniendo una trabajabilidad manejable a diferencia de los demás porcentajes que se añadió más agua para lograr una mejor trabajabilidad del concreto.

4.5 Costo Óptimo del concreto con adición del 1% de nanosílice.

Tabla 12

Comparación económica del concreto control y del concreto óptimo (1% de nanosílice)

MATERIAL	Und.	PU	Patrón (f'c=210kg/cm ²)		1% sílice + 99% Concreto	
			Cantidad	Costo (S/.)	Cantidad	Costo (S/.)
Cemento	Kg	0.53	366	193.98	366	193.98
Sílice	Kg	54.6	0.00	0.00	3.66	199.84
Agregado grueso	Kg	0.08	1038.67	83.09	1036.01	82.88
Agregado fino	Kg	0.05	734.17	36.71	732.30	36.62
Agua	L	0.00247	206.74	0.51	206.74	0.51
Costo Total por m³			S/. 314.29		S/. 513.83	

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas

Interpretación: Como se puede observar en la tabla N.º 12 se realizó una comparación de 1m³ de concreto. Se identificó el costo del diseño óptimo (con adición del 1% de sílice) en la cual fue relativamente mayor con el concreto control (Fc=210 kg/cm²) teniendo un costo de S/314.29 y de S/513.83 existiendo una diferencia de S/ 199.54 debido al precio del nanosílice. De esta manera se determina que la aplicación del 1% de nanosílice resulta costoso para el diseño de la mezcla. Debido a que se presentó un mayor costo de elaboración respecto a la elaboración del concreto convencional.

VALIDACIÓN DE HIPOTESIS

Resultados obtenidos mediante el Software IBM SPSS para la veracidad de nuestras hipótesis en cuanto al ensayo de resistencia a la compresión.

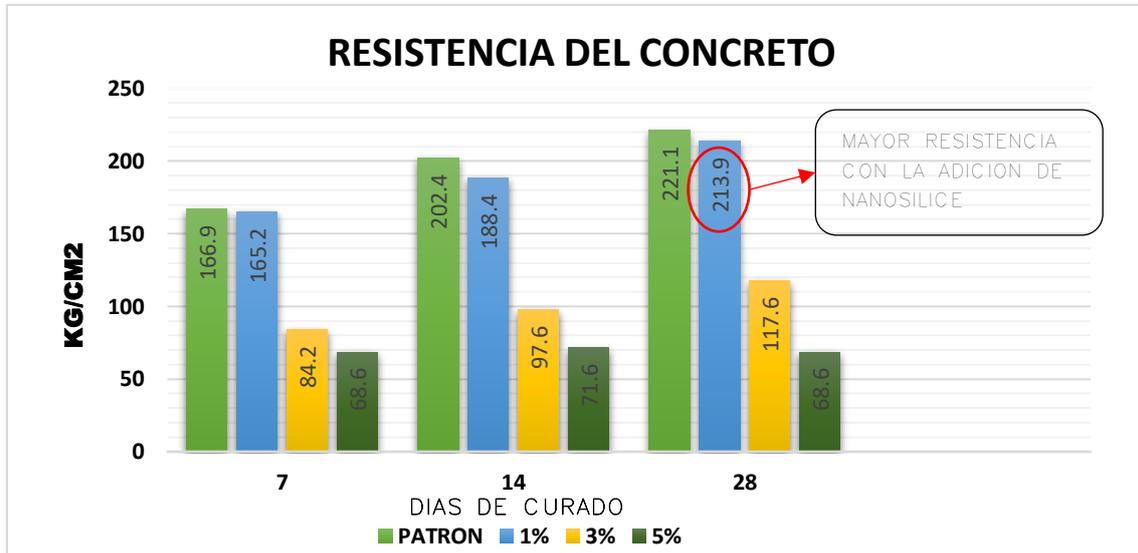


Figura 3: Gráfico de la resistencia del concreto en el software IBM SPSS del concreto patrón y los porcentajes de la adición de nanosílice (1%, 3%, 5%) a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: elaboración propia de los tesistas.

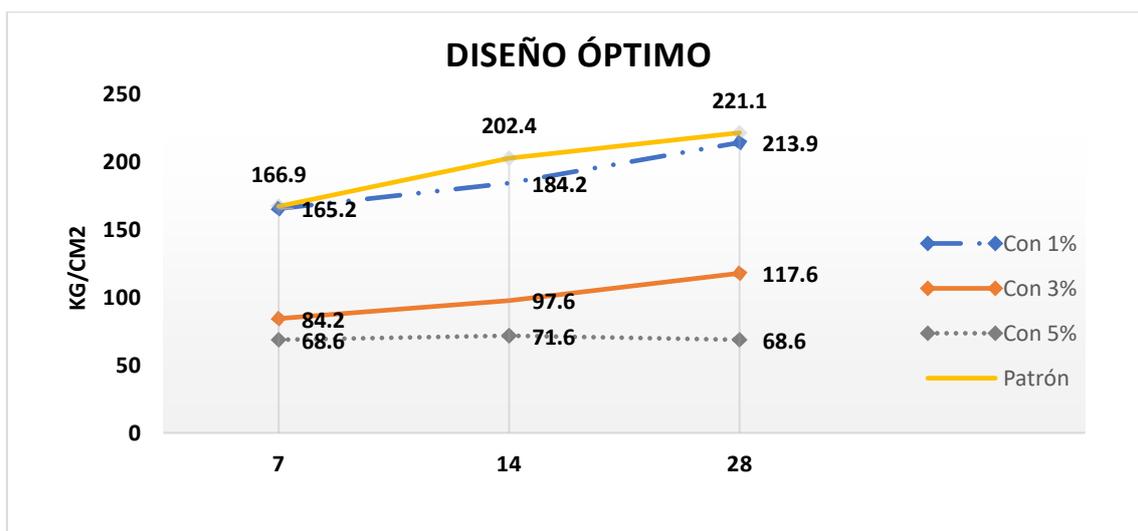


Figura 4: Diseño óptimo del concreto patrón y del concreto con adición del nanosílice en el software IBM SPSS

Fuente: elaboración propia de los tesistas.

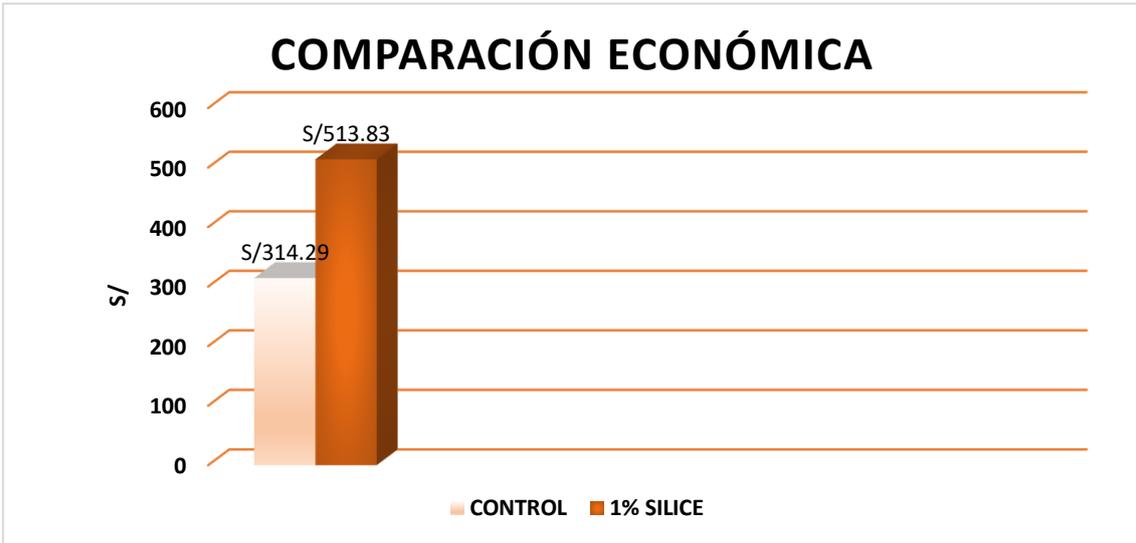


Figura 5: Gráfico de la comparación económica en el software IBM SPSS.

Fuente: elaboración propia de los tesisistas.

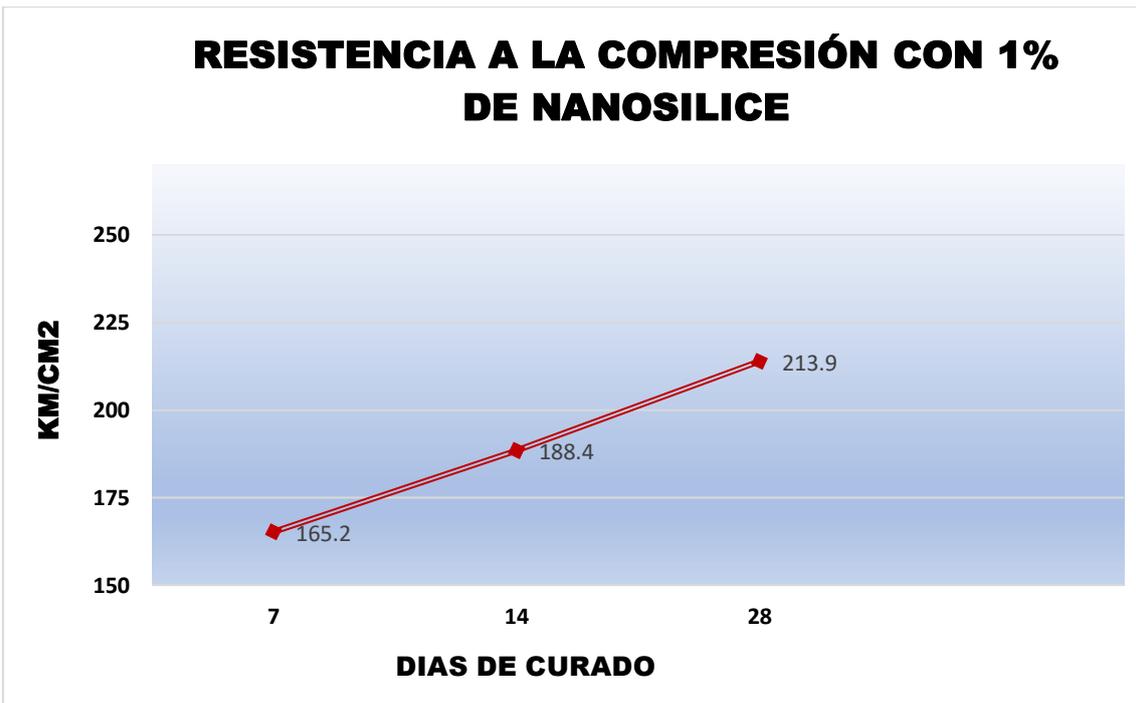


Figura 6: Gráfico de la resistencia a compresión del concreto con la adición del 1% de nanosílice.

Fuente. Elaboración propia de los tesisistas.

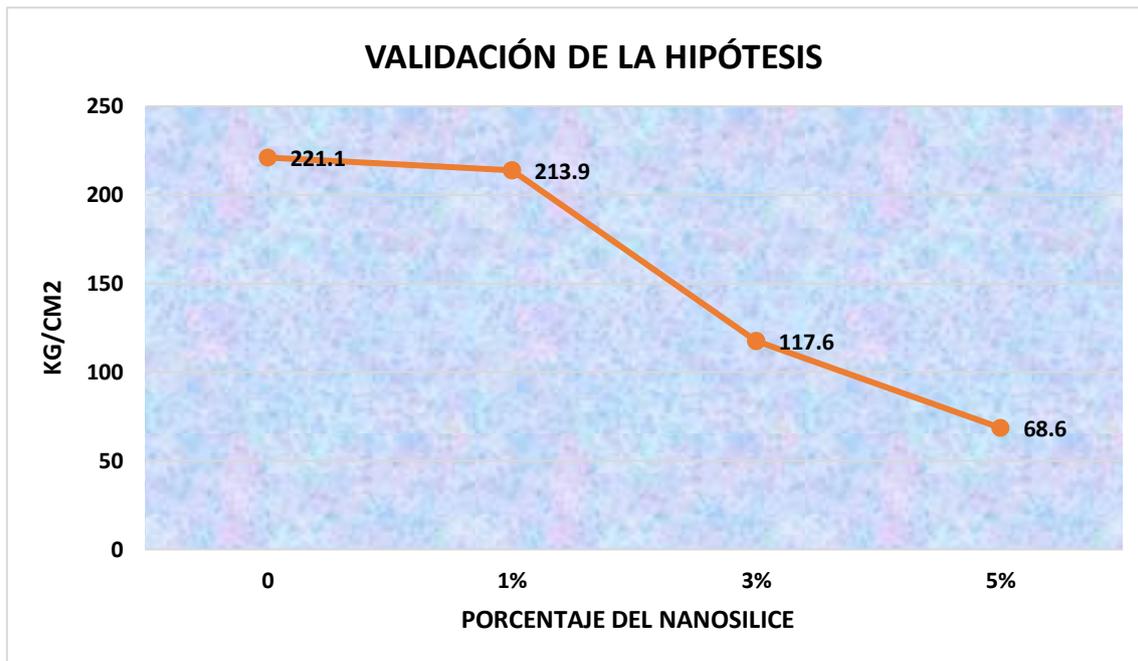


Figura 7: Gráfico de Validación de la hipótesis mediante el software IBM SPSS del concreto con la adición de los porcentajes de nanosílice.

Fuente: elaboración propia.

Prueba de hipótesis.

De acuerdo con los resultados que se muestra en la figura 7, se puede observar que se acepta la hipótesis de estudio en relación a las variables con la adición del 1% de nanosílice, que indica la hipótesis general. El uso del nanosílice mejorara eficientemente su resistencia a la compresión del concreto $f' c = 210\text{kg/cm}^2$ Tarapoto 2020.

V. DISCUSIÓN

En cuanto a las características de los agregados de la mezcla de concreto, los ensayos fueron realizados en el laboratorio ARGAD, teniendo en cuenta las normas correspondientes que respaldan dichos estudios, Norma ASTM D-2216 (humedad natural), Norma ASTM D 422 (análisis granulométrico), Norma ASTM C – 127 (peso específico y absorción del agregado fino), ASTM C – 128 (peso específico y absorción del agregado grueso), ASTM C 29 (peso unitario de agregados). De esta manera se obtuvieron los resultados del agregado fino que fue extraído de la cantera Amazon, siendo su tamaño máximo 3/8, humedad natural 1.50 %, peso específico 2.76 gr/cm³, absorción 1.1 %, módulo de finesa 2.83, peso unitario suelto 1681 kg/cm³, peso unitario varillado 1829 kg/cm³, así mismo el agregado grueso que fue extraído de la cantera Bardel en la cual se obtuvo un tamaño máximo 3/4, humedad natural 0.2 %, peso específico 2.66 gr/cm³, absorción 0.63 %, módulo de finesa 6.96, peso unitario suelto 1497 kg/cm³, peso unitario varillado kg/cm³. En este sentido, la investigación presentada por TERREROS, Luis. CARVAJAL, Iván (2016), menciona que los agregados deben cumplir con ciertos criterios de calidad para la elaboración del diseño de mezcla, en cuanto al agregado fino se obtuvo un peso específico de 2430 kg/m³, peso unitario suelto seco 1322,7 kg/m³, peso unitario compactado 1596 kg/m³, humedad natural 4,53%, absorción 6,38% y módulo de finura 2.23, así mismo con el agregado grueso que se obtuvo un tamaño máximo nominal 2.54 cm es decir todo lo retenido en la malla $\frac{3}{4}$ ", peso específico 2520 kg/m³, peso unitario suelto seco 1281,1 kg/m³, peso unitario seco compactado 1453 kg/m³, humedad natural 1,03%, absorción 1,09% y módulo de finura 7,78. Por lo tanto se determina que ambos estudios las condiciones de los agregados son aceptables para la elaboración de un diseño de mezcla.

El nanosílice al ser un material inmerso en distintos campos, es aplicable al rubro de la construcción por lo que la empresa Kceli Inversiones Generales SAC ofrece distintos tipos de sílice, siendo la HDK N20 PHARMA la más empleada de forma indirecta para múltiples beneficios. Los estudios realizados como se muestra en la ficha técnica nos permiten obtener las propiedades tanto

físicas como químicas, por lo que se observa en cuanto a las propiedades físicas una densidad aproximada de 2.2 g/cm³ por el método DIN 51757, así mismo con un contenido de casi el 100% de dióxido de sílice por el método DIN EN ISO 3262-19; con respecto a las propiedades químicas determinadas en la ficha técnica proporcionada refleja un PH de 3.8 – 4.3 determinado por el método DIN EN ISO 787-9. De tal forma, se puede contrastar la investigación de TSOTSIS, Georgios (2018), donde se ha demostrado que la adición del nanosílice mejora la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto. Se ha logrado concluir que con el 10% de adición en agentes dispersantes, aumenta la resistencia a la compresión en morteros a la edad de 28 días hasta un 26%. Sin embargo, también se identificó que la adición en pequeñas cantidades como el 0.25% incrementaba la resistencia a los 28 días en un 10%. Así mismo quedo demostrado que el nanosílice aumenta significativamente el módulo de elasticidad es decir hasta un 143% en una dosificación del 5%.

De acuerdo a los ensayos realizados en el laboratorio, se obtuvo las resistencias tanto del concreto patrón como del concreto con las distintas adiciones del nanosílice. Como se puede observar en la tabla N.º 10 la resistencia del concreto patrón a la edad de 28 días resulta 221.1 kg/cm². Seguidamente se obtiene la resistencia del concreto con las adiciones, para el caso del 1% se obtiene 213.9 kg/cm² en el que no fue necesario añadir más agua al diseño, continuamente el 3% de nanosílice presentó una resistencia de 117.6 kg/cm² en el que fue necesario añadir 3 litros de agua a la mezcla debido la dificultad de la trabajabilidad del concreto, por último el 5% de adición de nanosílice mostró una resistencia de 77.8 kg/cm², que para tal modo también se añadió agua en este caso 6 litros ya que la trabajabilidad del concreto resultaba más complicada. De esta manera se pudo llegar a verificar las resistencias de los concretos con las adiciones propuestas en la investigación, para ello en el trabajo de investigación de ANDRADE (2017), se obtiene resultados en el que se puede observar que la adición del nanosílice en un 2% y 4% mejora la resistencia del concreto con el paso de las edades de 7, 14 y 28 días, cabe mencionar que la resistencia que se obtiene al agregar 4% es menor que al agregar un 2% en todas las edades.

Respecto al diseño óptimo de la mezcla se propuso la adición del 1%, 3% y 5% de nanosílice para mejorar la resistencia del concreto $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en el cual mediante los ensayos realizados se estableció que el óptimo diseño de la mezcla es la que está conformada por el 1% de nanosílice + 99% de cemento, resultando una resistencia de $F_c=213.9 \text{ kg/cm}^2$ a una edad de 28 días, en el que el diseño de la mezcla para un metro cúbico de concreto mostrada en la tabla, presenta 366 kg de cemento Pacasmayo, 3.66 kg de nanosílice, 1036.01 kg de agregado grueso, 732.30 kg de agregado fino y 206.74 litros de agua. Cabe mencionar que la adición del nanosílice en la mezcla no implicó la adición de más agua, teniendo una trabajabilidad manejable a diferencia de los demás porcentajes que se añadió más agua para lograr una mejor trabajabilidad del concreto. De esta manera la investigación de CUNHA, Thyala (2016), concluyó que la adición del 2% de nanosílice promovió ganancias del orden del 10% en la resistencia a la compresión de cilindros y cubos, teniendo un efecto pronunciado, en la que se demuestra que la mejora fue del 31% sobre la mezcla de referencia.

Para determinar el costo del metro cúbico de concreto se realizó una comparación entre las probetas del concreto patrón (sin adición del aditivo nanosílice) y el concreto óptimo (con adición del 1% de nanosílice), concluyendo que el costo de la mezcla del concreto óptimo con adición del 1% de nanosílice fue mayor en comparación con el concreto control, llegando a tener un costo total por metro cúbico de S/. 513.83 y de S/. 314.29 respectivamente, donde se observa una diferencia de S/. 199.54, resultando más costoso que un concreto convencional. Seguidamente, se muestra la investigación de CHILENO, Marlon (2017). Quien concluyó en su investigación que el uso del nanosílice es más costoso a comparación del concreto patrón que no contiene ningún aditivo, puesto que en su proyecto el costo del concreto patrón resulta S/. 254.72 mientras que con las distintas adiciones del nanosílice resulta con el 1% un total de S/. 274.03, con el 3% un total de S/. 317.81 y con el 5% un total de S/. 361.64. Ante la investigación mostrada, se coincide que la adición del nanosílice resulta más costoso en cuanto al concreto patrón.

VI. CONCLUSIONES

6.1 A través de los ensayos realizados en el laboratorio ARGAD se determinó las propiedades físicas de los agregados de la mezcla de concreto, obteniendo resultados del agregado fino que fue extraído de la cantera Amazon, siendo su tamaño máximo 3/8, humedad natural 1.50 %, peso específico 2.76 gr/cm³, absorción 1.1 %, módulo de finesa 2.83, peso unitario suelto 1681 kg/cm³, peso unitario varillado 1829 kg/cm³, así mismo el agregado grueso que fue extraído de la cantera Bardel en la cual se obtuvo un tamaño máximo 3/4, humedad natural 0.2 %, peso específico 2.66 gr/cm³, absorción 0.63 %, módulo de finesa 6.96, peso unitario suelto 1497 kg/cm³, peso unitario varillado kg/cm³.

6.2 Mediante la ficha técnica brindada por la empresa Kceli Inversiones Generales SAC se ha logrado determinar las propiedades físicas y químicas del nanosílice, por lo que se observa en cuanto a las propiedades físicas una densidad aproximada de 2.2 g/cm³ por el método DIN 51757, así mismo con un contenido de casi el 100% de dióxido de sílice por el método DIN EN ISO 3262-19; con respecto a las propiedades químicas determinadas en la ficha técnica proporcionada refleja un PH de 3.8 – 4.3 determinado por el método DIN EN ISO 787-9.

6.3 Los estudios realizados en el laboratorio ARGAD nos permitieron obtener las resistencias del concreto con las adiciones del 1%, 3% y 5% de nanosílice, de tal modo que con la adición del 1% se obtuvo una resistencia de $F_c=213.9$ kg/cm², con el 3% se obtuvo una resistencia de $F_c=117.6$ kg/cm² y con el 5% resultó una resistencia de $f_c=77.8$ kg/cm², llegando a la conclusión que la adición de nuestro aditivo no supera la resistencia del concreto patrón.

6.4 Se determinó el diseño óptimo de la mezcla, en el cual mediante los ensayos realizados se estableció que el óptimo diseño es la que está conformada por el 1% de nanosílice + 99% de cemento, resultando una resistencia de $F_c=213.9$ kg/cm² a una edad de 28 días, en el que el diseño de la mezcla para un metro cúbico de concreto mostrada en la tabla, presenta 366 kg de cemento Pacasmayo, 3.66 kg de nanosílice, 1036.01 kg de agregado grueso, 732.30kg de agregado fino y 206.74 litros de agua. Concluyendo así que nuestro diseño optimo con adición del nanosílice no supera la resistencia de un concreto patrón.

6.5 Se determinó que el costo de la mezcla del concreto óptimo con adición del 1% de nanosílice fue mayor en comparación con el concreto control, llegando a tener un costo total por metro cúbico de S/.513.83 y de S/. 314.29 respectivamente, donde se observa una diferencia de S/ 199.54, resultando más costoso que un concreto convencional.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1** Se recomienda que para investigaciones futuras se tenga muy en cuenta los agregados a empelar para los estudios correspondientes, en el caso de nuestra investigación se empleó el agregado grueso y fino del río Huallaga, los cuales contribuyeron al diseño de la mezcla.
- 7.2** Es recomendable que se realicen estudios más precisos a cerca del aditivo nanosílice en laboratorios especializados que garanticen la confiabilidad de los resultados ya que actualmente se vienen experimentando el uso de estas nanopartículas que buscan mejorar a la resistencia de los concretos.
- 7.3** Con respecto a los estudios realizados, no se recomienda el uso del nanosílice, debido a que este aditivo tiende a absorber el agua por lo que a mayor porcentaje mayor cantidad de agua, resultando menor resistencia y mayor complicación en la trabajabilidad del concreto.
- 7.4** Es recomendable emplear el uso de otros aditivos en el concreto a excepción del nanosílice debido a que este no cumple con las resistencias que se necesita para superar a un concreto patrón
- 7.5** Con los estudios realizados no se recomienda el uso del nanosílice puesto que el precio del producto al adquirirlo presenta un costo elevado, resultando un diseño costoso.

REFERENCIAS

AIZPURÚA, Lidia. CABALLERO, Karen. MORENO, Geneva. Estudio de alta resistencia con el uso de cenizas de materiales orgánicos y polímeros. *Revista I+D Tecnológico* [en línea]. 2018, Vol. 14, (2). 29-37 [fecha de consulta 07 de julio 2020]. ISSN 1680-8894. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/2071/3026>

ACEVEDO, Ana. POSADA, Juan. Polyethylene terephthalate as a partial replacement for the fine aggregate in concrete mixez. *Revista Ingeniería Universidad de Medellín* [en línea]. 2019, Vol.18, (34). 45-56 [fecha de consulta 24 de junio 2020]. ISSN 2248-4094. Disponible en: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/1711/2675>.

ALIAGA, Johnny. *Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes. Huancayo. 2017.

ANDRADE, Sergio. *Análisis teórico experimental de morteros de base cemento con adición de nanopartículas*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid. 2017.

AQUINO, Pablo. DUEÑAS, Francisco. ET AL. Caracterización e incorporación de nanopartículas industriales de silicio en cemento portland de tipo I [en línea]. *Revista Soc Quiin Perú*. 2016, Vol.84, (3). 279-290 [fecha de consulta 10 de julio 2020]. ISSN 1810-634X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810634X2018000300002.

ARAVENA, Pedro. MANTEROLA, Ricardo. MORAGA, Javier. VELÁSQUEZ, Ricardo. Validity and Reliability in Dental Research [en línea]. *Revista Int. J. Odontostomat.* 2014, Vol.8, (1). 69-75 [fecha de consulta 27 de junio 2020]. ISSN 1807-3107. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S180683242014000100232&script=sci_abstract.

ARBELÁEZ, Oscar, GONZÁLES Ana. VALENCIA Juan. Evaluation of the mechanical properties of modified concretes with glass microspheres and tire debris [en línea]. *Revista Lámpsakos.* 2019, Núm.22. 16-26 [fecha de consulta 28 de junio 2020]. ISSN 2145-4086. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7210377>.

ÁVALOS, Alicia. HAZA, Isabel. MORALES, Paloma. Nanotechnology in the food industry I: Applications [en línea]. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias.* 2016, Vol.10, (2). 1-17 [fecha de consulta 01 de julio 2020]. ISSN 1988-2688. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/article/download/53544/49078>

BARTRA, David. *Evaluación de la influencia del grafeno como aditivo nanotecnológico para mejorar la resistencia del concreto $f_c=210$ kg/cm² Tarapoto, 2018.* (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo. Tarapoto. Perú. 2019.

BERNAL, J. LEÓN, N Y ET AL. Rheological and mechanical properties of self-compacting concrete with the addition of nano-silica and microsilica [en línea]. *Revista Alconpat.* 2016, Vol.6, (1). 1-14 [fecha de consulta 01 de julio 2020]. ISSN 2007-6835. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/alconpat/v6n1/2007-6835-alconpat-6-01-1-en.pdf>.

CAMARANGO Nelson. HIGUERA Carlos. Concrete Hydraulic Modified with silica obtained of the rice husk [en línea]. *Revista Ciencia e Ingeniería Andina*. 2016, Vol. 27, (1). 91-109 [fecha de consulta 05 de julio 2020]. ISSN 0124-8170. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702017000100006.

CANUL. MENDOZA. MORENO. Efecto de la ceniza volante en las propiedades mecánicas del concreto hecho con agregado calizo triturado de alta absorción [en línea]. *Revista Alcompat*. 2016, Vol. 6, (6). 235-6835 [fecha de consulta 04 de julio 2020]. ISSN 2007-6835. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352016000300235&lng=es&nrm=i&tlng=es.

CARDOSO, Patricia. Nanopartículas de plata: obtención, utilización como antimicrobiano e impacto en el área de la salud [en línea]. *Revista Hosp. Niños (B. Aires)*. 2016, Vol.58, (260). 19-28 [fecha de consulta 04 de julio 2020]. ISSN 2314-1239. Disponible en: <http://revistapediatria.com.ar/wp-content/uploads/2016/04/260-Nanoparti%CC%81culas-de-plata.pdf>.

CASTILLO, Edinson. LEMA, William. Relación agua/cemento en diseño de vértices extremos aplicado a mortero [en línea]. *Revista Maskana*. 2018, Vol.9, (1). 125-140 [fecha de consulta 03 de julio 2020]. ISSN 2477-8893. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1860/1369>.

CASTRO, Magdalena. Biostatistics applied in clinical research: basic concepts [en línea]. *Revista Médica Clínica Las Condes*. 2019, Vol. 30, (1). 50-55 [fecha

de consulta 17 de junio 2020]. ISSN 0716-8640. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300045>.

CASTELLANOS, Leónides. MELLO, Renato. SILVA, Cid. *El silicio en la resistencia de los cultivos a las plagas agrícolas* [en línea]. *Revista Inca, Cultivos Tropicales*. 2016, Vol.36, (especial). 16-24 [fecha de consulta 29 de junio 2020]. ISSN 1819-4087. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362015000500002&lng=es&nrm=iso.

CHILENO, Marlon. *Relación del aditivo nanosílice en la resistencia del concreto en la urbanización de Chorrillos – Ciudad de Huancayo 2016*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de los Andes. Huancayo. Perú. 2017.

CORTÉS, Facundo. DE LA CRUZ, Francisco. SÁENZ, Agustín. Concreto ligero utilizando Cáscara de Nuez [en línea]. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*. 2015, Vol.9, (1). 1-11 [fecha de consulta 08 de julio 2020]. ISSN 1990-8830. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193948443004.pdf>.

CUNHA, Thyala. *Estudo da adicao de polímero superabsorbente e de nanopartículas de sílica para malhorar as propiedades de concretos de alta resistencia*. (Tesis de pregrado). Universidad de Brasilia. Marco. Brasil.2016.

ESQUIVEL, Elisabeth. GARCÍA, José. PAREJA, Elisa. Validez de los cuestionarios utilizados en ciencias de la salud [en línea]. *Revista Ars Pharmaceutica*. 2014, Vol.55, (2). 32-41 [fecha de consulta 26 de junio 2020]. ISSN 2340-9894. Disponible en:
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/article/view/4493>.

HAMODI, Carolina. LÓPEZ, Víctor. LÓPEZ, Ana. Medios, técnicas e instrumentos de evaluación formativa y compartida del aprendizaje en educación superior [en línea]. *Revista Perfiles Educativos*. 2015, Vol. 37, (147). 146-161 [fecha de consulta 21 de junio 2020]. ISSN 0185-2698. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0185-26982015000100009&lng=es&nrm=iso.

HERNÁNDEZ Héctor. PASCUAL, Alina. Validation of a research instrument for the design of a self-assessment methodology for the environmental management system [en línea]. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2018, Vol.9, (1). 158-163 [fecha de consulta 23 de junio 2020]. ISSN 2145-6453. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6383705>

LLINÁS, María. SÁNCHEZ, David. Nanopartículas de sílice: preparación y aplicaciones en biomedicina [en línea]. *Revista Afinidad*. 2014, Vol.9, (565). 20-31 [fecha de consulta 08 de julio 2020]. ISSN 0001-9704. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/276498/364430>

MÁRQUEZ, Edwin. *Nanopartículas de sílice y su relación con el concreto*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. 2018.

MENDIVELSO Fredy. RODRÍGUEZ, Milena. Diseño de Investigación de Corte Transversal [en línea]. *Revista Médica Sanitas*. 2018, Vol.21, (3). 141-146 [fecha de consulta 15 de junio 2020]. ISSN 0123-4250. Disponible en: https://www.unisanitas.edu.co/Revista/68/07Rev%20Medica%20Sanitas%2021-3_MRodriguez_et_al.pdf

MENDÉZ, Rosalín. PATIÑO, Oscar. Control de calidad del concreto [en línea]. *Revista RIDTEC*. 2016, Vol,4, (1). 2 [fecha de consulta 24 de junio 2020]. ISSN 1680-8894. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/134/pdf>

MOLINA, Luis, GARZÓN, María. Propiedades de concretos y morteros modificados con nanomateriales: estado del arte [en línea]. *Revista Arquetipo de la Facultad de Arquitectura y Diseño*. 2017, Vol.14, (11). 81-91 [fecha de consulta 23 de abril 2020]. ISSN 2215-9444. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329301218_Propiedades_de_concretos_y_morteros_modificados_con_nanomateriales_estado_del_arte/link/5cf6482c4585153c3db1e832/download.

TERREROS, Luis, CARVAJAL, Iván. *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de Cáñamo*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá. Colombia. 2016.

TSOTSIS, Georgios. *Aplicaciones de la nanotecnología en los materiales de la construcción*. (Tesis de posgrado). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. España. 2018.

RAMALHO, M. SOTO, I. SOTO, O. Physical and Mechanical properties of concrete using residual powder from organic waste as partial cement replacement [en línea]. *Revista Ingeniería de Construcción*. 2018, Vol.33, (3). 229-240 [fecha de consulta 27 de junio 2020]. ISSN. 0718-5073. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n3/en_0718-5073-ric-33-03-229.pdf

RAMÍREZ, Ely. *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos ecológicos de suelo cemento con adición de cal hidratada al 5%, para muros portantes, Huaraz-2016*. (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro. Huaraz. Perú. 2016.

RAMÍREZ, Jhonatan. *Concreto liviano de alta resistencia empleando nanosílice y puzolana natural en el Perú*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Federico Villareal. Lima. Perú. 2018.

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente	MOLINA Y GARZÓN (2017). Actualmente se viene experimentando el uso de nanopartículas, las cuales pueden incrementar las propiedades estructurales del concreto. La adición de estas nanopartículas durante la mezcla modifica el comportamiento mecánico del concreto en su fase líquida y sólida.	Para la elaboración del diseño de concreto se adicionará nanosílice en 1%, 3% y 5% para posteriormente proceder a su fabricación en un determinado molde. La nanopartícula a emplear será el nanosílice, ya que contribuye al aumento de la resistencia del concreto	Propiedades físicas de los agregados de la mezcla del concreto	Contenido de humedad Peso específico y absorción Granulometría	Intervalo
Diseño de un concreto f'c=210 kg/cm2 adicionando nanosílice			Propiedades físicas y químicas del nanosílice	Densidad Masa molar Solubilidad en el agua	Intervalo
			Proporción del diseño de la mezcla del concreto	Relación agua – cemento Cantidad de sílice a emplear	Intervalo
Variable dependiente	Se determina para poder verificar que el concreto cumpla con las exigencias correspondientes, a través de cilindros de concreto. La medición de dicho ensayo es de manera	Se adicionará nanosílice para aumentar la resistencia a la compresión del concreto	Resistencia a la compresión adicionando nanosílice al 0%, 1%, 3% y 5%.	Rotura de los especímenes de concreto	Intervalo
Resistencia a la compresión	cuantitativa para verificar la dureza que exhibe una muestra de concreto al ser prensada por dos fuerzas iguales aplicadas en sus dos caras transversales. CAMARANGO E HIGUERA (2016).		Factibilidad económica	Costo unitario de fabricación	Intervalo

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

ANEXO 2: Instrumento de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Fuente
Ensayo de propiedades físicas de los agregados de la mezcla de concreto.	Ficha de registro de datos sobre las propiedades físicas y químicas de los materiales.	Norma N.T.P 339.127(ASTM D2216)
Ensayo de las propiedades físicas y químicas del nanosílice.	Ficha de registro de datos sobre las propiedades físicas y químicas del nanosílice.	Ficha Técnica
Ensayo de la resistencia a la compresión del concreto convencional y adicionado.	Ficha de control para la resistencia del esfuerzo a compresión del concreto.	Norma N.T.P 339.167 (ASTM D 2166)

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

ANEXO 3: Muestras de concreto

Nanosílice	Medición			Parcial
	7 días	14 días	28 días	
0%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
1%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
3%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
5%	02 unid.	02 unid.	02 unid.	06 unid.
	Total			24 unid.

Fuente: Elaboración propia de los tesisistas.

ANEXO 4: Ensayos granulométricos del agregado fino y grueso

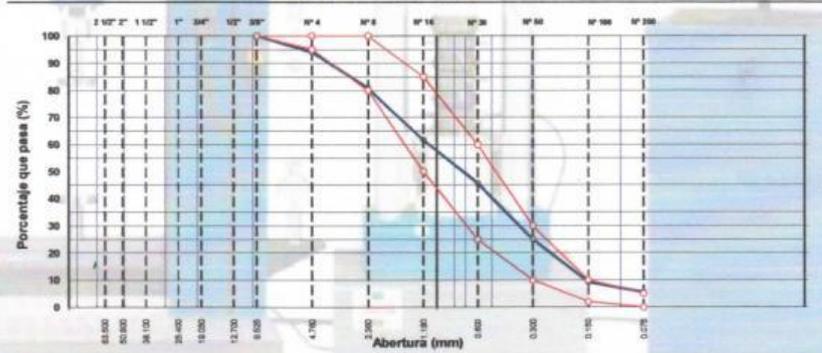
AGREGADO FINO



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCIÓN N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO										
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88										
TESIS : "Diseño de concreto Fc=210kg/cm2 adicionando nanosilice para mejorar su resistencia a la compresion, Tarapoto 2020" CIUDAD : Tarapoto MATERIAL : Arena natural para Concreto CANTERA : Amazonica S.A.C UBICACIÓN : Río Huallaga						N° REGISTRO : TÉCNICO : FECHA : 11/10/2020 TESISTAS : Jahaira Chuzón Eddy Ramírez				
TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	% RET. FINC.	% RET. AC.	% Q PABA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	931.6 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	861.3 gr	
2"	50.800						PESO FINO	=	876.3 gr	
1 1/2"	38.100						LÍMITE LÍQUIDO	=	0.00 %	
1"	25.400						LÍMITE PLÁSTICO	=	0.00 %	
3/4"	19.050						ÍNDICE PLÁSTICO	=	0.00 %	
1/2"	12.700						Ensayo Malla #200	P.S. Seco. P.S. Lavado	% 200	
3/8"	9.525	0.0			100.0	100		801.6	861.3	5.68
# 4	4.760	65.0	5.9	5.9	94.1	95 - 100	MÓDULO DE FINURA	=	2.83 %	
# 8	2.360	123.9	13.3	19.2	80.8	0	EQUIV. DE ARENA	=	61.0 %	
# 16	1.180	177.9	19.1	38.3	61.7	50 - 65	PESO ESPECÍFICO:			
# 30	0.600	146.1	15.9	54.2	45.8	25 - 60	P.E. Bulk (Base Seca)	=	2.74 gr/cm ³	
# 50	0.300	192.6	20.7	74.9	25.1	10 - 30	P.E. Bulk (Base Saturada)	=	2.77 gr/cm ³	
# 100	0.150	146.1	15.9	90.8	9.2	2 - 10	P.E. Apertado (Base Seca)	=	2.82 gr/cm ³	
# 200	0.075	35.4	3.8	94.6	5.4	0 - 6	Aborción	=	1.11 %	
< # 200	NDO	56.3	6.4	100.0	0.0		PESO UNIT. SUELTO	=	1681 kg/m ³	
FINO		876.3					PESO UNIT. UNRLLADO	=	1829 kg/m ³	
TOTAL		931.6					% HUMEDAD	P.S.H. P.S.S.	% Humedad	
								720.0	708.2	1.8%
OBSERVACIONES:										

CURVA GRANULOMÉTRICA

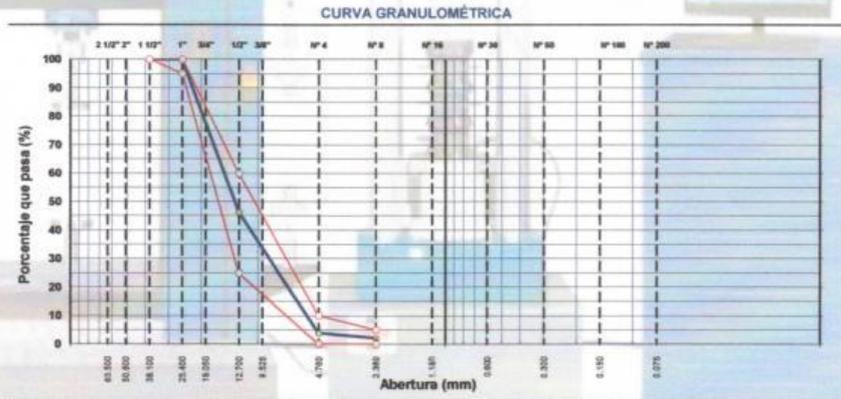


LABORATORIOS
GENERALES
JORGE CHRISTIAN ACUNA CÁRDENAS
JEFE DE LABORATORIO

Ramón Castilla
Río Ramón Castilla
INGENIERO CIVIL
CIP N° 198450

AGREGADO GRUESO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
MTC E 107, E 204 - ASTM C 136 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88									
TESIS : Diseño de concreto Fc=210kg/cm2 adicionando nanosilice para mejorar su resistencia a la compresion, Tarapoto 2020							N° REGISTRO :		
CIUDAD : Tarapoto							TÉCNICO :		
MATERIAL : Agregado grueso para concreto							FECHA : 11/10/2020		
CANTERA : Transportes y Servicios Nicole							TESISTAS : Jahara Chuzón Eddy Ramirez		
UBICACIÓN : Rio Huallaga									
TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUMO AG-3	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
3"	76.200						PESO TOTAL = 35.570.0 gr		
2 1/2"	63.500						MÓDULO DE FINURA = 6.96 %		
2"	50.800						PESO ESPECÍFICO:		
1 1/2"	38.100				100.0	100 - 100	P.E. Bulk (Base Seca) = 2.549 gr/cm ³		
1"	25.400				100.0	95 - 100	P.E. Bulk (Base Saturada) = 2.965 gr/cm ³		
3/4"	19.050	10.564.3	29.7	29.7	70.3	25 - 60	P.E. Aparente (Base Sec.) = 2.694 gr/cm ³		
1/2"	12.700	8.536.9	24.0	53.7	46.3		Absorción = 0.83 %		
3/8"	9.525	6.590.5	18.5	72.2	27.8		PESO UNIT. SUELTO = 1497 kg/m ³		
# 4	4.750	5.501.2	23.9	96.1	3.9	0 - 10	PESO UNIT. VARILLADO = 1620 kg/m ³		
# 8	2.360	640.3	1.8	97.9	2.1	0 - 5	CARAS FRACTURADAS:		
< # 8	FONDO	747.0	2.1	100.0	0.0		1 cara o más = %		
							2 caras o más = %		
							Partic. Chatas y Alargadas = %		
							Abraición Los Ángeles = %		
							% HUMEDAD		
							P.S.H.	P.S.S.	% Humedad
							690.0	678.7	0.19%
OBSERVACIONES:									
TOTAL		35.570.0							



LABORATORIOS GENERALES
Jorge Christian Medina Cárdenas
JEFE DE LABORATORIO

[Signature]
Rafael Esteban Sotomayor
INGENIERO CIVIL
CIP N° 198450



ANEXO 5: Peso específico del agregado fino y grueso

AGREGADO FINO



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCIÓN N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

TESIS :	"Diseño de concreto $F_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando nanosilicos para mejorar su resistencia a la compresión. Tarapoto 2020"	N° REGISTRO :	
MATERIAL :	Arena natural para concreto	TÉCNICO :	
CANTERA :	Amazonica S.A.C	FECHA :	11/10/2020
UBICACIÓN :	Rio Huallaga	TESISTAS :	Jahaira Chuón Eddy Ramirez

DATOS DE LA MUESTRA

AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0	
B	Peso frasco + agua (gr)	717	717	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1217.0	1217.0	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	1036.5	1036	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	180.5	181	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	494.0	495	
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	174.5	176	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.737	2.735	2.736
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.770	2.762	2.766
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.831	2.813	2.822
	% de absorción = $((A - F)/F) * 100$	1.215	1.010	1.11%

OBSERVACIONES:

LABORATORIO
GENERALES
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
JORGE CHRISTIAN BUENA CÁRDENAS
JEFE DE LABORATORIO

INGENIERO CIVIL
CIP N° 198450

AGREGADO GRUESO



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCIÓN N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

TEMA:	: "Diseño de concreto $F_c=210\text{kg/cm}^2$ adicionando nanosilica para mejorar su resistencia a la compresion, Tarapoto 2020"	N° REGISTRO:	:	
CIUDAD:	: Tarapoto	TÉCNICO:	:	
MATERIAL:	: Agregado grueso para concreto	FECHA:	: 11/10/2020	
CANTERA:	: Transportes y Servicios Nucle	TESISTAS:	: Jahaira Chustín Eddy Ramirez	
UBICACIÓN:	: Rio Huallaga			
DATOS DE LA MUESTRA				
AGREGADO GRUESO				
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	850.1	850.5	
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	530.9	612.2	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)	319.2	371.3	
D	Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)	845.3	863.7	
E	Volumen de masa = C - (A - D) (cm ³)	314.4	364.5	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.648	2.649	2.649
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.683	2.668	2.665
	Pe aparente (Base Seca) = D/E	2.689	2.699	2.694
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.568	0.691	0.62%

OBSERVACIONES:

LABORATORIO
GENERALES
Jorge Christian Acuña Cardenas
JEFE DE LABORATORIO

Ramiro
INGENIERO CIVIL
CIP N° 198450

ANEXO 6: Peso Unitario del agregado fino y grueso

AGREGADO FINO



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCIÓN N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS	
MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19	
TESIS : Diseño de concreto Fc=210kg/cm ² adicionando nanosilica para mejorar su resistencia a la compresion, Tarapoto 2020 MATERIAL : Arena natural para Concreto CANTERA : Amazonia S.A.C UBICACIÓN : Río Huallaga	N° REGISTRO : TÉCNICO : FECHA : 11/10/2020 TESISTAS : Jahaira Chuzón Eddy Ramirez
AGREGADO FINO	

DESCRIPCIÓN	Und.	PESO UNITARIO SUELTO			
		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	15860	15856	15850	
Peso del recipiente	(gr)	6514	6514	6514	
Peso de la muestra	(gr)	9346	9342	9336	
Volumen	(cm ³)	5557	5557	5557	
Peso unitario suelto	(kg/m ³)	1682	1681	1680	
Peso unitario suelto promedio	(kg/m ³)	1681			

DESCRIPCIÓN	Und.	PESO UNITARIO VARILLADO			
		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	16880	16676	16671	
Peso del recipiente	(gr)	6514	6514	6514	
Peso de la muestra	(gr)	10166	10162	10157	
Volumen	(cm ³)	5557	5557	5557	
Peso unitario compactado	(kg/m ³)	1829	1829	1828	
Peso unitario compactado promedio	(kg/m ³)	1829			

OBS:

LABORATORIOS GENERALES
 JORGE CHRISTIAN ACUNA CÁRDENAS
 JEFE DE LABORATORIO

[Firma]
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 198450

AGREGADO GRUESO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19

TESIS	: "Diseño de concreto Fc=210kg/cm2 adionando nanosilica para mejorar su resistencia a la compresion, Tarapoto 2020"	N° REGISTRO	:
CIUDAD	: Tarapoto	TÉCNICO	:
MUESTRA	: Agregado grueso para concreto	ING° RESP.	:
CANTERA	: Transportes y Servicios Nicole	FECHA	: 11/20/2023
UBICACIÓN	: Rio Huallaga	HECHO POR	: Jhansara Chuzón Eddy Ramirez

AGREGADO GRUESO

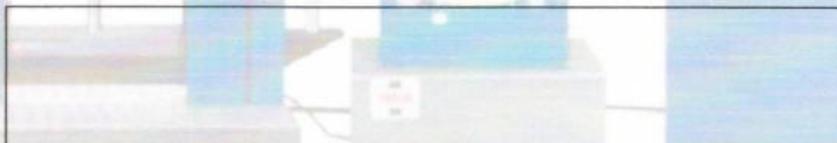
PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	14803	14911	14791	
Peso del recipiente	(gr)	6514	6514	6514	
Peso de la muestra	(gr)	8289	8397	8277	
Volumen	(cm³)	5557	5557	5557	
Peso unitario suelto	(kg/m³)	1492	1511	1489	
Peso unitario suelto promedio	(kg/m³)	1497			

PESO UNITARIO VARILLADO

DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	15599	15484	15479	
Peso del recipiente	(gr)	6514	6514	6514	
Peso de la muestra	(gr)	9085	8950	8965	
Volumen	(cm³)	5557	5557	5557	
Peso unitario compactado	(kg/m³)	1635	1611	1613	
Peso unitario compactado promedio	(kg/m³)	1620			

OBS.:



LABORATORIOS GENERALES
JORGE CHRISTIAN ACUNA CÁRDENAS
JEFE DE LABORATORIO

[Firma]
Roberto Guillermo Casavida
INGENIERO CIVIL
CIP N° 198450



ANEXO 7: Determinación de la humedad natural

AGREGADO FINO Y GRUESO



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCIÓN N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108			
OBRA	: "Diseño de concreto Fc=210kg/cm2 adicionando nanosilica para mejorar su resistencia	N° REGISTRO	:
TRAMO	: Tarapoto	TÉCNICO	:
MATERIAL	: Arena natural para Concreto	ING° RESP.	:
	: Agregado grueso para concreto	FECHA	: 11/10/2020
MUESTRA	:	HECHO POR	: Jahaira Chuzón
PROFUND.	:		: Eddy Ramirez
CANTERA	: Amazonica S.A.C	AL KM	:
UBICACIÓN	: Río Huallaga	CARRIL	:
AGREGADO GRUESO			
N° TARRO		5	
TARRO + SUELO HÚMEDO		680.00	
TARRO + SUELO SECO		678.70	
AGUA		1.30	
PESO DEL TARRO		0.00	
PESO DEL SUELO SECO		678.70	
% DE HUMEDAD		0.19	

AGREGADO FINO			
N° TARRO		2	
TARRO + SUELO HÚMEDO		720.00	
TARRO + SUELO SECO		709.20	
AGUA		10.80	
PESO DEL TARRO		0.00	
PESO DEL SUELO SECO		709.20	
% DE HUMEDAD		1.52	

LABORATORIOS GENERALES
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
JORGE CHRISTIAN ACUÑA CÁRDENAS
JEFE DE LABORATORIO

Ruchy Yasmimo Caraveda
INGENIERO CIVIL
CIP N° 198450

ANEXO 9: Rotura del concreto patrón (mayor resistencia a 28 días).



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCIÓN N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

N° PROB	FECHA		EDAD DÍAS	ESTRUCTURA DESCRIPCIÓN	ÁREA Cm ²	LECTURA In	RESISTENCIA		PROMEDIO		VERIFICACIÓN
	MOLEDO	ROTURA					kgf/cm ²	%	kgf/cm ²	%	
1	16/10/2020	13/11/2020	28	Diseño de mezcla de Concreto F'c = 210 Kg/cm ² (Grava Chancada), Slice 0%	15.24	396.710	40453	221.8	106.6	221.1	100
2	16/10/2020	13/11/2020	28	Diseño de mezcla de Concreto F'c = 210 Kg/cm ² (Grava Chancada), Slice 0%	15.24	394.250	40202	220.4	104.9	106.3	100

OBSERVACION:

LABORATORIO
GENERALES
JORGE CHRISTIAN ACUNA CÁRDENAS
JEFE DE LABORATORIO

[Signature]
INGENIERO CIVIL
CIP N° 186450

📍 **Jr. Ramon Castilla N° 550 – Tarapoto – San Martin**

📞 **936497989 - 942888875**

🌐 **www.laboratoriosgenerales.com**

✉ **contacto@laboratoriosgenerales.com**



ANEXO 11: Resistencia del concreto con adición del 3% de nanosílice (mayor resistencia a 28 días).



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCIÓN N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

OBJETO		DISEÑO DE CONCRETO FC=210 KG/CM2 ADICIONANDO NANOSÍLICE PARA MEJORAR SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, TARAPOTO 2020													
REQUISITOS DE CONCRETO		FECHA		ESTRUCTURA		ÁREA		LECTURA		RESISTENCIA		PROMEDIO		VERIFICACIÓN	
UBICACIÓN		SOLICITO		DESCRIPCIÓN		CM2		M3		Kg/CM2		Kg/CM2		Kg/CM2	
1	16/10/2020	13/11/2020	28	Diseño de mezcla de Concreto FC = 210 Kg/cm2 (Grava Chancada), Silice 3%		15.24	182.4	196.120	19999	106.8	52.2	117.6	56.0	100	
	16/10/2020	13/11/2020	28	Diseño de mezcla de Concreto FC = 210 Kg/cm2 (Grava Chancada), Silice 3%		15.24	182.4	224.460	22989	125.5	59.8			100	

OBSERVACION:



📍 Jr. Ramon Castilla N° 550 – Tarapoto – San Martín

☎️ 936497989 - 942888875

🌐 www.laboratoriosgenerales.com

✉️ contacto@laboratoriosgenerales.com



ANEXO 12: Resistencia del concreto con adición del 5% de nanosílice (mayor resistencia a 28 días).



REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL
RESOLUCION N° 002694-2019/DSD-INDECOPI

ORIGEN		DISEÑO DE CONCRETO FC=210 KG/CM2 ADICIONANDO NANOSILICE PARA MEJORAR SU RESISTENCIA A LA COMPRESION, TARAPOTO 2020													
EXTRACCION		FECHA		ESTRUCTURA		AREA		LECTURA		RESISTENCIA		PROMEDIO		VERIFICACION	
UBICACION		ROTURA		DESCRIPCION		CM		IN		KG/CM2		KG/CM2		%	
TARAPOTO		DAS													
1	19/10/2020	13/11/2020	28	Diseño de mezcla de Concreto FC = 210 Kg/cm2 (Grava Chancada), Silice 5%		15.24	182.4	125.550	12803	70.2	33.4	77.8	37.0	100	
	19/10/2020	13/11/2020	28	Diseño de mezcla de Concreto FC = 210 Kg/cm2 (Grava Chancada), Silice 5%		15.24	182.4	152.810	15562	85.4	40.7			100	

OBSERVACION:



📍 Jr. Ramon Castilla N° 550 – Tarapoto – San Martin

📞 936497989 - 942888875

🌐 www.laboratoriosgenerales.com

✉ contacto@laboratoriosgenerales.com



ANEXO 13. Procedimiento para la elaboración de probetas de concreto.

1. Obtención de los materiales.



Hormigón



Piedra chancada



Cemento Pacasmayo

2. Cuarteo del material.



Cuarteo del hormigón



Cuarteo de la piedra chancada

3. Lavado y secado del material.



Lavado de la piedra chancada



Lavado del hormigón.



Secado del hormigón.

4. Ensayo de granulometría.



Tamizado del hormigón



Tamices a emplear 3/8", 4", 8", 16", 30", 50", 100", 200" y fondo.



Tamizado de la piedra chancada



Tamices a emplear 1", 3/4", 1/2", 3/8", 4", 8" y fondo.

5. Peso específico del agregado fino y grueso.



Saturación 24 h –
Peso específico y
Absorción del
agregado fino.



Punto de ebullición.



Saturación 24 h – Peso
específico y Absorción del
agregado grueso.



Punto de ebullición.

6. Peso unitario suelto del hormigón y de la piedra changada.



Colocación del agregado grueso.



Agregado grueso compactado



Colocación del agregado fino



Llenado del material.

7. Peso unitario varillado del agregado fino y grueso.



Varillado del agregado fino en tres capas de 25 golpes.



Tres capas de 25 golpes.



Varillado del agregado fino en tres capaz de 25 golpes.

8. Diseño de mezcla de concreto.



Diseño de mezcla de concreto con adición del nanosílice



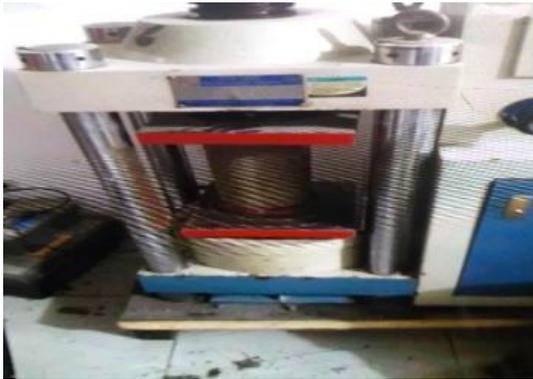
Diseño de mezcla de concreto con todos sus componentes más la adición del nanosílice



Probetas con la adición del nanosílice



Curado de las probetas



Probeta sometida a la prensa



Rupturas de las probetas a distintos porcentajes.