

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**EFFECTO DE ADICIÓN DEL NOPAL (*Opuntia Ficus-Indica*), EN LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO DE 210 KG/CM²,
EN CONSTRUCCIONES HIDRÁULICAS, PROVINCIA DE ASUNCIÓN
– 2022**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

PALMA TAFUR, DARWIN DINO

ASESOR:

ING. DR. MEJÍA ANAYA, TEÓFANES

Huaraz – Perú

2022



DEDICATORIA

A mis padres Hilaria Tafur A. y Claudio Palma E. quienes me llenan de inspiración y motivación, por ser siempre un apoyo incondicional, por los valores y principios que me inculcaron que hoy forman parte de mi fortaleza en mi vida personal, y formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Las palabras quedan cortas para expresar mi profundo agradecimiento a la Virgen Mama Ashu, patrona del Distrito de Chacas y a San Miguel Arcángel patrón de Chinchurajra, por darme fuerza de voluntad para acabar con este proyecto.

Expreso mi agradecimiento sincero al Ing. Dr. Teofanes Mejía Anaya, por asesorarme y brindarme su apoyo incondicional en la elaboración y ejecución del proyecto.

Al Ing. Dr. Fidel Gregorio Aparicio Roque, por la dedicación y por el apoyo incondicional brindándome sugerencias para mejorar ciertos aspectos del proyecto. Gracias por la confianza ofrecida.

A los miembros del jurado; Ing. Javier Cotos V., Ing. Flor Jara R. e Ing. Gerardo Revelo S. por la orientación brindada y sus respectivas observaciones para mejorar el proyecto. Esta tesis también es vuestra labor.

A la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haber permitido formarme en sus aulas. Gracias por permitirme ser parte de ti, Alma Mater.



TITULO

Efecto de adición del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), en la resistencia a compresión del concreto de 210kg/cm², en construcciones hidráulicas, Provincia de Asunción - 2022



CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
TITULO.....	iv
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Realidad Problemática	3
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Justificación	5
1.4. Importancia:	6
II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del tema	6
2.2. Bases Teóricas	9
2.3. Definición de términos	31
2.4. Variables	32
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. Materiales	32
3.2. Métodos	34
3.3. Procedimiento de la investigación	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1. Resultados	61
4.2. Contrastación de la hipótesis	83
4.3. Discusión de resultados	83
V. CONCLUSIONES	86

VI. RECOMENDACIONES	87
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	88
VIII. ANEXOS	91

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Límites de granulometría según el A.S.T.M.....	12
Tabla 2. Requisitos granulométricos para el agregado grueso	13
Tabla 3. Capacidad de la medida en función del TMN del agregado grueso.....	16
Tabla 4. Composición química de cladodios de variedad blanca.....	22
Tabla 5. Características de los cladodios de nopal de variedad blanca	22
Tabla 6. Determinación de la resistencia promedio conociendo la desviación estándar.	24
Tabla 7. Determinación de la resistencia promedio sin desviación estándar.....	24
Tabla 8. Asentamiento del concreto	25
Tabla 9. Contenido de aire atrapado en función al tamaño máximo nominal	26
Tabla 10. Volumen unitario de agua en función al asentamiento, tamaño máximo nominal y aire incorporado.....	27
Tabla 11. Relación a/c en función de la resistencia a la compresión promedio y contenido del aire atrapado.....	28
Tabla 12. Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	29
Tabla 13. Distribución de muestras a ensayar.....	36
Tabla 14. Granulometría del agregado fino	41

Tabla 15. Granulometría del agregado grueso.....	43
Tabla 16. Peso unitario suelto seco (PUSS) – Agregado Fino	45
Tabla 17. Peso unitario suelto seco (PUSS) – Agregado Grueso	45
Tabla 18. Peso unitario compactado seco (PUCS) – Agregado Fino	46
Tabla 19. Peso unitario compactado seco (PUCS) – Agregado Grueso	47
Tabla 20. Contenido de humedad – Agregado Fino	47
Tabla 21. Contenido de humedad – Agregado Grueso.....	48
Tabla 22. Peso específico y % de absorción del agregado fino.....	49
Tabla 23. Peso mínimo de muestra para el ensayo.....	51
Tabla 24. Peso específico y % de absorción del agregado grueso.....	51
Tabla 25. Características técnicas de los agregados	52
Tabla 26. Características técnicas del cemento	52
Tabla 27. Características técnicas del agua de mezcla	52
Tabla 28. Cálculo de la resistencia promedio requerida.....	53
Tabla 29. Factor del cemento y volumen del cemento	54
Tabla 30. Volumen de materiales en m3	55
Tabla 31. Componentes de la mezcla de concreto.....	55
Tabla 32. Cantidad de materiales por m3 de concreto.....	57
Tabla 33. Dosificación para 12 probetas del concreto testigo	57
Tabla 34. Dosificación para 12 probetas adicionando 0.50% extracto de nopal silvestre	57
Tabla 35. Dosificación para 12 probetas adicionando 1.00% extracto de nopal silvestre	58

Tabla 36. Dosificación para 12 probetas adicionando 1.50% extracto de nopal silvestre	58
Tabla 37. Medición del asentamiento (slump) del concreto	61
Tabla 38. Resistencia a la compresión de probetas de concreto testigo a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días	61
Tabla 39. Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre (Opuntia Ficus-Indica), a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días	62
Tabla 40. Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre (Opuntia Ficus-Indica), a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días.....	63
Tabla 41. Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre (Opuntia Ficus-Indica), a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días	64
Tabla 42. Resistencia a compresión de probetas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$	64
Tabla 43. Resistencia a compresión del concreto adicionando 0.50% de nopal	65
Tabla 44. Resistencia a compresión del concreto adicionando 1.00% de nopal	67
Tabla 45. Resistencia a compresión del concreto adicionando 1.50% de nopal	68
Tabla 46. Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días.....	71
Tabla 47. Estadísticos básicos de la resistencia a compresión a los 7 días.....	72
Tabla 48. Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días.....	75
Tabla 49. Estadísticos básicos de la resistencia a compresión a los 14 días.....	75
Tabla 50. Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 21 días.....	78
Tabla 51. Estadísticos básicos de la resistencia a compresión a los 21 días.....	78
Tabla 52. Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días.....	81

Tabla 53. Estadísticos básicos de la resistencia a compresión a los 28 días.....	82
---	----

CONTENIDO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Módulo de fineza	14
Ecuación 2. Porcentaje de absorción	15
Ecuación 3. Peso unitario suelto seco.....	15
Ecuación 4. Peso unitario compactado seco	16
Ecuación 5. Contenido de humedad	17
Ecuación 6. Resistencia a la compresión.....	19
Ecuación 7. Factor cemento.....	28
Ecuación 8. Volumen del cemento	28
Ecuación 9. Volumen del agregado grueso	29
Ecuación 10. Volumen del agregado fino	30
Ecuación 11. Componente en peso.....	30
Ecuación 12. Corrección del peso	30
Ecuación 13. Variación de la cantidad de agua	30
Ecuación 14. Modelo lineal DCA para encontrar en erros.....	30
Ecuación 15. Prueba Duncan.....	30

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Cladodios de nopal silvestre de variedad blanca.....	21
Figura 2. Flujograma de elaboración del concreto	33
Figura 3. Ubicación del laboratorio de ensayo	38
Figura 4. Imagen Satelital de la Cantera San Cristóbal	39
Figura 5. Imagen Satelital de la obtención del nopal silvestre de variedad blanca (opuntia ficus-indica), Sector Huanunga	39
Figura 6. Curva granulométrica del agregado fino.....	42
Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso.....	44
Figura 8. Curva Resistencia & Tiempo para las probetas testigo $f'c=210\text{kg/cm}^2$	65
Figura 9. Análisis comparativo de la resistencia a compresión con adición de 0.50% de nopal (Opuntia Ficus-Indica)	66
Figura 10. Análisis comparativo de la resistencia a compresión con adición de 1.00% de nopal (Opuntia Ficus-Indica)	67
Figura 11. Análisis comparativo de la resistencia a compresión con adición de 1.50% de nopal (Opuntia Ficus-Indica)	68
Figura 12. Análisis comparativo global de la resistencia a compresión.....	69
Figura 13. Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 7 días	66
Figura 14. Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días	70
Figura 15. Prueba Duncan de los tratamientos a los 7 días	72
Figura 16. Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 14 días	66
Figura 17. Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días	74
Figura 18. Prueba Duncan de los tratamientos a los 14 días	76

Figura 19. Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 21 días	77
Figura 20. Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto a los 21 días	78
Figura 21. Prueba Duncan de los tratamientos a los 21 días	79
Figura 22. Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 28 días	80
Figura 23. Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días	81
Figura 24. Prueba Duncan de los tratamientos a los 28 días	82



RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto de adición del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm², en construcciones hidráulicas, Provincia de Asunción. La investigación se basó en el ensayo de resistencia a compresión de probetas testigos y probetas de concreto adicionando 0.50%, 1.00% y 1.50% de extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), con respecto al peso del cemento. Las muestras fueron elaboradas con agregados de la cantera San Cristóbal, y el nopal fue extraído del Sector Huanunga, ambos pertenecientes al Distrito de Chacas, Provincia de Asunción. Además, para la elaboración de probetas se utilizó cemento andino tipo V, cabe mencionar que el diseño de mezclas se realizó de acuerdo a las especificaciones técnicas del ACI-211. Las muestras elaboradas se distribuyeron de la siguiente manera; 12 probetas para el concreto testigo o patrón, 12 probetas de concreto adicionando 0.50% de nopal, 12 probetas de concreto adicionando 1.00% de nopal y 12 probetas de concreto adicionando 1.50% de nopal, las cuales se ensayaron a las edades de 07, 14, 21 y 28 días de curado. Los resultados obtenidos mostraron que se genera un aumento en la resistencia a compresión al adicionar 1.00% de extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), respecto al peso del cemento, sin embargo, al reducir o aumentar este porcentaje, la resistencia a compresión disminuye en todas las edades de curado.

Palabras claves: extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), resistencia a compresión, adición.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to determine the effect of adding nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), on the compressive strength of concrete of 210 kg/cm², in hydraulic constructions, Province of Asunción. The investigation was based on the compressive strength test of control specimens and concrete specimens adding 0.50%, 1.00% and 1.50% of prickly pear extract (*Opuntia Ficus-Indica*), with respect to the weight of the cement. The samples were made with aggregates from the San Cristóbal quarry, and the prickly pear was extracted from the Huanunga Sector, both belonging to the District of Chacas, Province of Asunción. In addition, type V Andean cement was used for the preparation of test tubes, it is worth mentioning that the mixture design was carried out according to the technical specifications of ACI-211. The elaborated samples were distributed as follows; 12 specimens for the control or standard concrete, 12 concrete specimens adding 0.50% nopal, 12 concrete specimens adding 1.00% nopal and 12 concrete specimens adding 1.50% nopal, which were tested at the ages of 07, 14, 21 and 28 days of curing. The results obtained showed that an increase in the compressive strength is generated by adding 1.00% of nopal extract (*Opuntia Ficus-Indica*), with respect to the weight of the cement, however, by reducing or increasing this percentage, the compressive strength decreases. at all curing ages.

Keywords: prickly pear extract (*Opuntia Ficus-Indica*), compressive strength, addition.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La resistencia a compresión es la característica mecánica más importante, y la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar estructuras. Sin embargo, tal como menciona Primo (2014), la dificultad de la resistencia a la compresión es su participación en el deterioro progresivo sobre las estructuras de concreto convencional.

Por lo cual, en la necesidad de modificar las propiedades mecánicas del concreto en estado fresco o estado endurecido, y perfeccionar procedimientos constructivos en la resistencia del concreto, se ha popularizado el uso de aditivos químicos, como: plastificantes, acelerantes, entre otros; los cuales básicamente mejoran el desempeño de una mezcla de concreto y aseguran la calidad del concreto en condiciones ambientales severas. No obstante, el uso excesivo de estos productos industrializados pone en riesgo la calidad de vida de poblaciones cercanas, dado que los compuestos químicos de estos productos dan lugar a contaminación locales: del agua, suelos, aire, flora y fauna, degradando la biodiversidad.

Por ello en los últimos años se ha dedicado un esfuerzo importante en analizar diferentes métodos para poder mejorar la resistencia mecánica del concreto y propiedades físicas, por medio del reciclaje, reúso y adición parcial de diversos materiales naturales, que mejoran propiedades como la trabajabilidad, consistencia y sobre todo la resistencia a la compresión (Corro y Ramos, 2015).

Es por lo cual que nace la necesidad de investigar nuevos materiales naturales que trabajen como aditivo natural en la elaboración de concreto, contribuyendo a mejorar propiedades del concreto en estado fresco y estado endurecido, y que representen una alternativa de sustitución de los aditivos químicos que son perjudiciales para el medio ambiente. Por consiguiente, el nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), representa una alternativa de sustitución de los aditivos industrializados, dado que comparte

similitud en su composición química con el cemento, como el óxido de calcio, óxido de magnesio, óxido de sodio, óxido de sílice y óxido de hierro.

Por tanto, el presente proyecto pretende investigar el efecto de adición del nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 kg/cm², aplicado en construcciones hidráulicas, además se pretende determinar el porcentaje óptimo de adición, de manera que se pueda contribuir en mejorar el conocimiento empírico de los albañiles y obreros, que actualmente lo aplican de manera intuitiva en pequeños porcentajes a mezcla tradicionales de concreto en la construcción de obras hidráulicas en la Provincia de Asunción, Departamento de Ancash.

Formulación del Problema:

¿Cuál será el efecto de la adición del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), en la resistencia a compresión del concreto de 210kg/cm², en construcciones hidráulicas?

1.2. Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de adición del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm², en construcciones hidráulicas, Provincia de Asunción - 2022

Objetivos específicos

- Realizar el diseño de mezcla por el método ACI-211 con agregados extraídos de la cantera San Cristóbal para una resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm².
- Realizar los tratamientos de mezcla de concreto con la cantera San Cristóbal adicionando el 0.50%, 1.00%, y 1.50% de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), respecto al peso del cemento, para un concreto de 210 kg/cm² por el método establecido en la NTP 339.034.

- Determinar la resistencia a la compresión del tratamiento testigo y de los tratamientos de concreto adicionado con 0.50%, 1.00%, y 1.50% de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), respecto al peso del cemento, con 03 repeticiones cada tratamiento a las edades de 07, 14, 21 y 28 días, según el método establecido en la NTP 339.034.

1.3. Justificación

Teórica:

A nivel académico, la investigación propuesta pretende demostrar que el nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) es un aditivo natural, que cumple las mismas funciones que los aditivos químicos o productos industrializados, en la elaboración del diseño de mezcla del concreto, por tanto, es un material recomendable para la construcción.

Metodológica:

La implicancia metodológica de esta investigación, radica en la utilización del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) como aditivo natural, la cual, al ser demostrada, podrá proponer un nuevo método de diseño de mezcla para el concreto, utilizándose como metodología base para indagar en otros materiales naturales, como las cenizas de rastrojo de maíz, cáscara de huevo, entre otros, aportando así en la reducción de contaminación ambiental que puedan generar estos residuos agrícolas.

Práctica:

Al confirmar que el uso del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) como aditivo natural, mejora la resistencia a la compresión del concreto, se tendrá beneficios prácticos como nuevas alternativas en el diseño de concreto, a un menor costo de producción, obteniendo productos de mejor calidad y desempeño en la construcción de obras hidráulicas y consecuentemente la industrialización del extracto de nopal, conjuntamente con su proceso constructivo de este aditivo natural.

Social:

Socialmente el presente trabajo de investigación servirá como apoyo técnico y contribuirá en mejorar algunos procesos para el manejo del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), en la elaboración de diseño de mezcla para su uso en construcciones hidráulicas en la Provincia de Asunción Departamento de Ancash. Revalorizando así materiales naturales, en procedimientos constructivos.

1.4. Importancia:

El presente trabajo de investigación beneficiará a los maestros de obras y obreros, de la Provincia de Asunción Departamento de Ancash, como apoyo técnico en la adición del porcentaje óptimo del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*). Y su implementación se llevará a cabo mediante charlas y distribución de folletos informativos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del tema

Antecedentes internacionales

E.F. Hernández, P. F. Cano-Barrita, A. A. Torres-Acosta (2016), en su artículo titulado: “Influence of cactus mucilage and marine brown algae extracto on the compressive strength and durability of concrete” tuvo como **objetivo:** Analizar el comportamiento mecánico y de durabilidad de concretos con relaciones agua/cemento de 0.30 y 0.60, conteniendo soluciones de mucílago de nopal y extracto de algas marinas, **método:** Se elaboraron cilindros de (100mm x 200mm) y curados en húmedo por 0 y 28 días. Se evaluó la resistencia a la compresión, permeabilidad rápida y difusión de cloruros a los 60 y 120 días de edad, **resultado:** los resultados a la compresión muestran que únicamente una mezcla de concreto con adición orgánica incrementó su resistencia con respecto al control, **conclusión:** La adición de mucílago de cactus y extracto de algas marinas al concreto

produjo distintos efectos sobre las propiedades mecánicas y la durabilidad, dependiendo de la proporción de agua a cemento. En el caso de una relación a / c baja, la porosidad permeable disminuyó debido a la capacidad de retención de agua de los polímeros, lo que proporcionó humedad adicional para una mayor hidratación del cemento. En concreto con alta relación a / c , el agua adicional no mejoró hidratación porque ya había suficiente agua para la hidratación, y la porosidad aumentó como consecuencia del efecto retardador de la hidratación del cemento y el posterior secado. Esos cambios en la porosidad afectaron marginalmente la resistencia a la compresión, siendo los más notorios en el concreto con la relación w / c de 0.60 y 0 días curado en húmedo, donde la combinación de mucílago de cactus y extracto de algas aumentó la resistencia a compresión a los 120 días en un 20% con respecto a el control.

Ramírez (2008), en su tesis titulado: “Propiedades mecánicas y microestructura de concreto conteniendo mucílago de nopal como aditivo natural” tuvo como **objetivo:** Utilizar el extracto de nopal como un aditivo natural en la elaboración de concreto, con el objeto de mejorar sus propiedades mecánicas y microestructurales en estado endurecido, **método:** Se utilizaron normas ASTM y manuales de Standard Practice for Sampling Aggregates (NMX-C-030), donde se describe el proceso de muestreo del agregado, **resultado:** la prueba de resistencia a la compresión de los especímenes de concreto a los 28, 56, y 120 días de edad, es mayor que los concretos de relación agua/cemento, así mismo en el análisis microestructural de las pastas de cemento (agua/cemento y mucilago/cemento) se observó que hay un mejor refinamiento en la estructura de la pasta, **conclusión:** se concluye que el mucílago actúa como retardante al incrementar el tiempo de fraguado en la pasta, e incrementar la viscosidad de las pastas de cemento.

Antecedentes Nacionales

Huerta (2020), en su tesis titulado: “Uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto”, **objetivo:** Influencia del extracto de mucílago de cactus en la consistencia y en la resistencia a compresión del concreto, **método:** Ejecución de ensayos de laboratorio en base a normas y técnicas secuenciales para la resistencia a la compresión, **resultado:** se determinó que el

mucílago utilizado como aditivo (0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00%) ha demostrado influye en la resistencia a la compresión del concreto en las pruebas experimentales realizadas, **conclusión:** El uso del extracto de mucílago de cactus como aditivo influye directamente en la consistencia (cm) del concreto en estado fresco y en la resistencia a la compresión ($f'c$) en estado endurecido, comparadas con concreto testigo sin aditivo.

Inga (2019), en su tesis titulado: “Influencia de la adición de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-índica*) en las propiedades mecánicas del concreto permeable”, **objetivo:** Evaluar la influencia de la adición de mucílago de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) en las propiedades mecánicas del concreto permeable, **método:** ejecución de ensayos de laboratorio de resistencia a la compresión, mediante NTP, norma ACI y técnicas secuenciales, **resultados** la mayor resistencia a la compresión es de 229.55 kg/cm² y se obtuvo utilizando 1% de mucílago de nopal en peso de cemento, con la adición de 3% y 5% se obtuvieron 203.34kg/cm² y 202.87kg/cm² respectivamente, **conclusiones:** la adición de mucílago de nopal en el diseño de mezcla del concreto permeable no afecta en el asentamiento de la mezcla, pero con respecto al peso unitario hace que disminuya, no obstante se recomienda analizar porcentajes menores al 1% para evaluar el incremento o decremento de la resistencia a compresión y evaluar su trabajabilidad.

Ramos (2017), en su tesis titulado: “Influencia en las propiedades mecánicas de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de mucilago de tuna, Chimbote, Ancash-2017”, **objetivo:** determinar la influencia en las propiedades mecánicas de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de mucilago de tuna, **método:** ejecución de ensayos de laboratorio en base a la NTP y guía del MTC, **resultado:** se observa que al adicionar el mucilago de tuna en porcentajes de 1.00%, 1.5% y 2.00% aumentan la trabajabilidad y viscosidad de las pastas del cemento, los cuales otorgan flexibilidad necesaria para deformarse sin necesidad de utilizar refuerzos de acero, **conclusión:** se concluye que la adición del mucilago de tuna a un concreto de $f'c=210$ kg/cm² influye de manera positiva en las propiedades mecánicas del concreto, en la resistencia a compresión, resistencia a tracción y resistencia a la flexión. No obstante, se recomienda indagar en otras maneras de obtención del extracto de mucilago de tuna.

Primo (2014), en su tesis titulado: “Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia Ficus-Indica*) en la resistencia a compresión del concreto”, tuvo como **objetivo:** Determinar el efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (*Opuntia Ficus-Indica*) en la resistencia a compresión del concreto, **método:** Se desarrolló mediante un diseño experimental, y ejecución de ensayos de laboratorio de resistencia a la compresión, mediante NTP, **resultados:** la adición de extracto de paleta de tuna, es positivo en dosis pequeñas, pero al ir aumentando la dosis muestra efectos negativos, **conclusión:** La resistencia a compresión del concreto disminuye conforme se incrementa la concentración al 1%, 3% y 5% del extracto de paleta de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en peso de cemento, sin embargo, se recomienda experimentar con porcentajes menores al 2%, para determinar el porcentaje óptimo y evaluar su influencia en la consistencia.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Obras Hidráulicas

Melgarejo (2015), Sostiene que son obras civiles que cumplen básicamente la finalidad de aprovechar el recurso hídrico, almacenarla y derivarla ejemplo: trasvases, defensas ribereñas, presas.

a) Obras Hidráulicas Mayores

Con base en Melgarejo (2015), son estructuras de mayor magnitud (presa de embalses, bocatomas, túneles de derivación), que por sus características de construcción se clasifican en: Clase A (volúmenes mayores a 180 millones de metros cúbicos), Clase B (entre 20 y 180 millones de metros cúbicos) y Clase C (obras trasvase de régimen permanente).

b) Obras Hidráulicas Menores

Como afirma Melgarejo (2015), son estructuras de menor dimensión (canales, aforadores de agua, sifones, alcantarillas, disipadores de energía) cuyas características de volumen son menores a 20 millones de metros cúbico.

2.2.2. *Concreto*

“El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento portland, agua, y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo” (Torre, 2004, p. 64).

a) **Cemento**

Rivera (2013) define como material pulverizado que además de óxido de calcio contiene, sílice, alúmina, y óxido de hierro que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua una pasta conglomerante capaz de endurecer en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos. (pág. 18)

- ***Cemento Andino Tipo V***

Como señala la Corporación Unacem, (2018) es un cemento Portland, obtenido de la molienda conjunta de Clinker tipo V y yeso, que cumple con las especificaciones de las Normas Técnicas NTP 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150. Se usa en la construcción de estructuras, canales, acueductos, alcantarillado en contacto con suelos, ácidos y/o aguas subterráneas.

b) **Agua de mezcla**

Es un elemento fundamental en el desarrollo de las propiedades del concreto, por lo que su función está relacionada con la resistencia, trabajabilidad y propiedades en estado endurecido; su importancia en la elaboración del concreto se centra en su uso como agua de mezclado, agua de curado y agua de lavado de los agregados; asimismo la normativa señala que se puede emplear agua potable sin ser ensayada para su elaboración. (NTP 339.088, 2013, p. 5)

- ***Agua para curado***

El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo el concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento). El concreto alcanza el 70% de su resistencia especificada a los 7 días del vaciado. La resistencia final del concreto depende en gran manera de las condiciones de humedad y temperatura durante este periodo inicial. El 30% o más de la resistencia, puede perderse por un secado prematuro del concreto si la temperatura baja a 5°C o menos durante los primeros días, a menos que se mantenga el concreto continuamente húmedo durante un largo tiempo después del descenso de temperatura. La congelación del concreto fresco puede reducir su resistencia hasta el 50%. (Pérez & Velásquez, 2016)

c) Agregados

Este componente que ocupa entre 60% a 75% del volumen de la mezcla, son esencialmente materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, las cuales han ido separadas en fracciones finas (arenas) y gruesas (piedra), en general provienen de las rocas naturales. (Torre, 2004, p. 90)

- ***Agregado Fino***

Es aquel material proveniente de la desintegración natural de las rocas, normalmente es la arena o piedra natural de dimensiones muy reducidas que pasa el tamiz 9,5 mm 3/8" (Abanto, 2009, p. 23).

- ***Agregado grueso***

“Es aquel material proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas, el agregado grueso puede ser piedra chancada, grava, retenido en el tamiz 4.75mm” (Abanto, 2009, p. 26).

- **Características físicas de los agregados**

Granulometría de agregado fino

Consiste en tamizar las partículas por una serie de mallas de aberturas estandarizadas y pesar los materiales refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total, y de esta manera se busca averiguar la distribución del agregado fino con relación a los diferentes diámetros de sus partículas; para el desarrollo de este ensayo se usan los tamices N°4, 8, 16, 30, 50 y 100, los cuales están comprendidos por los parámetros de la Tabla 1. (ASTM C33, 2011, p. 4)

Tabla 1.

Límites de granulometría según el A.S.T.M

	Malla	Porcentaje que pasa (acumulativo)		
3/8"	9.5 mm			100
N ° 4	4.75 mm	95	-	100
N° 8	2.36 mm	80	-	100
N° 16	1.18 mm	50	-	85
N° 30	600 um	25	-	60
N° 50	300 um	10	-	30
N °100	150 um	2	-	10

Nota. Tomado de *Standard specification for concrete aggregates (p.4) del ASTM C33, 2011*

Granulometría de agregado grueso

La Norma Técnica Peruana, NTP 400.012, (2013) define qué: El agregado grueso deberá estar gradado dentro de los parámetros que presenta la Tabla 2, en el cual se establecen los límites granulométricos del material con la finalidad que cumpla con las especificaciones técnicas en la elaboración de concretos. (pág. 5)

Tabla 2.*Requisitos granulométricos para el agregado grueso*

Tamaño Nominal	Requisitos granulométricos para el agregado grueso							
	% que pasa por los tamices normalizados							
	37.5 mm 1 1/2"	25 mm 1"	19 mm 3/4"	12.5 mm 1/2"	9.5 mm 3/8"	4.75 mm N°4	2.56 mm N°8	1.25 mm N°16
25 mm a 12.5mm 1" a 1/2"	100	90 a 100	20 a 56	0 a 10	0 a 5	-	-	-
25 mm a 9.5 mm 1" a 3/8"	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
25 mm a 4.75 mm 1" a N°4	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-
19 mm a 9.5 mm 3/4" a 3/8"	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-
19 mm a 4.75 mm 3/4" a N°4	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-

Nota. La tabla muestra los requisitos granulométricos para el agregado grueso, en relación al porcentaje de agregado que pasa por los tamices. Tomado de la *Norma Técnica Peruana NTP 400.012 (2013, p.13)*.

Tamaño máximo y Tamaño máximo nominal

“Está definido como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad del agregado. De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material” (Rivera, 2008, p. 60).

“El tamaño máximo nominal corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido” (Torre, 2004, p. 44).

Densidad

“La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario. Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción” (Torre, 2004, p. 47).

Porosidad

Según Torre (2004) la porosidad es una de las propiedades más importantes del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión resistencias mecánicas, propiedades elasticidad, gravedad específica, absorción y permeabilidad. (pág. 47)

Módulo de fineza

“El módulo de fineza es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando el índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, mientras que cuando es alto indica todo lo contrario” (Abanto, 2009, p. 29).

El módulo de fineza se puede intuir a partir de la granulometría del material, utilizando la siguiente expresión:

Ecuación 1. Módulo de fineza

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ Retenidos acumulados})}{100} \quad \dots (1)$$

Abanto, (2009) menciona que, según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1. Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.3 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia. (pág. 29)

Absorción

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, el cual se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco”, cuando éste ha sido manteniendo a

una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar. (NTP 400.021)

Ecuación 2. Porcentaje de absorción

$$\% \text{ Absorción} = \frac{P(\text{saturado superf.seco}) - P(\text{seco})}{P(\text{seco})} \dots (2)$$

Peso unitario

“Peso de una unidad de volumen de material, en las condiciones de compactación y humedad en el que se lo determina” (Quiroz & Salamanca, 2006, p. iii).

➤ **Peso unitario suelto seco (PUSS):**

Cherre & Sandoval (2019) mencionan que, se denomina PUSS cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente con volumen y peso definido hasta el punto de derrame para luego enrazarlo; El concepto es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto (pág. 16).

Ecuación 3. Peso unitario suelto

$$P_{u(\text{suelto})} = \frac{P_{\text{promedio(muestra suelta)}}}{\text{Volumen}_{\text{molde}}} \dots (3)$$

➤ **Peso unitario compactado seco (PUCS):**

Cherre & Sandoval (2019) mencionan que, se denomina PUCS cuando las partículas de agregados han sido sometidas a compactación utilizando una varilla, incrementando el grado de acomodamiento de las partículas de los agregados y el valor de la masa unitaria; Es importante

para el diseño de mezclas ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados por cuanto estos van a estar sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del concreto. Se calcula mediante la siguiente expresión (pág. 17).

Ecuación 4. *Peso unitario compactado seco*

$$P_{u(comp.)} = \frac{P_{promedio(muestra compactada)}}{Volumen_{molde}} \quad \dots (4)$$

Tabla 3.

Capacidad de la medida en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad de la medida
mm	Pulgadas	L (m3)
12.5	1/2	2.8 (0.0028)
25	1	9.3 (0.0093)
37.5	1 1/2	14 (0.014)
75	3	28 (0.028)
112	4 1/2	70 (0.070)
150	6	100 (0.100)

Nota: Tomado de la NTP 400.017 (p.8).

Contenido de humedad

Es el total del agua retenido en un momento por las partículas del agregado, por lo que se considerará humedad a todo el líquido evaporable incluido dentro del material, de manera que esta característica es importante ya que incide en el aporte del agua a la mezcla, debiéndose tener en consideración para realizar los ajustes adecuados en las proporciones de la mezcla. (NTP 339.185, 2013, p. 3)

Ecuación 5. Contenido de humedad

$$W\% = \frac{P_{(recip,+muestra\ humeda)} - P_{(recip,+muestra\ seca)}}{P_{(muestra\ seca)}} \dots (5)$$

Peso específico

La Norma Técnica Peruana 400.022, señala que es el resultado de dividir el peso calculado en el aire de un volumen dado de material y el peso calculado en el aire de un volumen similar de agua a la temperatura indicada.

2.2.3. Propiedades del concreto

a) Propiedades del concreto en estado fresco

- **Trabajabilidad**

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medio de compactación que se disponga (Torre, 2004).

- **Consistencia**

Tal como menciona Torre (2004) se le denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica, este parámetro depende de la cantidad de agua y del tamaño máximo del agregado.

- **Segregación**

Según Quiroz y Salamanca, (2006) consiste en la separación de los materiales de la mezcla de hormigón, se presenta en dos formas:

Separación entre agregados gruesos y finos. -Ya sea porque se amontonan o porque se van al fondo de los elementos por acción de la gravedad, esto produce lo que se llama cangrejas, generalmente se presentan porque la mezcla está muy seca.

Por la separación entre la pasta y los agregados. - En este caso se presenta por el exceso de humedad.

- ***Exudación***

Quiroz y Salamanca, (2006) describen que la exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, este comportamiento permite determinar la trabajabilidad del concreto.

b) Propiedades del concreto en estado endurecido

- ***Impermeabilidad***

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeable como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido. Para lograr una mayor impermeabilidad se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes, así como mantener una relación agua cemento muy baja. (Torre, 2004, p. 83-84)

- ***Durabilidad***

La durabilidad del cemento hidráulico se define como la capacidad para resistir la acción del medio ambiente, los ataques químicos, la abrasión, y otras condiciones de servicio; de tal manera que sus características y propiedades se mantengan a lo largo de su vital útil. (Quiroz & Salamanca, 2006, p. 137)

- **Elasticidad**

“Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándole como una medida de la resistencia del material a las deformaciones” (Torre, 2004, p. 48).

- **Resistencia a la compresión**

Pérez y Velásquez (2016) indican que, la resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Expresado en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²), mega pascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg² o PSI) a una edad de 7 y 28 días. (pág. 40)

2.2.4. Ensayo de resistencia a la compresión

“El método de ensayo consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos a una velocidad especificada. El cual deberá cumplir con los parámetros normados, antes de generarse algunos de los tipos de fallas” (NTP 339.034, 2013, p. 5).

Para determinar la resistencia a la compresión se hace uso de la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Resistencia a la compresión

$$f'c = \frac{4G}{\pi D^2} \quad \dots (6)$$

Fuente: ACI 211, 2016.

Donde:

$f'c$ = Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²)

G = Carga máxima de rotura (kg)

D = Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

2.2.5. *Nopal silvestre (Opuntia Ficus-Indica)*

La Gerencia Regional Agraria (2009) en su publicación Cultivo de Tuna; describe que, la tuna o también llamada nopal (*Opuntia ficus-índica*) es una planta de gran importancia en los sistemas agro pastoriles de los andes peruanos, se encuentra ampliamente distribuida en el país, especialmente en los valles interandinos donde ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento. En el Perú las variedades más usuales desarrollan portes de aproximadamente 1,5 a 2,00m de altura.

a) **Extracto de nopal silvestre de variedad blanca**

Gerencia Regional Agraria (2009) menciona que, el extracto es un producto adicional, obtenible por el prensado de la penca o cladodios. Es una especie bien usada en las prácticas agroforestales, asociados con cultivos con especies agrícolas y/o forrajeras, en cercos vivos espinosos, barreras vivas para la retención de suelos, protección de taludes contra la erosión y, en general, como prácticas de protección de suelos.

Figura 1.

Cladodios de nopal silvestre de variedad blanca



Nota. Tomado de la Gerencia Regional Agraria (2009).

b) Usos y Aplicaciones

- **Adhesivos:** Por las propiedades adhesivas de la tuna, se ha hecho uso de ellas en aditivos. Estudios recientes proponen utilización de polvo de nopal, para la construcción con el fin de aumentar la dureza de las estructuras de concreto, habiendo logrado resultados sorprendentes con adiciones de 5g de mucílago de nopal liofilizado por cada 1,200g de materiales secos a utilizar, con lo que se logra una dureza del 56% mayor que la del concreto normal.
- **Construcción:** Compuestos ligantes de los cladodios, mejoradores de drenaje de suelos.
- **Paisajismo y control de contaminación:** El cultivo de la tuna frena la desertificación e impide la erosión del suelo, pero además consume CO₂ por las noches, en grandes cantidades, por lo que disminuye significativamente la contaminación del aire. Por ello debe recomendarse la plantación de esta especie en los parques y jardines de las ciudades.
- **Agroindustria:** Las paletas tiernas de la tuna pueden consumirse como verdura en fresco, también son procesadas para bebidas alcohólicas.

Tabla 4.*Composición química de cladodios de variedad blanca.*

Componente	Cladodio de 1 mes de edad (aprox.)	Cladodio de 1 año de edad (aprox.)
Humedad %	92.57	94.33
Proteínas %	0.94	0.48
Grasa %	0.17	0.1
Fibra %	0.3	1.06
Cenizas %	0.08	1.6
Carbohidratos %	5.96	2.43
Vitaminas C (mg/100g)	37.27	23.11
Ca %	0.042	0.339
Na %	0.0018	0.0183
K %	0.00098	0.145
Fe %	0.0792	0.322

Nota. La tabla muestra la composición química de los cladodios de nopal a las edades de 1 mes y 1 años aproximadamente. Tomado de “Uso del extracto del mucilago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia del concreto” (p.49) por Max Huerta (2020).

Tabla 5.*Características de cladodios de nopal de variedad blanca*

Edad (años)	Descripción	Cenizas (g)	Fibra cruda (g)	Extracto (g/100g)
0.5	nopalitos	21	8	60.6
1	penca	18.2	12	63.1
2	penca	13.2	14.5	66.7
3	penca	14.2	17	63.7
4	penca	14.4	17.5	63.9

Nota. La tabla muestra las características de los cladodios de nopal a las edades de 0.5 años a 4 años. Adaptado de “Utilización Agroindustrial del nopal” (p.13) por Boletín de servicios agrícola de la FAO (2006).

2.2.6. *Diseño de mezcla*

El diseño de mezclas es el proceso dónde quedan definidas las características requeridas en el concreto. Dichas características se verán reflejadas directamente en las propiedades del concreto en estado fresco y estado endurecido. Durante el diseño de mezcla queda establecido el uso y limitaciones de los componentes a emplear. Finalmente, el diseño de mezcla proporciona las especificaciones finales, uso y manipulación de la mezcla de concreto. (Villa, 2018, p. 37)

a. **Método ACI-211**

El diseño de mezclas para el presente trabajo de investigación se realizará con el método de la American Concrete Institute (ACI 211) el cual se basa en la aplicación de tablas, gráficos, y ábacos empíricos para determinar las proporciones en peso y volumen de los componentes del concreto, la misma que también permite realizar el ajuste por humedad de los agregados y la corrección respectiva.

b. **Proceso de diseño**

Conociendo las propiedades de todos los componentes que forman parte de la mezcla de concreto tales como el peso específico, análisis granulométrico, contenido de humedad, porcentaje de absorción y peso unitario suelto seco de los agregados fino y agregado grueso; se sigue un procedimiento de ensayo hasta lograr las características deseadas (Villa, 2018)

- ***Selección de la resistencia promedio***

Cuando se tiene una base de datos que permita conocer la desviación estándar entonces la resistencia promedio requerida se puede calcular aplicando la fórmula que se presenta en la tabla 5 (American Concrete Institute ACI, 2002). En caso no se cuente con el valor de la desviación estándar, el

comité del ACI indica que se puede determinar la resistencia promedio requerida aplicando las expresiones indicadas en la tabla 6.

Tabla 6.

Determinación de la resistencia promedio conociendo la desviación estándar

Resistencia promedio requerida	
f'_{cr}	
f'_{cr}	$f'_{c} + 1.4s$
f'_{cr}	$f'_{c} + 2.33s - 35$

Nota. Tomado de *Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (p.5)*, del *American Concrete Institute ACI, 2016*.

Tabla 7.

Determinación de la resistencia promedio sin desviación estándar

f'_{c} (kg/cm ²)	f'_{cr}
Menos de 210 kg/cm ²	$f'_{c} + 70$
De 210 a 350	$f'_{c} + 84$
Más de 350	$f'_{c} + 98$

Nota. Tomado de *Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (p.5)*, del *American Concrete Institute ACI, 2016*.

- ***Selección del tamaño máximo nominal***

El Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 (2019) indica que, los agregados para concreto deben cumplir con las NTP correspondientes, y por experiencia de obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requeridas, la selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a los siguientes límites:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
 - 1/3 del peralte de la losa; o
 - 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de pre – esfuerzo.
- ***Selección del asentamiento***

Rivera (s.f.) en su libro Concreto, menciona que, un método indirecto para determinar la manejabilidad de la mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de “asentamiento con el cono o slump” la cual, es muy útil para detectar variaciones en la uniformidad de la mezcla de proporciones determinadas (pág. 83).

Según Torre (2004) si el asentamiento no se encuentra especificado, se puede partir con los valores de la siguiente tabla.

Tabla 8.

Asentamiento del concreto

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	≥ 5" (125 mm)

Nota. La tabla muestra el asentamiento del concreto, en relación a la consistencia. Tomado de *Curso Básico de Tecnología Del Concreto (2004, p.82)*.

- ***Determinación del contenido de aire atrapado***

El método americano ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso (Torre, 2004).

La tabla 9 indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

Tabla 9.

Contenido de aire atrapado en función al tamaño máximo nominal

Tamaño máximo nominal	% de aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
4"	0,2%

Nota. Tomado de

Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, del *American Concrete Institute ACI*, 2016.

- ***Determinación del volumen unitario de agua de mezcla***

Para determinar la cantidad de agua de mezcla (por volumen unitario de concreto) se requiere calcular antes el tamaño máximo del agregado, la forma de las partículas, la gradación de los agregados y la cantidad del aire incluido (Torre, 2004).

Tabla 10.

Volumen unitario de agua en función al asentamiento, tamaño máximo nominal y aire incorporado

Volumen unitario de agua								
Agua, 1m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado								
Asentamiento	grueso y consistencia							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
<i>Concreto sin aire incorporado</i>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
<i>Concreto con aire incorporado</i>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Nota. La tabla proporciona estimaciones de la cantidad de agua requerida en la mezcla de concreto en función del tamaño máximo del agregado y del asentamiento, con aire incluido y sin él. Tomado de *Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, del *American Concrete Institute ACI*, 2016.

- ***Elección de la relación agua – cemento (a/c)***

La relación a/c requerida se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores de durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación a/c, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaran realmente. (Torre, 2004, p. 94)

Para el presente trabajo de investigación se considerará el criterio por resistencia, por lo que el valor de la relación agua cemento se tomará de la siguiente tabla 11.

Tabla 11.

Relación a/c en función de la resistencia a la compresión promedio y contenido del aire atrapado

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²)	Relación agua/cemento del diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Nota. La tabla muestra la relación de agua/cemento en el diseño de mezcla de concreto, en función a la resistencia a la compresión requerida. Tomado de *Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, del *American Concrete Institute ACI*, 2016.

- **Cálculo del volumen de cemento**

Se obtiene dividiendo los valores del volumen de agua y de la relación de a/c, posteriormente se determina el factor cemento el cual luego permite obtener el volumen de cemento por unidad de volumen de concreto.

Ecuación 7. Factor cemento

$$\text{Factor}_{\text{cemento}} = \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{a/c} \quad \dots (7)$$

Ecuación 8. Volumen del cemento

$$\text{Volumen}_{\text{cemento}} = \frac{\text{Factor cemento}}{\text{peso específico del cemento}} \quad \dots (8)$$

- **Cálculo del volumen de agregado grueso**

Para su obtención multiplicamos el factor que se obtiene de la tabla 12, por la relación del peso unitario compactado del agregado grueso y su peso específico tal como se indica.

Ecuación 9. Volumen del agregado grueso

$$Vol_{A. \text{ grueso}} = factor \times \frac{PUCS \text{ (agreg. grueso)}}{\text{peso específico (agreg. grueso)}} \dots (9)$$

Tabla 12.

Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo de agregado grueso		Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes MF de agregado fino			
		Módulo de fineza de agregado fino			
mm	plg	2.4	2.6	2.8	3
10	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	4"	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. La tabla muestra los factores para determinar el volumen del agregado grueso en función del módulo de fineza y del Tamaño Máximo Nominal. Tomado de *Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*, del American Concrete Institute ACI, 2016.

- ***Cálculo del volumen de agregado fino***

La cantidad del volumen de agregado fino será, lo que falta para completar un metro cúbico de concreto, entonces por diferencia se puede calcular mediante la siguiente expresión.

Ecuación 10. Volumen del agregado fino

$$Vol_{A. \text{ fino}} = 1 - (Vol_{\text{agua}} + Vol_{\text{cemento}} + Vol_{A. \text{ Grueso}} + Vol_{\text{aire atrapado}}) \dots (10)$$

- ***Cálculo del peso del agregado grueso y fino***

Para calcular el peso del agregado grueso y fino se procederá a multiplicar los volúmenes absolutos por sus respectivos pesos específicos.

Ecuación 11. Componente en peso

$$\text{Peso (kg)} = \text{Volumen absoluto} \times \text{Peso específico} \dots (11)$$

- ***Ajuste del diseño por humedad y absorción***

Ecuación 12. Corrección del peso

$$\text{Peso correg} = (1 + (\text{Cont. hum.} - \text{absorción})) \times \text{Peso agreg.} \dots (12)$$

- ***Cálculo del agua efectiva***

“El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, este es, humedad total menos absorción” (Torre, 2004, p. 95).

Ecuación 13. Variación de la cantidad de agua

$$\text{Agua ef} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de hum. de los agregados} \dots (13)$$

2.3. Definición de términos

Concreto: es la mezcla que resulta de combinar, cemento portland, agregado fino, agregado grueso, y agua.

Cemento portland: Es un cemento hidráulico, obtenido mediante la pulverización del clinker, contienen generalmente sulfato de calcio y caliza.

Agregado fino: Es aquel material que en nuestro medio es conocido como “arena”, este resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o proceso de la trituración de esta.

Agregado grueso: Es aquel material que en nuestro medio es conocido como “grava”, que resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca, el agregado grueso generalmente es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).

Granulometría: Distribución de los tamaños de las partículas de agregado que constituyen una masa de agregados.

Malla: Abertura cuadrada de un tamiz.

Extracto del nopal silvestre variedad blanca: Es el extracto de paleta de nopal, que resulta de licuar durante 2min aproximadamente los cladodios o penca.

Fraguado: Se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido.

Curado de concreto: Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del concreto o mortero.

Consistencia: Propiedad del concreto en estado fresco, que determina el grado de humedecimiento de la mezcla, que depende de la cantidad de agua utilizada. También es conocido como grado de plasticidad.

Resistencia a la compresión: Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo.

2.4. Variables

2.4.1. Variable independiente

Nopal (*Opuntia ficus-indica*)

2.4.2. Variable dependiente

Resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm²

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Materiales.

Agregado fino, Agregado grueso, Cemento andino tipo V, extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), agua potable, herramientas manuales.

Equipos de laboratorio.

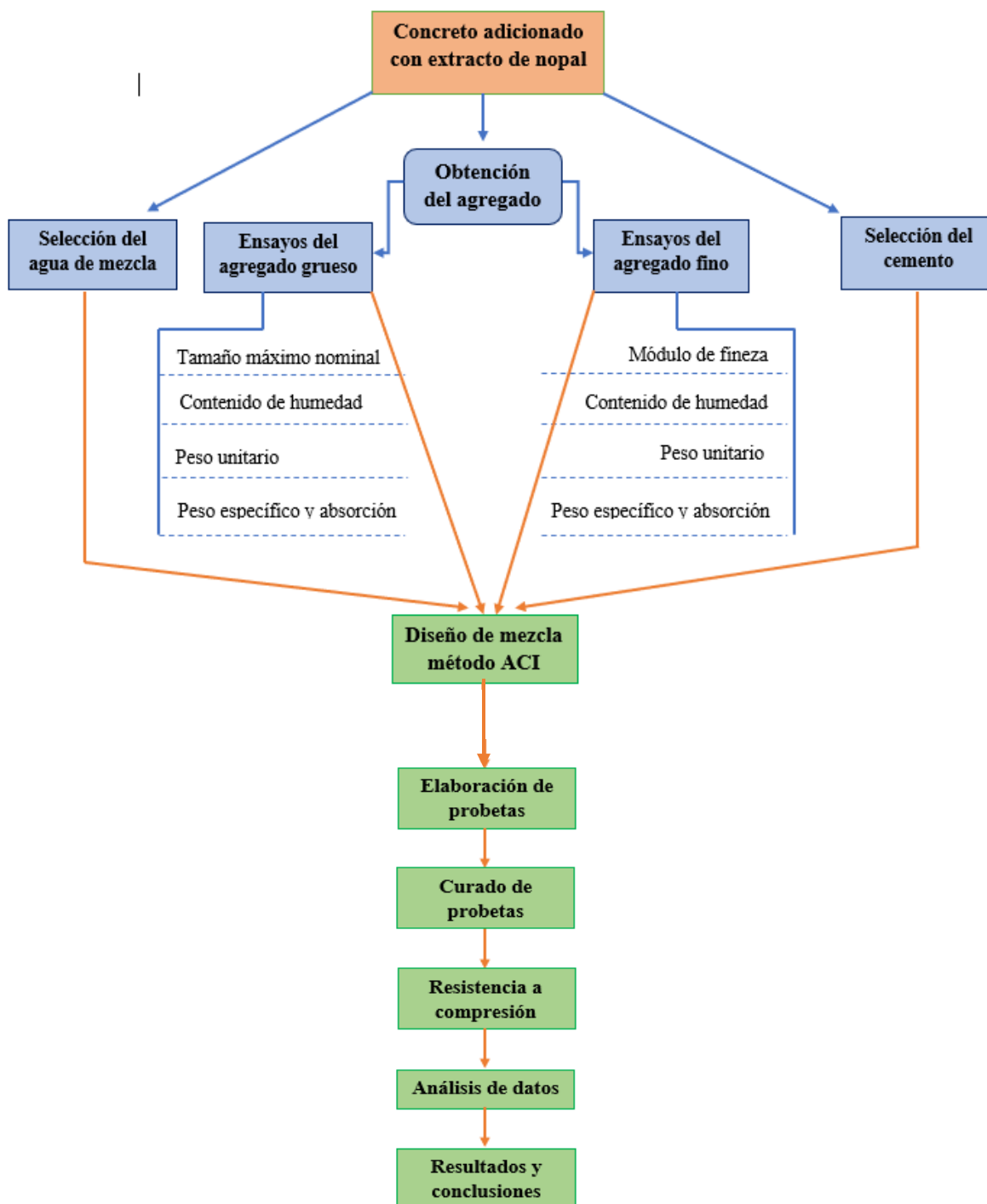
- Balanza de precisión, Martillos de goma, licuadora, Molde metálico con forma de tronco de cono, Barra compactadora de metal, Horno eléctrico, mezcladora de concreto, Máquina de ensayo a la resistencia a la compresión, recipientes
- Juego de tamices para agregado fino: 3/8”, No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100 y No. 200.
- Juego de tamices para agregado grueso: 1”, 3/4”, 1/2”, 3/8”, No. 4 y No. 8.
- Balanza de precisión, Brocha, Moldes de 15cm x 30cm

Equipos de gabinete.

Laptop, impresora, office 2019 (Word, Excel), papel bond, libreta de campo.

Figura 2.

Flujograma de elaboración del concreto



3.2. Métodos

3.2.1. Tipo de investigación

De acuerdo a la finalidad:

Monje (2011) menciona que la investigación experimental, es aquella que requiere de una manipulación de variables para lo cual uno o más grupos, llamados experimentales se exponen a tratamientos y los comportamientos resultantes se comparan con los resultados de otros grupos, llamados de control. De acuerdo a la cita, la investigación es experimental debido a que se necesita ejecutar ensayos de compresión en diversas probetas de concreto dosificadas con porcentajes de extracto de nopal (*opuntia ficus-indica*) adicionadas respecto al peso del cemento, cuyos resultados se compararán con resultados de probetas testigos y se determinará si el extracto de nopal mejora significativamente la resistencia a compresión del concreto.

De acuerdo a la secuencia temporal:

Monje (2011) sostiene que la investigación longitudinal se enmarca bajo un enfoque de estudio observacional que recoge datos cuantitativos y emplea medidas continuas o repetitivas para dar seguimiento a casos particulares; en base a lo mencionado la presente investigación es longitudinal porque se medirá las variables involucradas en diferentes momentos, y de forma repetitiva al realizar la compresión de probetas, la misma que permitirá estudiar la evolución de las unidades en el tiempo. Además, permitirá recopilar datos cuantitativos los cuales serán tratados estadísticamente para su análisis como consecuencia, se determinará conclusiones razonables.

De acuerdo a la cronología de los hechos:

Monje (2011) sostiene que la investigación es prospectiva, cuando se registra información a medida que van ocurriendo los hechos; en base a lo que

señala en la investigación se recogerán datos a medida que va sucediendo los ensayos de laboratorio, para posteriormente aplicarlo en el diseño de mezcla de concreto.

3.2.2. Nivel de investigación

Aplicativo: En base a Monje (2011), la investigación es aplicada porque describe el proceso por el cual los resultados de una investigación se usan para crear nuevas técnicas en procesos ya existentes.

3.2.3. Diseño de investigación

El siguiente trabajo es experimental, debido a que se realiza la manipulación de la variable independiente para determinar su influencia sobre la variable dependiente, adicionando el extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), a una mezcla tradicional de concreto en los porcentajes de 0.50%, 1.00% y 1.50% con respecto al peso del cemento. La investigación se enmarca en un enfoque de Diseño Completamente al Azar (DCA) donde la gradiente de variabilidad serán los días de curado y los porcentajes de adición del extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*).

3.2.4. Población y muestra

Población

La siguiente investigación tendrá como población de estudio al conjunto de probetas de 15 x 30 cm, con un diseño de concreto según el estándar de construcción establecido para 210 kg/cm², y estará constituida por 48 probetas de concreto, distribuidas como se indica; 12 probetas para la muestra testigo, 12 probetas para una adición de 0.50%, 12 probetas para una adición de 1.00%, y 12 probetas para una adición de 1.50% del extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*).

Muestra

La muestra es probabilística, porque las concentraciones de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) en 0.50%, 1.00% y 1.50% serán designadas en forma aleatoria a los diseños de concretos establecidos. Además, cabe recalcar que la cantidad de la muestra es igual que la población.

Tabla 13.

Distribución de muestras a ensayar

Probetas para el ensayo de compresión (und)				
Tiempo	% extracto de nopal			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
7 días	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3
21 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
Sub total	12	12	12	12
Total	48			

Nota: el número de muestras se determinó de acuerdo a la NTP 339.183

3.2.5. Hipótesis

Hipótesis nula

***H₀*:** Ningunos de los tratamientos hará efecto en la resistencia a la compresión del concreto de 210kg/cm², en la construcción de obras hidráulicas.

Hipótesis alterna

***H_a*:** Al menos uno de los tratamientos hará efecto en la resistencia a la compresión del concreto de 210kg/cm², en la construcción de obras hidráulicas.

3.2.6. *Contrastación de hipótesis de la investigación*

Si $F_{cal} \geq F_{tabular}$ y $Pr < 5\%$ se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto, existe diferencia significativa entre las medias a evaluar de esa manera se realizará la prueba F al 5% de probabilidad.

Si $F_{cal} < F_{tabular}$ y $Pr > 5\%$ se acepta la hipótesis nula, por lo tanto, no existe diferencia significativa entre las medias.

- **Coefficiente de variación**

Ecuación 14. *Modelo lineal DCA para encontrar el error*

$$Cv(x) = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{Y}} \times 100 \quad \dots (17)$$

Donde:

$\sqrt{CME} \approx S$: variación estándar

\bar{Y} : media

- **Prueba de Duncan**

Se hizo uso para calcular los rangos múltiples de las muestras de ensayo

Ecuación 15. *Prueba Duncan*

$$R_p = r_\alpha(p, f) S_{\bar{y}_i} = r_\alpha(p, l) \sqrt{\frac{CME}{n}} \quad \dots (19)$$

Donde:

R_p : amplitudes mínimas significativas

α : nivel de significancia de 0.05

$p: 2,3,4, \dots, k$

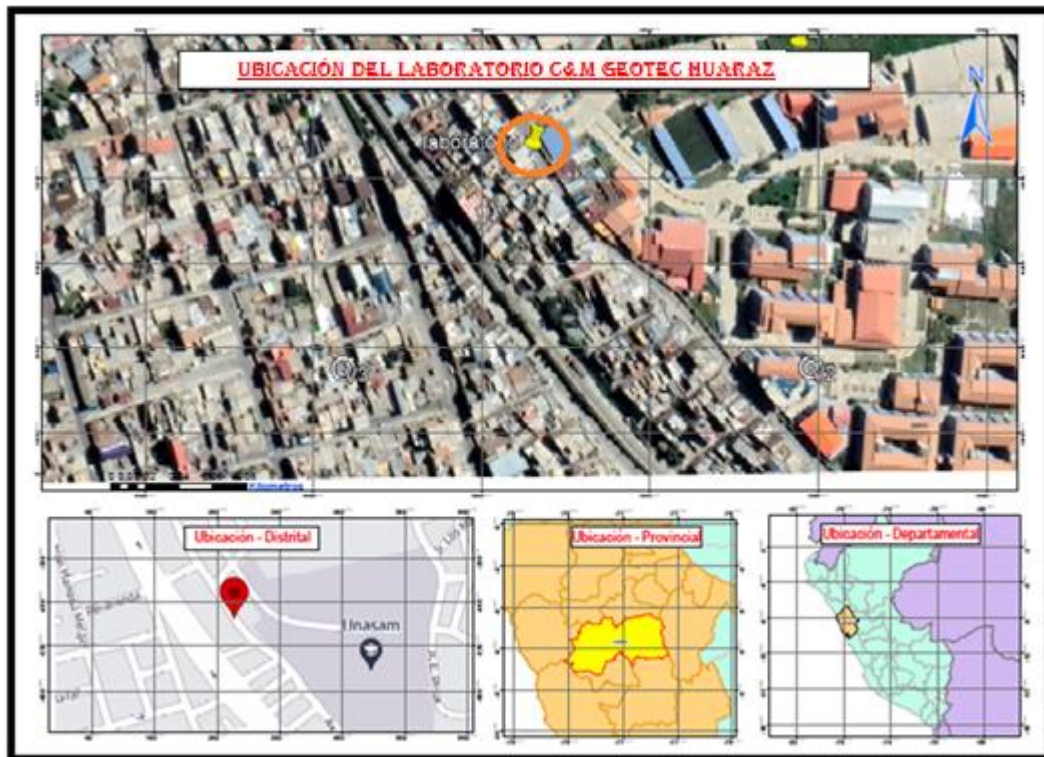
$$f = n - k$$

n : número de replicas o muestras

3.2.7. Localización y caracterización del área de investigación

Figura 3.

Ubicación del laboratorio de ensayo



Nota. la figura muestra la ubicación del “Laboratorio C&M Geotec Huaraz” en el cual se realizó el diseño de mezcla y compresión de probetas, el mismo que está ubicado en la Provincia de Huaraz, Distrito de Independencia, específicamente en el barrio Shancayan, localizado en el Datum WGS84, Zona 18sur, 222627.58m E, 8947012.87m S, a una altitud de 3073 msnm. Cabe mencionar que el Laboratorio C&M Geotec Huaraz, cuenta con certificado de calibración y calidad, acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Figura 4.

Imagen Satelital de la Cantera San Cristóbal



Nota. La figura muestra la ubicación de la cantera San Cristóbal, en la Provincia de Asunción, Distrito de Acochaca junto al río Arma, localizado en el Datum WGS84, Zona 18sur, 239546.00m E, 8990118.00m S, a una altitud de 2896 msnm, cabe mencionar que la cantera en estudio es de río. (Ver figura 4). Extraído de Google Earth.

Figura 5.

Imagen Satelital de la obtención del nopal silvestre de variedad blanca (opuntia ficus-indica), Sector Huanunga



Nota. La figura muestra la ubicación de la zona de obtención del nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia ficus-indica*), el cual está en el sector Huanunga ubicado en la Provincia de Asunción, Distrito de Chacas localizado en el Datum WGS84, Zona 18sur, 238936.00m E, 8987076.00m S, a una altitud de 3175 msnm (Ver figura 05)

3.3. Procedimiento de la investigación

3.3.1. Proceso para la obtención del extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*)

- a. Como primer paso se hizo la recolección de las paletas de nopal de zonas agrícolas del sector Huanunga, ubicada en el Distrito de Chacas, Provincia de Asunción.
- b. Posteriormente se procedió a sacar las espinas de las paletas de nopal, y a limpiar la envoltura o cascara de penca, para una mejor manipulación del material.
- c. Seguidamente se procedió pelar la paleta de nopal y sacar las cáscaras, para luego cortarlas en trozos pequeños en forma de cuadrado (ver Figura 3, Anexos)
- d. Finalmente se licuó los trozos por aproximadamente 2min y se vertió en un recipiente, tal como se indica en la Figura 5 (Anexos).

3.3.2. Diseño de mezcla método ACI 211

El diseño de mezcla se realizó en el Laboratorio C&M Geotec Huaraz. Los cálculos de los parámetros se realizaron de acuerdo a la teoría planteada (pág. 23), a continuación, se detalla brevemente el procedimiento, para determinar las propiedades mecánicas.

La muestra para el análisis granulométrico se obtuvo de la cantera San Cristóbal, del Distrito de Acochaca – Provincia de Asunción, ver (Figura 4, pág. 39).

3.3.3. Análisis granulométrico – módulo de fineza (NTP 400.012)

Procedimiento:

- Se procedió a secar los agregados a temperatura ambiente.
- Se tomó una muestra representativa de cada tipo de agregado, empleando el método del cuarteo, para lo cual se dividió en 4 partes iguales, para luego seleccionar 2 partes que se emplearan en el ensayo, para dicho procedimiento se hizo uso de una espátula. Según la NTP 400.018 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC la cantidad mínima de muestra a ensayarse debe ser 300g para agregado fino y 1000g para agregado grueso.
- Se procedió a ordenar el juego de tamices de mayor a menor diámetro y se realizó el tamizado manual agitando de forma circular.
- Luego se pesó el contenido de agregado retenido en cada uno de los tamices, para lo cual se hizo uso de la balanza de precisión.
- Finalmente se procedió a realizar los cálculos correspondientes que permitieron graficar la curva granulométrica, y calcular el módulo de fineza para tal fin se aplicó la ecuación 1 (pág.14).

Granulometría del Agregado Fino

Tabla 14.

Granulometría del agregado fino

Abertura de Tamices		Masa Retenida (gr)	Porcentajes				NTP: 400.037, C33	
ASTM E11	mm		Retenido	Retenido dos mallas	Retenido acumulado	Que pasa	Inferior	Superior
# 4	4.750	18.60	4.0	4.0	4.0	96.0	95	100
# 8	2.360	71.80	14.0	18.0	18.0	82.0	80	100
# 16	1.180	106.90	20.0	34.0	38.0	62.0	50	85
# 30	0.600	124.09	23.0	43.0	61.0	39.0	25	60
# 50	0.300	106.86	20.0	43.0	81.0	19.0	5	30
# 100	0.150	80.63	15.0	35.0	96.0	4.0	0	10
# 200	0.075	17.14	3.0	18.0	99.0	1.0	0	5
< # 200	Fondo	3.80	1.0	4.0	100.0	0.0		
Total		529.8						

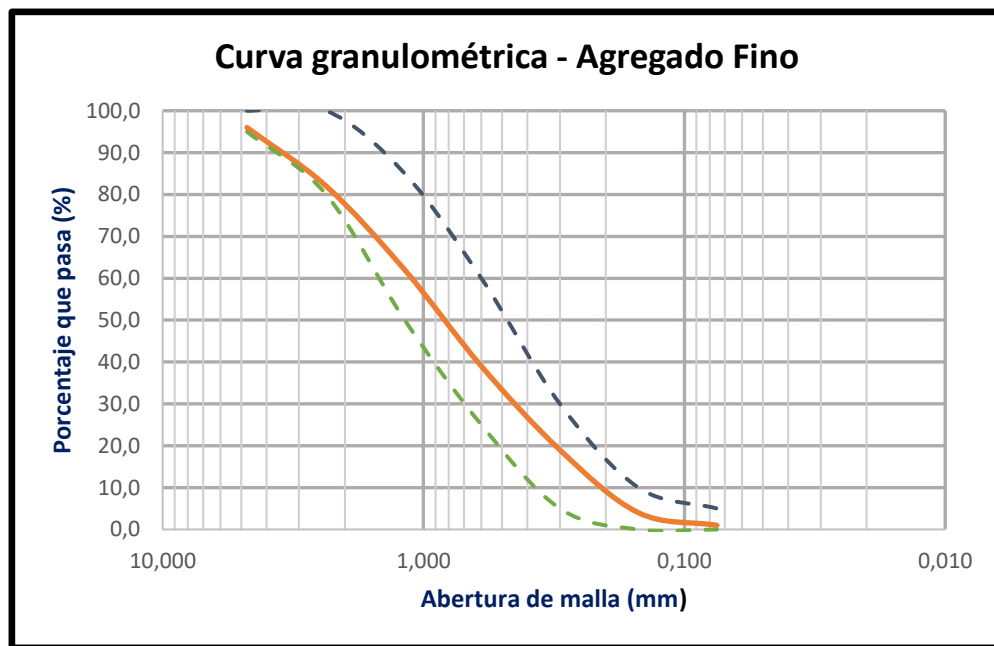
Nota. La tabla muestra resultados del ensayo del análisis granulométrico del agregado fino que se realizó en el laboratorio, el cual permite ver la distribución de gradación en sus partículas para calificar la buena o mala calidad de la muestra del agregado, en función a los límites que establece la NTP 400.037, y permite determinar el módulo de fineza.

$$M.F. = \frac{4.0 + 18.0 + 38.0 + 61.0 + 81.0 + 96.0}{100}$$

$$M.F. = 2.98$$

Figura 6.

Curva granulométrica del agregado fino



Nota: La gráfica muestra la gradación de las partículas de la muestra, lo cual como se aprecia, está dentro de los límites establecidos en la NTP 400.037, por tanto, es óptimo para ser utilizado en la mezcla de concreto.

Granulometría del Agregado Grueso

Tabla 15.

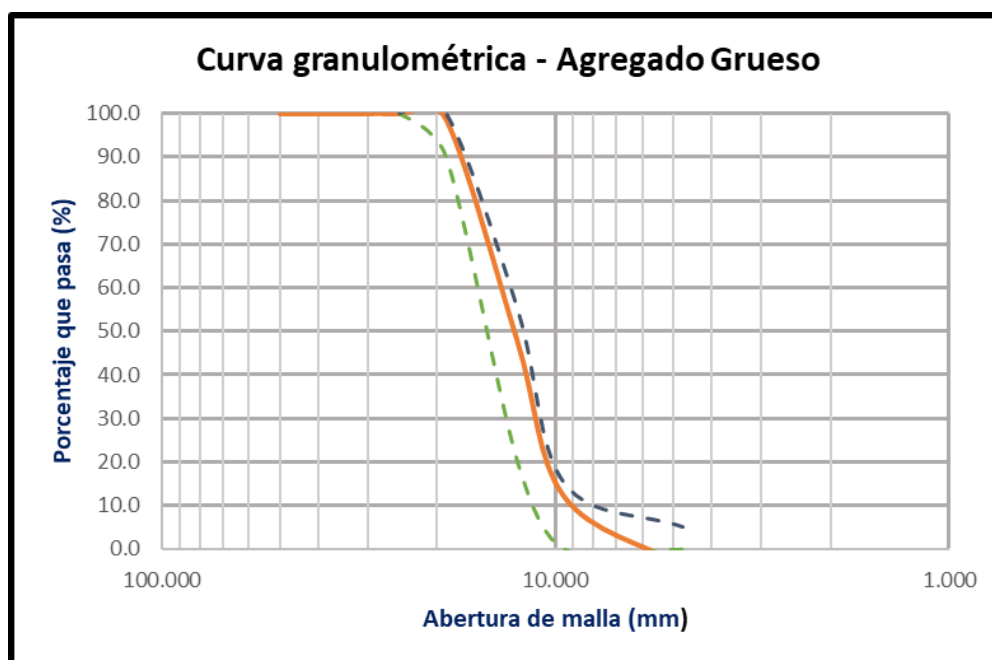
Granulometría del agregado grueso

Abertura de Tamices		Porcentajes					NTP: 400.037, C33	
ASTM E11	mm	Masa Retenida (gr)	Retenido	Retenido dos mallas	Retenido acumulado	Que pasa	Inferior	Superior
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.000	11.9	1.0	1.0	1.0	99.0	90	100
1/2"	12.500	956.1	51.0	52.0	52.0	48.0	20	55
3/8"	9.500	584.5	31.0	82.0	83.0	17.0	0	15
# 4	4.750	300.6	16.0	47.0	99.0	1.0	0	5
< # 4	Fondo	21.2	1.0	17.0	100.0	0.0		
Total		1874.3						

Nota. La tabla muestra resultados del ensayo del análisis granulométrico del agregado grueso que se realizó en el laboratorio, el cual permite ver la distribución de gradación en sus partículas y calificar la buena o mala calidad de la muestra del agregado, en función a los límites que establece la NTP 400.037.

Figura 7.

Curva granulométrica del agregado grueso



Nota: La gráfica muestra la gradación de las partículas de la muestra, lo cual como se aprecia, está dentro de los límites establecidos en la NTP 400.037, por tanto, es óptimo para ser utilizado en la mezcla de concreto.

3.3.4. *Peso unitario seco suelto y compactado (NTP 400.017)*

Para realizar el ensayo el material deberá estar seco, por lo cual se colocó las muestras en el horno a temperatura constante de aproximadamente 110 ± 5 °C.

Peso unitario seco suelto (PUSS)

- Se calculó y anotó el peso y volumen del recipiente, para lo cual se hizo uso de la balanza de precisión y libreta de campo respectivamente. Es preciso mencionar que los recipientes deben tener formas cilíndricas y metálicas, preferiblemente con asas, suficientemente rígido para soportar condiciones severas de uso. La capacidad dependerá del tamaño del agregado de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 03.

- b. Con la ayuda de una cuchara se vertió el agregado en el recipiente cilíndrico, hasta llenarlo; cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior del molde.
- c. Se enrasó el borde superior del recipiente con la varilla, y se procedió a determinar el peso del recipiente más el material.
- d. Para determinar el PUSS se utilizó la ecuación 3 (pág. 15).

Tabla 16.

Peso unitario suelto seco (PUSS) – Agregado Fino

Agregado Fino				
Tipo de densidad de masa	Und	Densidad Masa Suelto		
Ensayo N°	-	E-1	E-2	E-3
Recipiente N°	-	1	1	1
Masa Recipiente + Agregado	gr	5920.0	5965.0	5945.0
Masa del Recipiente	gr	1628.0	1628.0	1628.0
Masa del Agregado	gr	4292.0	4337.0	4317.0
Volumen del Recipiente	cm3	2830.58	2830.58	2830.58
Densidad de Masa	kg/cm3	1.516	1.532	1.525
Peso unitario suelto seco (PUSS)	kg/m3	1520.00		

Nota: la tabla muestra los datos recabados en laboratorio, los cuales permitieron determinar el peso unitario suelto seco de agregado fino.

Tabla 17.

Peso unitario suelto seco (PUSS) – Agregado Grueso

Agregado Grueso				
Tipo de densidad de masa	Und	Densidad Masa Suelto		
Ensayo N°	-	E-1	E-2	E-3
Recipiente N°	-	1	1	1
Masa Recipiente + Agregado	gr	18375.0	18390.0	18385.0
Masa del Recipiente	gr	5205.0	5205.0	5205.0
Masa del Agregado	gr	13170.0	13185.0	13180.0
Volumen del Recipiente	cm3	9712.84	9712.84	9712.84
Densidad de Masa	kg/cm3	1.356	1.357	1.357
Peso unitario suelto seco (PUSS)	kg/m3	1360.000		

Nota: la tabla muestra los datos recabados en laboratorio, los cuales permitieron determinar el peso unitario suelto seco de agregado grueso.

Peso unitario compactado seco (PUCS)

- a. Se calculó y anotó el peso y volumen del recipiente, para lo cual se hizo uso de la balanza de precisión y libreta de campo respectivamente. Cabe mencionar que los recipientes deben tener formas cilíndricos y metálicos, preferiblemente con asas y la capacidad dependerá del tamaño del agregado de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla 03.
- b. Posteriormente con la ayuda de un cucharón se llenó la muestra hasta la tercera parte del recipiente metálico y se le dio 25 golpes con la varilla de apisonado, distribuidos uniformemente sobre la superficie, se repitió este procedimiento hasta completar la altura del recipiente.
- c. Se enrasó el material al nivel del borde superior con la ayuda de la varilla usándola como regla. Y se procedió a pesarlo el molde más el material compactado.
- d. Para determinar el PUCS se utilizará la ecuación 4 (pág. 16).

Tabla 18.

Peso unitario compactado seco (PUCS) – Agregado Fino

Tipo de densidad de masa	Und	Agregado Fino		
		Densidad Masa Compactada Apisonada		
		E-1	E-2	E-3
Ensayo N°	-	E-1	E-2	E-3
Recipiente N°	-	1	1	1
Masa Recipiente + Agregado	gr	6405.0	6340.0	6360.0
Masa del Recipiente	gr	1628.0	1628.0	1628.0
Masa del Agregado	gr	4777.0	4712.0	4732.0
Volumen del Recipiente	cm3	2830.58	2830.58	2830.58
Densidad de Masa	kg/cm3	1.688	1.665	1.672
Peso unitario compactado seco (PUCS)	kg/m3	1670.00		

Nota: la tabla muestra los datos recabados en laboratorio, los cuales permitieron determinar el peso unitario compactado seco del agregado fino.

Tabla 19.*Peso unitario compactado seco (PUCS) – Agregado Grueso*

Agregado Grueso				
Tipo de densidad de masa	Und	Densidad Masa Suelto		
		E-1	E-2	E-3
Ensayo N°	-	E-1	E-2	E-3
Recipiente N°	-	1	1	1
Masa Recipiente + Agregado	gr	19405.0	19375.0	19435.0
Masa del Recipiente	gr	5205.0	5205.0	5205.0
Masa del Agregado	gr	14200.0	14170.0	14230.0
Volumen del Recipiente	cm3	9712.84	9712.84	9712.84
Densidad de Masa	kg/cm3	1.462	1.459	1.465
Peso unitario compactado seco (PUCS)	kg/m3	1460.000		

Nota: la tabla muestra los datos recabados en laboratorio, los cuales permitieron determinar el peso unitario compactado seco del agregado grueso.

3.3.5. *Contenido de humedad (NTP 339.185)*

- Se procedió a tomar una cantidad de la muestra de agregado en estado natural dentro de un recipiente metálico y se pesó empleando una balanza de precisión.
- Posteriormente se colocó el recipiente con la muestra en el horno a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- Finalmente se retiró la muestra del horno y se procedió a pesarla nuevamente.
- Para calcular el contenido de humedad se hizo uso de la ecuación 5 (pág. 17).

Tabla 20.*Contenido de humedad – Agregado Fino*

Agregado Fino			
Descripción	Und	M - 1	M - 2
Masa original + Recipiente	gr.	885.05	877.35
Masa Seca + Recipiente	gr.	869.7	862.08
Masa de Recipiente	gr.	71.48	69.98
Masa seca	gr.	798.22	792.1
Masa del agua	gr.	15.35	15.27
Cont. de Humedad Evaporable	%	1.92	1.93
Humedad Evaporable Promedio	%	1.93	

Nota: la tabla muestra datos recabados en laboratorio, los cuales permitieron determinar el porcentaje de contenido de humedad del Agregado Fino.

Tabla 21.

Contenido de humedad – Agregado Grueso

Agregado Grueso			
Descripción	Und	M - 1	M - 2
Masa original + Recipiente	gr.	871.75	971.6
Masa Seca + Recipiente	gr.	871.06	970.55
Masa de Recipiente	gr.	71.68	71.68
Masa seca	gr.	799.38	898.87
Masa del agua	gr.	0.69	1.05
Cont. de Humedad Evaporable	%	0.09	0.12
Humedad Evaporable Promedio	%	0.10	

Nota: la tabla muestra datos recabados en laboratorio, los cuales permitieron determinar el porcentaje de contenido de humedad del Agregado Grueso.

3.3.6. Peso específico y porcentaje de absorción - agregado fino (NTP 400.022/400.021)

- a. Se calculó el peso del picnómetro lleno con agua hasta los 500 ml
- b. Luego se cuarteó el agregado fino hasta obtener una muestra aproximada de 2kg, esta muestra se pasó por el tamiz N°4 para luego colocarla en horno a una temperatura de 110°C, se enfrió a temperatura ambiente por un aproximado de 1 a 3 horas para finalmente sumergirla por 24 horas en un balde con agua para lograr su saturación.
- c. Se verifica el punto de saturación del agregado fino, mediante el cono metálico, para tal fin se colocó el agregado fino hasta la tercera parte del cono metálico y se le dio 25 golpes con el apisonador. Se repitió esa operación 3 veces hasta completar la altura del cono y luego se enrasa y se retira el cono.
 - Si se queda con forma tronco-cónica tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
 - Si se queda con forma cónica terminada en punta sin desmoronarse tiene la humedad correspondiente al estado saturado superficialmente seco.

- Si se desmorona, tiene menos humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
- d. Cuando el agregado fino alcanzó el estado saturado superficialmente seco, se pesaron 500 gr. de material en el picnómetro y otros 500 gr se colocaron en el horno a secar.
 - e. Se llenó el picnómetro hasta un nivel aproximado a los 500ml y se le quitaron las burbujas de aire de manera manual dando giros al picnómetro, y se anotó su peso.
 - f. Seguidamente se deja el picnómetro lleno de la muestra saturada más agua hasta el punto de calibración en reposo durante 24 horas, para luego ser pesada nuevamente y se procede a botar la muestra del picnómetro.
 - g. Para calcular el % de Absorción se hará uso de la ecuación 2 (pág. 15).

Tabla 22.

Peso específico y % de absorción del agregado fino

Peso específico y Porcentaje de absorción - Agregado Fino			
Descripción	Und	Ensayo 1	Ensayo 2
Masa de la muestra seca	gr	490.10	490.00
Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración	gr	681.20	678.10
Masa del picnómetro lleno de la muestra + agua hasta la marca de calibración	gr	990.60	987.40
Masa de la muestra saturada superficialmente seca	gr	500.00	500.00
Gravedad específica secado al horno		2.57	2.57
Gravedad específica secado al horno Promedio		2.57	
Peso específico en base al secado al horno	(gr/cm3)	2.56	2.56
Peso específico en base al secado al horno Promedio	(gr/cm3)	2.56	
Absorción	(%)	2.02	2.04
Absorción Promedio	(%)	2.03	

Nota: la tabla muestra los datos recabados en laboratorio que permitieron calcular el porcentaje de absorción y el peso específico del agregado fino.

3.3.7. *Peso específico y porcentaje de absorción - agregado grueso (NTP 400.022/400.021)*

El método de ensayo del peso específico y absorción se realizó siguiendo los parámetros establecidos en la NTP 400.021, en donde estipula que la cantidad mínima de agregado grueso está de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso (Tabla 23).

- a. Como primer paso se lavó la muestra para eliminar el polvo y sustancias extrañas, que puedan estar adheridas a la superficie de las partículas del agregado grueso.
- b. Luego se puso a secar la muestra en el horno a temperatura constante de 110 °C, por 24 horas, pasado ese lapso de tiempo se retiró la muestra del horno y se puso a enfriar a temperatura ambiente, por un lapso de tiempo de 2 a 3 horas.
- c. Luego la muestra se sumergió en una cesta con agua por 24 horas, para lograr su saturación.
- d. Transcurrido el tiempo de saturación se le vació el agua y se le fue quitando la humedad con un paño apropiada hasta conseguir desaparecer toda la película de agua visible. Y se anotó el peso de material en estado saturado superficialmente seco con aproximación de 0.5 gr.
- e. Inmediatamente después de secar se coloca la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura de 23°C, y se determina el peso de la muestra sumergida.
- f. Finalmente se vuelve a colocar la muestra en el horno a temperatura de 100 °C por 16 horas hasta peso constante. Se enfría a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anota su peso.

Tabla 23.*Peso mínimo de muestra para el ensayo*

Tamaño máximo nominal (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo (kg)
1/2 o menor	2.00
3/4	3.00
1	4.00
1 1/2	5.00
2	8.00
2 1/2	12.00
3	18.00
3 1/2	25.00
4	40.00
5	75.00
6	125.00

Nota: Tomado de *Métodos del ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. NTP 400.021 (2013).*

Tabla 24.*Peso específico y % de absorción del agregado grueso*

Peso específico y Porcentaje de absorción - Agregado Grueso			
Descripción	und	Ensayo 1	Ensayo 2
Masa de la muestra seca	gr	1048.60	1099.60
Masa de la muestra saturada superficialmente seca la marca de calibración	gr	1059.40	1111.20
Masa de la muestra saturada dentro del agua	gr	664.50	698.10
Masa de la canastilla dentro del agua	gr	636.60	636.60
Gravedad específica secado al horno		2.66	2.66
Gravedad específica secado al horno Promedio			2.66
Peso específico en base al secado al horno	(gr/cm3)	2.65	2.65
Peso específico en base al secado al horno Promedio	(gr/cm3)		2.65
Absorción	(%)	1.03	1.05
Absorción Promedio	(%)		1.04

Nota: la tabla muestra los datos recabados en laboratorio que permitieron calcular el porcentaje de absorción y el peso específico del agregado grueso.

3.3.8. Características físicas de los agregados para el diseño de mezcla

Tabla 25.

Características técnicas de los agregados

Descripción	Agregados		
	und	Agregado Fino	Agregado Grueso
Tamaño Máximo Nominal	-	-	1/2"
Módulo de Fineza	-	2.98	-
Contenido de Humedad	%	1.93	0.10
Absorción	%	2.00	1.00
Peso Específico de Masa	gr/cm ³	2.56	2.65
Peso Unitario Suelto Seco	kg/m ³	1520.00	1360.00
Peso Unitario Compactado Seco	kg/m ³	1670.00	1460.00

Nota: la tabla muestra el resumen de parámetros determinados anteriormente, tanto del agregado grueso como del agregado fino, las mismas que serán utilizados para el diseño de mezcla.

Tabla 26.

Características técnicas del cemento

Cemento			
Marca	Tipo	Peso específico	und
Andino	V	3.15	gr/cm ³

Nota: la tabla muestra las características técnicas del tipo de cemento que se utilizó.

Tabla 27.

Características técnicas del agua de mezcla

Agua de mezcla NTP 339.088	
Peso específico	1000 kg/m ³

Nota: la tabla muestra las características técnicas del agua, el mismo que servirá para el diseño de mezcla del concreto.

3.3.9. Cálculo de la resistencia promedio requerida de las probetas

En base a la resistencia a la compresión de la investigación (210 kg/cm³), se calculó la resistencia promedio requerida, en función de la tabla 06 en la pág. 24.

Tabla 28.

Cálculo de la resistencia promedio requerida

Resistencia promedio	f'cr (kg/cm ²)
f'c	210
f'cr	210 + 84
f'cr	294

Nota: la tabla muestra el procedimiento para calcular la resistencia promedio requerida, el cual fue utilizado para cálculos posteriores en el diseño de mezcla.

- **Elección del asentamiento**

De acuerdo a la consistencia (dato de laboratorio) se eligió el asentamiento, siguiendo la Tabla 08, de la pág. 25.

$$slump = 4''$$

- **Selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN)**

En base al análisis granulométrico del agregado grueso, se determinó el TMN = 1/2"

- **Estimación de la relación agua-cemento**

En función de la resistencia promedio requerida, se determinó la relación a/c usando la Tabla 11, de la pág. 28.

$$a/c = 0.56$$

Posteriormente se determinó el volumen unitario de agua interceptando el TMN y asentamiento, utilizando la Tabla 10 descrita en la pág. 27, el valor que se obtuvo es:

$$Vol\ agua = 216\ l = 0.216\ m^3$$

- **Determinación del factor del cemento y volumen de cemento**

Tabla 29.

Factor del cemento y volumen del cemento

Valores de diseño		Und
Volumen unitario de agua	216	lt
Relación agua cemento (a/c)	0.56	-
Factor de cemento	386	-
Peso específico del cemento	3150	kg/m ³
Volumen del cemento	0.123	m ³

Nota: la tabla muestra los valores de diseño, para la determinación del factor de cemento (para lo cual se utilizó la ecuación 7) y su posteriormente cálculo del volumen del cemento (se utilizó la ecuación 8).

- **Determinación del volumen del agregado grueso y fino**

El volumen del agregado grueso se determinó utilizando la Tabla 12, en relación a los parámetros ya calculados en laboratorio como: módulo de fineza y tamaño máximo nominal (TMN) del agregado fino

2.8 -----	0.55
2.98 -----	x
3 -----	0.53

$$x = 0.532$$

$$Vol\ agregado\ grueso = 0.532 * \left(\frac{1450}{2650}\right) = 0.30\ m^3$$

- **Selección del contenido de aire atrapado**

En función al tamaño máximo nominal (TMN), nos dirigimos a la Tabla 09 y seleccionamos el aire atrapado, en este caso el valor es 2.5%

- **Cálculo del volumen del agregado fino**

Tabla 30.

Volumen de materiales en m³

Volumen de materiales en m ³	
Cemento	0.123
Agua de mezcla	0.216
Agregado grueso	0.30
Aire atrapado	0.025
Agregado fino	0.34

Nota: la tabla muestra las cantidades de material por m³, las mismas que sirven para calcular el volumen del agregado fino, para tal fin se hizo uso de la ecuación 10.

$$Vol\ agregado\ fino = 1 - (0.216 + 0.123 + 0.30 + 0.025)$$

$$Vol\ agregado\ fino = 0.34\ m^3$$

- **Cantidad de materiales de la mezcla de concreto por m³**

Tabla 31.

Componentes de la mezcla de concreto

Descripción	Volumen (m ³)	Peso específico (kg/m ³)	Peso (kg)
Cemento Andino Tipo V	0.123	3150	386.00
Agregado Grueso	0.30	2650	776.72
Agregado Fino	0.34	2560	879.00
Agua para mezcla	0.216	1000	216.00
% Aire atrapado	0.025	-	-

Total	1.000	2257.72
-------	-------	---------

Nota: la tabla muestra la cantidad de los componentes en metros cúbicos, y en kilogramos los cuales serán utilizados en el diseño de mezcla del concreto. Para lo cual se hizo uso de la ecuación 11.

- **Ajustes del diseño humedad y absorción**

Con los valores obtenidos del laboratorio como contenido de humedad y porcentaje de absorción para el agregado grueso y agregado fino tal como se aprecia en la Tabla 25, se realizó la corrección siguiendo la ecuación 12.

Agregado fino:

$$Peso\ correg. = \left(1 + \frac{1.93 - 2.00}{100}\right) * 879.00$$

$$Peso\ correg. = 878.00\ kg$$

Agregado grueso:

$$Peso\ correg. = \left(1 + \frac{0.10 - 1.00}{100}\right) * 776.72$$

$$Peso\ correg. = 770.00\ kg$$

- **Cálculo del agua efectiva (cantidad de agua final para la mezcla)**

Se realizó una corrección a la cantidad de agua, utilizando las ecuaciones 13 descrita en la pág.30.

$$Agua\ ef. = 216 - \left(879.00 * \left(\frac{1.93 - 2.00}{100}\right)\right) - \left(776.72 * \left(\frac{0.10 - 1.00}{100}\right)\right)$$

$$Agua\ ef. = 223.00\ kg/m^3$$

- **Cantidad de materiales corregido por m3 de concreto**

Tabla 32.

Cantidad de materiales por m3 de concreto

Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento Andino Tipo V	386	Kg/m3
Agregado Grueso	770	Kg/m3
Agregado Fino	878	Kg/m3
Agua para mezcla	223	Kg/m3

Nota: la tabla muestra la cantidad final de los materiales para un metro cubico de concreto.

- **Dosificación por tanda 12 probetas para concreto testigo**

Tabla 33.

Dosificación para 12 probetas del concreto testigo

Dosificación en peso para 12 probetas de concreto testigo		
Material	Cantidad	Unidad
Cemento Andino tipo V	30.69	kg
Agua efectiva	17.78	lt
Agregado grueso	61.19	kg
Agregado fino	69.83	kg

Nota: la tabla muestra la dosificación de los materiales para 12 probetas para el concreto testigo.

- **Dosificación por tanda 12 probetas con adición de 0.50% de extracto de nopal silvestre**

Tabla 34.

Dosificación para 12 probetas adicionando 0.50% extracto de nopal silvestre

Dosificación en peso para 12 probetas adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre		
Material	Cantidad	Unidad
Cemento Andino tipo V	30.69	kg
Agua efectiva	17.78	lt
Agregado grueso	61.19	kg
Agregado fino	69.83	kg
% extracto de nopal	0.153	kg

Nota: la tabla muestra la dosificación de los materiales para 12 probetas más la adición de 0.50% de extracto de nopal silvestre, en función al peso del cemento.

- **Dosificación por tanda 12 probetas con adición de 1.00% de extracto de nopal silvestre**

Tabla 35.

Dosificación para 12 probetas adicionando 1.00% extracto de nopal silvestre

Dosificación en peso para 12 probetas adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre		
Material	Cantidad	Unidad
Cemento Andino tipo V	30.69	kg
Agua efectiva	17.78	lt
Agregado grueso	61.19	kg
Agregado fino	69.83	kg
% extracto de nopal	0.307	kg

Nota: la tabla muestra la dosificación de los materiales para 12 probetas más la adición de 1.00% de extracto de nopal silvestre, en función al peso del cemento.

- **Dosificación por tanda 12 probetas con adición de 1.50% de extracto de nopal silvestre**

Tabla 36.

Dosificación para 12 probetas adicionando 1.50% extracto de nopal silvestre

Dosificación en peso para 12 probetas adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre		
Material	Cantidad	Unidad
Cemento Andino tipo V	30.69	kg
Agua efectiva	17.78	lt
Agregado grueso	61.19	kg
Agregado fino	69.83	kg
% extracto de nopal	0.460	kg

Nota: la tabla muestra la dosificación de los materiales para 12 probetas más la adición de 1.50% de extracto de nopal silvestre, en función al peso del cemento.

3.3.10. *Elaboración de probetas de concreto testigo $f'c=210\text{kg/cm}^2$*

- a. Antes de realizar el ensayo se engrasó los moldes con petróleo utilizando una brocha y se verificó que estén en buen estado.
- b. Seguidamente se colocó los moldes en una superficie plana y firme, lugar donde se quedaron hasta que se desmolden.
- c. Como siguiente paso se procedió a realizar el diseño de mezcla en el trompo, para lo cual se agregaron las cantidades especificadas anteriormente. Cabe mencionar que antes de verter el concreto en los moldes se verificó el asentamiento mediante el ensayo del cono de Abrams, siguiendo la NTP 339.035.
- d. Se procedió a llenar cada molde con la mezcla preparada en 3 capas con un mismo volumen de concreto. Después de completar cada capa se procedió a compactar con la varilla lisa de 5/8" dando 25 golpes por capa, con un mazo de caucho, para eliminar el aire que pudo quedar atrapado. Luego se enrazó la parte superior con la varilla de compactación.
- e. Inmediatamente después del moldeo y acabado de la superficie, los especímenes se almacenaron por un periodo de 24 horas en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes, para posteriormente desmoldar las probetas de concreto.
- f. Finalmente, se desmoldaron y se curaron las probetas colocándolas en recipientes con agua.

3.3.11. Elaboración de probetas de concreto con extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) en porcentajes de 0.50%, 1.00%, y 1.50%

Para la elaboración del concreto con extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) adicionalmente a los procedimientos indicados anteriormente para elaborar el concreto testigo, se realizó el siguiente proceso:

- a. Se adicionó el extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) en el diseño de mezcla del concreto, considerando los diferentes porcentajes establecidos (0.50%, 1.00%, y 1.50%) con respecto al peso total del cemento, en las diferentes edades, 07, 14, 21 y 28 días. Y se realizó el mismo procedimiento anteriormente detallado.

3.3.12. Resistencia a la compresión del concreto para probetas testigo y probetas con tratamientos

- a. Se retiró las muestras del recipiente y se secó la superficie húmeda de las probetas con un paño.
- b. Se realizó la medición de los diámetros en cada extremo de la probeta cilíndrica con el objetivo de sacar un promedio de ambas lecturas y hallar el diámetro de contacto efectivo.
- c. Se procedió a colocar las probetas sobre la prensa de compresión, iniciándose luego de esto la aplicación de la carga axial. La carga aplicada en un ensayo de compresión irá aumento hasta llegar a su máximo valor, momento en el cual se producirá la falla del espécimen.
- d. Finalmente se anotó la carga máxima aplicada y la resistencia a la compresión obtenida.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Medición del Slump

Tabla 37.

Medición del asentamiento (slump) del concreto

Slump	Concreto testigo	Concreto adicionando % de nopal		
		0.50%	1.00%	1.50%
Medición 1 (cm)	10.2	7.5	8.5	7
Medición 2 (cm)	9.9	8.2	9.1	7.3
Promedio (cm)	10.05	7.85	8.8	7.15
Promedio (plg)	3.9	3.0	3.5	2.8

Nota: Los valores anteriores se obtuvieron en laboratorio a través del ensayo del cono de Abrams (ASTM-C143).

4.1.2. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas de concreto testigo $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Tabla 38.

Resistencia a la compresión de probetas de concreto testigo a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días

Edad	Carga aplicada		Diámetro (cm)	Diámetro promedio	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
	KN	Kg					
7	348.62	35549.35	15.27	15.26	182.81	194.46	200.02
	365.53	37273.69	15.24			203.89	
	361.62	36874.98	15.26			201.71	
14	389.45	39712.85	15.23	15.25	182.73	217.33	220.89
	399.67	40755.00	15.27			223.03	
	398.39	40624.47	15.26			222.31	
21	411.23	41933.79	15.25	15.24	182.49	229.78	237.91
	436.85	44546.30	15.24			244.10	
	429.23	43769.28	15.24			239.84	
28	453.30	46223.74	15.24	15.25	182.65	253.07	252.74
	452.76	46168.67	15.26			252.77	
	452.06	46097.29	15.25			252.37	

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia promedio de 03 probetas ensayadas para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días, así mismo muestra los datos recabados de las cargas aplicadas en las diferentes edades.

4.1.3. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas de concreto adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*).

Tabla 39.

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre (*Opuntia Ficus-Indica*), a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días*

Muestras cilíndricas + 0.5% de extracto de nopal (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)							
Edad	Carga aplicada		Diámetro (cm)	Diámetro promedio	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
	KN	Kg					
7	329.09	33557.84	15.27	15.26	182.97	183.40	180.59
	318.54	32482.04	15.26			177.52	
	324.48	33087.75	15.26			180.83	
14	352.1	35904.21	15.25	15.26	182.89	196.31	198.20
	359.93	36702.65	15.26			200.68	
	354.44	36142.82	15.27			197.62	
21	375.8	38320.93	15.24	15.25	182.65	209.80	210.65
	378.69	38615.63	15.25			211.41	
	377.46	38490.21	15.26			210.73	
28	401.34	40925.29	15.24	15.25	182.57	224.16	221.02
	389.18	39685.32	15.26			217.37	
	396.64	40446.02	15.24			221.53	

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia promedio de 03 probetas ensayadas para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días, adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), así mismo muestra los datos recabados de las cargas aplicadas en las diferentes edades.

4.1.4. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas de concreto adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*).

Tabla 40.

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre (*Opuntia Ficus-Indica*), a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días.*

Muestras cilíndricas + 1.00% de extracto de nopal (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)							
Edad	Carga aplicada		Diámetro (cm)	Diámetro promedio	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
	KN	Kg					
7	363.17	37033.03	15.24	15.25	182.57	202.84	206.19
	374.32	38170.02	15.26				
	370.03	37732.56	15.24				
14	462.10	47121.09	15.22	15.24	182.33	258.43	256.70
	455.91	46489.88	15.24				
	459.00	46804.97	15.25				
21	466.98	47618.71	15.24	15.25	182.57	260.82	262.05
	469.57	47882.81	15.26				
	471.03	48031.69	15.24				
28	474.16	48350.86	15.22	15.23	182.18	265.41	267.43
	479.79	48924.96	15.23				
	479.34	48879.08	15.24				

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia promedio de 03 probetas ensayadas para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días, adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), así mismo muestra los datos recabados de las cargas aplicadas en las diferentes edades.

4.1.5. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas de concreto adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*).

Tabla 41.

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre (*Opuntia Ficus-Indica*), a las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días*

Muestras cilíndricas + 1.50% de extracto de nopal (<i>Opuntia Ficus-Indica</i>)							
Edad	Carga aplicada		Diámetro (cm)	Diámetro promedio	Área (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)
	KN	Kg					
7	329.17	33566.00	15.26	15.26	182.97	183.45	180.74
	319.35	32564.64	15.27			177.97	
	324.43	33082.65	15.26			180.81	
14	349.06	35594.21	15.27	15.26	182.89	194.62	192.83
	340.69	34740.71	15.25			189.95	
	347.81	35466.75	15.26			193.92	
21	369.10	37637.72	15.24	15.24	182.49	206.24	202.94
	355.24	36224.40	15.25			198.50	
	365.22	37242.08	15.24			204.07	
28	368.02	37527.60	15.24	15.25	182.57	205.55	206.19
	365.44	37264.51	15.26			204.11	
	374.06	38143.50	15.24			208.92	

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia promedio de 03 probetas ensayadas para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días, adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), así mismo muestra los datos recabados de las cargas aplicadas en las diferentes edades.

4.1.6. Análisis comparativo de resistencias a compresión de probetas de concreto testigo y tratamientos con adición de 0.50%, 1.00%, y 1.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*)

Tabla 42.

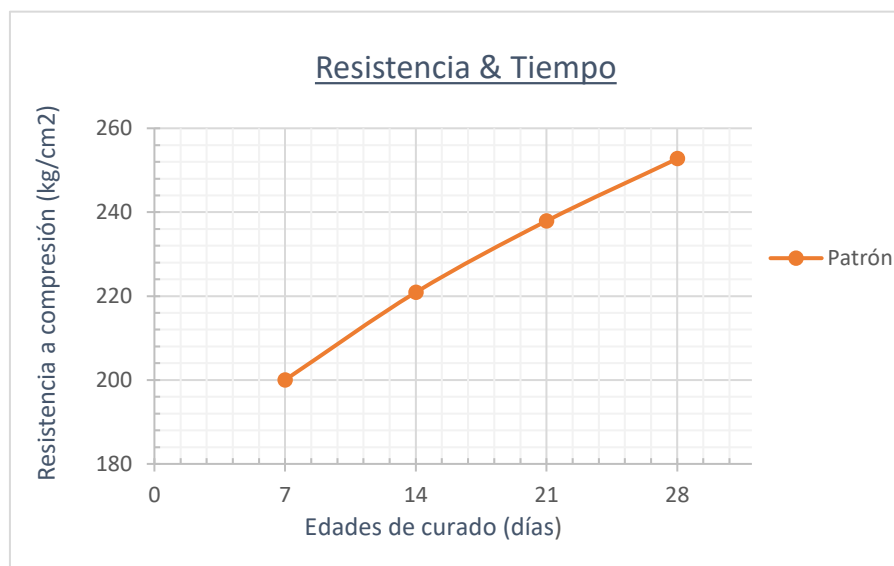
Resistencia a compresión de probetas de concreto f'c=210kg/cm²

Probetas - Testigo	
Edades (días)	f'c (kg/cm2)
7	200.02
14	220.89
21	237.91
28	252.74

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia a compresión de probetas de concreto testigo $f'c=210\text{kg/cm}^2$ para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días.

Figura 8.

Curva Resistencia & Tiempo para las probetas testigo $f'c=210\text{kg/cm}^2$



Nota: la figura muestra la evolución que presentó la resistencia a compresión de las probetas testigo a las diferentes edades de curado.

Tabla 43.

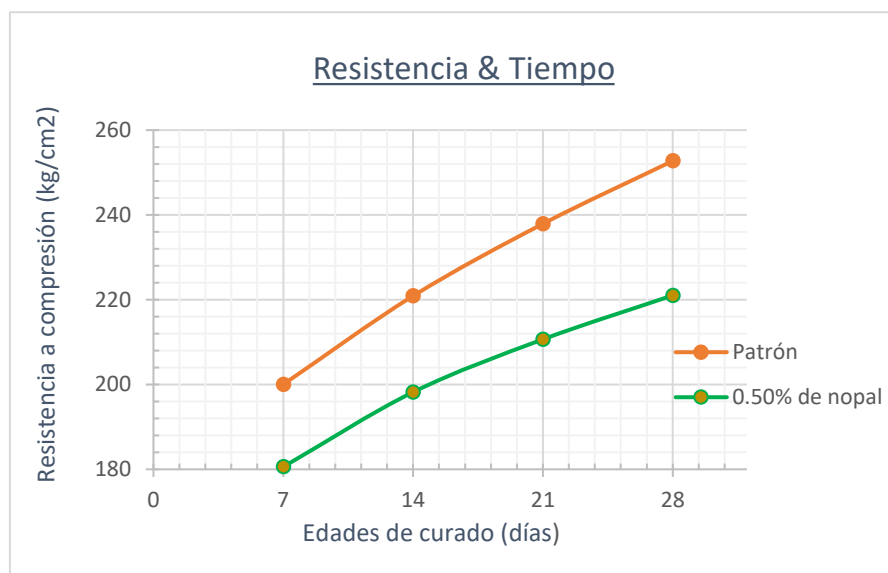
Resistencia a compresión del concreto adicionando 0.50% de nopal

Probetas + 0.50% de nopal		
Edades (días)	Resistencia del concreto	
	Testigo	con 0.50% de nopal
7	200.02	180.59
14	220.89	198.20
21	237.91	210.65
28	252.74	221.02

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia a compresión de probetas testigo y probetas de concreto adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días.

Figura 9.

Análisis comparativo de la resistencia a compresión con adición de 0.50% de nopal (Opuntia Ficus-Indica)



Nota: la figura muestra el análisis comparativo entre la evolución de resistencia a compresión de probetas adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) y la evolución de probetas de concreto testigo a las diferentes edades de curado.

Tabla 44.

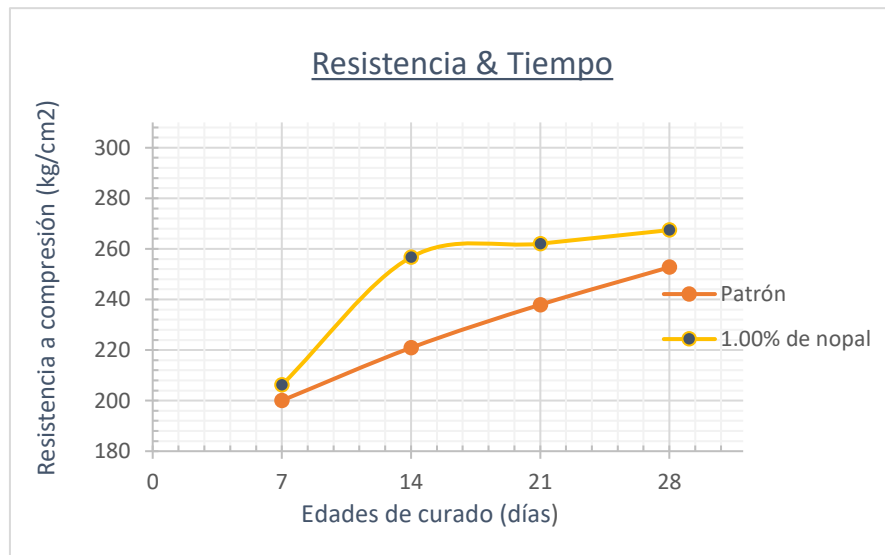
Resistencia a compresión del concreto adicionando 1.00% de nopal

Edades (días)	Probetas + 1.00% de nopal	
	Resistencia del concreto	
	Testigo	con 1.00% de nopal
7	200.02	206.19
14	220.89	256.70
21	237.91	262.05
28	252.74	267.43

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia a compresión de probetas testigo y probetas de concreto adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días.

Figura 10.

*Análisis comparativo de la resistencia a compresión con adición de 1.00% de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*)*



Nota: la figura muestra el análisis comparativo entre la evolución de resistencia a compresión de probetas adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) y la evolución de probetas de concreto testigo a las diferentes edades de curado.

Tabla 45.

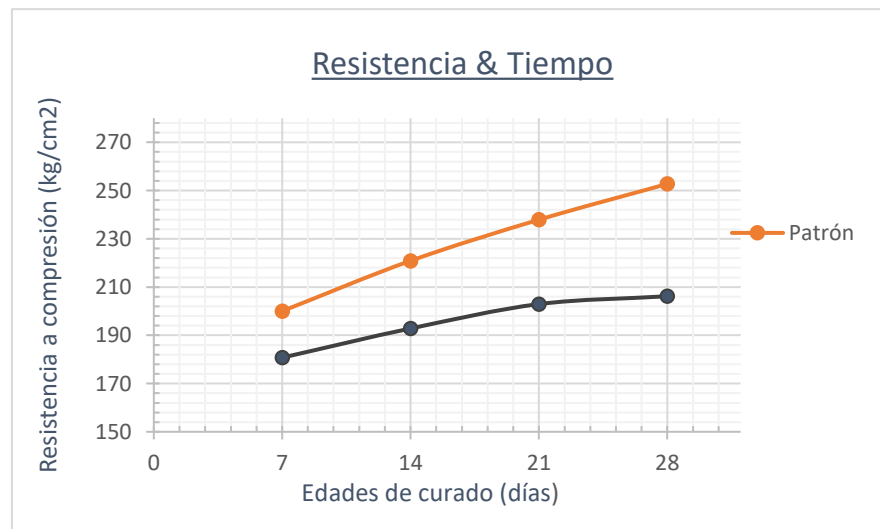
Resistencia a compresión del concreto adicionando 1.50% de nopal

Edades (días)	Probetas + 1.50% de nopal	
	Testigo	Resistencia del concreto con 1.50% de nopal
7	200.02	180.74
14	220.89	192.83
21	237.91	202.94
28	252.74	206.19

Nota: la tabla muestra los resultados de la resistencia a compresión de probetas testigo y probetas de concreto adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), para las edades de curado de 07, 14, 21 y 28 días.

Figura 11.

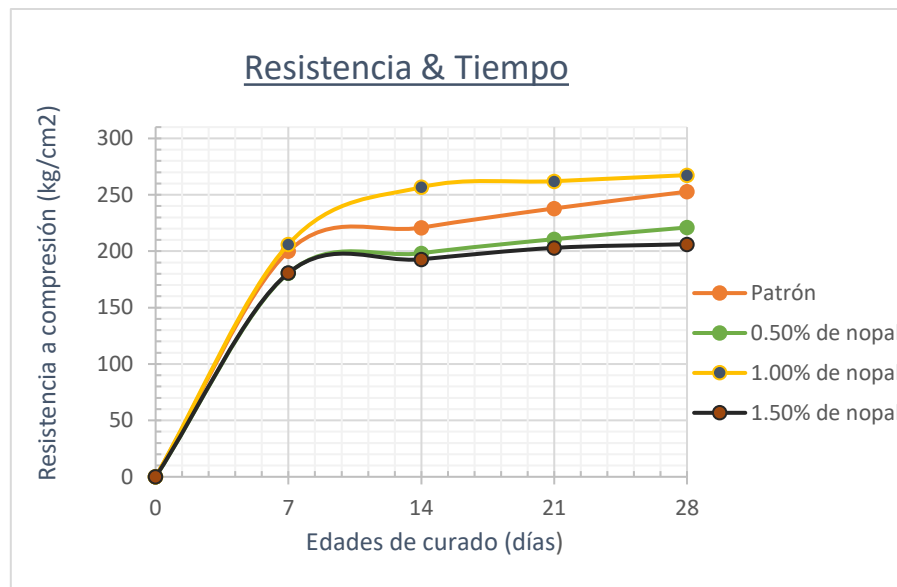
*Análisis comparativo de la resistencia a compresión con adición de 1.50% de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*)*



Nota: la figura muestra el análisis comparativo entre la evolución de resistencia a compresión de probetas adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) y la evolución de probetas de tratamientos testigo a las diferentes edades de curado.

Figura 12.

Análisis comparativo global de la resistencia a compresión



Nota: la figura muestra el análisis comparativo de evolución de la resistencia a compresión con respecto al tiempo; de probetas de concreto testigo y probetas adicionando 0.50%, 1.00% y 1.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) a las diferentes edades de curado.

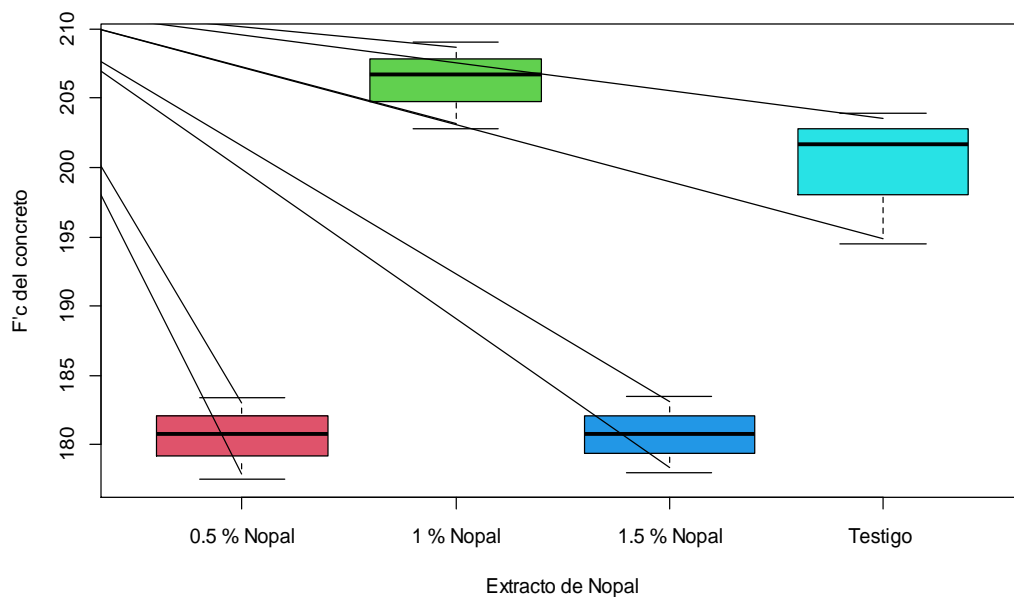
4.1.7. Resultados estadísticos

a) Resistencia a compresión del concreto a 7 días

En la Figura 13 se observa que la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días aumenta con la incorporación de 1 % de Nopal con respecto al 0.5 % de Nopal, pero ésta disminuye al incrementar la concentración a 1.5 % de Nopal.

Figura 13.

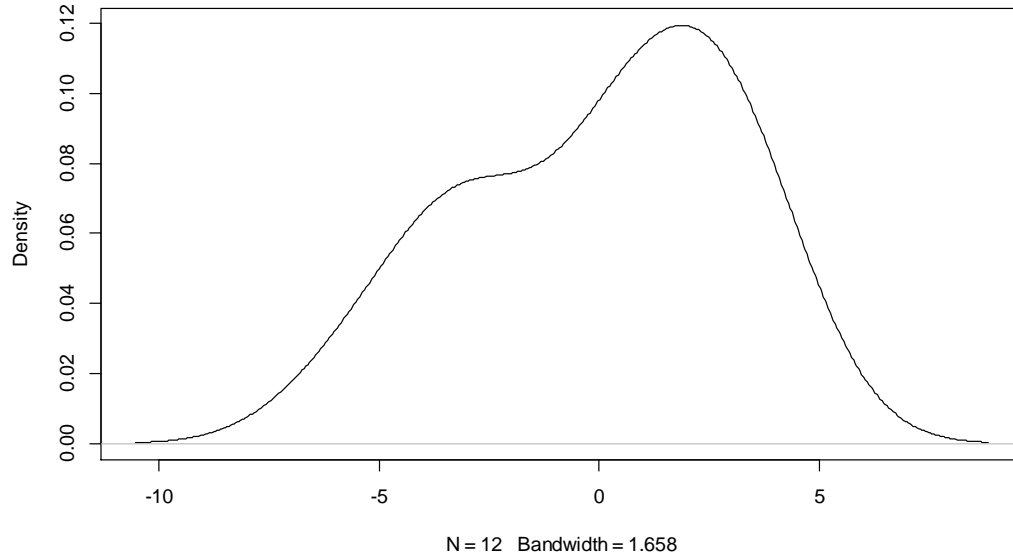
Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 7 días



Para el análisis de la resistencia del concreto, se generó primero el modelo lineal aditivo, esto a través del coeficiente de determinación múltiple (R^2) indica que el 93.96 % de la variación del concreto es por el efecto del tratamiento, es decir la incorporación del extracto de Nopal. En seguida, para la validación del modelo lineal y realizar las pruebas paramétricas o no paramétricas se calcularon los residuos.

Figura 14.

Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días



La Figura 14 muestra que la resistencia a compresión del concreto sigue la distribución normal, y corroborado con la prueba de Shapiro Wilk (p-valor = 0.296). Asimismo, no se apreciaron diferencias significativas entre varianzas de los residuos para el tratamiento según la prueba de Bartlett (p-valor = 0.852). No se detectaron tampoco valores atípicos de los residuos comprobado con la prueba de Bonferroni (p-valor = 0.536). Por lo tanto, se puede realizar el análisis de varianza paramétrica para el análisis de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días.

Tabla 46.

Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr(>F)
Tratamiento	3	1568.3	522.8	41.45	3.2e-05***
Residuos	8	100.9	12.6		
Total	11	1669.2			

* Nivel de significancia

El análisis de varianza que se presenta en la Tabla 46, muestra el efecto significativo del extracto de Nopal en la resistencia a compresión del concreto con p-valor < 0.000. Es decir, que al menos una de las dosis de extracto

incrementa la resistencia a compresión del concreto, esta diferencia se va verificar mediante la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el margen de error del 5 %.

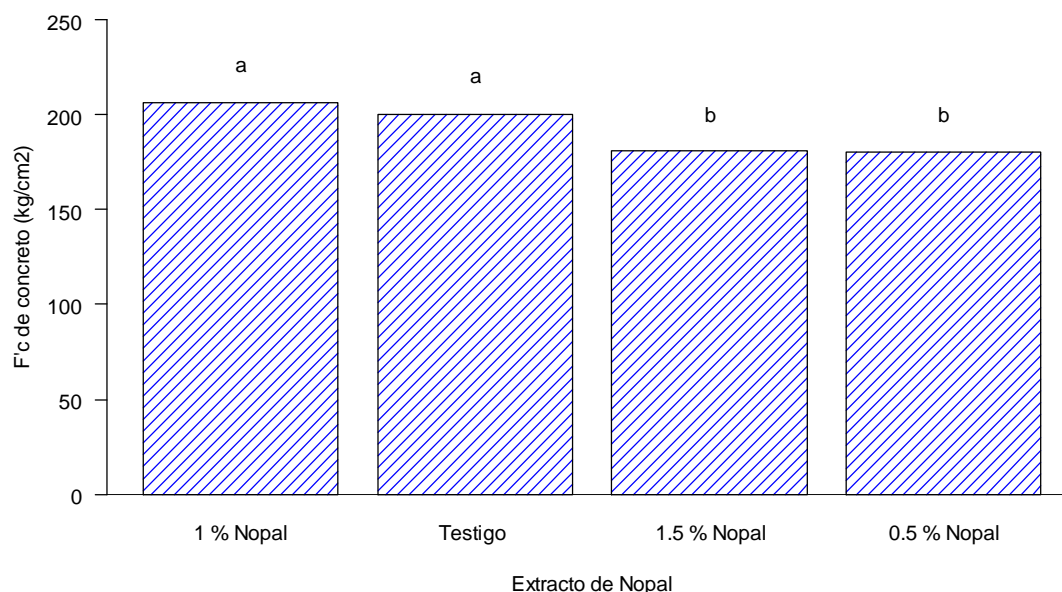
Tabla 47.

Estadísticos básicos de la resistencia a compresión del concreto a los 7 días

Tratamiento	f'c (kg/cm ²)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Testigo	200.020	4.937	3	194.46	203.89
0.5 % Nopal	180.583	2.948	3	177.52	183.40
1 % Nopal	206.193	3.142	3	202.84	209.07
1.5 % Nopal	180.743	2.741	3	177.97	183.45

Figura 15

Prueba Duncan de los tratamientos a los 7 días



En la Figura 15, las letras a y b representan grupos homogéneos con p-valor ≤ 0.05 según la prueba de Duncan. La mejor resistencia del concreto a compresión a los 7 días de 206.193 kg/cm² se logró con el extracto de 1 % de Nopal, pero esta resistencia no es estadísticamente superior que la resistencia del concreto del testigo que alcanzó los 200.020 kg/cm². Por otro lado, las dosis de

0.5 % y 1.5 % de Nopal, mostraron resistencias homogéneas y estadísticamente inferiores con respecto a la resistencia del testigo.

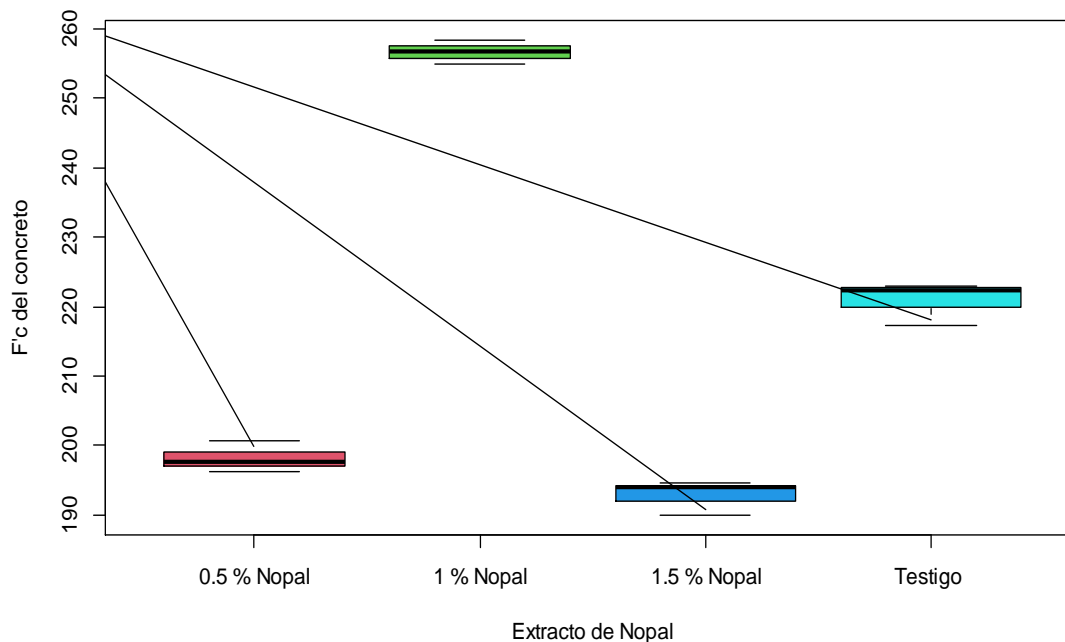
El coeficiente de variación (CV) para el análisis de varianza a los 7 días fue de 1.85 %, esto indica una mínima variación o una alta homogeneidad de los tratamientos en las unidades de análisis.

b) Resistencia a compresión del concreto a 14 días

En la Figura 16 se observa que, a los 14 días, la mayor resistencia del concreto se logra con la adición del 1 % de Nopal, seguido de 0.5 % de Nopal, pero que este último se sitúa por debajo de la resistencia que presenta el testigo. Por otro lado, en la Figura 16, se observa menor variabilidad de la resistencia del concreto en cada uno de los tratamientos en comparación con el ensayo a los 7 días.

Figura 16.

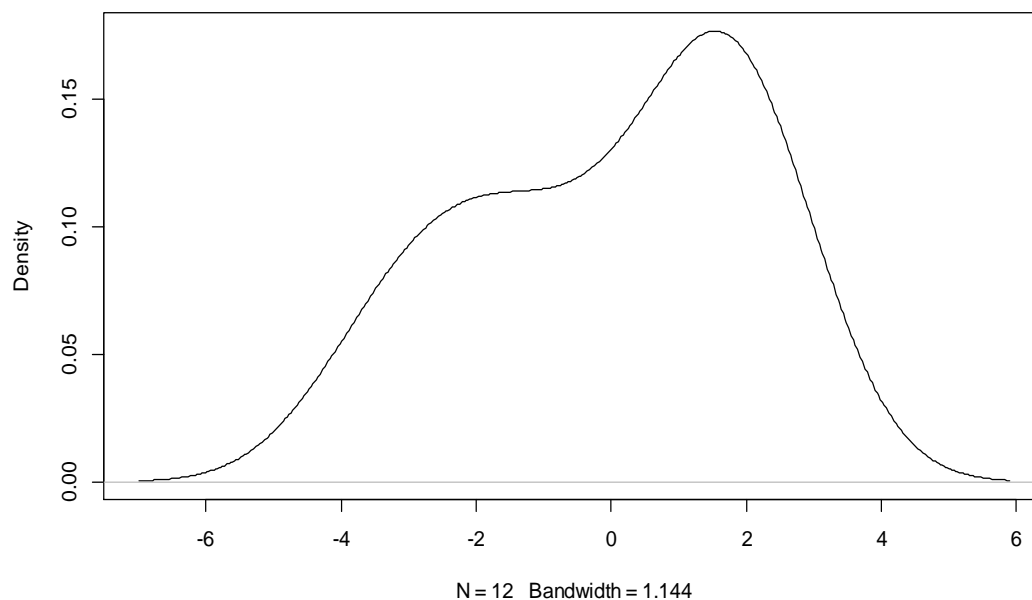
Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 14 días



Similar que, para el análisis a los 7 días, se creó primero el modelo lineal aditivo, donde el coeficiente de determinación múltiple (R^2) indica que el 99.37 % de la variación de las resistencias es explicada por el factor tratamiento. También los residuos del modelo siguen la distribución gaussiana tal como se observa en el histograma (Figura 17) y corroborado con la prueba de Shapiro Wilk (p-valor = 0.208). Del mismo modo, existe homogeneidad de las varianzas de las resistencias en cada uno de los tratamientos según la prueba de Bartlett cuya probabilidad crítica fue de 0.903, y tampoco se detectaron valores atípicos de los residuos, el mismo que se verificó con la prueba de Bonferroni (p-valor = 0.828) ampliamente superior que el 5 %.

Figura 17.

Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto



El modelo lineal generado para el ensayo a los 14 días, se ajusta a la ley normal, la homogeneidad de varianzas y no hay valores atípicos, por lo tanto, es factible realizar el análisis de varianza paramétrica.

Tabla 48.

Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr(>F)
Tratamiento	3	7586	2529	421.4	3.84e-09***
Residuos	8	48	6		
Total	11	7634			

* Nivel de significancia

El análisis de varianza que se presenta en la Tabla 48, muestra el efecto significativo del extracto de Nopal en la resistencia a compresión del concreto con p-valor < 0.000. Es decir, que al menos una de las dosis de extracto incrementa la resistencia a compresión del concreto, esta diferencia se verificará mediante la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el margen de error del 5 %.

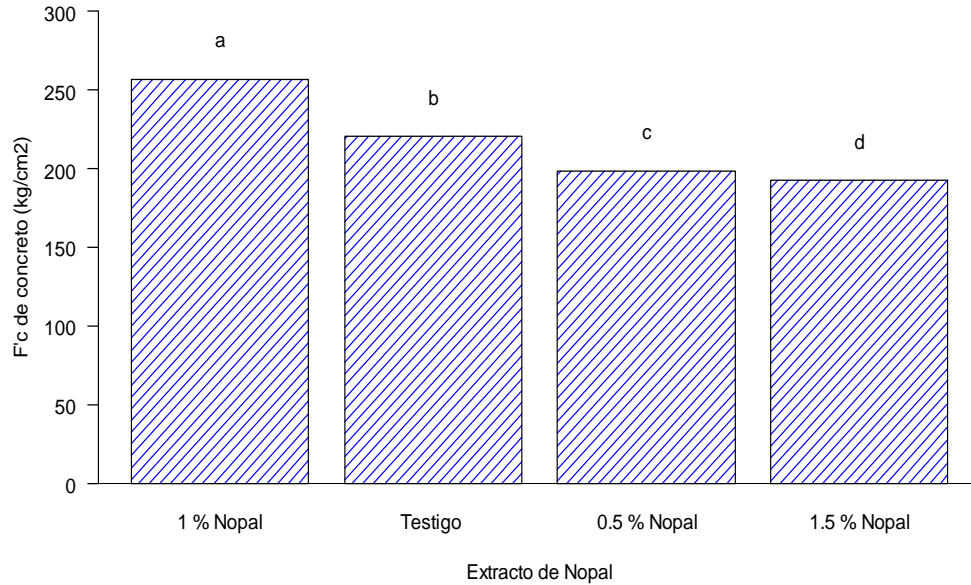
Tabla 49.

Estadísticos básicos de la resistencia a compresión del concreto a los 14 días

Tratamiento	f _c (kg/cm ²)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Testigo	220.890	3.104	3	217.33	223.03
0.5 % Nopal	198.203	2.243	3	196.31	200.68
1 % Nopal	256.700	1.730	3	254.97	258.43
1.5 % Nopal	192.830	2.518	3	189.95	194.62

Figura 18.

Prueba Duncan de los tratamientos a los 14 días



En la Figura 18, las letras a, b, c y d representan grupos homogéneos para un p -valor ≤ 0.05 según la prueba de Duncan. A los 14 días de ensayo, la mayor resistencia significativa de 256.700 kg/cm² se alcanzó con la incorporación del 1 % de extracto de Nopal, el mismo que es significativamente superior que las demás resistencias obtenidas con 0.5 %, 1.5 % de extracto de Nopal y del testigo. Por otro lado, las resistencias del concreto de 198.203 kg/cm² y 192.830 kg/cm² con el 0.5 % y 1.5 % del extracto de Nopal son estadísticamente diferentes, y a su vez son inferiores que la resistencia conseguida de 220.890 kg/cm² para el testigo.

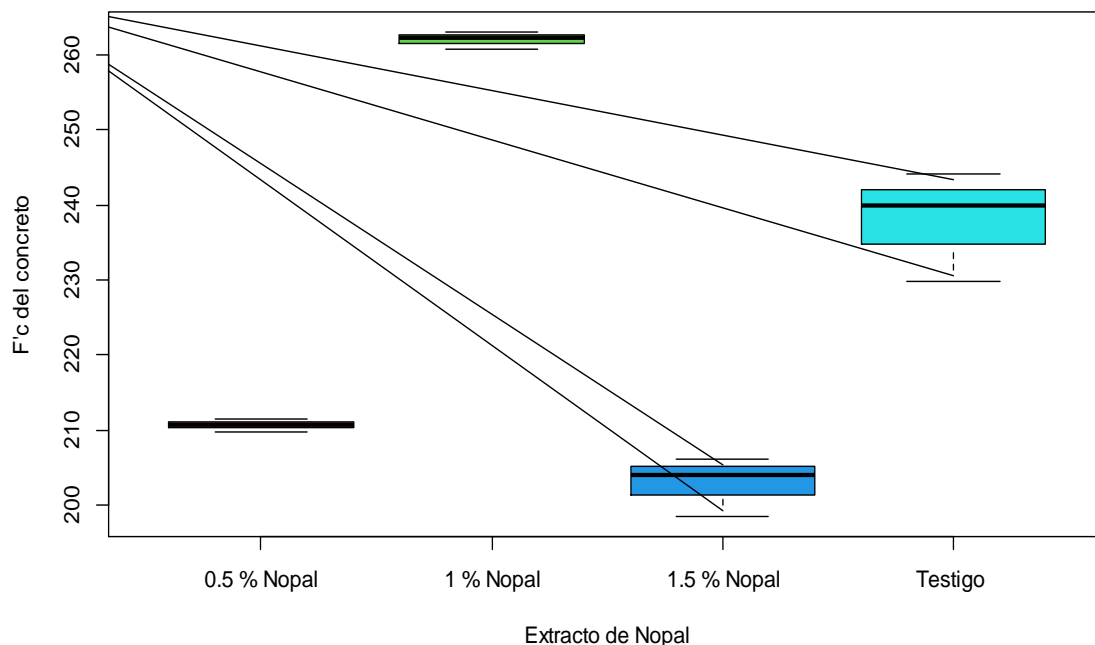
El coeficiente de variación (CV) para el análisis de varianza a los 14 días fue de 1.13 %, esto indica una mínima variación o una alta homogeneidad de los tratamientos en las unidades de análisis.

c) *Resistencia a compresión del concreto a 21 días*

En la Figura 19, se muestra que, a los 21 días, el concreto ha adquirido mayor resistencia a compresión con la adición de 1 % de Nopal con respecto a los tratamientos. También, se aprecia menor variabilidad de resistencias para el 1 % de Nopal, y mayor variabilidad para el testigo. En forma general, las resistencias del concreto tienen un comportamiento similar que para los 7 y 14 días del ensayo.

Figura 19.

Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 21 días



El coeficiente de determinación múltiple (R^2) indicó que el 97.85 % de la variación de la resistencia del concreto es por el efecto del tratamiento. Para validar el modelo lineal, se calcularon los residuos. Luego en forma gráfica mediante histograma (Figura 8) y con la prueba estadística de Shapiro Wilk (p -valor = 0.388), se afirma que los datos del análisis se ajustan a una distribución gaussiana. Con respecto a la diferencia entre las varianzas, se aprecia que éstas son diferentes estadísticamente según la prueba de Bartlett (p -valor = 0.042), en consecuencia, no hay homocedasticidad de los datos. Sin embargo, en los residuos no se encontraron valores atípicos verificado con la prueba de Bonferroni (p -valor = 0.068). Pero considerando la robustez de las pruebas paramétricas, en este caso también se utilizará el análisis de varianza.

Figura 20.

Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto

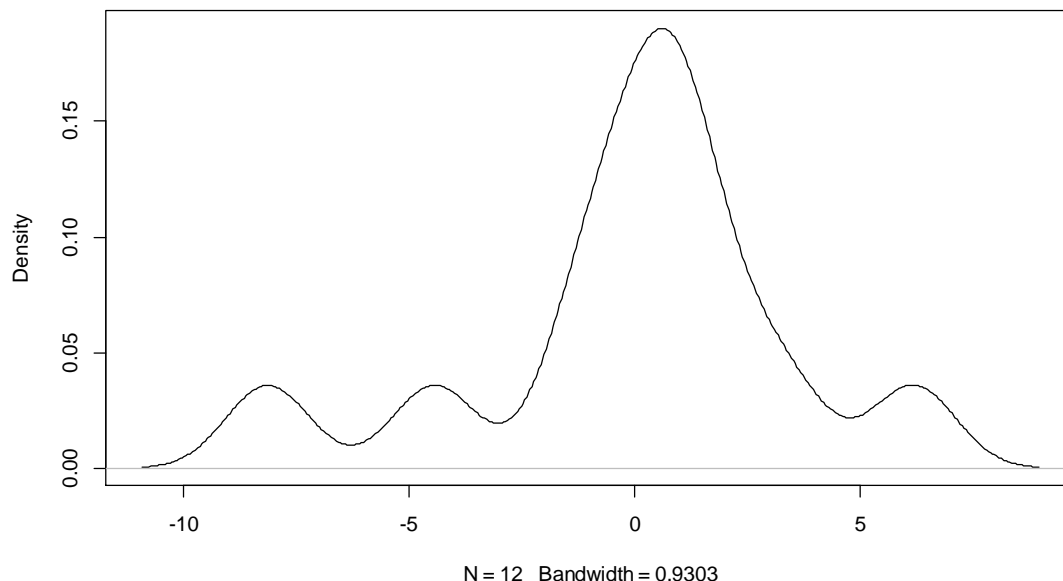


Tabla 50.

Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 21 días

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr(>F)
Tratamiento	3	6559	2186	121.5	5.19e-07***
Residuos	8	144	18		
Total	11	6703			

* Nivel de significancia

El análisis de varianza que se presenta en la Tabla 50, muestra el efecto significativo del extracto de Nopal en la resistencia a compresión del concreto con p-valor < 0.000. Es decir, que al menos una de las dosis de extracto incrementa la resistencia a compresión del concreto, esta diferencia se verificará mediante la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el margen de error del 5 %.

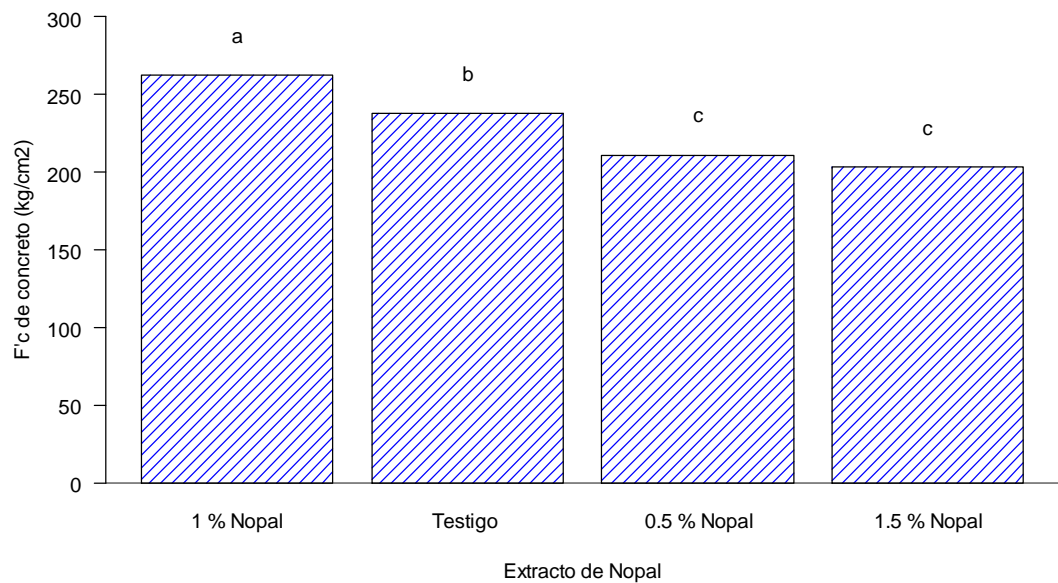
Tabla 51.

Estadísticos básicos de la resistencia a compresión del concreto a los 21 días

Tratamiento	f'c (kg/cm ²)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Testigo	237.907	7.353	3	229.78	244.10
0.5 % Nopal	210.647	0.808	3	209.80	211.41
1 % Nopal	262.053	1.144	3	260.82	263.08
1.5 % Nopal	202.937	3.992	3	198.50	206.24

Figura 21.

Prueba Duncan de los tratamientos a los 21 días



En la Figura 21, las letras a, b, c y d representan grupos homogéneos para un p-valor ≤ 0.05 según la prueba de Duncan. A los 21 días de ensayo, la mayor resistencia significativa de 262.053 kg/cm² se logró con la incorporación del 1 % de extracto de Nopal, el mismo que es significativamente superior que las demás resistencias obtenidas con 0.5 %, 1.5 % de extracto de Nopal y del testigo. Por otro lado, las resistencias del concreto de 210.647 kg/cm² y 202.937 kg/cm² con el 0.5 % y 1.5 % del extracto de Nopal son estadísticamente homogéneas, pero que estas resistencias son inferiores que la resistencia de 237.907 kg/cm² obtenida con el testigo.

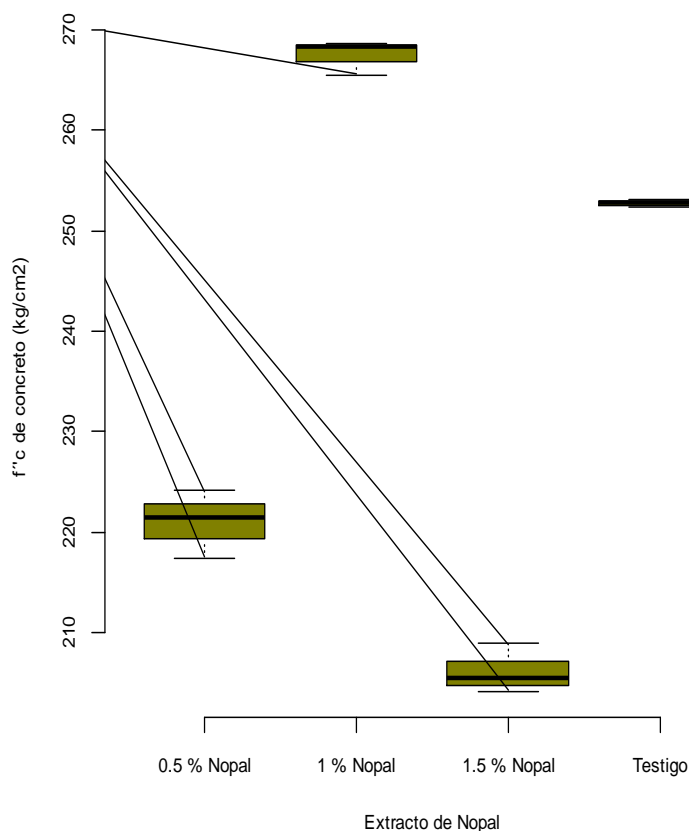
El coeficiente de variación (CV) para el análisis de varianza a los 21 días fue de 1.857 %, esto indica una mínima variación o una alta homogeneidad de los tratamientos en las unidades de análisis.

d) Resistencia a compresión del concreto a 28 días

En la Figura 22, se muestra que, a los 28 días, de forma similar que, en los ensayos anteriores, el concreto de mayor resistencia se mantiene para el tratamiento del 1 % de Nopal, seguido del testigo. Pero, las concentraciones de 0.5 % y 1.5 % de Nopal no lograron mejorar la resistencia del concreto comparado con el testigo.

Figura 22.

Resistencia a compresión del concreto en función al tratamiento a los 28 días



Para el análisis de varianza se creó primero el modelo lineal aditivo, en donde el coeficiente de determinación múltiple (R^2) indicó que el 99.41 % de la

variación de las resistencias fue explicada por el factor tratamiento. También los residuos del modelo siguen la distribución gaussiana tal como se observa en la curva de densidad (Figura 23) y corroborado con la prueba de Shapiro Wilk (p-valor = 0.925). Del mismo modo, existe homogeneidad de varianzas de las resistencias en cada uno de los tratamientos según la prueba de Bartlett cuya probabilidad critica fue de 0.130, tampoco se detectaron valores atípicos de los residuos, el mismo que se verificó con le prueba de Bonferroni (p-valor = 0.476) superior que el 5 %.

Figura 23.

Curva de densidad de los residuos de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días

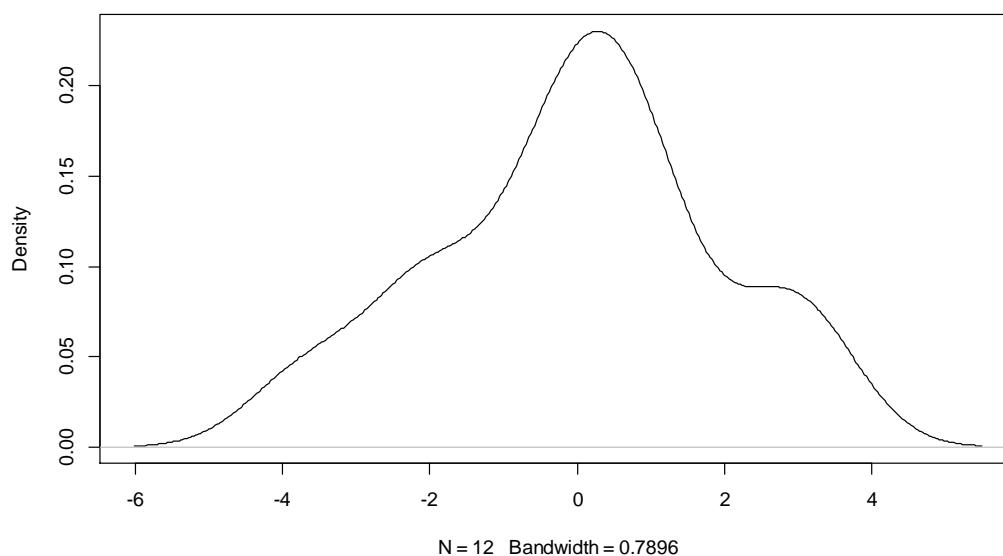


Tabla 52.

Análisis de varianza (Anova) de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F valor	Pr(>F)
Tratamiento	3	7133	2377.7	452.8	2.88e-09***
Residuos	8	42	5.3		
Total	11	7175			

* Nivel de significancia

El análisis de varianza que se presenta en la Tabla 52, muestra el efecto significativo del extracto de Nopal en la resistencia a compresión del concreto con $p\text{-valor} < 0.000$. Es decir, que al menos una de las dosis de extracto incrementa la resistencia a compresión del concreto, esta diferencia se verificará mediante la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, para el margen de error del 5 %.

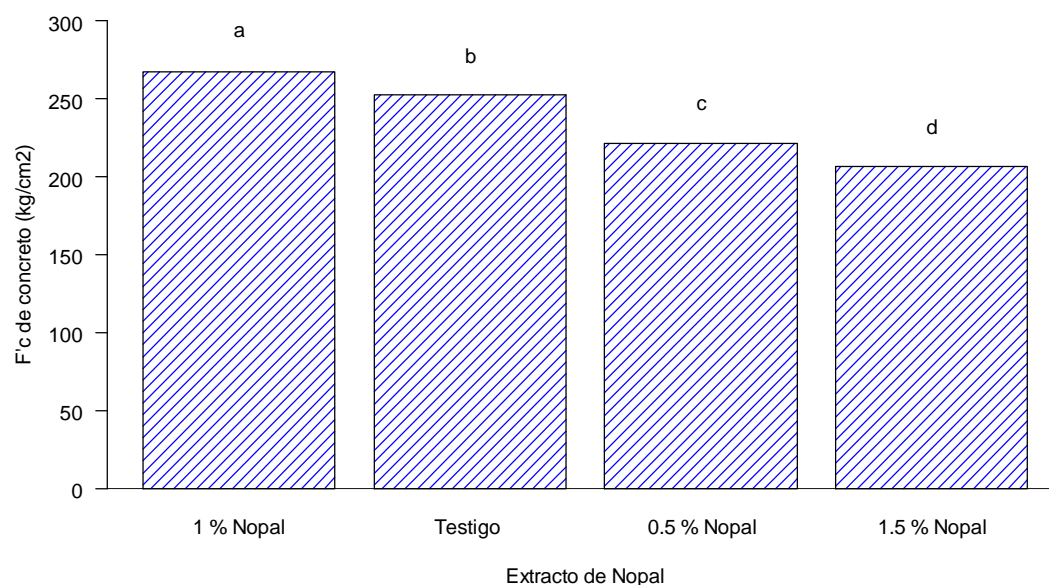
Tabla 53.

Estadísticos básicos de la resistencia a compresión del concreto a los 28 días

Tratamiento	f_c (kg/cm ²)	Desviación estándar	Repetición	Mínimo	Máximo
Testigo	252.737	0.351	3	252.37	253.07
0.5 % Nopal	221.020	3.424	3	217.37	224.16
1 % Nopal	267.427	1.751	3	265.41	268.56
1.5 % Nopal	206.193	2.469	3	204.11	208.92

Figura 24.

Prueba Duncan de los tratamientos a los 28 días



En la Figura 24, las letras a, b, c y d representan grupos homogéneos para un $p\text{-valor} \leq 0.05$ según la prueba de Duncan. A los 28 días de ensayo, el concreto de mayor resistencia a compresión de 267.427 kg/cm² se logró con el tratamiento de 1 % de Nopal, seguido por el testigo que alcanzó una resistencia de 252.737

kg/cm². Para los tratamientos del 0.5 % y 1.5 % de Nopal las resistencias obtenidas fueron de 221.020 kg/cm² y 206.193 kg/cm² respectivamente, estos con estadísticamente diferentes entre sí y también son ampliamente inferiores que las resistencias a compresión obtenidas para el 1 % de Nopal y el testigo.

El coeficiente de variación (CV) para el análisis de varianza a los 28 días fue de 0.967 %, esto indica una mínima variación o una alta homogeneidad de los tratamientos en las unidades de análisis.

4.2. Contrastación de la hipótesis

El tratamiento que mejor efecto tuvo fue en la concentración de 1.00% de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) superando a los valores de resistencia a compresión de las probetas de concreto testigo, en todas las edades de curado. Por lo tanto, se comprueba que al menos uno de los tratamientos de adición hace efecto en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm², en la construcción de obras hidráulicas. Además, estadísticamente se demostró que $F_{cal} \geq F_{tabular}$ y $P < 5\%$ por tanto, se acepta la hipótesis alterna (H_a).

4.3. Discusión de resultados

- En base a los resultados mostrados en la Tabla 43 y Figura 09 se observa que los valores de resistencia a compresión adicionando 0.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*), no superan a los valores de resistencia de los tratamientos testigos, en ninguna de las edades de curado; por otro lado, se observa que la mínima y máxima resistencia en esta concentración son 180.59 kg/cm² y 221.02 kg/cm² respectivamente, los cuales los alcanza a las edades de 7 y 28 días de curado. Estos resultados guardan estrecha relación con las investigaciones de Hernández et al. (2016) y Ramírez (2008), quienes mencionan que el extracto de nopal en concentraciones pequeñas, fragua más rápido en comparación al fraguado de las mezclas tradicionales, disminuyendo de esta manera los tiempos de manejabilidad en estado fresco, y por consiguiente alcanzando resistencias bajas en las dos primeras semanas, como se puede apreciar en la tabla

43. Por otro lado, Huerta (2020) contrariamente demuestra que, a porcentajes pequeños de adición de cactus, la resistencia a compresión del concreto se incrementa significativamente, este resultado en gran parte se debe al tipo de nopal que se utiliza para el experimento, en este caso Huerta; hace uso de los cactus agro industrializados, los mismo que requieren de un manejo adecuado para su producción como buenas condiciones climáticas, buena textura del suelo, buena calidad de agua, entre otros aspectos. Por lo cual es preciso tener presente que la variación de resultados con respecto a Huerta (2020) básicamente se trata de la ecología del cultivo.

- A partir de los resultados de la Tabla 44 y Figura 10 se infiere que los valores de resistencia a compresión adicionando 1.00% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) superan a los valores de resistencia de los tratamientos testigos en todas las edades de curado, por lo que esta concentración de nopal se considera óptimo para añadir en diseño de mezcla tradicionales para mejorar la resistencia a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, aplicables en construcciones hidráulicas. Además, se observa que la máxima resistencia en esta concentración es 267.43 kg/cm^2 , el cual está por encima del valor de la resistencia a compresión del concreto patrón. Estos resultados corroboran las investigaciones de Inga (2019), Primo (2014) que obtuvieron como resultado final a los 28 días de curado 229.55 kg/cm^2 y 307.97 kg/cm^2 respectivamente, para la misma concentración de porcentaje del 1.00% de extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), respecto al peso del cemento, mejorando propiedades de trabajabilidad y manteniendo el slump dentro del rango establecido por la ASTM-C143. No obstante Ramos (2017), quién aplica otro método de extracción del mucilago de tuna, denominado “escaldado o de vapor” obtiene que para la adición en 1.00% la resistencia a compresión aumenta en 4.31% siendo este el valor más bajo con respecto a las otras adiciones de 1.50% y 2.00% que alcanzaron incrementos de resistencias a compresión en 18.05% y 25.46% respectivamente, de lo que se deduce que el método de extracción del nopal, influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto.

- En función a los resultados obtenidos en la Tabla 45 y Figura 11 se observa que los valores de resistencia a compresión adicionando 1.50% de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) no superan a los valores de resistencia de los tratamientos testigos en ninguna de las edades de curado manteniéndose por debajo de la curva de resistencia de los tratamientos testigos. Además, se observa que la mayor resistencia alcanzada para esta concentración de nopal es 206.19 kg/cm² lo cual alcanza a los 28 días de curado, siendo esta resistencia menor que todos los valores encontrados en la investigación, bajo este esquema se contrasta que a mayor porcentaje de adición de extracto de nopal la resistencia a compresión disminuye drásticamente, tal como lo señalan Inga (2019) y Primo (2014) quienes obtuvieron resultados de 202.87 kg/cm² y 157.519 kg/cm² respectivamente, al adicionar 5.00% de extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*).
- En la Figura 12 se puede corroborar que el porcentaje óptimo de adición de extracto de nopal silvestre de variedad blanca (*Opuntia Ficus-Indica*) que mejora la resistencia a compresión del concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ es en la concentración de 1.00% respecto al peso del cemento, el cual supera en todas las edades de curado a las resistencias a compresión de los tratamientos testigos, análogamente a este resultado se puede observar que a porcentajes mayores y menores que el 1.00% de adición de extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) la resistencia a compresión disminuye, tal como se muestra en la Figura 12, que representa la evolución de la resistencia respecto al tiempo. Este resultado guarda estrecha similitud con los resultados obtenidos por Inga (2019) y Primo (2014) quienes obtuvieron valores máximos de 229.55 kg/cm² y 307.97 kg/cm² de resistencia respectivamente, para el mismo porcentaje en discusión; dichos valores superaron a los resultados obtenidos de los concretos convencionales, a la edad de 28 días de curado.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó el efecto de adición del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm², aplicables a construcciones hidráulicas, concluyéndose que la cantidad de extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*) que se adiciona en el diseño de mezcla tradicional, influye inversamente proporcional en el resultado cuando se le aplica porcentajes de concentración mayores o menores a 1.00%, es decir a mayor o menor cantidad de adición de nopal, respecto a este porcentaje se obtiene menor resistencia.
- Se realizó el diseño de mezcla por el método ACI-211, con agregados extraídos de la Cantera San Cristóbal, (ver figura 04), obteniéndose los siguientes resultados; la dosificación en peso para 12 probetas de concreto es: 30.70 kg de cemento andino tipo v, 17.78 lt de agua potable, 61.19 kg de agregado grueso, 69.83 kg de agregado fino.
- De la misma manera se diseñó los tratamientos de concreto, adicionando 0.50%, 1.00% y 1.50% de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), respecto al peso del cemento, obteniendo las siguientes dosificaciones para una tanda de 12 probetas a ensayarse; 0.15 kg de concentración de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), cuando el porcentaje de adición es 0.50% respecto al peso del cemento, 0.31 kg de concentración de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), cuando el porcentaje de adición es 1.00% respecto al peso del cemento y 0.46 kg de concentración de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), cuando el porcentaje de adición es 1.50% respecto al peso del cemento.
- Finalmente se determinó la resistencia a compresión de los tratamientos testigos y de los tratamientos de concreto adicionando 0.50%, 1.00% y 1.50% de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), concluyéndose lo siguiente: la resistencia a compresión del concreto adicionando pequeños porcentajes de nopal mejora la resistencia de un concreto tradicional de 210 kg/cm² solo en la concentración de 1.00% de

nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), para todas las edades de curado, tal como se muestra en la figura 12. Mientras que cuando se adiciona concentraciones menores o mayores al 1.00% la resistencia decrece en todas las edades de curado, manteniéndose por debajo de los valores de resistencia de un concreto tradicional.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones se recomienda:

- Se recomienda a los maestros de obra de la Provincia de Asunción, que el porcentaje óptimo para mejorar la resistencia del concreto es 1.00% de extracto de nopal, en función al peso del cemento. Dicha concentración se puede aplicar en los diseños de mezcla para construcciones hidráulicas y obtener mejores resultados.
- Se recomienda realizar estudios de efecto de la adición de nopal, siguiendo otros métodos de extracción del nopal, como: remojo de cladodios entre 15 a 19 días, cladodio natural triturado con agua, cladodio calentado en microondas, cladodio cocido prensado. Para determinar si existe variación en los resultados de resistencia a compresión, y por consiguiente poder establecer porcentajes óptimos para su adición, en los diseños de mezclas tradicionales.
- Analizar el efecto de adición de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), en otras resistencias de concreto como: 175 kg/cm², 280 kg/cm², 350 kg/cm², etc
- Se recomienda utilizar a los maestros de obra el cemento andino tipo v, para la construcción de obra hidráulicas.
- Se recomienda realizar estudios, utilizando otros tipos de cultivos silvestres como savia, cactus, que se puedan utilizar como aditivo natural para mejorar la resistencia del concreto

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- American concrete institute ACI 211. (2016). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*.
- ASTM C33. (2011). *Standard Specification for concrete aggregates*. USA.
- Cherre Seminario , D., & Sandoval Vargas, I. R. (2019). "*Influencia de las cenizas de rastrojo de maíz sobre la resistencia a la compresión axial y la consistencia en un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$* ". Piura-Perú.
- Corporación Unacem. (2018). *Cemento Andino Tipo V / Pórtland Tipo V. Unacem, construyendo oportunidades*.
- Corro Mantilla , H., & Ramos Morales, A. L. (2015). *Correlación entre el índice de madurez de una mezcla de concreto y su resistencia a la compresión*. Trujillo-Perú.
- Figuroa Rincón, D. (2020). *Uso de materiales no convencionales en la elaboración de concretos*. Tunja, Boyacá.
- Galicia Pérez, M. A., & Velásquez Curo, M. A. (2016). "*Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado de cenizas de rastrojo de maíz elaborado con agregados de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto testigo de calidad $f'c=210\text{kg/cm}^2$* ". Cusco-Perú.
- Gerencia Regional Agraria . (2009). *Cultivo de Tuna (Opuntia ficus indica)*. Trujillo-Perú.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw Hill.
- Hernández, E. F. (2018). *Uso de aditivos naturales en materiales de construcción - una revisión. Arquitectura+*, 63-66.

- Hernández, E. F., Cano Barrita, P. d., & Torres Acosta, A. A. (2016). influence of cactus mucilage and brown seaweed extract on compressive strength and durability of concrete. *CSIC*, 2-12.
- Huerta Maza, M. A. (2020). *Uso del extracto del mucílago del cactus como aditivo y su influencia en la consistencia y en la resistencia a la compresión del concreto*. Lima .
- Inga Julca, T. G. (2019). *Influencia de la adición de mucílago de nopal (Opuntia ficus-índica) en las propiedades mecánicas del concreto permeable* . Lima.
- Melgarejo Dávila, R. (2015). *Infraestructura Hidráulica y Aguas Subterráneas*. Lima.
- NTP 334.009. (2013). *Cemento Portland*. INDECOPI. Lima.
- NTP 339.034. (2013). *Ensayo de resistencia a la compresión*. INDECOPI. Lima.
- NTP 339.088. (2013). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland*. INDECOPI. Lima.
- NTP 339.185. (2013). *Métodos de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. INDECOPI. Lima.
- NTP 400.012. (2013). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. INDECOPI. Lima.
- NTP 400.021. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. Lima. Perú.
- NTP 400.022. (2013). *Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. INDECOPI. Lima.
- Payá, J. (2012). La "transmutación" sostenible de los residuos para nuevas materias primas en el ámbito del concreto. *Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia*, 47.

- Primo Cubas, C. J. (2014). *Efecto de la adición de extracto de paleta de tuna (Opuntia Ficus-Indica) en la resistencia a compresión del concreto*. Cajamarca Perú.
- Quiroz Crespo, M. V., & Salamanca Ozuna, L. E. (2006). *Apoyo didactivo para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón"*. Cochabamba-Bolivia.
- Ramírez Arellanes, S. (2008). *Propiedades mecánicas y microestructura de concreto simple conteniendo mucílago de nopal como un aditivo natural*. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.
- Reglamento Nacional de Edificaciones*. (2019). Lima-Perú: Macro.
- Rivera L., G. (s.f.). *Concreto Simple*. Colombia.
- Sancha Dionisio, M. (2013). *Nuevo enfoque en la planificación de la producción sostenible del cemento: propuesta de un modelo de optimización para reducir las emisiones del CO2*. Huelva-España.
- Torre C., A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Lima.
- Villa Luna, L. (2018). *Procedimiento constructivo de elementos de concreto*. México.

VIII. ANEXOS

8.1. Diseño de mezcla



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO	: Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus - Indica), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm ² , en construcciones, provincia de Asunción - 2022	Técnico : D.C.M.
SOLICITANTE	: Darwin Palma Tafur	N° de Registro : CM.D.023-2022
UBICACIÓN	: Huaraz - Huaraz - Ancash	
FECHA	: Julio 2022	

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO Método del Comité 211 del ACI

DATOS DE LA MUESTRA		
Agregado Fino	: Arena Gruesa	Cantera : San Cristobal - Acochaca - Asunción Muestra proporcionada e
Agregado Grueso	: Piedra Chancada	Cantera : San Cristobal - Acochaca - Asunción identificada por el interesado

RESISTENCIA DE DISEÑO			
Resistencia Especificada :	f'c =	210 Kg/cm ² =	20.6 MPa
Resistencia Requerida :	f'cr =	295 Kg/cm ² =	28.9 MPa

DATOS TECNICOS DE LOS MATERIALES				
1.0 CEMENTO				
MARCA	Andino	TIPO	V	PESO ESPECIFICO
				3.15
SUPERFICIE ESPECIFICA				3300
2.0 AGREGADOS				
DESCRIPCIÓN	VER	UNIDAD	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de Fineza	pág. 3			--
Contenido de Humedad	pág. 2	%	1.93	0.10
Absorción	pág. 6 y 7	%	2.00	1.00
Peso Especifico de Masa	pág. 6 y 7	Tn/m ³	2.56	2.65
Peso Seco Suelto	pág. 5	Kg/m ³	1520	1360
Peso Seco Compactado	pág. 5	Kg/m ³	1670	1460

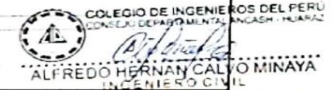
VALORES DE DISEÑO			
Asentamiento (Pulg.) =	4 - 5	Calculo de factor de cemento (Kg/m ³) =	386
Tamaño Maximo Nom. (Pulg.) =	1/2	Aire incluido (%) =	2.5
Agua de Mezclado (lts.) =	216	Volúmen de Agregado Grueso =	0.52
Relación a/c =	0.56 (Por Resistencia)	Tipos de Aditivos =	--
Relación a/c =	0.50 (Por Durabilidad)		

CANTIDAD DE MATERIALES POR M ³ DE CONCRETO			
MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	
Cemento	386	Kg/m ³	9.076 bolsas/m ³
Piedra	770	Kg/m ³	
Arena	878	Kg/m ³	
Agua	223	Kg/m ³	

DOSIFICACIÓN POR UNA BOLSA DE CEMENTO			
PROPORCIÓN	PESO	VOLUMEN	
Cemento	1	1	
Arena	2.4	2.3	
Piedra	2.0	2.2	
Agua	0.58	24.6	lt/saco
Aditivo	--	--	

Notas:

- Se ha diseñado con la recomendación indicada con la relación de a/c por resistencia.
- La muestra ha sido identificado y muestreado por el interesado.



Pág. 1 de 7

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
Email: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO	: Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus - Indica), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm ² , en construcciones, provincia de Asunción - 2022	MUESTREO POR	: Interesado
SOLICITANTE	: Darwin Palma Tafur	TÉCNICO	: D.C.M.
LUGAR	: Huaraz - Huaraz - Ancash	Nº de Registro	: CM.D.023-2022
FECHA	: Julio 2022		

CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO (NTP 339.185)

DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado	: Fino	Cantera	: San Cristobal - Acochaca - Asunción
Agregado	: Grueso	Cantera	: San Cristobal - Acochaca - Asunción

RESISTENCIA DE DISEÑO			
Resistencia Especificada	: $f_c = 210$	Kg/cm ²	= 20.6 MPa
Resistencia Requerida	: $f_{cr} = 295$	Kg/cm ²	= 28.9 MPa

AGREGADO FINO			
DESCRIPCIÓN	UNID.	M - 1	M - 2
Masa original + Recipiente	gr	885.05	877.35
Masa Seca + Recipiente	gr	869.70	862.08
Masa de Recipiente	gr	71.48	69.98
Masa de muestra original	gr	798.22	792.10
Masa del Agua	gr	15.35	15.27
Contenido de Humedad Evaporable	%	1.92	1.93
Humedad Evaporable Promedio	%	1.93	
Humedad Superficial	%	-0.07	

AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNID.	M - 1	M - 2
Masa original + Recipiente	gr	871.75	971.60
Masa Seca + Recipiente	gr	871.06	970.55
Masa de Recipiente	gr	71.68	71.68
Masa de muestra original	gr	799.38	898.87
Masa del Agua	gr	0.69	1.05
Contenido de Humedad Evaporable	%	0.09	0.12
Humedad Evaporable Promedio	%	0.10	
Humedad Superficial	%	-0.90	



Pág. 2 de 7

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL ANCASH - HUARAZ
ALFREDO HERNAN CALVO MINAYA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 700944

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
Email: geotecasociados@gmail.com, acaalvominaya@gmail.com





C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA
CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN DE
PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO :	Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus - Indica), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm ² , en construcciones, provincia de Asunción - 2022	MUESTREADO POR :	Interesado
SOLICITANTE :	Darwin Palma Tafur	TÉCNICO :	D.C.M.
LUGAR :	Huaraz - Huaraz - Ancash	Nº de Registro :	CM.D.023-2022
FECHA :	Julio 2022		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO (NTP 400.012)

RESISTENCIA DE DISEÑO

Resistencia Especificada :	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	20.6	Mpa
Resistencia Requerida :	$f_{cr} = 295 \text{ Kg/cm}^2$	28.9	MPa

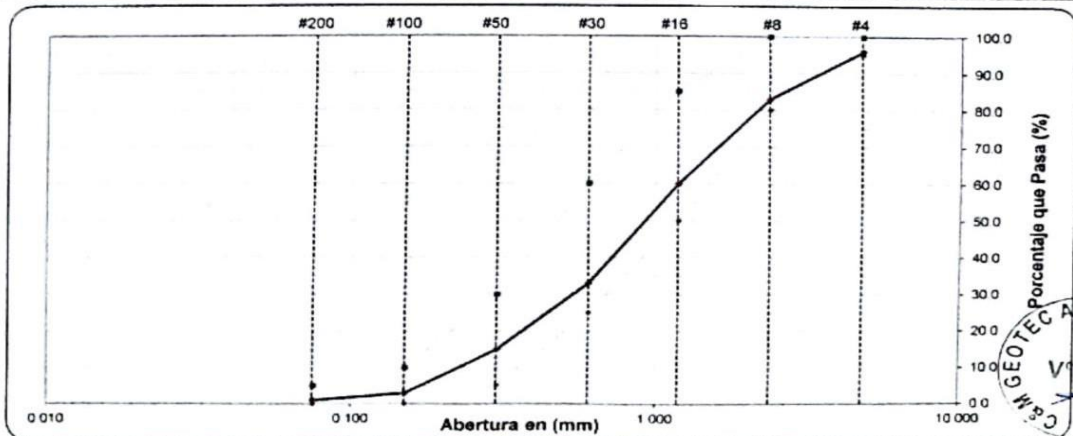
DATOS DE LA MUESTRA

Agregado : Fino Cantera : San Cristobal - Acochaca - Asunción

Especificaciones de NTP 400.018

Procedimiento: A • Lavado con Agua	% del mar más fino que la malla N° 200 por vía húmeda =	0.40	
Masa Seca Inicial (gr) =	530.7	% que pasa N° 200 =	1.0
Masa Seca Lavada (gr) =	529.8	Masa Retenido en Tamiz # 4 (gr) =	18.6
		Según las Especificación NTP :	400.037, C33

Abertura de Tamices		Masa Retenida (gr)	Porcentajes			NTP: 400.037, C33		
ASTM E11	mm		Retenido	Retenido dos mallas	Retenido acumulado	Que Pasa	Inferior	Superior
# 4	4.750	18.60	4.0	4.0	4.0	96.0	95	100
# 8	2.360	71.80	14.0	18.0	18.0	83.0	80	100
# 16	1.180	106.90	20.0	34.0	38.0	62.0	50	85
# 30	0.600	124.09	23.0	43.0	61.0	39.0	25	60
# 50	0.300	106.86	20.0	43.0	81.0	19.0	5	30
# 100	0.150	80.63	15.0	35.0	97.0	4.0	0	10
# 200	0.075	17.14	3.0	18.0	99.0	1.0	0	5
< # 200	Fondo	3.80	1.0	1.0	100.0	0.0		



D60 (mm) =	1.180	Módulo de Fineza =	2.98
D30 (mm) =	0.30	Coef. Unif. (Cu) =	7.86
D10 (mm) =	0.15	Coef. Conc. (Cc) =	0.52

Nota.-
Pág. 3 de 7



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL ANCASH - HUARAZ

Darwin Palma Tafur

ALBERTO HERNAN CALVO MINAYA
Ingeniero Civil
CIP Nº 201844

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477760
Email: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE INGENIERIA

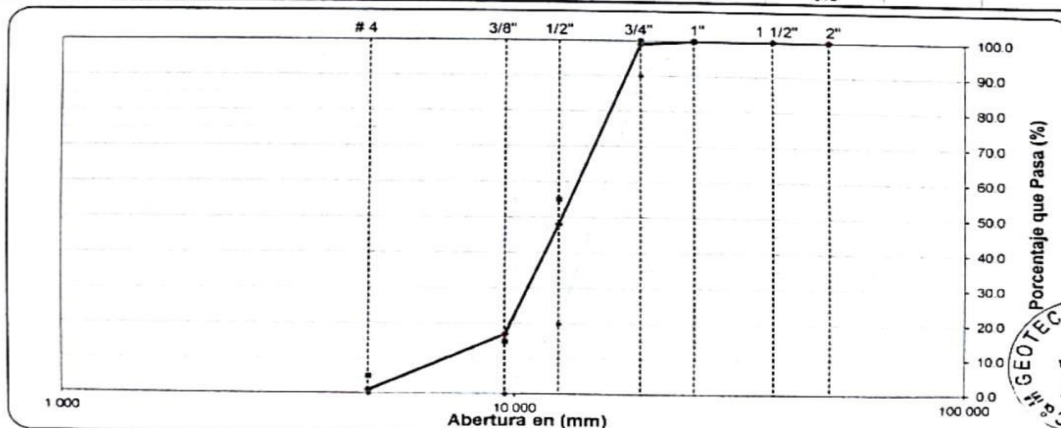
PROYECTO :	Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus - Indica), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm ² , en construcciones, provincia de Asunción - 2022	MUESTREADO POR :	Interesado
SOLICITANTE :	Darwin Palma Tafur	TÉCNICO :	D.C.M.
LUGAR :	Huaraz - Huaraz - Ancash	Nº de Registro :	CM.D.023-2022
FECHA :	Julio 2022		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

RESISTENCIA DE DISEÑO			
Resistencia Especificada :	$f_c = 210$	Kg/cm ²	20.6 Mpa
Resistencia Requerida :	$f_{cr} = 295$	Kg/cm ²	28.9 MPa

DATOS DE LA MUESTRA	
Agregado :	Grueso
Cantera :	San Cristobal - Acochaca - Asunción

Especificaciones de NTP 400.018									
Procedimiento: A - Lavado con Agua					% del mat. más fino que la malla N° 200 por vía húmeda = 0.10				
Masa Seca Inicial (gr) = 1876.3			% que pasa N° 4 = 1.0			Masa Retenido en Tamiz 2" (gr) = 0.0			Según Esp. Téc. ASTM C-33, NTP 400.037 (TM, HUSO): 1" - 3/8" 6
Masa Seca Lavada (gr) = 1874.3			Tamaño máximo nominal TMN = 1/2"			NTP HUSO: 6			
Abertura de Tamices		Masa Retenida (gr)	Porcentajes						
ASTM E11	mm		Retenido	Retenido dos mallas	Retenido acumulado	Que Pasa	Inferior	Superior	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0			
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0			
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/4"	19.000	11.9	1.0	1.0	1.0	99.0	90	100	
1/2"	12.500	956.1	51.0	52.0	52.0	48.0	20	55	
3/8"	9.500	584.5	31.0	82.0	83.0	17.0	0	15	
# 4	4.750	300.6	16.0	47.0	99.0	1.0	0	5	
< # 4	Fondo	21.2	1.0	17.0	100.0	0.0			



D60 (mm) =	14.029	Módulo de Fineza =	6.83
D30 (mm) =	10.758	Coef. Unif. (Cu) =	1.89
D10 (mm) =	7.422	Coef. Conc. (Cc) =	1.11

Nota.-
Pág. 4 de 7



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL ANCASH - HUARAZ

Carvajal

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 - 943477750
Email: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO	: Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus - Indica), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm ² , en construcciones, provincia de Asunción - 2022		
SOLICITANTE	: Darwin Palma Tafur	MUESTREADO POR	: Interesado
LUGAR	: Huaraz - Huaraz - Ancash	TÉCNICO	: D.C.M.
FECHA	: Julio 2022	N° de Registro	: CM.D.023-2022

DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD "PESO UNITARIO" Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS (NTP 400.017)

	RESISTENCIA DE DISEÑO			
Resistencia Especificada :	$f_c = 210$	Kg/cm^2	20.6	MPa
Resistencia Requerida :	$f_{cr} = 295$	Kg/cm^2	28.9	MPa

DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado :	Fino	Cantera :	San Cristobal - Acochaca - Asunción
Agregado :	Grueso	Cantera :	San Cristobal - Acochaca - Asunción

AGREGADO FINO						
TIPO DE DENSIDAD DE MASA	Densidad Masa Suelto			Densidad Masa Compacto Apisonado		
	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-3
Ensayo N°						
Recipiente N°	1	1	1	1	1	1
Masa Recipiente + Agregado (G)	5920.0	5965.0	5945.0	6405.0	6340.0	6360.0
Masa del Recipiente (T)	1628.0	1628.0	1628.0	1628.0	1628.0	1628.0
Masa del Agregado (G-T)	4292.0	4337.0	4317.0	4777.0	4712.0	4732.0
Volumen del Recipiente (V)	2830.58	2830.58	2830.58	2830.58	2830.58	2830.58
Densidad de Masa (Kg/m ³) (M=(G-T)/V)	1,516	1,532	1,525	1,688	1,665	1,672
Densidad de Masa Promedio (Kg/m ³)	1,520			1,670		
Contenido de Vacíos (%)	41			35		

AGREGADO GRUESO						
TIPO DE DENSIDAD DE MASA	Densidad Masa Suelto			Densidad Masa Compacto Apisonado		
	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-3
Ensayo N°						
Recipiente N°	2	2	2	2	2	2
Masa Recipiente + Agregado (G)	18575.0	18390.0	18385.0	19405.0	19375.0	19435.0
Masa del Recipiente (T)	5205.0	5205.0	5205.0	5205.0	5205.0	5205.0
Masa del Agregado (G-T)	13370.0	13185.0	13180.0	14200.0	14170.0	14230.0
Volumen del Recipiente (V)	9712.84	9712.84	9712.84	9712.84	9712.84	9712.84
Densidad de Masa (Kg/m ³) (M=(G-T)/V)	1,377	1,357	1,357	1,462	1,459	1,465
Densidad de Masa Promedio (Kg/m ³)	1,360			1,460		
Contenido de Vacíos (%)	49			45		

Observaciones:

Pág. 5 de 7



Dirección: Av. Universitaria N° 947 – Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
Email: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com





C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO	: Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus - Indica), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm ² , en construcciones, provincia de Asunción - 2022		
SOLICITANTE	: Darwin Palma Tafur	MUESTREADO POR	: Interesado
LUGAR	: Huaraz - Huaraz - Ancash	TÉCNICO	: D.C.M.
FECHA	: Julio 2022	N° de Registro	: CM.D.023-2022

DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)

RESISTENCIA DE DISEÑO			
Resistencia Especificada :	$f'_c =$	210 Kg/cm ²	= 20.6 MPa
Resistencia Requerida :	$f'_{cr} =$	295 Kg/cm ²	= 28.9 MPa

DATOS DE LA MUESTRA	
Agregado :	Fino Cantera : San Cristobal - Acochaca - Asunción

Descripción	Unid.	Simb.	Ensayo 1	Ensayo 2
Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración	gr	B	681.2	678.1
Masa del picnómetro lleno de la muestra + agua hasta la marca de calibración	gr	C	990.6	987.4
Masa de la Muestra de saturado superficialmente seca	gr	S	500.0	500.0
Masa de la muestra seca	gr	A	490.1	490.0
Gravedad Específica secado al horno ($OD = A / (B + S - C)$)		OD	2.57	2.57
Gravedad Específica secado al horno Promedio ($OD = A / (B + S - C)$)		OD	2.57	
Densidad en base al secado al horno ($OD = 997,5A / (B + S - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m ³	OD	2565	2563
Densidad en base al secado al horno Promedio ($OD = 997,5A / (B + S - C)$, (Temperatura del agua 23°C)		OD	2560	
Gravedad Específica saturado superficialmente seca ($SSD = S / (B + S - C)$)		SSD	2.62	2.62
Gravedad Específica saturado superficialmente seca Promedio ($SSD = S / (B + S - C)$)		SSD	2.62	
Densidad saturado superficialmente seca ($SSD = 997,5S / (B + S - C)$, (Temp. del agua 23°C)	kg/m ³	SSD	2617	2615
Densidad saturado superficialmente seca Promedio ($SSD = 997,5S / (B + S - C)$, (Temp. del agua 23°C)		SSD	2620	
Gravedad Específica Aparente, $Gea = A / (B + A - C)$		Gea	2.71	2.71
Gravedad Específica Aparente Promedio ($Gea = 997,5A / (B + A - C)$)		Gea	2.71	
Densidad Aparente $Gea = 997,5A / (B + A - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m ³	Gea	2705	2705
Densidad Aparente Promedio ($Gea = 997,5A / (B + A - C)$, (Temperatura del agua 23°C)		Gea	2710	
Absorción, $Ab = ((S - A) / A) \times 100$	%	Ab	2.02	2.04
Absorción Promedio (Ab)		Ab	2.0	

Observación: Ensayo del agregado en condición: Naturalmente Húmeda

Pág. 6 de 7



Dirección: Av. Universitaria N° 947 – Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
Email: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO	: Efecto de adición del nopal (Opuntia Ficus - Indica), en la resistencia a la compresión del concreto de 210 Kg/cm ² , en construcciones, provincia de Asunción - 2022		
SOLICITANTE	: Darwin Palma Tafur	MUESTREADO POR	: Interesado
LUGAR	: Huaraz - Huaraz - Ancash	TÉCNICO	: D.C.M.
FECHA	: Julio 2022	N° de Registro	: CM.D.023-2022

DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)

RESISTENCIA DE DISEÑO					
Resistencia Especificada :	$f'_c =$	210	Kg/cm ²	=	20.6 MPa
Resistencia Requerida :	$f'_{cr} =$	295	Kg/cm ²	=	28.9 MPa

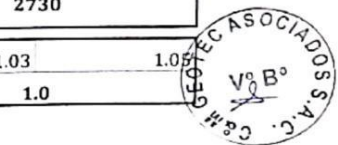
DATOS DE LA MUESTRA	
Agregado:	Grueso Cantera: San Cristobal - Acochaca - Asunción

Descripción	Unid.	Simb.	Ensayo 1	Ensayo 2
Masa de la Muestra saturada superficialmente seca	gr	B	1059.4	1111.2
Masa de la muestra saturada superficialmente seca dentro del agua + Canastilla (gr)	gr		1301.1	1334.7
Masa de la Canastilla dentro del agua (gr)	gr		636.6	636.6
Masa de la muestra saturada dentro del agua	gr	C	664.5	698.1
Masa de la muestra seca	gr	A	1048.6	1099.6
Gravedad Especifica secado al horno ($OD = A / (B - C)$)		OD	2.66	2.66
Gravedad Especifica secado al horno Promedio ($OD = A / (B - C)$)		OD	2.66	
Densidad en base al secado al horno ($OD = 997,5A / (B - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m ³	OD	2649	2655
Densidad en base al secado al horno Promedio ($OD = 997,5A / (B - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m ³	OD	2650	
Gravedad Especifica sobre la base de superficie seca saturada $SSD = B / (B - C)$		SSD	2.68	2.69
Gravedad Especifica sobre la base de superficie seca saturada Promedio ($SSD = B / (B - C)$)		SSD	2.69	
Densidad en base de superficie seca saturada ($SSD = 997,5B / (B - C)$, (Temp. del agua 23°C)	kg/m ³	SSD	2676	2683
Densidad en base de superficie seca saturada Promedio ($SSD = 997,5B / (B - C)$, (Temp. del agua 23°C)	kg/m ³	SSD	2680	
Gravedad Especifica Aparente, $Gea = A / (A - C)$		Gea	2.73	2.74
Gravedad Especifica Aparente Promedio $Gea = 997,5A / (A - C)$		Gea	2.73	
Densidad Aparente $Gea = 997,5A / (A - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m ³	Gea	2723	2732
Densidad Aparente Promedio $Gea = 997,5A / (A - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m ³	Gea	2730	
Absorción, $Ab = ((B - A) / A) \times 100$	%	Ab	1.03	1.05
Absorción Promedio (Ab)	%	Ab	1.0	

Ensayo del agregado en condición: Seca

Observación:

Pág. 7 de 7



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL ANCASH - HUARAZ
ALFREDO HERNAN CALVO MINAYA
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 200844

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
Email: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com



8.2. Rotura de probetas (ensayo de resistencia a compresión)



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

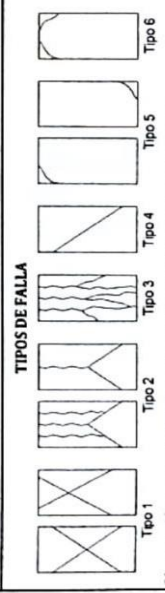
LABORATORIO GEOTÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA EN INGENIERÍA CIVIL, GEOTECNIA, GEOLOGÍA, ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS E HIDRAULICA
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES (QA/QC) Y SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN (QA/QC)



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS

ASTM C39, NTP 339.034

N° PROBETAS	ELEMENTO/ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA		% Fc OBTENIDA	TIPO DE FALLA	
		MOLDEO	ROTURA					OBTENIDA f _c (MPa)	DISEÑO f _c (MPa)			
01	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	09/08/2022	7	15.27	183.13	348.62	194.10	210.00	20.60	92.20	(6)
02	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	09/08/2022	7	15.24	182.41	365.53	204.30	210.00	20.60	97.10	(5)
03	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	09/08/2022	7	15.26	182.89	361.62	201.60	210.00	20.60	96.10	(6)
04	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	16/08/2022	14	15.23	182.18	389.45	218.00	210.00	20.60	103.90	(5)
05	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	16/08/2022	14	15.27	183.13	399.67	222.50	210.00	20.60	105.80	(6)
06	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	16/08/2022	14	15.26	182.89	398.39	222.10	210.00	20.60	105.80	(6)
07	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	23/08/2022	21	15.25	182.65	411.23	229.60	210.00	20.60	109.20	(6)
08	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	23/08/2022	21	15.24	182.41	436.85	244.20	210.00	20.60	116.00	(5)
09	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	23/08/2022	21	15.24	182.41	429.23	239.90	210.00	20.60	114.10	(6)
10	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	30/08/2022	28	15.24	182.41	453.30	253.40	210.00	20.60	120.90	(5)
11	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	30/08/2022	28	15.26	182.89	452.76	252.40	210.00	20.60	120.40	(5)
12	Concreto Sin Adición del Nopal	02/08/2022	30/08/2022	28	15.25	182.65	452.06	252.40	210.00	20.60	120.40	(6)



DESCRIPCIÓN
NORMAS DE CONTROL DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO
 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete
 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete
 Equipo de ensayo prensa MATEST Serie N° C024PD138/8Z/0002
 Factor de conversión de Mpa a kgf/cm² es 10.197

ANOTACIONI ASTM
 C39 Compresión
 C143 Slump
 C1064 Temperatura

COLEGIO DE INGENIEROS EN INGENIERÍA CIVIL
 CONSEJO DEPARTAMENTAL DE INGENIERÍA CIVIL
 ALFREDO HERNÁNDEZ MINAYA
 CIP. N° 200844

Av. Universitaria N° 947 – Shancayan – Independencia – Huaraz. Celular: 963466629 / 943484907
 Email: informes@cmgeotec.com, administracion@cmgeotec.com

C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

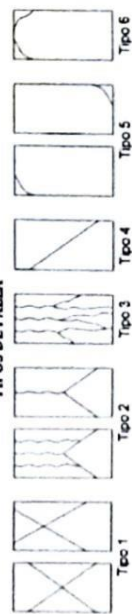
LABORATORIO GEOTÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORÍA EN INGENIERÍA CIVIL, GEOTECNIA, GEOLOGÍA, ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS E HIDRÁULICA
CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN (IQA/QC)

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
ASTM C39, NTP 339.034

N° PROBETAS	ELEMENTO/ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	CARGA MÁXIMA (RN)	RESISTENCIA		DISEÑO r_c (MPa)	% r_c OBTENIDA	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ROTURA				OBTENIDA r_c (MPa)	(Kg/cm ²)			
01	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	09/08/2022	7	15.27	329.09	183.40	18.00	210.00	20.60	87.40 (5)
02	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	09/08/2022	7	15.26	315.54	177.52	17.40	210.00	20.60	84.50 (4)
03	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	09/08/2022	7	15.26	354.48	180.83	17.70	210.00	20.60	86.10 (5)
04	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	16/08/2022	14	15.25	352.10	196.31	18.70	210.00	20.60	93.50 (6)
05	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	16/08/2022	14	15.26	359.93	200.68	18.40	210.00	20.60	95.56 (2)
06	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	16/08/2022	14	15.27	345.44	197.62	18.90	210.00	20.60	94.10 (6)
07	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	23/08/2022	21	15.24	375.80	209.80	19.50	210.00	20.60	99.99 (6)
08	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	23/08/2022	21	15.25	378.69	211.41	20.70	210.00	20.60	100.60 (2)
09	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	23/08/2022	21	15.26	377.46	210.73	19.90	210.00	20.60	100.35 (3)
10	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	30/08/2022	28	15.24	401.34	224.16	22.00	210.00	20.60	106.74 (6)
11	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	30/08/2022	28	15.26	389.18	217.37	21.30	210.00	20.60	103.50 (5)
12	Concreto con Adición del Nopal de 0.5%	02/08/2022	30/08/2022	28	15.24	396.64	221.53	21.70	210.00	20.60	105.50 (5)



TIPOS DE FALLA



Observación : * Las muestras han sido preparadas e identificadas en el laboratorio.
* La expresión de resultados es de acuerdo a la norma ASTM C39, NTP 339.034.

DESCRIPCIÓN
NORMAS DE CONTROL DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO
Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete
Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete
Equipo de ensayo prensa MATEST Serie N° C024PD138/BZ/0002
Factor de conversión de Mpa a Kgf/cm² es 10.197

ANOTACIONES ASTM
Compresión C39
Slump C143
Temperatura C1064

COLEGIO DE INGENIEROS EN GEOTECNIA Y SUELOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CARLOS DE MIRAFLORES
ALEXANDRO HERNANDEZ CALVO MINAYA
1995



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO GEOTÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS.
CONSULTORIA EN INGENIERÍA CIVIL, GEOTECNIA, GEOLOGIA, ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS E HIDRÁULICA.
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES (QA/QC) Y SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN (QA/QC).

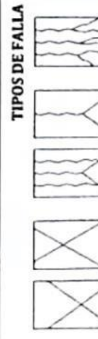


DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS

ASTM C39, NTP 339.034

N° PROBETAS	ELEMENTO/ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA		% f _c OBTENIDA	TIPO DE FALLA	
		MOLDEO	ROTURA					OBTENIDA f _c (MPa)	DISEÑO f _c (MPa)			
01	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	10/08/2022	7	15.20	181.46	363.17	204.10	210.00	20.60	97.10	(6)
02	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	10/08/2022	7	15.26	182.89	374.32	208.70	210.00	20.60	99.50	(6)
03	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	10/08/2022	7	15.24	182.41	370.03	206.80	210.00	20.60	98.50	(6)
04	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	17/08/2022	14	15.22	181.94	462.10	259.00	210.00	20.60	123.30	(2)
05	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	17/08/2022	14	15.24	182.41	455.91	254.80	210.00	20.60	121.40	(5)
06	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	17/08/2022	14	15.25	182.65	459.00	256.20	210.00	20.60	121.80	(6)
07	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	24/08/2022	21	15.24	182.41	466.98	261.00	210.00	20.60	124.30	(6)
08	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	24/08/2022	21	15.26	182.89	469.57	261.80	210.00	20.60	124.80	(5)
09	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	24/08/2022	21	15.24	182.41	471.03	263.30	210.00	20.60	125.20	(6)
10	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	31/08/2022	28	15.22	181.94	474.16	265.70	210.00	20.60	126.70	(5)
11	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	31/08/2022	28	15.23	182.18	479.79	268.60	210.00	20.60	127.70	(5)
12	Concreto con Adición del Nopal de 1.0%	03/08/2022	31/08/2022	28	15.24	182.41	479.34	267.90	210.00	20.60	127.70	(6)

Técnico: D.C.M.
N° de Registro: CM.R.175-2022



TIPOS DE FALLA
Tipo 1 Tipo 2 Tipo 3 Tipo 4 Tipo 5 Tipo 6

Observación: * Las muestras han sido preparadas e identificadas en el laboratorio.
* La expresión de resultados es de acuerdo a la norma ASTM C39, NTP 339.034.

DESCRIPCIÓN
NORMAS DE CONTROL DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO
Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete
Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete
Equipo de ensayo prensa MATEST Serie N° C024P0138/BZ/0002
Factor de conversión de Mpa a kgf/cm² es 10.197

ANOTACIONI ASTM
Compresión C39
Slump C143
C1064

COLEGIO DE INGENIEROS DE TEMPERATURA
CONSEJO DEPARTAMENTAL INGENIEROS CIVILES
ALFREDO HERMAN CALVO MINAYA
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 200944

Av. Universitaria N° 947 – Shancayan – Independencia – Huaraz. Celular: 963466629 / 943484907
Email: informes@cmgeotec.com, administracion@cmgeotec.com





C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO GEOTÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
CONSULTORIA EN INGENIERÍA CIVIL, GEOTECNIA, GEOLOGÍA, ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS E HIDRÁULICA
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES (QA/QC) Y SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN (QA/QC)



DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

ASTM C39, NTP 339.034

N° PROBETAS	ELEMENTO/ESTRUCTURA	FECHA		EDAD (días)	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESISTENCIA		% Fc OBTENIDA	TIPO DE FALLA
		MOLDEO	ROTURA					OBTENIDA Fc (MPa)	DISEÑO Fc (MPa)		
01	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	10/08/2022	7	15.26	182.89	329.17	183.50	210.00	20.60	87.40 (6)
02	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	10/08/2022	7	15.27	183.13	319.35	177.80	210.00	20.60	84.50 (6)
03	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	10/08/2022	7	15.26	182.89	324.43	180.90	210.00	20.60	86.14 (6)
04	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	17/08/2022	14	15.27	183.13	349.06	194.65	210.00	20.60	92.60 (5)
05	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	17/08/2022	14	15.25	182.65	340.69	189.95	210.00	20.60	90.45 (6)
06	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	17/08/2022	14	15.26	182.89	347.81	193.95	210.00	20.60	92.35 (2)
07	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	24/08/2022	21	15.24	182.41	369.10	206.25	210.00	20.60	98.20 (2)
08	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	24/08/2022	21	15.25	182.65	355.24	198.50	210.00	20.60	94.50 (6)
09	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	24/08/2022	21	15.24	182.41	365.22	204.10	210.00	20.60	97.20 (6)
10	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	31/08/2022	28	15.24	182.41	368.02	205.55	210.00	20.60	97.90 (5)
11	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	31/08/2022	28	15.26	182.89	365.44	204.10	210.00	20.60	97.20 (6)
12	Concreto con Adición del Nopal de 1.5%	03/08/2022	31/08/2022	28	15.24	182.41	374.06	208.95	210.00	20.60	99.50 (5)

Técnico: D.C.M
N° de Registro: CM R.175-2022

TIPOS DE FALLA	DESCRIPCIÓN	ANOTACIONES	ASTM
Tipo 1			
Tipo 2			
Tipo 3			
Tipo 4			
Tipo 5			
Tipo 6			

NORMAS DE CONTROL DEL CONCRETO FRESCO Y ENDURECIDO
 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete
 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete
 Equipo de ensayo prensa MATEST Serie N° C024P138/BZ/0002
 Factor de conversión de Mpa a kg/cm² es 10.197

ALFREDO HERNÁN CALVO MINAYA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 240844

Observación : * Las muestras han sido preparadas e identificadas en el laboratorio.
* La expresión de resultados es de acuerdo a la norma ASTM C39, NTP 339.034.

Av. Universitaria N° 947 – Shancayan – Independencia – Huaraz. Celular: 963466629 / 943484907
Email: informes@cmgeotec.com, administracion@cmgeotec.com

8.3. Panel fotográfico

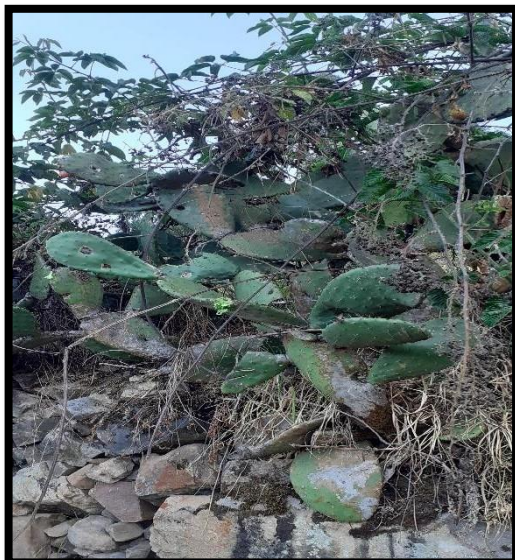


Figura 1. Obtención del nopal silvestre



Figura 2. Recopilación del nopal silvestre

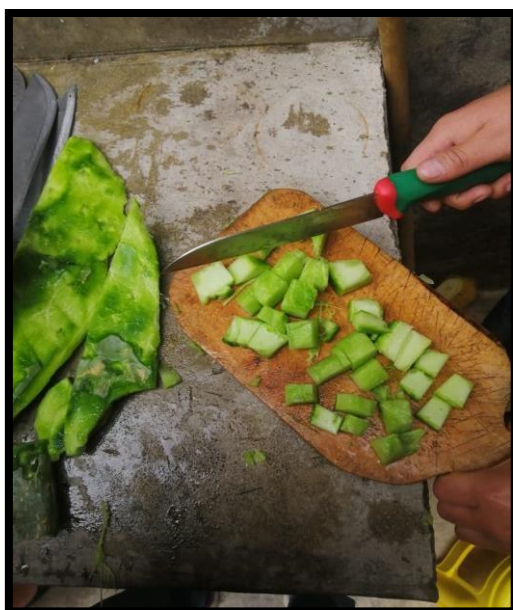


Figura 3. Limpieza y corte en cuadrados del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*).



Figura 4. Licuado del nopal (*Opuntia Ficus-Indica*).



Figura 5. Obtención del extracto de nopal (*Opuntia Ficus-Indica*).



Figura 6. Cantera San Cristóbal.



Figura 7. Muestra del agregado fino.



Figura 8. Muestra del agregado grueso



Figura 9. Tamizado del agregado fino.



Figura 10. Anotación de los resultados obtenidos.



Figura 11. Muestra del ensayo de tamizado del agregado fino.



Figura 12. Tamizado del agregado grueso.



Figura 13. Anotación de valores determinados.



Figura 14. Muestra del ensayo de tamizado del agregado grueso.



Figura 15. Pesando el agregado grueso para el contenido de humedad.



Figura 16. Pesando el agregado fino, para el contenido de humedad.



Figura 17. Procedimiento para el cálculo del PUSC, del agregado fino.



Figura 18. Determinación del PUSC, del agregado fino, en la balanza electrónica.



Figura 19. Varillando la primera capa de agregado fino, para determinar el PUCS.



Figura 20. Enrasando el material excedente, para luego ser pesado en la balanza electrónica (PUCS).

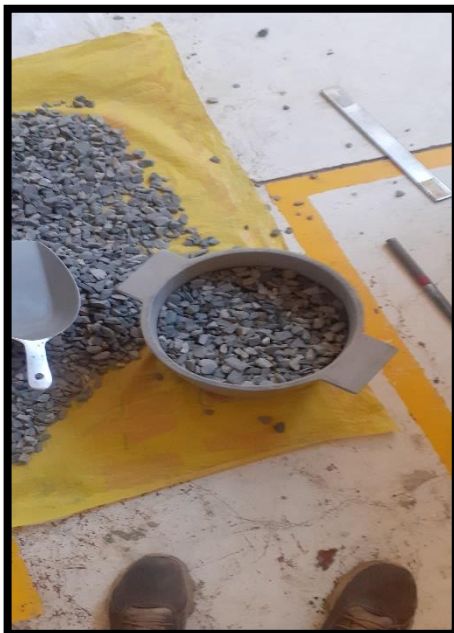


Figura 21. Varillando el agregado grueso para el cálculo del PUCS.



Figura 22. Determinación del PUCS, del agregado grueso, en la balanza



Figura 23. Ensayo para determinar Peso específico del agregado fino.



Figura 24. Llenando agua hasta 500ml del picnómetro.



Figura 25. Quitando los vacíos de forma manual del picnómetro.



Figura 26. El material saturado se deja durante 24 hrs, para luego ser pesado y determinar el peso específico.



Figura 27. Secando el agregado grueso saturado, para determinar el peso específico.



Figura 28. Pesando el agregado grueso, secado, para posteriormente ser llevado al horno.



Figura 29. Ensayo para determinar porcentaje de absorción.



Figura 30. Retirado de la muestra saturada para ser pesado (parámetros que permitirán para determinar el % de absorción, agregado grueso).

Panel fotográfico del diseño de mezcla:



Figura 31. Imagen del tipo de cemento que se utilizó, en este caso cemento andino tipo V.



Figura 32. Elaboración del diseño de mezcla para probetas testigos.



Figura 33. Medición del asentamiento (slump).



Figura 34. Imagen que muestra el chuceado (llenado de concreto en probetas).



Figura 35. Diseño de mezcla, adicionando 0.5% de nopal.



Figura 36. Imagen donde se aprecia el pesado de las dosificaciones.

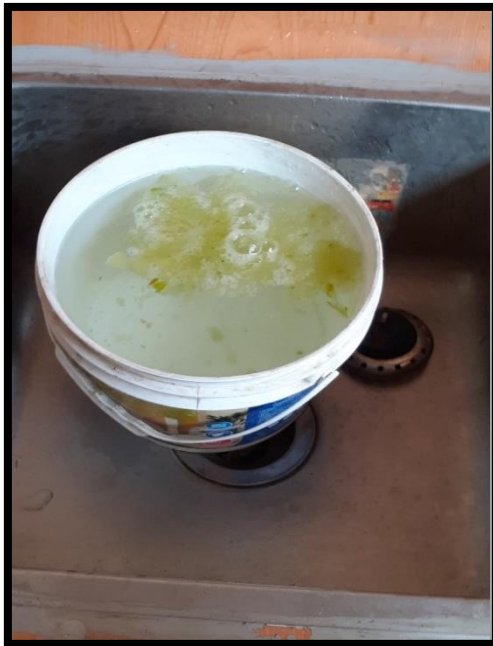


Figura 37. Extracto de nopal, vertido en agua, para obtener distribución uniforme en el diseño de mezcla.

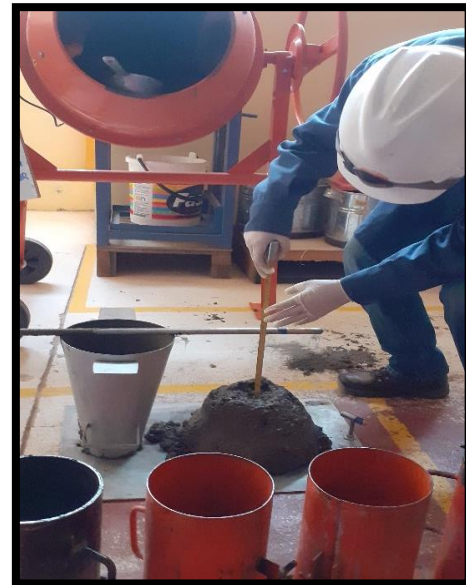


Figura 38. Imagen que muestra el pesado según las dosificaciones.



Figura 39. Diseño de mezcla, adicionando 1.00% de nopal.



Figura 40. Llenando la muestra de concreto en el cono Abrams, para la determinación del slump.



Figura 41. La imagen muestra la elaboración de las probetas.



Figura 42. Ensayo finalizado, de probetas con la adición de 1.00% de nopal



Figura 43. Diseño de mezcla, adicionando 1.50% de nopal.



Figura 44. Extracto de nopal, a adicionarse.



Figura 45. La imagen muestra la medida del slump, y su posterior llenado en las probetas.



Figura 46. Ensayo finalizado, de probetas con la adición de 1.50% de nopal



Figura 47. La imagen muestra el retirado de los moldes y la anotación de códigos.



Figura 48. Colocación de las probetas, en el tanque para su curado.



Figura 49. La imagen muestra el curado de las probetas. Tanque 1.



Figura 50. La imagen muestra el curado de probetas. Tanque 2.



Figura 51. Secando las muestras para llevarlo a la máquina compresora.



Figura 52. Medición de los diámetros de las muestras a ensayarse.



Figura 53. La imagen muestra el inicio del ensayo de compresión.



Figura 54. La imagen muestra la anotación del resultado de la resistencia a compresión.



Figura 55. Se identifican el tipo de falla de la muestra, en este caso tipo 6.



Figura 56. Tipo de falla identificada tipo 5.



Figura 57. Tipo de falla identificada tipo 4.



Figura 58. La imagen muestra la asistencia de mi persona al técnico responsable en el ensayo.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 001-21 DPC**

SOLICITANTE : C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C

**TITULO : Calibración de Sistema Digital
para Prensa de Concreto**

PRENSA

Marca : ELE
Capacidad : 113 TN
Modelo : 36-0690/06
Serie : 180100129

Indicador

Marca : ELE
Serie : 1887-1-00641


Transductor

Marca : ELE
Serie : 663860

Bomba

Marca : ELECTRICA
Marca : POWER TEAM
Serie : 0806AW297783

FECHA : Huachipa, 13 de Enero de 2021


ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 56551

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 001-21 DPC

INFORMACION DEL EQUIPO**1.- GENERALIDADES.**

A solicitud de **C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C** se procedió a calibrar el Sistema Digital de Prensa de Concreto, realizado en Lima el día 13 de Enero del 2021.

2.- SISTEMA A CALIBRAR

Prensa : ELE
Indicador : ELE
Transductor : ELE

3.- SISTEMA DE CALIBRACIÓN PATRÓN

Dispositivo : Celda de Carga
Fabricante : AEP Transducers
Tipo : C2S- 100TN
Serie N° : 223686
Carga Nominal : 100,000 Kg
Modalidad : Compresión
Indicador : MP10 N° 6390-2013-10

Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica - (INF-LE 087-19A).


4.- PROCEDIMIENTO

El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025, Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

5.- RESULTADOS

En la Tabla N° 1 se muestran los promedios de las series de verificación y los errores correspondiente.

En el Gráfico N°1 se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP 56551

Los Huertos de Huachipa Mz. E Lt. 15, Lurigancho | Telf. 371 0531 - 371 0475 | Entel: 971 707 204 - 936 601 894 - 945 101 989
laboratorio@orionrcp.com | areatecnica@orionrcp.com | ventas@orionrcp.com | www.orionrcp.com

TABLA N° 1

**CALIBRACION DE PRENSA DIGITAL
Marca ELE, Indicador Digital ELE, Transductor ELE**

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 001-21 DPC

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE CALIBRACION (KG)				PROMEDIO "B" KG	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1)	SERIE (2)	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10,000	10,060	10,013	0,60	0,13	10,036,50	0,37	0,33
20,000	20,071	20,020	0,36	0,10	20,045,50	0,23	0,18
30,000	30,032	29,989	0,11	-0,04	30,010,50	0,04	0,10
40,000	40,200	40,030	0,50	0,08	40,115,00	0,29	0,30
50,000	50,150	50,037	0,30	0,07	50,093,50	0,19	0,16
60,000	60,197	60,041	0,33	0,07	60,119,00	0,20	0,18
70,000	70,227	70,090	0,32	0,13	70,158,50	0,23	0,14
80,000	80,160	80,111	0,20	0,14	80,135,50	0,17	0,04

NOTAS SOBRE LA CALIBRACION

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E4-01
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) \cdot 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1,0 %

Coefficiente Correlación: **R² = 1**

Ecuación de ajuste: **y = 1,0019x + 3,4667**

Donde:

X : Lectura de la pantalla
 Y : fuerza promedio (KG)

ORION LABORATORIOS S.R.L.
 Ing. Luis Fabiola Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 56551

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.
Luis Taborda Palomares
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 56951

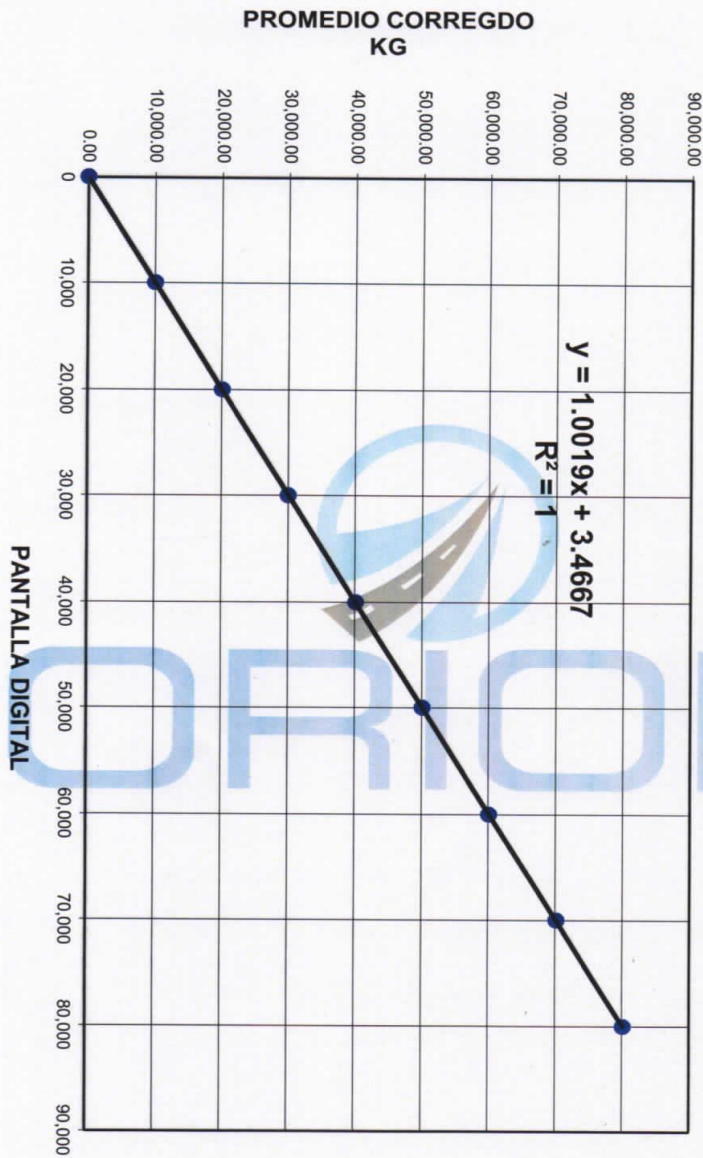


GRAFICO N° 1
 CALIBRACION DE PRENSA DIGITAL
 Marca ELE, Indicador ELE,
 Transductor ELE

INFORME N° 001-21 DPC