



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 KG/CM² SOBRE LOS
3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN
PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JHON MAMANI CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llevarme de su fuerza para poder vencer todos los obstáculos.

A mis queridos padres: Feliciano y Agustina por su incondicional apoyo, protección, motivación y por estar siempre pendiente en mí.

A mis hermanos: Hipólito, Franco, George, Jordán y Paul, quienes con su comprensión, apoyo, consejos y aliento me ayudaron a seguir adelante.

A mi esposa Yudit y a mi hijita Alison que se pudo lograr el presente proyecto con su incondicional apoyo.

JHON MAMANI CONDORI



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano y la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por darme la oportunidad de avanzar en el campo del conocimiento.

Al M.Sc. Roberto Alfaro Alejo por las orientaciones, recomendaciones y la supervisión de este trabajo, sobre todo por su confianza.

A mis amigos, y compañeros de trabajo, así como a todos los demás que han contribuido al desarrollo de este estudio.

JHON MAMANI CONDORI



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2.1 Problema general..... 16

1.2.2 Problemas específicos 16

1.3 ANTECEDENTES..... 16

1.3.1 A nivel internacional 16

1.3.2 A nivel nacional 19

1.3.3 A nivel local 20

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 22

1.4.1 Hipótesis general..... 22

1.4.2 Hipótesis específicas 22

1.5 JUSTIFICACIÓN..... 22

1.6 OBJETIVOS..... 23

1.6.1 Objetivo general..... 23



1.6.2	Objetivos específicos	23
-------	-----------------------------	----

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	EL CONCRETO	24
2.2	INGREDIENTES DEL CONCRETO	25
2.3	COMPOSICIÓN DEL CONCRETO.....	25
2.3.1	La pasta	25
2.3.2	El gel	26
2.4	PROPIEDADES DEL CONCRETO	26
2.4.1	En estado fresco	26
2.4.2	En estado endurecido	29
2.5	EL CEMENTO	30
2.5.1	Cemento portland	30
2.5.2	El Clinker Portland.....	31
2.5.3	Materias primas del cemento portland	31
2.5.4	Proceso de fabricación	32
2.5.5	Composición química.....	35
2.5.6	Propiedades de los compuestos principales	36
2.5.7	Propiedades del cemento.....	37
2.5.8	Tipos de cementos Portland	39
2.6	AGREGADOS PARA EL CONCRETO	40
2.6.1	Introducción	40
2.6.2	Clasificación de agregados.....	42
2.6.3	Propiedades del agregado.....	43
2.7	AGUA PARA EL CONCRETO	47



2.8 PROBLEMÁTICA DEL MATERIAL DE CONCRETO 47

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO 51

3.1.1 Población y muestra 51

3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 53

3.2.1 Tipo de investigación 53

3.2.2 Muestra de estudio 54

3.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 54

3.3.1 Estudio y ubicación de la cantera de los agregados 54

3.3.2 Propiedades del cemento Rumi 60

3.4 DISEÑO DE MEZCLA 61

3.4.1 Pasos del diseño de mezcla, método ACI 61

3.4.2 Elaboración de testigos de concreto 65

3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INVESTIGACIÓN 68

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS 70

4.1.1 Características de los agregados..... 70

4.1.2 Resultados de diseño de mezcla..... 76

4.1.3 Ensayos realizados al concreto..... 85

4.1.4 Resultado de comparación de la resistencia del concreto 88

4.2 DISCUSION 97

V. CONCLUSIONES..... 99

VI. RECOMENDACIONES 100



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101
ANEXOS.....	106
Anexo 1: Ensayos de laboratorio – diseño de mezclas	107
Anexo 2: Ensayo a la resistencia a la compresión.....	114

ÁREA: Ingeniería y tecnología.

LÍNEA: Ingeniería de infraestructura rural.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de junio de 2022.



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Consistencia del concreto	28
Tabla 2.	Composición química del concreto.....	35
Tabla 3.	Compuestos químicos del concreto	36
Tabla 4.	Módulo de elasticidad del concreto	46
Tabla 5.	Ubicación de localidades y altitudes.....	52
Tabla 6.	Sinopsis de los parámetros climáticos.	52
Tabla 7.	Características técnicas del cemento Rumi tipo IP	60
Tabla 8.	Asentamientos para diferentes tipos de construcción	61
Tabla 9.	Volumen unitario de agua en L/m ³ para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencias indicadas	62
Tabla 10.	Relación agua - cemento.....	63
Tabla 11.	Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto.....	63
Tabla 12.	Contenido de humedad de muestra.....	71
Tabla 13.	Contenido de Humedad de la Muestra.....	71
Tabla 14.	Análisis granulométrico del agregado grueso.....	72
Tabla 15.	Análisis granulométrico del agregado fino	73
Tabla 16.	Peso específico y absorción del agregado grueso – fino.....	75
Tabla 17.	Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción	77
Tabla 18.	Volumen unitario de agua en L/m ³	78
Tabla 19.	Relación agua - cemento.....	79
Tabla 20.	Volumen de agregado grueso seco y compactado.	80
Tabla 21.	Resultados de la toma de muestras	87
Tabla 22.	Resistencia a la compresión de las muestras moldeadas a los 28 días.....	88



Tabla 23. Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión a 28 días.....	93
Tabla 24. Diferencia de medias con diferentes agrupaciones	95
Tabla 25. Resistencia a la compresión con intervalo de confianza.....	96
Tabla 26. Cuantiles de resistencia a la compresión por localidad	97
Tabla 27. Agrupación de las resistencias a la compresión a los 28 días según altitud	97



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Comportamiento macroscópico específico.....	26
Figura 2.	Carbonatación progresiva de superficies expuestas	49
Figura 3.	Ubicación de cantera de los agregados.....	55
Figura 4.	Verificación de agregados en cantera.....	55
Figura 5.	Verificación de procesamiento de agregados	55
Figura 6.	Distribución de curva granulométrica	58
Figura 7.	Curado de testigos de concreto.....	66
Figura 8.	Ensayo de asentamiento (cono de Abrams).....	67
Figura 9.	Ensayo a la compresión axial	68
Figura 10.	Curva granulométrica de agregado grueso	73
Figura 11.	Curva granulométrica del agregado fino	74
Figura 12.	Manipulación de componentes y mezclado del concreto	83
Figura 13.	Pesado de ingrediente en la ciudad de Juliaca.....	83
Figura 14.	Moldeado de los testigos en la ciudad de Juliaca	84
Figura 15.	Curado de las muestras de concreto	84
Figura 16.	Ensayo a la compresión axial	86
Figura 17.	Dispersión de puntos de las variables analizadas	89
Figura 18.	Variación de la resistencia con la edad.....	90
Figura 19.	Variación de la resistencia con la edad.....	90
Figura 20.	Variación de la resistencia con la altitud, según edades.....	91
Figura 21.	Variación de la resistencia con la altitud y localidades muestreadas	92
Figura 22.	Variación de la resistencia con la altitud y línea de regresión.....	94



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- f'c** : Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm².
- R** : Módulo de ruptura del concreto (Resistencia a la flexión), kg/cm².
- \bar{X}** : Media aritmética muestral.
- W%** : Contenido de humedad
- TM** : Tamaño máximo del agregado.
- TMN** : Tamaño máximo nominal del agregado.
- Mf** : Módulo de fineza del agregado fino.
- Mg** : Módulo de fineza del agregado grueso.
- a/c** : Relación agua/cemento.
- ACI** : American Concrete Institute.
- ASTM** : American Society of Testing Materials.
- NTP** : Norma Técnica Peruana



RESUMEN

El Altiplano peruano se caracteriza por ser una región de gran altitud, clima semi árido, con diferencias significativas en la temperatura diaria y fuerte radiación solar. Las obras de concreto que se construyen en estas condiciones especiales, deben tomar en cuenta estos aspectos. En ese sentido, la presente investigación, intenta analizar comparativamente la resistencia a la compresión del concreto sobre los 3800 msnm en la región Puno. Se realizó el análisis de los agregados a utilizar como son la piedra chancada y la arena gruesa y posterior a ello se efectuó el diseño de mezclas para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se elaboraron 55 probetas cilíndricas de 150x300mm. La preparación de mezcla se efectuó en 8 puntos (Pucara, Ayaviri, Juliaca, Llaly, Nuñoa, Cupi, Cabanillas y Santa Lucia) y luego se procedió a dejarlos madurar en los lugares mencionados hasta los 28 días. Posteriormente se sometieron al ensayo de compresión a los 7, 14 y 28 días de maduración. El análisis comparativo de la resistencia a la compresión de las probetas se realizó a los 28 días respecto a la altitud de cada lugar mencionado, cuyos resultados revelaron una variación de la resistencia a la compresión con la altitud, donde se aprecia que existe una disminución con la altitud, es decir a mayor altitud se presenta menor resistencia a la compresión y se comprueba con el análisis estadístico respectivo, iniciando en Juliaca y terminando en Santa Lucia que es la localidad con mayor altitud. Concluyendo que a mayor altitud disminuye la resistencia a la compresión del concreto, debiendo tenerse precauciones en la preparación del concreto en las altitudes estudiadas.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, concreto, altitud, ensayo de peso específico y absorción



ABSTRACT

The Peruvian Altiplano is characterized by being a region of high altitude, semi-arid climate, with significant differences in daily temperature and strong solar radiation. The concrete works that are built in these special conditions must take these aspects into account. In this sense, the present investigation attempts to comparatively analyze the compressive strength of concrete above 3800 meters above sea level in the Puno region. The analysis of the aggregates to be used was carried out, such as crushed stone and coarse sand, and after that, the mixture design was carried out for $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, 55 cylindrical specimens of 150x300mm were made. The preparation of the mixture was carried out in 8 points (Pucara, Ayaviri, Juliaca, Llaly, Nuñoa, Cupi, Cabanillas and Santa Lucia) and then they were left to mature in the mentioned places for up to 28 days. Subsequently, they were subjected to the compression test at 7, 14 and 28 days of maturation. The comparative analysis of the compressive strength of the specimens was carried out at 28 days with respect to the altitude of each mentioned place, whose results revealed a variation of the compressive strength with altitude, where it is appreciated that there is a decrease with the altitude, that is, at higher altitudes there is less resistance to compression and it is verified with the respective statistical analysis, starting in Juliaca and ending in Santa Lucia, which is the locality with the highest altitude. Concluding that at higher altitudes, the compressive strength of the concrete decreases, and precautions must be taken in the preparation of the concrete at the altitudes studied.

Keywords: Compressive strength, concrete, altitude, specific weight and absorption test



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el mundo en general la industria de la construcción va en crecimiento, cada día se desarrollan cientos de obras civiles, la calidad de los materiales con los que trabajamos es muy importante; siendo uno de ellos el concreto (hormigón), que es el material más utilizado, por lo que es necesario conocer sus propiedades mecánicas (Pheng & Hou, 2019), en diferentes áreas geográficas.

El concreto es una mezcla de agregado grueso, agregado fino, agua y cemento, una vez fraguado, tendrá una estabilidad sólida. La calidad de este material está dictada por varios factores, pero principalmente está dada por su resistencia a la compresión, se brinda de acuerdo a los requerimientos del proyecto y debe ser evaluada en laboratorio a los 28 días. El agregado utilizado deberá ser adecuado y no deberá contener partículas de arcilla u otros materiales inadecuados para el procesamiento (Abanto, 1995).

Puno es una de las regiones peruanas que ha desarrollado obras civiles de gran envergadura, en las que el concreto juega el papel muy importante, sin embargo, la región de Puno presenta un clima frío, montañoso, húmedo, seco y con una fuerte radiación solar, y con precipitación anual y suele durar de diciembre a abril, con nieve y granizo dispersos, precipitaciones normalmente inferiores a 700 mm.

Por lo tanto, es necesario estudiar las diferentes características a altitudes superiores a los 3800 msnm del concreto fresco y del concreto endurecido para que al momento de la aplicación no afecte la resistencia requerida.

Es muy importante para la rama de la ingeniería, contar con este tipo de información referida a la resistencia a compresión del concreto a altitudes que sobrepasan



los 3800 m.s.n.m. para que los diferentes proyectos tengan conocimiento de la investigación.

El presente proyecto, busca a través de la realización de ensayos de laboratorio conocer las propiedades mecánicas del concreto a diferentes altitudes.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A medida que la población aumenta, la demanda de infraestructura aumenta exponencialmente, esto ejerce más presión sobre la industria de la construcción, así como sobre la producción de materiales convencionales como el cemento, el acero, el aluminio y la madera (Maraveas, 2020). El concreto es el material más famoso utilizado para fines de construcción. No existe como material de construcción independiente, ya que es una mezcla de varios otros materiales como cemento, piedras chancada agregado fino y agua. Esta es la razón por la cual el comportamiento del concreto se ha vuelto muy popular en los últimos años para garantizar los procesos de construcción y hacerlo más confiable (Mehta & Monteiro, 2014). El concreto se utiliza para proporcionar resistencia, durabilidad y versatilidad durante la construcción de una estructura. Estas excelentes propiedades han hecho que el concreto sea una opción confiable y duradera para la construcción, tanto para edificaciones y obras hidráulicas (Gagg, 2014). Tratándose de la región de Puno que cuenta con tasas de precipitación y temperatura muy variables en el año y en el día, sumado a las altas tasas de evapotranspiración durante el día e incertidumbre en el futuro (Hualpa et al., 2018; Pilares-Hualpa et al., 2019; Aroni-Quispe et al., 2021).

Este análisis comparativo de la resistencia f_c : 210 kg/cm² a diferentes alturas, aclarará las dudas creadas en el campo de la construcción, por los diferentes defectos existentes en el concreto y por sus propiedades mecánicas a estas altitudes.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Existen diferencias entre los valores de resistencia a la compresión del concreto $f'c$: 210 kg/cm², a diferentes altitudes sobre los 3800 m.s.n.m. (desde los 3810 m.s.n.m. hasta los 5900 m.s.n.m.) en la región Puno?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuáles son las características de los agregados para el diseño de mezcla?

¿Cuál será la dosificación de mezcla adecuada para determinar la resistencia a la compresión $f'c$: 210 kg/cm² con el cemento Rumi?

¿Existe variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c$: 210 kg/cm² a diferentes altitudes sobre los 3800 m.s.n.m. a los 7, 14 y 28 días?

1.3 ANTECEDENTES

1.3.1 A nivel internacional

En la tesis de Castellón Corrales et al. (2013), “Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo III, modificados con aditivos acelerantes y retardantes”. Las propiedades se evalúan con base en la resistencia a la tensión y compresión del concreto producido con dos tipos de cementos tipo I y tipo II y por lo tanto están sujetas a cambios con aceleradores y retardadores.

Al examinar los resultados, se demostró que los aditivos estaban involucrados en la mezcla y la intensidad apareció dentro de los 28 días. El agente reductor de agua es inversamente proporcional a la relación agua-cemento en términos de resistencia a la



compresión. Por su parte, el concreto de cemento grado I, con o sin aditivo, tiene baja resistencia a la compresión, debido a su diseño óptimo. Uno de los materiales más utilizados en la construcción es el concreto, por eso es importante definir sus diversas propiedades mecánicas como la resistencia a las fuerzas de compresión, tracción, flexión y cortante, muy importante.

Según Xu et al. (2020), para estructuras hidráulicas con gran volumen y espesor, el efecto de aplicación del inhibidor de calor de hidratación tiene limitaciones que pueden reducir la tensión de tracción interna alrededor del 30%, pero la tensión de tracción en la superficie aumentará alrededor de un 7% debido al aumento de la tensión interna y diferencia de temperatura externa; por lo tanto, otras medidas de control de temperatura, como la disposición de la tubería de agua de refrigeración, el fortalecimiento del aislamiento de la superficie, y así sucesivamente son necesarios para garantizar que no se produzcan fisuras por temperatura. Este documento proporciona referencias y sugerencias para la investigación y la aplicación de ingeniería del inhibidor de calor de hidratación.

Kaewunruen et al. (2018), encontraron que la temperatura ambiental, la concentración CO_2 y un cierto rango de humedad relativa juegan un papel importante en las tasas de carbonatación del concreto. La temperatura y la humedad relativa también afectan la velocidad de corrosión del acero. Además, se encuentra que existe una correlación casi directa entre la temperatura ambiental y las tasas de carbonatación del concreto, así como la tasa de corrosión del acero incrustado en el concreto de 25 °C a 60 °C, y una proporción casi inversa entre la humedad relativa ambiental y la carbonización del concreto del 48.75% al 105%. De hecho, los resultados muestran que incluso en temperaturas extremadamente altas, la capacidad de resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por rotura no se ven afectadas significativamente.



Amleh et al. (2002), realizó pruebas de campo y laboratorio en un puente de concreto desmantelado, lo que incluyó pruebas electroquímicas, químicas, físicas y mecánicas en la plataforma del puente, que estuvo expuesta a un ambiente corrosivo durante aproximadamente 35 años. El estudio experimental se centró en la investigación del impacto de la mezcla de concreto con la corrosión y, posteriormente, en la resistencia a la adherencia de las estructuras de concreto. Los datos recopilados del estudio de campo incluyen mediciones de la profundidad de la cobertura de concreto, el contenido de cloruro, el potencial de media celda, la resistividad eléctrica y el nivel de carbonatación. Estos datos muestran un nivel considerable de variabilidad en todos los parámetros medidos con coeficientes de variación que van desde el 34% para la profundidad del recubrimiento de concreto hasta el 86% para el coeficiente de difusión aparente de cloruro.

Kim (2014) propuso una evaluación del concreto de plataformas de puente a través de a través del índice de salud global. Asimismo, estudió el comportamiento axial del concreto expuesto a entornos de servicio agresivos. Se estudian dos tipos de cilindros de concreto: no confinados y confinados con láminas de CFRP (polímero reforzado con fibra de carbono). El ambiente agresivo y la carga del tráfico de servicio están representados por ciclos de congelación-mojado-secado con varios niveles de carga de compresión instantánea que varían de 0% a 60% de las capacidades del concreto de control no confinado y confinado. El efecto de la carga viva instantánea es significativo sobre el desempeño del concreto no confinado y confinado, incluida la variación de las características volumétricas y de cumplimiento. La eficacia del confinamiento de CFRP aumenta cuando aumenta la intensidad de la carga viva. Desempeño de confiabilidad del concreto confinado está influenciado por el acondicionamiento físico y ambiental. Se proponen recomendaciones de diseño refinadas, como los factores de reducción de



resistencia, para abordar la contribución perjudicial de los atributos ambientales y físicos al desempeño del concreto confinado con CFRP, basándose en una simulación de Monte Carlo que puede cubrir más del 95% de todos los casos posibles en una distribución de probabilidad normal del concreto confinado.

1.3.2 A nivel nacional

Varas Ramirez & Villanueva Anticona (2017) en la tesis “Análisis comparativo de los tiempos de fraguado y resistencia de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del cemento Pacasmayo y Qhuna”. El objetivo principal es realizar un análisis comparativo del tiempo de fraguado y resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de cemento Pacasmayo y Qhuna. Se han realizado diferentes diseños de mezcla de concreto para cada tipo de cemento Portland tipo I e Ico, debido a que cada tipo tiene diferentes condiciones fisicoquímicas, pero con diferentes relaciones agua-cemento como: 0.0, 0.8 y 0.56 y mantener la holgura constante. Para lograr este objetivo se tomaron como sujetos de estudio muestras cilíndricas con dimensiones de 15 cmx30 cm y 3 muestras de concreto o muestras de control para ser ensayadas a las edades de 3, 7, 14 y 28 días. También se realizaron pruebas de tiempo de fraguado a los cementos Pacasmayo y Qhuna, las cuales se realizaron en la Universidad Nacional Ingeniería.

En la tesis de Céspedes García (2012) con título “Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido”. El estudio se realizó con el objetivo de conocer la correlación entre la resistencia axial a la compresión y la velocidad del pulso ultrasónico localizado en las muestras de concreto. Otro objetivo es analizar si los ensayos no destructivos son aceptables y comparar con los resultados convencionales para la resistencia a la compresión axial del concreto. Este trabajo consta de tres etapas: primero, se recopila la información necesaria, para poder establecer



conceptos, otras características en relación a lo particular y lo que genera. Durante el mismo período, se realizaron pruebas de granulometría de los agregados para obtener uniformidad en la medición de su granulometría.

En el segundo paso, se realiza un laboratorio para determinar las características físicas del agregado y conocer la dosificación y estilo de la mezcla de concreto utilizada; Los resultados de la compresión axial realizada en las muestras de ensayo se obtienen de forma continua. En el paso final, se evalúan los resultados obtenidos y se registra su estudio estadístico en Excel. La conclusión del proyecto es que existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del concreto y la velocidad de los pulsos ultrasónicos ensayados, según las correlaciones encontradas.

1.3.3 A nivel local

En la tesis de Bernal Díaz (2017) titulada “Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes”. Esta investigación tiene como objetivo, optimizar la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes; se elaboró 08 especímenes por cada grupo de control con cemento utilizado Andino, Pacasmayo y cemento sol sin aditivo, se elaboró 08 especímenes por cada grupo experimental resultante de la combinación de cada cemento con los aditivos Superplastificantes Chema Súper Plast, Euco37 y Sika Plast 1000, ensayados a la compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. La metodología empleada consistió en la determinación de las propiedades físico mecánicas de los agregados usados (cantera del río Chonta), el peso específico de los aditivos y de los cementos Portland Tipo I usados. Luego se realizó el diseño de mezclas, para una resistencia a la compresión especificada de 280 kg/cm^2 , a los 28 días, usando el método del Módulo de Finura de la combinación de agregados, considerando



dos condiciones: Concreto sin aditivo, que sirvió como la mezcla de control. Concreto con la incorporación de aditivos Superplastificantes. Se llevó a cabo lo diseñado y se concluyó que la resistencia a compresión de los grupos de control como experimentales alcanzaron valores de resistencia a compresión mayores que la resistencia a compresión especificada, Utilizando aditivos superplastificantes en una proporción de 1.00% del peso del cemento en la elaboración de concreto, la mayor resistencia a compresión se logró combinando aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con Cemento Pacasmayo tipo I, mayor en 11.00% que su respectivo grupo de control y mayor en 24.80% respecto a la resistencia a la compresión especificada, el costo de la mezcla del grupo de control, sin aditivo, fue mayor en 14.03% que el costo de la mezcla de los grupos experimentales, con aditivo supe plastificante; además que los aditivos utilizados otorgaron una buena trabajabilidad a las mezclas de concreto.

En el trabajo de Quispe (2016), titulado “Comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto a diferentes altitudes en las localidades de Puno” tiene como objetivo conocer de manera rápida el comportamiento de la resistencia del concreto en obra, por ello se pretende determinar la resistencia del concreto y la influencia del clima en diferentes alturas (Laraqueri 4530 msnm; Pichacani 4300 msnm; Salcedo 3840 msnm; San José 3810 msnm) localizadas en el distrito de Puno. Para ello se ha caracterizado el clima a diferentes alturas en los ámbitos de estudio, básicamente las oscilaciones máximas absolutas y la fisiografía, luego se ha realizado el diseño de mezcla de concreto, posteriormente se ha tomado testigos de concreto fresco y fueron llevadas a laboratorio para su análisis correspondiente y finalmente se hizo las pruebas estadísticas. Llegando a los resultados. El agregado del río Cutimbo tiene un peso específico 2.37 g/cm^3 y un porcentaje de absorción de 2.76, peso unitario suelto 1581.35 kg/m^3 , compacto de 1718.51 kg/m^3 de agregado fino y peso unitario suelto 1557.37 kg/m^3 , compacto de



1612.35 kg/m³ para agregado grueso. Los agregados del río Cutimbo, cemento Yura tipo IP, los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días, con una relación agua/cemento de 0.57. Con un módulo de fineza tiene un valor de 7.05. Según el diseño de mezclas obtenido en el laboratorio se tiene la siguiente proporción para (1 bolsa de cemento de 42.5 kg), tamaño Máximo Nominal = 1” y % de absorción = 2.76, la relación a/c = 0.57 = 19.5 L.

1.4 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Hipótesis general

La diferencia entre los valores de resistencia a la compresión del concreto $f'c$: 210 kg/cm², a diferentes altitudes sobre los 3800 m.s.n.m (desde los 3810 m.s.n.m. hasta los 5900 m.s.n.m.) en la región Puno es significativa.

1.4.2 Hipótesis específicas

Las características de los agregados de la cantera son aptas para el diseño de mezcla planteado.

La dosificación de mezcla varía de acuerdo a las características de los agregados para determinar la resistencia a la compresión $f'c$: 210 kg/cm² con el Cemento Rumi

La variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c$: 210 kg/cm² a diferentes altitudes sobre los 3800 m.s.n.m. a los 7, 14 y 28 días es significativa.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio de investigación se basa en el comportamiento del concreto $f'c$ = 210 kg/cm² sobre los 3800. m.s.n.m. Ya que a estas altitudes el concreto presenta grietas, fisuras, roturas, entre otros. Ya que la temperatura afecta de manera directa al



calor de hidratación del concreto lo cual afecta al tiempo previsto de determinadas construcciones. En el presente proyecto se busca interpretar el comportamiento mecánico del concreto. Al mismo tiempo, dará a conocer y despejará dudas sobre el comportamiento del concreto a temperaturas bajo cero y así conducir a construcciones más duraderas y seguras. La explicación metodológica presentada, ya que la forma en que se llevó a cabo la investigación, permite la aplicación de los diferentes procesos y metodologías aprendidas, las cuales servirán de ejemplo para futuras investigaciones sobre el tema en estudio. Finalmente tiene que ver con la sociedad, con la encuesta sabremos que altura de concreto funciona mejor, lo cual beneficiará mucho a la sociedad.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

Analizar comparativamente la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm^2 sobre los 3800 m.s.n.m (desde los 3810 m.s.n.m. hasta los 5900 m.s.n.m.) en la región Puno.

1.6.2 Objetivos específicos

Determinar las características del agregado grueso y agregado fino para el diseño de mezcla de concreto $f'c= 210$ kg/cm^2 .

Determinar la dosificación de mezcla adecuada para determinar la resistencia a la compresión $f'c = 210$ kg/cm^2 con el Cemento Rumi

Realizar el análisis comparativo del concreto $f'c= 210$ kg/cm^2 a diferentes altitudes sobre los 3800 m.s.n.m. (desde los 3810 m.s.n.m. hasta los 5900 m.s.n.m.)



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL CONCRETO

Según Pasquel (1999), el concreto es un material común o de uso común y se produce mezclando los tres ingredientes esenciales, cemento, agua y agregado, de los cuales el cuarto se combina arbitrariamente, lo que comúnmente se denomina aditivo.

Céspedes (2012), el concreto fue ampliamente utilizado por primera vez por los romanos, quienes erigieron importantes estructuras que aún se mantienen en pie. Sin embargo, tras la caída del Imperio Romano, la receta específica se perdió y el uso del material no volvió a aparecer hasta más de mil años. En 1824, un albañil de Leeds, Inglaterra, patentó una mezcla que llamó cemento Portland. El cemento Portland se exportó por primera vez a los EE. UU. En 1868 y sigue siendo la fórmula base que se utiliza en la actualidad (Shaeffer 1992), en el Perú inicialmente se trabajó con cemento importado de Europa, posteriormente a partir de 1915 con la llegada de importantes empresas constructoras extranjeras se comenzó a elaborar con cemento propio .

Rivera (2009), la mezcla apretada de los componentes del concreto ordinario produce una masa dúctil que se puede moldear y compactar con relativa facilidad; pero paulatinamente va perdiendo esta propiedad hasta que al cabo de unas horas se endurece y comienza a adquirir la forma, propiedades y propiedades de un sólido, para finalmente convertirse en un material mecánicamente resistente, el hormigón ha endurecido.



2.2 INGREDIENTES DEL CONCRETO

Torre (2004), el concreto fresco es una mezcla semilíquida de cemento Portland, arena (árido fino), grava o piedra triturada (árido grueso) y agua. A través de un proceso llamado hidratación, las partículas de cemento reaccionan químicamente con el agua y el concreto se endurece y se convierte en un material duradero. Cuando se mezcla, vierte y cura correctamente, el concreto forma estructuras fuertes que pueden soportar temperaturas extremas en invierno y verano sin un curado excesivo. El material utilizado en la preparación del concreto afecta la facilidad con la que se puede verter y terminar; también afecta cuánto tarda en curarse, qué tan fuerte es y qué tan bien realiza las funciones para las que fue diseñado.

2.3 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO

2.3.1 La pasta

Según Abanto (1995), la pasta de cemento (cemento más agua) llena los espacios entre las partículas de agregado y durante el fraguado crea cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregado. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica (generadora de calor) que siempre requiere agua para llevarse a cabo, la reacción (creación de cristales pegajosos) es mucho más intensa en los primeros días después de la producción del concreto, luego su resistencia disminuye gradualmente con el tiempo. Normalmente, dentro del concreto, algo de cemento no se combina con el agua, por lo que queda en forma de cemento no hidratado.

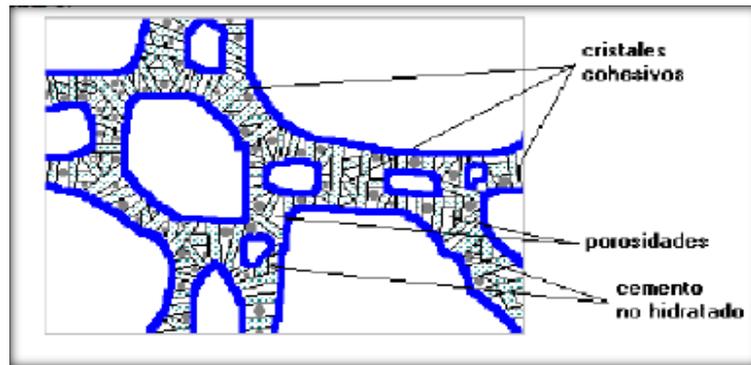


Figura 1. Comportamiento macroscópico específico

Fuente: “Design and Control of Concrete Mixtures” (2014).

2.3.2 El gel

Según Abanto (1995), el gel del cemento consiste en el cemento hidratado sólido y los poros de gel llenos de agua; esta agua será el agua del gel o agua absorbida. El agua del gel se visualiza como estando influenciada por las fuerzas de absorción, mientras que el agua capilar se considera como “agua libre”.

2.4 PROPIEDADES DEL CONCRETO

2.4.1 En estado fresco

Según Abanto (1995), es el concreto fresco desde que se mezcla hasta que fragua el cemento. Las propiedades del concreto fresco dependen de:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- Mezclado.
- Temperatura.



a. La trabajabilidad

Según Pasquel (1999), es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga.

La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.

Habrà una mayor trabajabilidad cuando:

- Contenga más agua. Repercute en la resistencia (Baja).
- Más finos.
- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- Fluidificantes / plastificantes.

b. Consistencia

Riva (2000), menciona que la consistencia es cuánto más fácil o menos fácil tiene el concreto fresco para deformarse o adaptarse a una forma dada.

La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de consistencia:

- Seca – vibrado enérgico.
- Plástica – vibrado normal.



- Blanda – apisonado.

- Fluida – barra.

Tabla 1. Consistencia del concreto

Consistencia	Asiento
Seca	0-2
Plástica	3-5
Blanda	6-9
Fluida	10-15

Fuente: Tecnología del concreto (Riva López, 2000)

Homogeneidad y uniformidad.

Según Carbajal (1999), es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa.

Uniformidad: se le llama cuando es en varias amasadas. Esta depende:

- Buen amasado.
- Buen transporte.
- Buena puesta en obra.

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

- Irregularidad en el mezclado.
- Exceso de agua.
- Cantidad y tamaño máximo de los agregados gruesos.

Esto provoca:

- **Segregación:** separación de los áridos gruesos y finos.
- **Decantación:** los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.

Compacidad.

Rivera (2009), es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del concreto. No se tiene en cuenta el aire ocluido.



2.4.2 En estado endurecido

A. Características físico-químicas.

a. Impermeabilidad

Carbajal (1999), el concreto es un sistema poroso y nunca será completamente impermeable. La permeabilidad se entiende como la capacidad de un material para permitir el paso de líquidos a través de sus poros.

Para conseguir una mayor impermeabilización se pueden utilizar aditivos impermeabilizantes manteniendo una relación agua-cemento muy baja. La permeabilidad depende de:

- Finura del cemento.
- Cantidad de agua.
- Compacidad.

b. Durabilidad.

Depende de los agentes agresivos, que pueden ser mecánicos, químicos o físicos.

Los que más influyen negativamente son:

- Sales.
- Calor.
- Agente contaminante.
- Humedad.

El efecto producido es un deterioro:

- Mecánico.
- Físico.



c. Resistencia térmica.

- Bajas temperaturas – hielo/deshielo (deterioro mecánico).
- Altas temperaturas $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

B. Características mecánicas.

a. Resistencia a compresión.

Abanto (1995), la resistencia a compresión del concreto se suele cuantificar a los 28 días, aunque en estructuras especiales como túneles y presas, o donde se utilizan cementos especiales, este tiempo puede ser inferior o superior a 28 días.

En túneles es bastante frecuente utilizar la resistencia a los 7 días o menos, mientras en presas se suele utilizar como referencia la resistencia a los 56 días o más.

Abanto (1995), la resistencia del concreto se determina sobre muestras cilíndricas estándar de 15 cm y 30 cm de diámetro. Alto, lo que lleva a la falla debido a un aumento relativamente rápido de la carga.

b. Resistencia a flexión

Abanto (1995), en general su valor corresponde a la resistencia a compresión del concreto a una cierta $f'c$, esta propiedad nos ayuda a diseñar estructuras que serán cargadas y donde es muy importante conocer esta propiedad.

2.5 EL CEMENTO

2.5.1 Cemento portland

Torre (2004), el cemento portland es un cemento hidráulico producido por inyección de Clinker, que consiste principalmente en silicato de calcio hidráulico y que



normalmente contiene una o más formas de sulfato de calcio añadido durante el proceso de molienda, es decir:

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

Céspedes (2012), el cemento Portland es un polvo verde muy fino. Cuando se mezcla con agua, forma una masa (masa) muy flexible y maleable, después de solidificarse y endurecerse, adquiere gran resistencia y durabilidad.

2.5.2 El Clinker Portland

Abanto (1995), es un producto semielaborado en forma de roca negra de aproximadamente $\frac{3}{4}$ ", obtenido por calentamiento de una mezcla de materiales calizos y arcillosos en proporciones adecuadas, hasta el inicio de la fusión (Clinkerización) a 1450 °C. Está compuesto químicamente por Silicatos de calcio, aluminatos de calcio, ferro aluminatos de calcio y otros en pequeñas cantidades, los cuales se forman por la combinación del Óxido de Calcio (CaO) con los otros óxidos: dióxido de silicio (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido férrico (Fe₂O₃).

Pasquel (1999), el Clinker Portland se enfría rápidamente y se almacena en canchas al aire libre.

2.5.3 Materias primas del cemento portland

Las principales materias primas necesarias para producir cemento portland son:

a. Materiales calcáreos

Torre (2004), deben tener un contenido adecuado de carbonato de calcio (Co₃Ca) dentro del 60% y no deben contener más de 1.5% de magnesio. Aquí tenemos calizas, yesos y calizas en general, que aportan óxido de calcio o cal.



b. Materiales arcillosos

Abanto (1995), deben contener sílice en cantidades entre 60% y 70%. Estos materiales aportan dióxido de silicio o sílice y también óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos esquisto, esquisto y arcilla en general.

c. Minerales de hierro

Aportan óxido de hierro en pequeñas cantidades. En algunos casos, vienen con arcilla.

d. Yeso

Aporta el sulfato de calcio.

2.5.4 Proceso de fabricación

Extracción de la materia prima

Pasquel (1999), esto se hace con extracción de depósitos al aire libre. Los materiales debidos a las explosiones se transportan a camiones para moler, cargados de manera similar con palas o cargadores de alta capacidad. Este paso incluye procesos para explorar, taladrar, descargar y transportar.

Trituración de la materia prima

Torre (2004), se elabora en dos etapas, se procesa inicialmente en un molino primario, del tipo de cono que puede reducir el tamaño máximo de 1,5 m a 25 cm. (Trituración primaria). El material se deposita en un botadero y, luego de comprobar su composición química, se somete a una segunda trituración, reduciéndose el tamaño a unos $\frac{3}{4}$ ".



Pre – homogenización

Pasquel (1999), los materiales triturados son transportados por cinta transportadora a la fábrica, al almacén de materia prima. En algunos casos, se realiza la homogeneización del dinero.

Molienda de crudos

Rivera (2009), este proceso se realiza mediante molino de bolas o prensa de rodillos que produce material muy fino además de dosificar el material con precisión para obtener el crudo óptimo que será el crudo que ingresa al horno.

Homogenización

Pasquel (1999), el crudo finamente molido debe ser homogeneizado para asegurar una calidad de Clinker constante, lo que significa que en esta etapa se debe asegurar la composición química constante del crudo. Cuando el material se homogeneiza, se transporta por cinta transportadora al intercambiador de calor.

Intercambiador de calor (Pre calentador)

Abanto (1995), consiste en edificios que tienen una torre de tornado encima de la otra, llamada pre calentador. El crudo homogeneizado pasa a través del extremo superior de este pre calentador, pasa a través de los ciclones colectores de calor residual aspirados junto con el gas combustible que sale del horno aguas arriba de la materia prima entrante, luego se calienta este crudo. Por la acción de los gases producidos en el horno y activando así la des carbonización y conversión térmica del crudo. Durante este período, la temperatura puede alcanzar los 850 °C (en la entrada del horno rotatorio) y en la parte superior (zona de escape del pre calentador) una temperatura de unos 280 °C. La base de este edificio es el sistema de precalentamiento. Antes de entrar al horno rotatorio.



Clinkerizacion

Torre (2004), esta es la zona más importante del horno rotatorio, que es el elemento básico para la producción de cemento, se trata de un tubo cilíndrico de acero con un diámetro de a 5 metros. Longitud de 70 a 80 metros. y las que van recubiertas por dentro con material refractario para conseguir Clinker, la temperatura tiene que estar entorno a los 1500 °C, el proceso en sí es muy complicado, podemos decir que empieza con la introducción del crudo des carbonizado en el horno rotatorio y por efecto del calor generado por la combustión de carbón o fuel oíl en un quemador ubicado en el extremo de salida, al sufrir transformaciones físico-químicas.

Enfriamiento

Torre (2004), todos los minerales hidráulicamente activos deseables en el Clinker no permanecen estables después de la fundición del Clinker, por lo que el Clinker caliente debe enfriarse rápidamente, es decir, cuando el Clinker se descarga del horno, se convierte en la tercera parte del proceso de fabricación del Clinker. El circuito se produce en el enfriador. Estos enfriadores se ubican a la salida del horno y recibirán toda la carga del material que sale del horno a temperaturas entre 1000 y 1100 °C, se componen de varias superficies escalonadas entre placas fijas y placas móviles alternando con pequeños orificios pasantes. Por donde pasa el aire, se sopla desde abajo bajo la acción de un ventilador para enfriar el Clinker a unos 120 °C y luego almacenar el material a esta temperatura en cuartos de almacenamiento.

Molienda del Clinker

Pasquel (1999), mediante extracción controlada, el Clinker ingresa a un molino de bolas o prensa de rodillos, donde se logra una alta superficie específica de las partículas de cemento.

Envasado y despacho

Pasquel (1999), normalmente, el cemento se comercializa en sacos de 42.5 kg, dependiendo de los requerimientos del usuario, el cemento también se puede enviar a granel.

2.5.5 Composición química

a. Componentes químicos

Abanto (1995), la composición química del cemento Portland se expresa como porcentaje del contenido de óxido. Los principales óxidos son: cal, sílice, alúmina y óxido de hierro, totalizando del 95% al 97%. En pequeñas cantidades, también están presentes otros óxidos: magnesio, dióxido de azufre, álcali y otros óxidos menos importantes. Así tenemos:

Tabla 2. Composición química del concreto

Oxido componente	Porcentaje típico	Abreviatura
CaO	58%-67%	C
SiO ₂	16%-26%	S
Al ₂ O ₃	4%-8%	A
Fe ₂ O ₃	2%-5%	F
SO ₃	0.1%-2.5%	
MgO	1%-5%	
K ₂ O y NaO	0% - 1%	
Mn ₂ O ₃	0% - 3%	
TiO ₂	0% - 0.5%	
P ₂ O ₅	0% - 1.5%	
Perdida x calcinación	0.5% - 3%	

Fuente: Tecnología del concreto de alto desempeño
(Portugal Barriga, 2007)

b. Compuestos químicos

Rivera (2009), durante el proceso de calcinación en la producción de Clínter de cemento Portland, los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima, formando cuatro compuestos importantes. Los compuestos mayoritarios constituyen alrededor del 90%-95% del cemento, pero también están presentes, en menor cantidad, otros compuestos minoritarios.

Tabla 3. Compuestos químicos del concreto

Designación	Formula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricalcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C ₃ S	30% a 50%
Silicato dicalcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	C ₂ S	15% a 30%
Aluminato tricalcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	C ₃ A	4% a 12%
Ferro aluminato tetracalcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C ₄ AF	8% a 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre (periclasa)	MgO		

Fuente: Tecnología del concreto de alto desempeño (Portugal Barriga, 2007)

2.5.6 Propiedades de los compuestos principales

a. Silicato Tricálcico (C₃S), conocido también como alita.

- Retención de humedad y fraguado rápido
- Libera gran cantidad de calor de hidratación, es equivalente a 120cal/gr. Este compuesto es muy importante en el proceso hidrotermal del cemento
- Contribuye a una buena estabilidad volumétrica
- Contribuye a la resistencia a la intemperie

b. Silicato di cálcico (C₂S), conocido también como belita.

- Contribución a la resistencia después de una semana de edad
- Debido al porcentaje en el Clínter es la segunda sustancia más importante



- Se hidrata y endurece lentamente
- Contribuye a la resistencia a la intemperie con C_3S
- Su contribución a la estabilidad del volumen es regularmente

c. Aluminato tricálcico (C_3A)

- Es de primera hidratación, es decir, fragua muy rápido (Hidrata fuertemente)
- Desprende gran cantidad de calor en los primeros días de hidratación
- Incide levemente en la durabilidad mecánica
- Se tiene poca resistencia a la intemperie (efectos hielo y deshielo)
- Tiene poca estabilidad de volumen
- Resistente a los efectos de los sulfatos y al ataque químico pobre
- La temperatura de hidratación es equivalente a 207 cal/gr

d. Ferro aluminato tetra cálcico (C_4AF)

- Disminuye la temperatura de formación del Clinker
- Tasa de hidratación rápida
- Calor de hidratación equivalente a 100 cal/gr (moderado)
- Se desconoce su efecto sobre la resistencia mecánica
- Estabilidad pobre en volumen
- Afecta el color final del cemento

2.5.7 Propiedades del cemento

a. Finura o fineza

Pasquel (1999), en cuanto al grado de trituración del polvo, se expresa en términos de superficie específica, en m^2/kg . En el laboratorio hay 2 pruebas para determinarlo

- Permeabilímetro de Blaine



- Turbidímetro de Wagner

Importancia: Cuanto más fina es la finura, mayor es la resistencia, pero la temperatura de hidratación y el cambio de volumen aumentan. Cuanto mayor sea la finura del cemento, más rápida será la hidratación del cemento y mayor la fuerza de desarrollo.

b. Peso específico

Según Pasquel (1999), es referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm^3 . En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del Frasco de Le Chatelier

Importancia: Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas. Los pesos específicos de los cementos Portland son de aproximadamente 3.15

c. Tiempo de fraguado

Según Torre (2004), es el tiempo que transcurre entre la mezcla (agua y cemento) hasta la solidificación del lago. Se muestra en minutos. Se presenta como: Tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final. En el laboratorio existen dos métodos para calcular.

- Agujas de Vicat
- Agujas de Gillmore

d. Estabilidad de volumen

Representa la verificación de variaciones volumétricas por presencia de diluyentes, se expresa en % (Torre, 2004). En el laboratorio, se determina por:

- Ensayo en Autoclave



e. Resistencia a la compresión

Según Pasquel (1999), mide la capacidad mecánica del cemento para resistir una fuerza de compresión externa. Esta es una de las propiedades más importantes, se expresa en kg/cm^2 . En laboratorio se determina mediante ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero estándar de cemento-arena), se ensaya a diferentes edades: 7, 14 y 28 días. Importancia: Propiedad que decide la calidad de los cementos.

f. Contenido de aire

Según Rivera (2009), mide la cantidad de aire atrapado o atrapada en una mezcla (mortero), expresada en % como volumen total. En laboratorio se determina por el peso y volumen absolutos de mortero C-A en un molde cilíndrico estándar, importancia: Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %).

g. Calor de hidratación

Es el calor generado por reacción exotérmica (agua + cemento) al hidratar el cemento, se expresa en cal/gr y depende principalmente de C_3A y C_3S . En el laboratorio, se determina mediante la prueba del calorímetro de Langavant o la prueba de la botella al vacío Abanto (1995).

2.5.8 Tipos de cementos Portland

Son los constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso) Pasquel (1999). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

- Clase I: Destinado a usos que no requieren las propiedades especiales de ningún otro grado.
- Clase II: Uso general y especial donde se requiere resistencia moderada al



sulfato o temperaturas de hidratación moderada.

- Clase III: Uso donde se requiere alta resistencia.
- Clase IV: Para uso donde se desea baja temperatura de hidratación.
- Clase V: Uso donde se desea alta resistencia a los sulfatos.

2.6 AGREGADOS PARA EL CONCRETO

2.6.1 Introducción

En el pasado, se pensaba que los agregados eran partículas inertes en el concreto porque no interferían directamente con las reacciones químicas, la tecnología moderna ha demostrado que este material será un material con un alto porcentaje de cien uniones en una unidad de bloque de concreto. Propiedades y propiedades afectan a todas las propiedades del hormigón (Pasquel, 1999).

Según Abanto (1995), la influencia de este material en las propiedades del concreto tiene una influencia significativa no solo en el acabado y calidad final del concreto, sino también en la trabajabilidad y consistencia en el estado dúctil, así como en su ductilidad, tales como resistencia, resistencia, elasticidad y propiedades térmicas, cambio de volumen y unidad de masa del concreto endurecido.

Importancia

Para Torre (2004), los agregados en el concreto constituyen aproximadamente las tres cuartas partes del volumen, por lo que la razón de su selección adecuada, además del hecho de que los agregados débiles pueden limitar la resistencia del concreto, por otro lado, son estos factores los que aseguran la estabilidad volumétrica del concreto y la durabilidad.



Definiciones

Agregado

Según Abanto (1995), se define como un agregado constituido por todas las partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones se encuentran dentro de los límites establecidos en la NTP 00.011. Los áridos son la fase discontinua del hormigón y son el material embebido en la pasta y ocupan unos 75 % en volumen por unidad cúbica de concreto.

Tamaño máximo

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado (Abanto, 1995).

Tamaño nominal máximo

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido (Abanto (1995).

Módulo de fineza

Para Abanto (1995), es el criterio establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

Ecuación 1 : Ecuación de módulo de fineza

$$MF = \frac{\sum \%Acumulados\ retenidos\ (1\ 1/2",\ 3/4",\ 3/8",\ N^{\circ}4,\ N^{\circ}8,\ N^{\circ}16,\ N^{\circ}30,\ N^{\circ}50\ Y\ N^{\circ}100}{100}$$



2.6.2 Clasificación de agregados

Por su naturaleza

Según Torre (2004), los agregados pueden ser naturales o artificiales, donde la naturaleza se usa con frecuencia, adicionalmente los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregados gruesos, agregados finos y concretos (agregados).

a. El agregado fino

Se define como la sustancia que pasa por un tamiz de 3/8" y queda retenida en la malla N° 200 (Abanto, 1995). Más comúnmente arena por descomposición de la roca.

b. El agregado grueso

Según Pasquel (1999), es lo que queda retenido en el tamiz n°4 y proviene de la descomposición de las rocas puede clasificarse a su vez en piedra triturada y grava.

Por su densidad

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75 (Pasquel, 1999).

Por el origen, forma y textura superficial

Según Torre (2004), por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulosidades. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- Angular: Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.



- Sub angular: Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.

- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.
- Muy redondeada: Sin caras ni bordes

Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítrea
- Cristalina

Según Torre (2004), la textura de la superficie depende de la dureza, el tamaño del grano y las características de la roca madre. La forma y textura del material pueden afectar fuertemente la resistencia a la flexión del concreto, estas propiedades deben ser controladas en concreto de alta resistencia. También se puede decir que la forma y textura de la arena afecta el requerimiento de agua del concreto.

Por el tamaño del agregado

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras).

2.6.3 Propiedades del agregado

Propiedades físicas

a. Densidad



Pasquel (1999), menciona que la densidad depende de la gravedad específica de sus componentes sólidos, así como de la porosidad del material mismo. La densidad del agregado es especialmente importante cuando se requiere concreto de baja o alta densidad. La baja densidad también indica que el material es poroso, débil y muy absorbente.

b. Porosidad

Torre (2004), afirma que la palabra porosidad proviene de poro, lo que significa que el espacio no está ocupado por materia sólida en la partícula compuesta. Es una de las propiedades más importantes de los agregados debido a su influencia sobre otras propiedades de los agregados, que pueden afectar la estabilidad química, la resistencia a la abrasión, la resistencia mecánica y las propiedades elastoméricas, la densidad, la absorbencia y la permeabilidad.

c. Peso unitario

Céspedes (2012), indica que es el resultado de dividir el peso de las partículas por el volumen total incluyendo los huecos. Incluyendo el espacio intergranular, la forma de residencia de estas influencias. El procedimiento para determinarlo está estandarizado en ASTM C 29. Este es un valor útil, especialmente para convertir peso a volumen y viceversa. Para los agregados gruesos, por ejemplo, un peso unitario alto significa que hay muy poco espacio para llenar con arena y cemento.

d. Porcentaje de vacíos

Abanto (1995), es una medida de volumen expresada como un porcentaje de la distancia entre partículas. Del conjunto, depende de la disposición de las partículas, por

lo que su valor es relativo como en el caso de la unidad de peso. Se evalúa utilizando la siguiente expresión recomendada por la norma ASTM C 29.

Ecuación 2 ecuación de porcentaje

$$\% \text{ vacios} = \frac{(S \times W - P.U.C.)}{S \times W} \times 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso unitario compactado seco del agregado

e. Humedad

Abanto (1995), afirma que es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

Ecuación 3 : ecuación de porcentaje de humedad

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso natural} - \text{peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 10$$

Propiedades resistentes

a. Resistencia

Torre (2004), indica que la resistencia de los áridos depende de su composición, textura y estructura, y la resistencia del hormigón no debe ser superior a la del agregado; Si las partículas del agregado no están bien unidas entre sí, serán débiles.

Abanto (1995), menciona que la resistencia al aplastamiento o compresión del árido debe garantizar que se permita la resistencia total de los áridos cementosos. La



Norma Británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los áridos utilizando cilindros de 25 mm de diámetro y altura.

b. Tenacidad

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.

c. Dureza

Según Pasquel (1999), la dureza del agregado se define como la resistencia a la erosión, abrasión o desgaste general. La dureza de las partículas depende de su composición. De las rocas utilizadas en el concreto, deben ser resistentes al desgaste a la erosión y pueden ser cuarzo, cuarcita, sólido volcánico y roca silícea.

d. Módulo de elasticidad

Abanto (1995) define como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

Pasquel (1999), indica que el valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

Tabla 4. Módulo de elasticidad del concreto

Tipo de agregado	Módulo Elástico
Granitos	610000 kg/cm ²
Areniscas	310000 kg/cm ²
Calizas	280000 kg/cm ²
Diabasas	860000 kg/cm ²
Gabro	860000 kg/cm ²

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto (Torre,2004)



2.7 AGUA PARA EL CONCRETO

Torre (2004), se puede utilizar agua potable y agua que no tenga olor ni sabor. Para la preparación del concreto, sin embargo, también es posible utilizar algo de agua no potable si se cumplen ciertos requisitos, en nuestro país es común el uso de agua no potable, especialmente para obras de construcción en las afueras de la ciudad

Céspedes (2012), es de gran importancia estudiar las propiedades del agua utilizada en la mezcla de concreto porque este material interfiere en la reacción química con el aglutinante (cemento).

2.8 PROBLEMÁTICA DEL MATERIAL DE CONCRETO

Varias décadas después de la introducción del concreto armado, se reconoció como un problema la corrosión de los materiales de refuerzo de acero. Posteriormente se descubrió que los dos factores principales responsables de la corrosión del acero incrustado en el concreto eran:

La presencia de iones cloruro (sales) en el concreto circundante, y carbonatación progresiva de la capa de recubrimiento de concreto con exposición al dióxido de carbono atmosférico.

El principal mecanismo de degradación en las estructuras de concreto de ingeniería civil es la corrosión del refuerzo debido a la penetración de cloruros. La corrosión reduce la facilidad de servicio y la seguridad debido al agrietamiento y desconchado del concreto y la pérdida de la sección transversal del acero. Recientemente, el diseño de la vida útil ha pasado de estar basado en un desempeño prescriptivo.



2.8.1 La dificultad de la carbonatación

Como cualquier material, el concreto se deteriora en determinadas condiciones. Desde el comienzo del uso del concreto, se ha reconocido que cosas tales como ciclos de congelación/descongelación y de humedecimiento/secado, cargas mecánicas y formación de grietas inducidas por tensiones pueden afectar negativamente al concreto con el tiempo. El deterioro también puede resultar de fallas de diseño, formulación inadecuada del concreto, mano de obra y detalles inadecuados y falta de mantenimiento de rutina. Todos estos factores pueden acelerar el deterioro debido a la exposición al cloruro y la carbonatación (Hansson, Poursaee, Jaffer, 2012; PCA, 2002).

Cuando el acero se incrusta en el concreto, inicialmente se protege de la corrosión debido al hecho de que el concreto circundante es fuertemente alcalino ($\text{pH} > 12.5$). El concreto, sin embargo, es poroso, lo que permite la intrusión de gases ácidos como el CO_2 , que neutralizan progresivamente el concreto con el tiempo (reduciendo los niveles de pH a 8). Generando inmensos gastos anuales en rehabilitaciones o reparaciones de Estructuras de Concreto Reforzado (ECR) debido a la corrosión del acero de refuerzo (Arciga et al., 2020).

Si no se controla, la intrusión de CO_2 eventualmente eliminará la protección del acero incrustado. Una vez que se pierde la protección, el acero se vuelve vulnerable a la acción corrosiva del agua y el oxígeno y/o los cloruros. El proceso de intrusión de CO_2 y posterior neutralización del concreto es llamado carbonatación (Montani, 2000).

La carbonatación ocurre cuando el CO_2 atmosférico penetra en el concreto y reacciona con el cemento, el agente aglutinante del concreto, para formar carbonato de calcio. Ocurre más rápidamente a niveles de humedad relativa del 50-70%. En concreto bien formado y libre de grietas, el CO_2 penetra en las superficies de concreto lenta pero

inevitablemente, avanzando como un frente más o menos uniforme (Figura 2), con la tasa de penetración disminuyendo con el tiempo. No hay impacto sobre la corrosión hasta que el frente llega a unos 5 mm (0.2 pulgadas) del acero de refuerzo (Yoon, Çopuroğlu, and Park, 2007) (Figura 2b). La carbonatación avanza a una tasa de hasta 1.0 mm (0.04 pulgadas) por año en concreto de alta calidad (PCA, 2007).

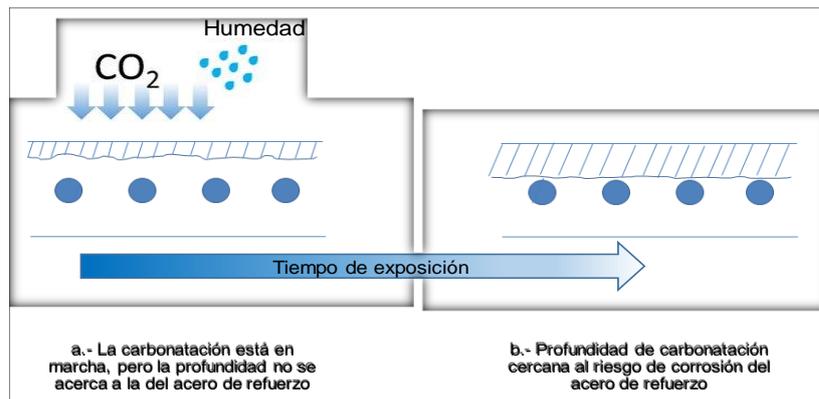


Figura 2. Carbonatación progresiva de superficies expuestas

Fuente: Adaptado de Eiras et al. (2015)

La corrosión reduce la resistencia del acero y puede provocar grietas. El agrietamiento puede ocurrir porque se forman óxidos a medida que el acero comienza a corroerse y estos óxidos ocupan un volumen mucho mayor que el acero original. Este aumento de volumen provoca el desarrollo de tensiones que pueden provocar el agrietamiento de la cubierta de concreto y un deterioro aún más acelerado (Surahyo, 2019).

La duración de la capa protectora define en gran medida la longevidad de una estructura de concreto reforzado con acero. En consecuencia, una consideración en el diseño de estructuras de concreto es la profundidad a la que se entierra el acero de refuerzo en la matriz de concreto, a menudo definida como el espesor del recubrimiento de concreto (Babiche, 2004).



Wang et al. (2010), encontraron que el aumento de los niveles de CO₂ aumentará la probabilidad de corrosión inducida por carbonatación en el concreto reforzado en todo el mundo, y que las temperaturas más altas probablemente aumentarían las tasas de deterioro.

Mientras que Bastidas-Arteaga et al. (2013), indicó que el cambio climático podría reducir el tiempo de falla de las estructuras de concreto armado hasta en un 31%.

Se puede ver que existen crecientes tasas de deterioro del concreto por diferentes causas, lo cual podemos resumir en lo siguiente: Aunque el deterioro de la infraestructura podría no ser tan dramático como el daño por incendios o terremotos, la magnitud de este problema en términos del ciclo de vida estructural, económico, los impactos sociales, ambientales y sociales en condiciones de carga de servicio eclipsan a los asociados con fallas en condiciones de carga severas. Los impactos económicos están asociados con el alto costo de mantenimiento, reparación o reemplazo de estructuras deterioradas, lo cual es sumamente oneroso para los propietarios de edificios, los departamentos de transporte, la industria de seguros y la sociedad.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS Y UBICACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

Puno se encuentra entre las coordenadas geográficas 15°50'15" S 70°01'18" W, desde la orilla occidental del lago Titicaca ubicado 3805, hasta una altura de más de 5800 msnm.

El clima de la región de Puno es montañoso, húmedo, con un ambiente altamente árido y severa radiación solar, precipitaciones anuales y muchas veces prolongadas de diciembre a abril, nevadas y granizos, en general las precipitaciones son inferiores a 700 mm. Las temperaturas muestran una diferencia entre los meses de junio y noviembre y con fluctuaciones entre una temperatura media máxima de 21°C y una mínima de -22 °C.

El estudio se realizó de octubre a diciembre del 2020. Los ensayos se realizaron con agregados de una cantera ubicada cerca de la ciudad de Juliaca, mientras que los ensayos incluyen la preparación, mezclado, moldeo y recojo de muestreo del concreto fresco se realizó en diferentes localidades tabla 5 ubicados a diferentes altitudes y en diferentes tiempos o edades de endurecimiento.

3.1.1 Población y muestra

Para la toma de muestras de concreto, se designaron ocho puntos ubicados en la región Puno, estos puntos fueron determinados en base a un muestreo estratigráfico sistemático (Alfaro y Gonzales, 2008). En periodo de octubre a diciembre del 2020 a intervalos de tiempo y espacio determinados.

Tabla 5. Ubicación de localidades y altitudes

Serie	Descripción	Altitud (msnm)
M-1	Pucara	3878.82
M-2	Ayaviri	3913.45
M-3	Juliaca	3837.05
M-4	Llaly	4002.08
M-363	Nuñoa	4037.36
M-366	Cupi	3978.23
M-369	Cabanillas	3889.78
M-374	Santa Lucia	4052.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Sinopsis de los parámetros climáticos.

Parámetros	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom. anual
T mín. °C	4.1	3.8	3.7	2.4	0.5	-1.1	-1.6	-0.5	1.3	2.2	3.2	4.0	1.8
T med. °C	8.6	8.6	8.4	7.4	5.5	4.2	3.9	5.0	6.5	8.0	8.9	8.9	7.03
T máx. °C	11.9	11.8	11.8	10.6	8.5	7.0	6.8	8.1	9.4	11.1	12.1	12.1	10.1
Precip. mm	171.2	172.4	138.2	52.4	14.5	5.0	5.3	13.8	35.7	34.1	59.1	113.4	815.1
Hd. Relativa %	63.3	62.2	67.2	54.8	48.2	43.3	46.8	43.5	50.5	50.5	52.7	56.0	53.25
Evaporación mm	116.5	96.5	101.7	97.2	98.1	88.2	92.4	106.6	117.4	144.5	141.7	130.0	1330.8
Nubosidad	6.8	6.3	6.1	4.5	3.4	2.7	2.3	2.3	3.7	3.9	5.1	6.4	4.5
Veloc. viento m/s	3.3	3.3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.3	3.4	3.6	3.6	3.5	3.3

Fuente: Elaboración propia



3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Tipo de investigación

3.2.1.1 Según su objetivo

La investigación se plantea para la solución de problemas, limitados en el ámbito de la construcción, por lo que, dependiendo del propósito que se persigue, se clasifica como investigación aplicada.

3.2.1.2 Según el nivel de profundidad

La presente investigación se enmarca dentro de la categoría de correlacional, ya que determina la variación de la resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en distintos puntos tomados en la región Puno, para luego realizar un análisis comparativo según su altitud, siendo su objetivo encontrar correlaciones entre variables para observar cómo reacciona una de ellas ante cambios en la otra.

3.2.1.3 Según el periodo temporal que se realiza

La investigación se centraliza en la comparación de resultados de resistencia 210kg/cm^2 , alcanzado a diferentes puntos y altitudes, por lo cual la presente investigación es un estudio de tipo transversal.

3.2.1.4 Según el grado de manipulación de variables

Algunas de las variantes específicas que se manipulan, como la temperatura, la humedad relativa y la resistencia del concreto, no se controlan adecuadamente. Por lo tanto, este estudio es parte de una investigación semi-empírica.



3.2.2 Muestra de estudio

3.2.2.1 Cantidad de testigos para la obtención de la resistencia a la compresión simple

Número de muestras cilíndricas de 150x300 mm producidas para comparar la resistencia a la compresión en concreto de $f'_{c} = 210 \text{ kg/cm}^2$; con la finalidad de evaluar la resistencia alcanzada a los 7, 14 y 28 días en diferentes altitudes en la región Puno.

3.3 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

3.3.1 Estudio y ubicación de la cantera de los agregados

Los agregados utilizados fueron extraídos de la cantera Juliaca-Cabanillas, la cual fue seleccionada para su posterior uso en la construcción de obras civiles en la región de Puno, además de ser más accesible y de calidad aceptable. Las canteras que están ubicados en cauces de ríos o cercanías de lo que fue un cauce de río, en este caso se tratan de una zona de sedimentación (Alfaro, 2011), son agregados transportados desde partes altas y que fueron arrastrados hasta el punto de interés, en este caso estos agregados son procesado por una planta comúnmente conocida como chancadora. La ubicación es adyacente a la carretera Juliaca –Arequipa km15 (Figura 3), el material es piedra chancada de ½” y arena gruesa (Figura 4).



Figura 3. Ubicación de cantera de los agregados

Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Verificación de agregados en cantera

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Verificación de procesamiento de agregados

Fuente: Elaboración propia



3.3.1.2 ENSAYOS REALIZADO A LOS AGREGADOS

Se han realizado pruebas tanto para agregados gruesos como finos, establecido en el manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016), conocido como “EM 2016”. Además, se ha considerado adicionalmente referencias a estándares internacionales.

El laboratorio donde se realizaron los ensayos y/o pruebas para la presente investigación fue el Laboratorio de Suelos, Concretos y Asfaltos GEOPERU de la ciudad de Puno.

Contenido de humedad

Abanto (1995), señala que el contenido de humedad se utiliza para expresar la relación de fase del aire, el agua y los sólidos en un volumen dado de material. Dado que el contenido de humedad se puede obtener de casi cualquier tipo de muestra, a menudo se usa para complementar el diagrama de fase.

a. Cálculos

$$W = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad (%)

W_w = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

W_s = Masa de la muestra seca en gramos.



3.2.2 Análisis granulométrico de agregado grueso y fino

3.3.2.1 Agregado fino

Torre (2004), se define como el paso por el tamiz de 3/8" y retenido en la malla N° 200, más comúnmente es arena resultante de la descomposición de la roca. El agregado fino está formado por arena natural o arena manufacturada de cualquier tamaño. Los gránulos pueden alcanzar los 10 mm.

3.3.2.2 Agregado grueso

Torre (2004), indica que el agregado grueso consiste en grava o una combinación de grava o agregado triturado con partículas predominantemente mayores de 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. Ciertos depósitos naturales, a veces llamados grava, provienen de minas, ríos, lagos o el lecho marino. El agregado triturado se produce triturando roca sedimentaria, roca esférica, adoquín o grava gruesa y producido a partir de la descomposición de la roca; puede clasificarse a su vez en piedra triturada y grava. El tamaño máximo de árido comúnmente utilizado es de 19 mm o 25 mm.

3.3.2.3 Análisis granulométrico:

Es para encontrar los distintos tamaños de las partículas de dicho árido, lo que se determina mediante tamizado a través de varias mallas o tamices de diferentes aberturas. Las granulometrías se expresan en términos de los porcentajes que pasan de material por cada tamiz utilizado respecto al total de material utilizado en el análisis (Pasquel, 1999).

Las curvas granulométricas se acostumbra dibujarlas en grafico en que las abscisas (eje de las X) indican las aberturas de los tamices y en las ordenadas (ejes de las Y) se indican los porcentajes pasantes correspondientes a cada tamaño

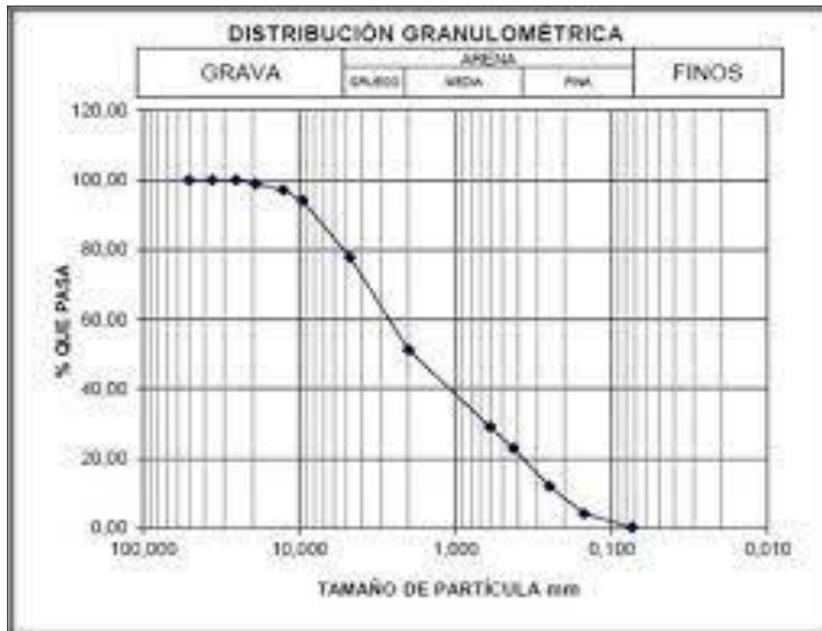


Figura 6. Distribución de curva granulométrica

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.4 Granulometría

Según Pasquel (1999), es la distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un pétreo.

3.3.2.5 Porcentaje retenido en un tamiz:

Abanto (1995) afirma que es el porcentaje en masa correspondiente a la fracción directamente retenida en un determinado tamiz.

3.3.2.6 Porcentaje retenido acumulado en un tamiz:

Según Céspedes (2012), es el porcentaje en masa de todas las partículas de mayor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la suma del porcentaje parcial retenido en ese tamiz más todos los porcentajes parciales retenidos en los tamices de mayor abertura.



3.3.2.7 Porcentaje acumulado que pasa por un Tamiz:

Es el porcentaje de todas las partículas de menor tamaño que la abertura de un determinado tamiz. Se calcula como la diferencia entre el 100% y el porcentaje acumulado retenido en ese tamiz (Pasquel, 1999).

3.3.2.8 Tamaño máximo del agregado.

Es la abertura que a través de la cual debe pasar el 100% del material.

3.3.2.9 Tamaño máximo nominal del agregado

Es el tamiz cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más.

3.3.2.10 Determinación del módulo de finura de los agregados

a. Módulo de fineza del agregado grueso

Para Abanto (1995), es la suma de los porcentajes acumulados retenidos de las mallas estándar por la suma dividida entre 100.

$$MF_{A.G.} = \frac{\sum \%Acum. Retenidos (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

b. Módulo de fineza del agregado fino

De acuerdo con la norma ASTM C 33/C 33M (2008), los agregados finos deben tener un módulo de finura entre 2.30 y 3.15, donde un valor más alto indica un tamaño de grano más grueso.

Porcentaje total acumulado retenido de mallas estándar para agregados finos (N^o4, N^o8, N^o16, N^o30, N^o50, N^o100) esta cantidad dividida por 100.

$$MF_{A.F.} = \frac{\sum \%Acum. Retenidos(N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

3.3.2 Propiedades del cemento Rumi

Según la ficha técnica del cemento Rumi, elaborado por la empresa Yura, es un cemento elaborado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Sus componentes hacen que el cemento Rumi tipo IP sea de alta durabilidad, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro. Se pueden listar las siguientes propiedades en la tabla 7, asimismo se hace una comparación con las normas técnicas peruanas y normas ASTM para cemento.

Tabla 7. Características técnicas del cemento Rumi tipo IP

Requisitos	Cemento Rumi tipo IP	Requisitos norma NTP 334.090 ASTM C-595		
Requisitos Químicos				
MgO (%)		6.0 max.		
SO ₃	1.5 a 3.0	4.0 max.		
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 4.0	5.0 max.		
Requisitos físicos				
Peso específico (gr/cm ³)	2.75 a 2.85			
Expansión en autoclave (%)	0.07 a 0.03	-0.20 a 0.80		
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270	45 a 420		
Contenido de Aire	2.5 a 8.0	12 max.		
Resistencia a los sulfatos				
% Expansión a los 6 meses	< 0.04	0.05 max.		
% Expansión a 1 año	< 0.05	0.10 max.		
Resistencia a la compresión				
	kg/cm²	MPa	kg/cm²	MPa
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 min.	13
7 días	225 a 255	22 a 25	204 min.	20
28 días	306 a 340	30 a 33.3	255 min.	25

Fuente: Ficha técnica Yura S.A., 2022

3.4 DISEÑO DE MEZCLA

Abanto (1995), menciona que, existen muchos métodos de cálculo para seleccionar y ajustar la proporción de concreto de peso normal. Sin embargo, todo basta con configurar una primera aproximación para ser confirmada con un vertedor de prueba de laboratorio o de campo, y hacer los ajustes necesarios para producir las propiedades deseadas del concreto.

Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), asociación civil sin fines de lucro, que promueve la investigación para mejorar la construcción; En su publicación costos y presupuestos en construcción, realizó un diseño compuesto con fines prácticos, utilizando tablas ACI, determinando el cálculo de materiales cuantificados para la preparación del concreto desarrollado en el presente.

3.4.1 Pasos del diseño de mezcla, método ACI

Paso 1: Obtención del asentamiento.

Si no se especifica el asentamiento, se puede seleccionar de acuerdo con la tabla 8.

Tabla 8. Asentamientos para diferentes tipos de construcción

Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción		
Tipo de construcción	Slump	
	Máximo (pulg)	Mínimo (pulg)
- Zap. y muros de cimentación reforzados	3	1
- Zap. simples, caissons y muros de subestructura	3	1
- Vigas y muros reforzados	4	1
- Columnas de edificios	4	1
- Pavimentos y losas	3	1
- Concreto masivo	2	1

Los Valores Máximos pueden ser incrementados en 1" para métodos de consolidación diferentes de vibración.

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004

PASO 2: Selección del tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo de árido debe ser el mayor económicamente compatible y adecuado al tamaño de la estructura; También nos puede ayudar en la maniobrabilidad.

PASO 3: Estimación del agua de mezclado

La cantidad de agua requerida para lograr un revenimiento dado depende del tamaño máximo, la forma de las partículas y la distribución del tamaño de los agregados. La Tabla 8 proporciona una estimación del agua de mezcla para diferentes tamaños de agregados.

La tabla 9 se puede tomar en cuenta para determinar la cantidad de agua por metro cúbico; Para el diseño se seleccionó la siguiente tabla:

Tabla 9. Volumen unitario de agua en L/m^3 para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencias indicadas

Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Volumen de agua para concretos sin aire incorporado								
1" @ 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" @ 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" @ 7"		243	228	216	202	190	178	160
% de aire atrapado (normal)								
Aire	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Volumen de agua para concretos con aire incorporado								
1" @ 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" @ 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" @ 7"		216	205	197	184	174	166	154
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004

PASO 4: Selección de la relación agua-cemento.

Para determinar la relación agua-cemento

Tabla 10. Relación agua - cemento.

Relación agua - cemento de diseño en peso		
f 'cr (28 días)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004

PASO 5: Contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\text{)}}{\text{relacion } \frac{a}{c} \text{ para } f_{cr}}$$

PASO 6: Contenido de agregado grueso

Tabla 11. Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto.

Tamaño máximo nominal	volumen de agregado grueso seco y compactado, por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura de agregado fino				
	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.7
3"	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004



PASO 7: Contenido de volumen absoluto y contenido de agregado fino

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{Peso específico} \cdot 1000}$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Volumen unitario agua}}{\text{Peso específico} \cdot 1000}$$

$$\text{Aire} = 2\%$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{\text{Peso de agregado grueso}}{\text{Peso específico} \cdot 1000}$$

Agregado total volumen conocido

$$\text{Volumen absoluto agregado fino} = (1 - \text{suma Agreg. o al conocido})$$

$$\text{Peso agregado fino seco} = (\text{Vol. Abs. agregado fino}) * (\text{peso específico de masa})$$

PASO 8: Ajustes por contenido de humedad de los agregados

$$\text{Peso agregado grueso húmedo (kg)} = [\text{peso del agregado grueso seco (kg)}] \cdot a\%$$

$$\text{Peso agregado grueso húmedo (kg)} = [\text{Peso del agregado fino seco (kg)}] \cdot c\%$$

$$\text{Agua en agregado grueso} = [\text{peso del agreg. grueso seco (kg)}] * (a\% - b\%) = X \text{ kg}$$

$$\text{Agua en agregado fino} = [\text{peso del agreg. fino seco (kg)}] * (c\% - d\%) = Y \text{ kg}$$

$$\text{Agua de mezclado neta} = \text{agua de (kg)} - (X - Y)$$

Donde:

Agregado grueso: Humedad total: a%

% absorción: b%

Agregado fino: Humedad total: c%

% absorción: d%

PASO 9: Las proporciones en peso.

Descripción	m ³	Proporción (1bol)
Cemento:	kg	
Agregado grueso:	kg	
Agregado fino:	kg	
Agua neta:	L	



3.4.2 Elaboración de testigos de concreto

Se produjeron muestras cilíndricas de concreto, luego se sometieron a las condiciones atmosféricas del área, para sugerir y comparar escenarios de curado como el curado estándar (inmersión en agua).

Procedimiento para la elaboración del concreto

Para el proceso de construcción se pesan los materiales componentes, utilizando una balanza de precisión, lo cual se separan los agregados mediante una malla de 3/8” para obtener agregado grueso y fino.

Se prepara un molde cilíndrico de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura con un desmolde ante para que el concreto no se pegue a la pared.

La colocación del material se realiza de la siguiente manera, primero con agua, seguido de árido grueso y árido fino.

La mezcla se lleva a cabo en un dispositivo de 9-11 pie³ de capacidad. En unos 2 minutos; luego se hace la prueba de asentamiento con el Cono de Abrams, el cual debe ser de 3-4 pulgadas de tamaño. (Flexibilidad). Luego verter en los moldes necesarios.

Equipos y/o instrumentos utilizados

Balanza electrónica de precisión

- Mezcladora de concreto de 4.5 pies³
- Varilla de acero con punta redondeada de 5/8” para realizar el compactado de la mezcla.
- Martillo de goma de 0.5 kg.
- Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería

Moldeado de los cilindros de prueba

- Para la toma de muestras (muestras cilíndricas) se utilizaron moldes cilíndricos de 6" de diámetro y 12" de altura según norma NTP 339.183 (2013).
- Especímenes fabricados de acuerdo con las normas anteriores.
- Se instalaron moldes cilíndricos sobre una superficie plana.
- Una capa con desmolde ante modificado en la pared y base inferior de la matriz cilíndrica.
- Los moldes se rellenan en tres capas de igual espesor.
- Compactación en capas.
- Parte superior nivelada con losa de mampostería.
- Finalmente, se marca en el plano la fecha y la resistencia del concreto vertido

Proceso de curado de testigos

El curado del concreto se realiza de tres formas distintas; el primero es por un método de tratamiento húmedo que consiste en colocar en un tanque de tratamiento estandarizado, con esos tanques acondicionados para realizar un curado controlado, y se mantienen sumergidos durante 7, 14 y 28 días, según el caso.



Figura 7. Curado de testigos de concreto

Fuente: Elaboración propia

ENSAYOS AL CONCRETO

Asentamiento

También se le conoce como Slump o revenimiento, nos ayuda a determinar la resistencia del concreto y se utiliza como parámetro en el diseño del concreto. La NTP 339.035 (2009) recomienda el procedimiento a seguir para lograr el asentamiento del concreto de 3” a 4”



Figura 8. Ensayo de asentamiento (cono de Abrams)

Fuente: Elaboración propia

Ensayo de resistencia del concreto a compresión axial

La prueba se realiza de acuerdo con la norma ASTM C 39 (2017), el método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. En este método, se aplica continuamente una carga axial a la parte superior de la pieza de prueba hasta que se alcanza el punto de fractura. De la probeta, la resistencia a la compresión es el cociente resultante de la carga máxima aplicada dividido por la superficie media de la probeta antes de la rotura.

La resistencia a la compresión de una muestra cilíndrica está determinada por la fórmula:

$$f_c = \frac{P}{A} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right); A = \frac{\pi \Phi^2}{4}$$

Donde:

$f'c$: Rotura a la compresión del concreto (kg/cm^2).

P: Carga de rotura (kg).

Φ : Diam. De la probeta cilíndrica (cm).

A: Área prom. De la probeta (cm^2).

b. Procedimiento

1. Tome medidas de muestras de concreto, como diámetro, altura, peso.
2. Coloque la muestra a ensayar lo más centrada posible (mueva el extremo superior hacia arriba) y asegúrela moviendo mecánicamente la parte superior. Evite que cualquier cosa entre en el área de contacto entre el dispositivo y la cabeza.
3. Carga aplicada, se debe tener cuidado al leer la pantalla de la máquina de prueba.



Figura 9. Ensayo a la compresión axial

Fuente: Elaboración propia

3.5 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Dependiendo del problema de investigación, el contexto y el estado de la técnica, se espera lograr los siguientes resultados:

Se realizaron probetas de concreto de resistencia $f'c=210 \text{ kg}/\text{cm}^2$, los cuales fueron puestos en distintos puntos de la región puno, curados en los distintos puntos y para luego realizar los ensayos a la compresión a los 7, 14 y 28 días, se evaluó de acuerdo al RNE E.060



(2009) para verificar los resultados alcanzados en los distintos puntos y realizar el análisis comparativo. El análisis comparativo se realizó mediante los métodos estadísticos iniciando con la estadística descriptiva, análisis de varianza.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Características de los agregados

Se realizó pruebas para el agregado grueso y el agregado fino como lo indica el Procedimiento de Ensayo de Materiales (MTC, 2016). Además, se tomó como referencia normativa internacional.

Se realizó las pruebas para la presente investigación, en GEOPERU Laboratorio de suelos, concreto y asfalto de la ciudad de Puno.

4.1.1.2 Contenido de humedad

La prueba se efectuó de acuerdo al Método de ensayo para la determinación de la humedad del suelo, según ASTM D 2216 (1998).

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula (Alfaro & Espinoza, 2021), presentándose los resultados en la tabla 12 y 13.

$$w = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

Tabla 12. Contenido de humedad de muestra

Nro. De Tara	T-20	T-45	T-55
P. de Tara	39.59	40.46	41
P. de Tara + M. Húmeda	153.08	164.07	154.01
P. de Tara + M. Seca	149.87	159.98	150.98
P. de Agua	3.21	4.09	3.03
P. Muestra Seca	110.28	119.52	109.98
Contenido de humedad W%	2.91	3.42	2.76
Promedio cont. Humedad W%		3.03	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 13. Contenido de humedad de la muestra

Nro. De Tara	T-103	T-18	T-111
Peso de Tara	28.59	27.66	29.46
Peso de Tara + M. Húmeda	253.84	244.97	268
Peso de Tara + M. Seca	241.5	233.2	255.08
Peso de Agua	12.34	11.77	12.92
Peso Muestra Seca	212.91	205.54	225.62
Contenido de humedad W%	5.80	5.73	5.73
Promedio cont. Humedad W%		6.10	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla 11 se muestra los resultados del contenido de humedad del agregado grueso 3.03% y en la tabla 12 se muestran los resultados del contenido de humedad del agregado fino que da como resultado de 5.75% los cuales estos datos servirán para realizar el diseño de mezcla correspondiente a un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

4.1.1.3 Estudio granulométrico de agregado grueso y fino

La prueba se efectuó de acuerdo al manual MTC (EM, 2016): Estudio granulométrico de compuesto grueso y fino.

a. Espécimen

Agregado fino: La masa de la muestra de compuesto fino después de absorber la humedad debe ser de al menos 300gr.

Agregado grueso: se calcula la cantidad de muestra de agregado grueso después del secado y los resultados se muestran en la Tabla 14

Tabla 14. Análisis granulométrico del agregado grueso

tamices astm	Abertura Mm	peso retenido	%retenido parcial	%retenido acumulado	% que pasa	especific. 1"	
						astm c-33-54	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.400	750.00	7.53	7.53	100.00	90	100
3/4"	19.050	1245.00	12.51	20.04	79.96	40	85
1/2"	12.700	2445.00	24.56	44.60	55.40	10	40
3/8"	9.525	1780.00	17.88	62.48	37.52	0	15
No4	4.760	3735.00	37.52	100.00	0.00	0	5
No8	2.380						
No16	1.190						
No30	0.590						
No50	0.300						
No100	0.149						
No200	0.074						
Base							
Total		9955.00	100.00				
% perdida							

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El resultado del análisis granulométrico por tamizado realizado al agregado se presenta en la tabla 13. Los valores se encuentran entre los rangos o especificaciones recomendadas, para cada una de las mallas según ASTM C-33.

La curva granulométrica del agregado grueso se presenta en la figura 10, mostrándose que cumple las especificaciones del uso granulométrico recomendado para este tipo de agregado (Abanto, 1995).



b. Módulo de fineza para el agregado fino

Según la norma ASTM C 33/C 33M (2003), propone que los agregados finos tienen un módulo de finura de 2.30 a 3.15, un valor mayor indica un tamaño de grano más grueso.

$$MF_{A.F.} = \frac{\sum \%Acum. Retenidos(N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

El módulo de fineza del agregado fino ensayado es: $MF_{A.F.} = 2.87$

4.1.1.5 Peso específico y absorción del agregado grueso - fino

El ensayo se realizó de acuerdo a EM 2016, MTC E 206: Gravedad específica y absorbancia de agregados gruesos, con base en la NTP 00.021 (2002).

a. Cálculos e informe

Los cálculos y estimación del peso específico y absorción del agregado grueso se presentan en la tabla 15, los cuales se encuentran en el rango para este tipo de muestras.

Tabla 16. Peso específico y absorción del agregado grueso – fino

<u>Peso específico y absorción de agregado fino</u>		
i.- Datos		
s	Peso de la arena superficialmente seca	500.00
b	Peso del picnómetro + peso del agua	985.00
c	Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua	1345.00
a	Peso de la arena secada al horno	482.00
ii.- Resultados		
1	Peso específico aparente (a/(b+s-c))	3.44
2	Peso específico aparente SSS	2.44
4	Porcentaje de absorción: %abs((8-6)/6)	3.73%
	porcentaje de porosidad	3.60%
<u>Peso específico y absorción de agregado grueso</u>		
i.- Datos		
a	Peso de la muestra secada al horno	962.00
s	Peso de la muestra saturada superficialmente seca gr.	1000.00
	Peso de la canastilla sumergida	1641.00
	Peso de la canastilla sumergida + muestra SSS sumergida	1890.00



c	Peso de la muestra saturada superficialmente seca sumergida en agua	876.00
ii.- Resultados		
1	Peso específico aparente (a/(s-c))	7.76
2	Peso específico aparente SSS	2.35
4	Porcentaje de absorción: %abs((8-6)/6)	3.95%
	Porcentaje de porosidad	3.80%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla 15 se muestran los resultados del peso específico y absorción del agregado grueso teniendo como resultados el porcentaje de absorción de 3.73% y el porcentaje de porosidad de 3.60% así como también los resultados de los agregados finos con un porcentaje de absorción de 3.95% y el porcentaje de porosidad de 3.80% los cuales están dentro del rango al EM 2016 y servirán para realizar el diseño de mezcla correspondiente del presente proyecto.

4.1.2 Resultados de diseño de mezcla

En general, existen muchos métodos de cálculo para seleccionar y ajustar la proporción de hormigón de peso normal. Sin embargo, todo basta con configurar una primera aproximación para ser confirmada con un vertedor de prueba de laboratorio o de campo, y hacer los ajustes necesarios para producir las propiedades deseadas del concreto.

Cámara Peruana de la Construcción CAPECO, promueve la investigación para mejorar la construcción; En su publicación Costos y Presupuestos en construcción, realizó un diseño compuesto con fines prácticos, utilizando tablas ACI, determinando el cálculo de materiales cuantificados para la preparación del concreto.

Diseño de mezclas para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - método CAPECO – ACI

Datos de diseño

- Resistencia: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$
- Clima : frío
- Temp. Ambiente: $-4 \text{ }^\circ\text{C}$ a $17 \text{ }^\circ\text{C}$ (Temperatura promedio en Puno)



- Control en obra: En las tablas del CAPECO

Es posible determinar el alcance del control de calidad que se implementará en el proyecto, dependiendo de los ajustes a realizar. En nuestro caso, trabajaremos con materiales variables, dosificando por volumen, sin supervisión profesional.

PASO 1: Asentamiento.

Tabla 17. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipo de Construcción	Slump	
	Máximo (pulg)	Mínimo (pulg)
- Zap. y muros de cimentación reforzados	3	1
- Zap. simples, caissons y muros de subestructura	3	1
- Vigas y muros reforzados	4	1
- Columnas de edificios	4	1
- Pav. y losas	3	1
- Concreto masivo	2	1

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004

En la tabla 17 se muestra los asentamientos para los diferentes tipos de construcción de lo cual en la presente investigación se trabajará con asentamiento de 3” a 4”.

PASO 2: Tamaño máximo del agregado.

El tamaño máximo de agregado debe ser el mayor económicamente compatible y adecuado al tamaño de la estructura; también nos puede ayudar en la maniobrabilidad.

$$T.M. = 3/4''.$$

PASO 3: Agua de mezclado

La cantidad de agua requerida para lograr un revenimiento dado depende del tamaño máximo, la forma de las partículas y la distribución del tamaño de los agregados.

La Tabla 18 proporciona una estimación del agua de mezcla para diferentes tamaños de agregados.

Para el diseño se seleccionó la siguiente tabla:

Tabla 18. Volumen unitario de agua en L/m³

Volumen unitario de agua en L/m³ para los tamaños máximos nominales del agregado grueso y consistencias indicadas								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Volumen de agua para concretos sin aire incorporado								
1" @ 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" @ 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" @ 7"	243	228	216	202	190	178	160	160
% de aire atrapado (normal)								
Aire	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Volumen de agua para concretos con aire incorporado								
1" @ 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" @ 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" @ 7"	216	205	197	184	174	166	166	154
% de aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Extrema	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004

La tabla 18 muestra el volumen unitario de agua en l/m³ y con los datos obtenidos anteriormente se ingresan los valores de TM=3/4" y Asent. de 3" a 4"; ingresamos a la Tabla 18, calculamos el volumen unitario de agua=205 L/m³.

PASO 4: Relación agua-cemento.

Para la determinación de la relación de agua – cemento, trabajamos con las relaciones de la tabla 19 determinamos para $f'c = 294 \text{ kg/cm}^2$ la relación a/c realizando una interpolación:

Tabla 19. Relación agua - cemento.

Relación agua - cemento		
f 'cr (28 días)	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004

En la tabla 19 se muestran los diversos valores de la relación agua – cemento en nuestro caso para la presente investigación utilizaremos en valor $a/c=0.54$.

PASO 5: Contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}\text{)}}{\text{relacion } \frac{a}{c} \text{ para } f'_{cr}}$$

$$\text{Contenido cemento} = 377.2 \text{ kg/m}^3 = 8.88 \text{ bolsas/m}^3$$

PASO 6: Contenido de agregado grueso

La masa de agregado grueso por unidad de volumen se estima de acuerdo a la Tabla 20

Tabla 20. Volumen de agregado grueso seco y compactado.

Tamaño máximo nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del agregado fino				
	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.7
3"	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto, UNI 2004

Con un módulo de finura de agregado fino de 2.87 y tamaño total nominal de 3/4", ingresamos a la tabla respectiva e interpolamos

Módulo de Finura cantidad de agregado grueso (m³).

3.0 ----- 0.60

TMN=3/4" 3.14 ----- X

3.2 ----- 0.58

$X = 0.60$

Obtenemos que el volumen del agregado grueso por unidad de volumen es: 0.60

Cant. Agregado (kg) = [Vol. Agregado grueso (m³)] unitario Compact. (kg/m³).

Agregado grueso = $0.60 \times 1551.79 = 927.77$ kg

Peso del agregado grueso = 931.07 kg

PASO 7: Contenido de volumen absoluto y contenido de agregado fino

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{Peso específico} \times 1000} = \frac{377.20}{2.92 \times 1000} = 0.129 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Volumen unitario agua}}{\text{Peso específico} \times 1000} = \frac{215}{1.0 \times 1000} = 0.215 \text{ m}^3$$



$$\text{Aire} = 2\% = 0.02$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{\text{Peso de agregado grueso}}{\text{Peso específico} \cdot 1000} = \frac{931.07}{2.35 \cdot 1000} = 0.396 \text{m}^3$$

Agregado total volumen conocido = 0.760m³

Volumen absoluto agregado fino = (1 – suma agreg. o al conocido)

Volumen absoluto agregado fino = (1– 0.760)

Volumen absoluto agregado fino = 0.240

Peso agregado fino seco = (Vol. Abs. agregado fino) * (peso específico de masa)

Peso agregado fino seco = (0.240)*(2350) = 563.11 kg

PASO 8: Ajustes por contenido de humedad de los agregados

Peso agregado grueso húmedo (kg) = [peso del agregado grueso seco (kg)] \times a% Peso

Peso agregado grueso húmedo (kg) = [Peso del agregado fino seco (kg)] \times c%

Agua en agregado grueso = [peso del agreg. grueso seco (kg)] * (a% – b%) = X kg

Agua en agregado fino = [peso del agreg. fino seco (kg)] * (c% – d%) = Y kg

Agua de mezclado neta = agua de (kg) – (X -Y)

Donde:

Agregado grueso: Humedad total: a%

%absorción: b%

Agregado fino: Humedad total: c%

%absorción: d%

Peso agregado grueso húmedo = [927.77]*(1+3.56%) = 960.80 kg

Peso agregado fino húmedo = [605.12]*(1+5.75 %) = 639.91 kg

Agua en agregado grueso = [927.77]*(3.56 % – 4.13%) = -5.28

Agua en agregado fino = [605.12]*(5.75 % – 3.49 %) = 13.68 kg

Agua de mezclado neta = (205) – (-5.28-13.68) = 186.04 L



PASO 9: Las en volumen en obra serán.

Finalmente, las proporciones calculadas para cada uno de los componentes de concreto según el diseño realizado, se tienen los siguientes valores.

Descripción	Proporción (1bol)
Cemento:	1
Agregado grueso:	2.61
Agregado fino:	2.27
Agua neta:	21.72 L

Elaboración de testigos de concreto

Se produjeron las muestras cilíndricas de concreto, para luego seguir las condiciones atmosféricas de la zona, para proponer y comparar situaciones de curado como estándar de mantenimiento (sumergido en agua).

Procedimiento para la elaboración del concreto

Para el proceso de construcción se pesan los materiales componentes, utilizando una balanza de precisión, antes de lo cual se separan los agregados mediante una malla de 3/8" para obtener agregado grueso y fino.

Se prepara un molde cilíndrico de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura con un desmolde ante para que el hormigón no se pegue a la pared.

La colocación del material se realiza de la siguiente manera, primero con agua, seguido de agregado grueso y fino.

La mezcla se lleva a cabo en un dispositivo de 4.5 pie³ de capacidad, en unos 2 minutos; luego se hace la prueba de asentamiento con el cono de Abrams, el cual debe ser de 3-4 pulgadas de tamaño (flexibilidad). Luego verter en los moldes necesarios.



Figura 12. Manipulación de componentes y mezclado del concreto

Fuente: Elaboración propia

Equipos y/o instrumentos utilizados

- Balanza electrónica de precisión
- Mezcladora de concreto de 9-11 pies³
- vara no corrugada de 5/8” para realizar el compactado de la mezcla.
- Martillo de goma de 0.5 kg.
- Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería



Figura 13. Pesado de ingrediente en la ciudad de Juliaca

Fuente: Elaboración propia

Moldeado de los cilindros de prueba

- Para la toma de muestras (muestras cilíndricas) se utilizaron moldes cilíndricos de 6” de diámetro y 12” de altura según norma NTP 339.183 (2013).
- Especímenes fabricados de acuerdo con las normas anteriores.

- Se instalaron moldes cilíndricos sobre una superficie plana.
- Una capa con desmolde ante modificado en la pared y base inferior de la matriz cilíndrica.
- Los moldes se rellenan en tres capas de igual espesor.
- Compactación en capas.
- Parte superior nivelada con losa de mampostería.
- Finalmente, se marca en el plano la fecha y la resistencia del concreto vertido.



Figura 14. Moldeado de los testigos en la ciudad de Juliaca

Fuente: Elaboración propio

Proceso de curado de probetas

El curado del concreto se realizó por el método de tratamiento húmedo que consiste en colocar en un tanque de tratamiento estandarizado, el cual es acondicionado para realizar un curado controlado de vulcanización y se mantiene sumergido por 7, 14 y 28 días, dependiendo de las condiciones en cada caso.



Figura 15. Curado de las muestras de concreto

Fuente: Elaboración propia



4.1.3 Ensayos realizados al concreto

Ensayos realizados al concreto en estado fresco

Asentamiento

También se conoce como asentamiento o deflexión, nos ayuda a determinar la consistencia del concreto y se utiliza como parámetro en el diseño del concreto.

Ensayo de resistencia del concreto a compresión axial

El método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, que implica aplicar una carga axial en la parte superior de la probeta a una velocidad constante hasta que la probeta se rompe, es el cociente de resistencia a la compresión debido al peso máximo que actúa sobre la superficie media de la probeta antes de que se rompa. La resistencia a la compresión de una muestra cilíndrica está determinada por la fórmula:

$$f_c = \frac{P}{A} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right); \quad A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Donde:

f_c : es la resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2).

P : Carga (kg).

ϕ : Diámetro de probeta (cm).

A : Área de probeta (cm^2).

a. Equipo y herramientas

El probador de uso general es capaz de mantener una tasa de carga uniforme y constante, con un período de calibración continuo (al menos cada 12 meses). En este caso,

se utilizó la marca Digital Press STYE2000 Digital Display Compression Testing Machines, rango de presión 0-2000 kN.

- Wincha.
- Balanza digital (capacidad mínima =14 kg)
- Vernier de 30cm.
- Equipo de seguridad personal: botas punta de acero, guantes de cuero con manga de 6 a 8 pulg. de largo, camisa manga larga, pantalón jean.

b. Procedimiento

1. Tome medidas de muestras de concreto, como diámetro, altura, peso y verifique la etiqueta.
2. Coloque la muestra a ensayar lo más centrada posible (mueva el extremo superior hacia arriba) y asegúrela moviendo mecánicamente la parte superior. Evite que cualquier cosa entre en el área de contacto entre el dispositivo y la cabeza.
3. Se aplica carga, se debe tener cuidado al leer la pantalla de la máquina de prueba.



Figura 16. Ensayo a la compresión axial

Fuente: Elaboración propia

c. Resultados y gráficos

Tabla 21. Resultados de la toma de muestras

Serie	Descripción	Fecha		Edad (días)	Lectura dial (kg)	Área	Resiste. (kg/cm ²)
		moldeo	rotura				
P-1	Pucara	15/12/2020	22/12/2020	7	24433.28	177.2	137.73
P-1	Pucara	15/12/2020	29/12/2020	14	31975.20	178.4	179.23
P-1	Pucara	15/12/2020	12/01/2021	28	38900.35	177.0	219.78
	Pucara	15/12/2020	22/12/2020	7	24434.28	175.7	139.30
	Pucara	15/12/2020	29/12/2020	14	30975.40	178.7	172.40
	Pucara	15/12/2020	12/01/2021	28	37697.56	177.6	214.20
	Pucara	15/12/2020	12/01/2021	28	37596.35	176.2	212.45
M-354	Ayaviri	15/12/2020	22/12/2020	7	22962.12	176.9	129.58
M-355	Ayaviri	15/12/2020	29/12/2020	14	30175.25	178.3	169.24
M-356	Ayaviri	15/12/2020	12/01/2021	28	37950.35	178.9	211.89
	Ayaviri	15/12/2020	22/12/2020	7	23562.12	177.1	131.34
	Ayaviri	15/12/2020	29/12/2020	14	31175.25	178.3	173.45
	Ayaviri	15/12/2020	12/01/2021	28	37950.35	178.1	215.34
	Ayaviri	15/12/2020	12/01/2021	28	37957.35	179.1	213.23
M-357	Juliaca	15/12/2020	22/12/2020	7	24473.28	176.4	138.74
M-358	Juliaca	15/12/2020	29/12/2020	14	31275.29	177.4	176.30
M-359	Juliaca	15/12/2020	12/01/2021	28	38700.35	176.8	218.89
	Juliaca	15/12/2020	22/12/2020	7	24253.28	176.2	136.43
	Juliaca	15/12/2020	29/12/2020	14	31275.29	179.9	174.34
	Juliaca	15/12/2020	12/01/2021	28	37860.35	175.7	215.34
	Juliaca	15/12/2020	12/01/2021	28	37700.35	175.5	214.45
M-360	Llaly	16/12/2020	23/12/2020	7	22473.28	177.8	120.40
M-361	Llaly	16/12/2020	30/12/2020	14	30251.43	178.7	161.80
M-362	Llaly	16/12/2020	13/12/2021	28	37300.35	177.9	202.50
	Llaly	16/12/2020	23/12/2020	7	23023.28	177.3	128.45
	Llaly	16/12/2020	30/12/2020	14	29351.43	176.7	167.43
	Llaly	16/12/2020	13/12/2021	28	36515.35	178.9	205.34
	Llaly	16/12/2020	13/12/2021	28	36315.35	177.9	203.76
M-363	Nuñoa	16/12/2020	23/12/2020	7	22373.28	176.4	121.90
M-364	Nuñoa	16/12/2020	30/12/2020	14	30375.25	178.3	162.54
M-365	Nuñoa	16/12/2020	13/12/2021	28	36900.35	177.9	198.45
	Nuñoa	16/12/2020	23/12/2020	7	22273.28	176.7	124.32
	Nuñoa	16/12/2020	30/12/2020	14	29925.25	178.9	168.43
	Nuñoa	16/12/2020	13/12/2021	28	34989.35	176.9	199.89
	Nuñoa	16/12/2020	13/12/2021	28	35989.35	177.2	201.54
M-366	Cupi	16/12/2020	23/12/2020	7	21873.28	177.2	123.44
M-367	Cupi	16/12/2020	30/12/2020	14	31275.29	178.6	175.11
M-368	Cupi	16/12/2020	13/12/2021	28	37100.35	177.2	209.37
	Cupi	16/12/2020	23/12/2020	7	21897.28	176.9	126.56



	Cupi	16/12/2020	30/12/2020	14	31775.29	178.1	178.45
	Cupi	16/12/2020	13/12/2021	28	36892.35	177.8	205.34
	Cupi	16/12/2020	13/12/2021	28	36560.35	176.7	204.54
M-369	Cabanillas	17/12/2020	24/12/2020	7	23473.28	177.6	132.17
M-370	Cabanillas	17/12/2020	31/12/2020	14	31275.23	178.1	175.60
M-371	Cabanillas	17/12/2020	14/12/2021	28	38100.35	177.8	214.18
	Cabanillas	17/12/2020	24/12/2020	7	22673.28	177.1	128.45
	Cabanillas	17/12/2020	31/12/2020	14	32115.23	178.1	178.89
	Cabanillas	17/12/2020	14/12/2021	28	38012.35	177.2	212.45
	Cabanillas	17/12/2020	14/12/2021	28	38100.35	178.1	213.54
M-372	Santa Lucia	16/12/2020	23/12/2020	7	22473.28	177.4	119.40
M-373	Santa Lucia	16/12/2020	30/12/2020	14	30175.25	178.4	162.70

Fuente: Elaboracion propia

4.1.4 Resultado de comparación de la resistencia del concreto

De los 55 cilindros para diferentes puntos ya mencionados en las edades especificadas, que se presenta en la tabla 21.

Una vez validados los datos obtenidos de resistencia a la compresión (para todos los grupos de control) se presenta los gráficos de maduración del concreto a los 28 días en cada uno de los puntos establecidos y se grafica los días vs resistencia a la compresión Figura 22.

Tabla 22. Resistencia a la compresión de las muestras moldeadas a los 28 días

	Lugar	Días	Altitud	Resistencia
p-1	Pucara	28	38900.35	219.78
		28	38900.35	212.45
		28	38900.35	214.20
m-356	Ayaviri	28	37950.35	211.89
		28	37950.35	215.34
		28	37950.35	213.23
m-359	Juliaca	28	38700.35	218.89
		28	38700.35	215.34
		28	38700.35	214.45
m-362	Llaly	28	37300.35	202.50
		28	37300.35	205.34
		28	37300.35	203.76
m-365	Nuñoa	28	36900.35	198.45

		28	36900.35	199.89
		28	36900.35	201.54
m-368	Cupi	28	37100.35	209.37
		28	37100.35	205.34
		28	37100.35	204.54
m-371	Cabanillas	28	38100.35	214.18
		28	38100.35	212.45
		28	38100.35	213.54
m-374	Santa Lucia	28	36800.35	197.56
		28	36800.35	196.45
		28	36800.35	198.56

Fuente: Elaboracion propia

Al realizar una dispersion de los datos considerando la variacion de la resistencia con la altitud y con la edad en el diagrama que se presenta en la figura 17 se demuestra visualmente que existe cierta correlacion de la resistencia con la altitud y de la resistencia con la edad.

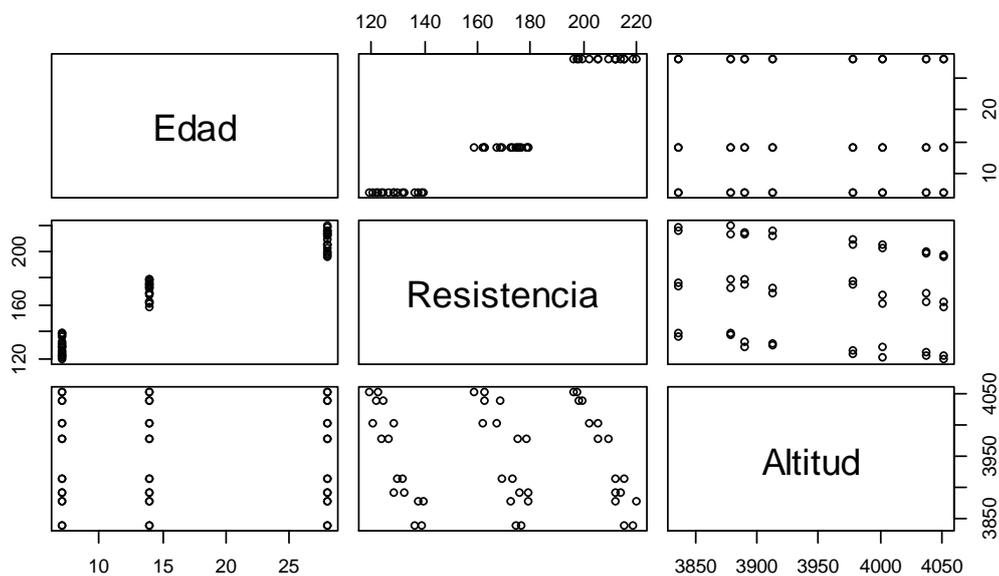


Figura 17. Dispersion de puntos de las variables analizadas

Fuente: Elaboración propia

Por lo que nos enfocaremos en las variables que tienen alguna correlación de esta manera en la figura 18 se demuestra el incremento gradual de la resistencia a los 28 días, esta última es la resistencia de diseño, a lo cual se tiene valores mínimo de 196.4 kg/cm²

y máximo de 219.8 kg/cm², con una media de 208.6 kg/cm² considerando todas las localidades analizadas.

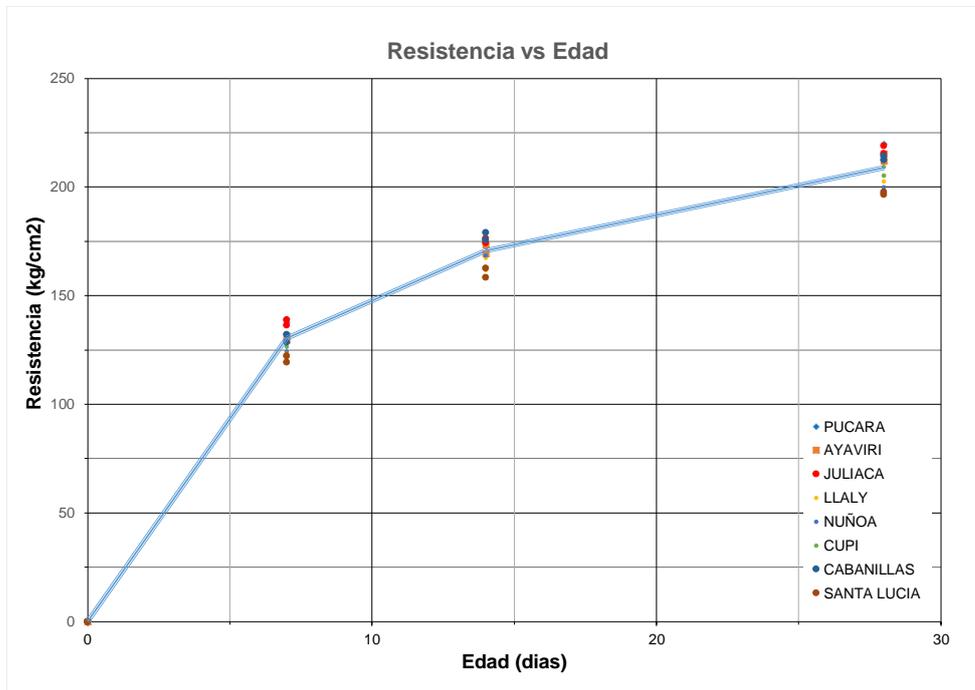


Figura 18. Variación de la resistencia con la edad

Fuente: Elaboración propia

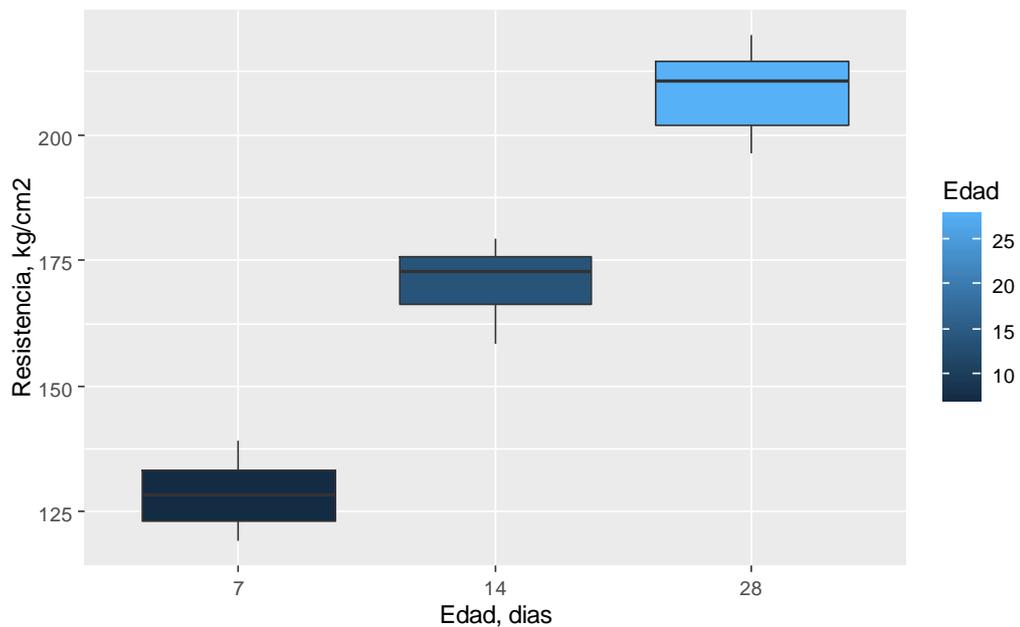


Figura 19. Variación de la resistencia con la edad

Fuente: Elaboración propia

El incremento de la resistencia con la edad se puede visualizar, también a través de los diagramas de caja de la figura 19, para los 7, 14 y 28 días, lo que confirma el incremento gradual con la edad de fraguado del concreto como refieren Kosmatka et al. (2002); Neville (2013) y Rivva López (2000).

La variación de la resistencia a la compresión con la altitud se demuestra en la figura 20, donde visualmente se aprecia que existe una disminución con la altitud, es decir a mayor altitud se presenta menor resistencia a la compresión.

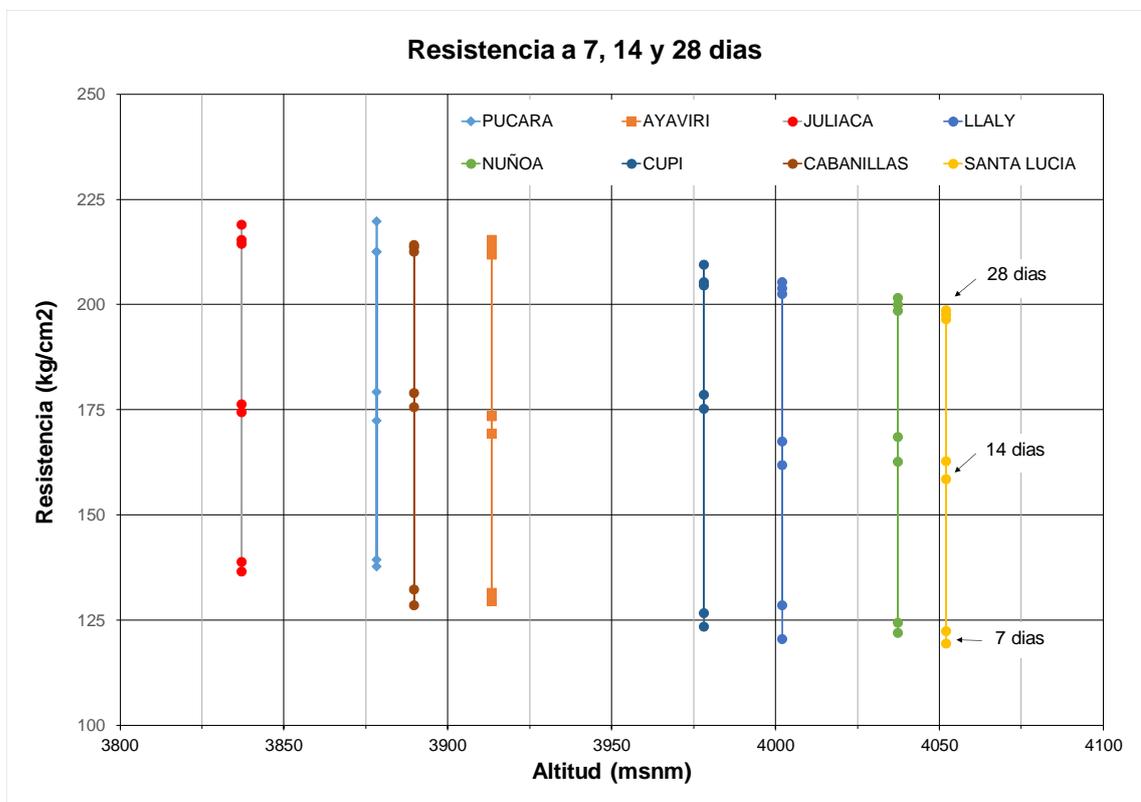


Figura 20. Variación de la resistencia con la altitud, según edades

Fuente: Elaboración propia

Cuando las ciudades son ordenadas según la altitud se puede notar que existe una disminución de la resistencia a la compresión notoria, iniciando en Juliaca y terminando

en Santa Lucia que es la localidad con mayor altitud, en la figura 21 se aprecia el diagrama de caja para cada localidad según altitud.

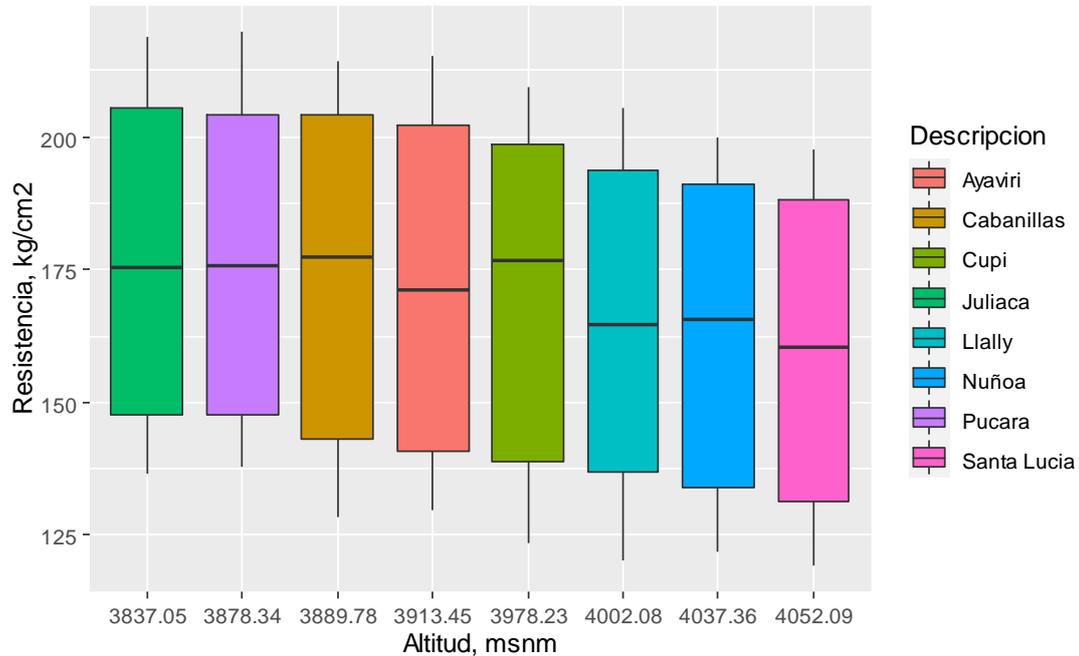


Figura 21. Variación de la resistencia con la altitud y localidades muestreadas

Fuente: Elaboración propia

Debido a que se tiene mayor cantidad de muestras a los 28 días y la condición de diseño es para dicha edad, se seleccionó las resistencias a 28 días para realizar el análisis de diferencia de medias y tendencia, en este caso se procesó con el programa estadístico R, que nos da el siguiente resultado. En la tabla 23 se muestra la estadística descriptiva de los datos.

Seleccionando resistencia a 28 días

```
library (dplyr)
```

```
Resistencia28 <- filtro (mat_datos_resist, Edad==28)
```

Tabla 23. Estadística descriptiva de la resistencia a la compresión a 28 días

Descripción	Edad	Resistencia	Altitud
Largo:23	Min. :28	Min. :196.4	Min. :3837
Clase: personaje	1st Qu.:28	1st Qu.:203.1	1st Qu.:3884
Mode: personaje	Median :28	Median :211.9	Median :3913
	Mean :28	Mean :208.6	Mean :3944
	3rd Qu.:28	3rd Qu.:213.9	3rd Qu.:4002
	Max. :28	Max. :219.8	Max. :4052

Fuente: Elaboración propia

Realizando el ajuste

```
> ajuste_resist28 <- lm (Resistencia ~ Altitud, data = Resistencia28)
```

```
> Resumen (ajuste_resist28)
```

```
lm (formula = Resistencia ~ Altitud, data = Resistencia28)
```

Residual:

```
Min    1Q  Median    3Q   Max
-3.7393 -1.6506 -0.2498  0.9656  5.2716
```

Coefficientes:

```
Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 560.622878      26.262901    21.35 1.02e-15 ***
Altitud    -0.089244      0.006658   -13.40 9.21e-12 ***
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.326 on 21 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.8954, Adjusted R-squared: 0.8904

F-statistic: 179.7 on 1 and 21 DF, p-value: 9.214e-12

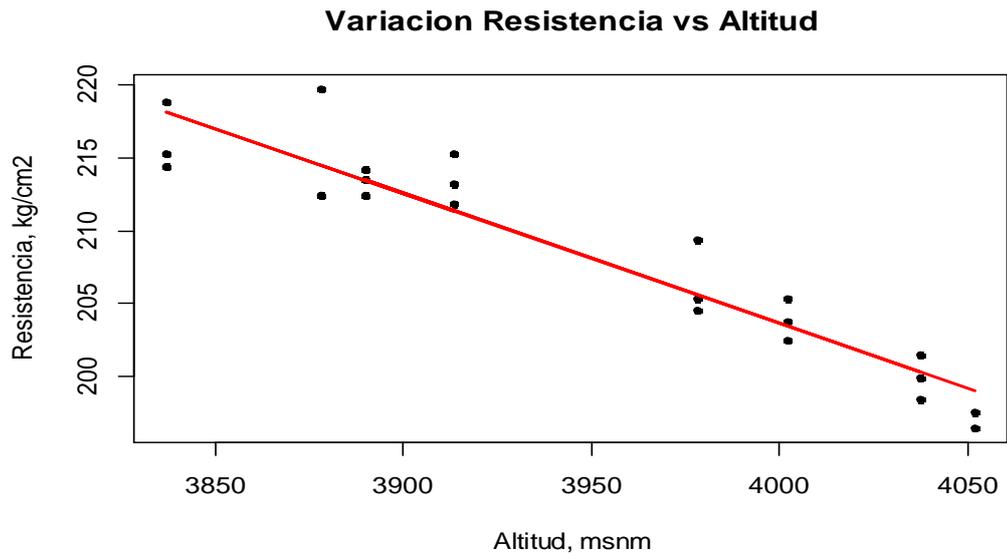


Figura 22. Variación de la resistencia con la altitud y línea de regresión

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se presenta la regresión lineal ajustada a una recta, donde se aprecia que tiene buena correlación, a medida que aumenta la altitud disminuye la resistencia, en este caso se trata de las resistencias seleccionadas a los 28 días.

Análisis de diferencia de medias

El análisis de diferencia de medias se presenta en los siguientes códigos, a partir de lo cual se obtiene que existe diferencias entre las distintas localidades analizadas, como se aprecia en la tabla 23.

```
> #Análisis de Varianza ANOVA
> Altitud=factor (Altitud)
> Aovresist<-aov (Resistencia~Descripcion)
> Summary (aovresist)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Descripcion	7	1008.1	144.02	27.97	1.63e-07 ***
Residuals	15	77.2	5.15		



Signif. Codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> TukeyHSD (aovresist)

Tukey multiple comparisons of means

95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = Resistencia ~ Descripción)

Tabla 24. Diferencia de medias con diferentes agrupaciones

Descripción	Diff	Lwr	Upr	p adj
Cabanillas-Ayaviri	-0.09849448	-6.570744	6.37375523	1.0000000
Cupi-Ayaviri	-7.07161018	-13.543860	-0.59936047	0.0275464
Juliaca-Ayaviri	2.73954361	-3.732706	9.21179332	0.8071096
Llally-Ayaviri	-9.62158385	-16.093834	-3.14933413	0.0021089
Nuñoa-Ayaviri	-13.52825051	-20.000500	-7.05600080	0.0000555
Pucara-Ayaviri	1.40374572	-5.068504	7.87599543	0.9930769
Santa Lucia-Ayaviri	-16.48325051	-23.719446	-9.24705535	0.0000199
Cupi-Cabanillas	-6.97311570	-13.445365	-0.50086599	0.0304062
Juliaca-Cabanillas	2.83803809	-3.634212	9.31028780	0.7802402
Llally-Cabanillas	-9.52308936	-15.995339	-3.05083965	0.0023254
Nuñoa-Cabanillas	-13.42975603	-19.902006	-6.95750632	0.0000605
Pucara-Cabanillas	1.50224020	-4.970010	7.97448992	0.9897191
Santa Lucia-Cabanillas	-16.3847560	-23.620951	-9.14856087	0.0000214
Juliaca-Cupi	9.81115379	3.338904	16.28340350	0.0017484
Llally-Cupi	-2.54997366	-9.022223	3.92227605	0.8544419
Nuñoa-Cupi	-6.45664033	-12.928890	0.01560938	0.0507727
Pucara-Cupi	8.47535590	2.003106	14.94760561	0.0066563
Santa Lucia-Cupi	-9.41164033	-16.647835	-2.17544517	0.0070538
Llally-Juliaca	-12.36112745	-18.833377	-5.88887774	0.0001559
Nuñoa-Juliaca	-16.26779412	-22.740044	-9.79554441	0.0000059
Pucara-Juliaca	-1.33579788	-7.808048	5.13645183	0.9948461
Santa Lucia-Juliaca	-19.22279412	-26.458989	-11.98659896	0.0000029
Nuñoa-Llally	-3.90666667	-10.378916	2.56558305	0.4515830
Pucara-Llally	11.02532957	4.553080	17.49757928	0.0005389
Santa Lucia-Llally	-6.86166667	-14.097862	0.37452850	0.0692915
Pucara-Nuñoa	14.93199623	8.459747	21.40424595	0.0000171
Santa Lucia-Nuñoa	-2.95500000	-10.191195	4.28119516	0.8319817
Santa Lucia-Pucara	-17.88699623	-25.123191	-10.65080107	0.0000073

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realiza el Test LSD (Least significant difference) de Fisher, que es una prueba de comparaciones múltiples. A continuación, se muestra el procedimiento y el resumen en la tabla 24 y 25.

```
> #Prueba LSD, incluido en paquete agricolae  
> library(agricolae)  
> lsd.result <- LSD.test(aovresist," Descripción")  
> lsd.result  
$statistics  
  MSerror Df  Mean  CV  
5.149882 15 208.6406 1.087677  
$parameters  
  test p.adjusted  name.t ntr alpha  
Fisher-LSD  none Descripción 8 0.05
```

Tabla 25. Resistencia a la compresión con intervalo de confianza

means	Resistencia	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25
Ayaviri	213.4883	1.7370821	3	210.6956	216.2809	211.8948	215.3400	212.5624
Cabanillas	213.3898	0.8743695	3	210.5971	216.1824	212.4500	214.1793	212.9950
Cupi	206.4166	2.5887062	3	203.6240	209.2093	204.5400	209.3699	204.9400
Juliaca	216.2278	2.3509669	3	213.4352	219.0204	214.4500	218.8934	214.8950
Llally	203.8667	1.4230015	3	201.0740	206.6593	202.5000	205.3400	203.1300
Nuñoa	199.9600	1.5461889	3	197.1674	202.7526	198.4500	201.5400	199.1700
Pucara	214.8920	4.2296615	3	212.0994	217.6846	212.4500	219.7760	212.4500
Santa Lucia	197.0050	0.7848885	2	193.5847	200.4253	196.4500	197.5600	196.7275

Fuente: Elaboración propia

La estadística descriptiva con el promedio, máximo, mínimo e intervalo de confianza de los datos se muestra en la Tabla 25, incluyendo al cuantil 50 y 75 (Tabla 26).

Tabla 26. Cuantiles de resistencia a la compresión por localidad

	Q50	Q75
Ayaviri	213.230	214.2850
Cabanillas	213.540	213.8596
Cupi	205.340	207.3550
Juliaca	215.340	217.1167
Llally	203.760	204.5500
Nuñoa	199.890	200.7150
Pucara	212.450	216.1130
Santa Lucia	197.005	197.2825

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Agrupación de las resistencias a la compresión a los 28 días según altitud

Grupos	Resistencia	grupos
Juliaca	216.2278	a
Pucara	214.8920	a
Ayaviri	213.4883	a
Cabanillas	213.3898	a
Cupi	206.4166	b
Llally	203.8667	bc
Nuñoa	199.9600	cd
Santa Lucia	197.0050	d

Fuente: Elaboración propia

4.2 DISCUSION

Según los resultados, con la prueba de LSD se concluye que existen diferencias significativas al 95% de confiabilidad entre las diferentes localidades analizadas formando 05 grupos diferentes, por lo que se afirma que a medida que incrementa la altitud, disminuye la resistencia.

Estos resultados pueden originarse por el gradiente de temperatura, que disminuye conforme aumenta la altitud, lo que podría afectar los aspectos relacionados a la mezcla del concreto y las propiedades de trabajabilidad asimismo las reacciones químicas que



sucedan en el proceso de fraguado del concreto, como los refieren (Gálvez Pérez 2019; Quispe 2017). Asimismo, es importante trabajar en las diversas maneras de poder contrarrestar estos cambios que pudiese existir por los cambios en altitud, pudiendo ser el uso de aditivos (Castellón Corrales et al., 2013; López Macedo 2020), y otras acciones.

Considerando las bajas temperaturas del altiplano y los ciclos de congelación y descongelación, se podría esperar el problema de carbonatación del concreto, tanto en obras hidráulicas y obras de concreto en general, lo que implicaría realizar mayores estudios en especímenes de concreto de estructuras que estén en funcionamiento tanto a nivel de la corrosión del refuerzo por el ingreso de cloruros, así también problemas diversos generando un deterioro aún más acelerado (Hansson et al. 2012; Surahyo, 2019).



V. CONCLUSIONES

La granulometría del agregado grueso y agregado fino, estudiados en el presente trabajo están dentro de los límites del huso granulométrico establecidos. Así como los módulos de fineza ya que la normativa del ASTM dice que los límites del módulo de fineza deben de estar entre los límites no menores a 2.3 ni mayores a 3.1

Respecto al diseño de mezclas se utilizó la metodología ACI, encontrando las proporciones en volumen siendo 1 bolsa de cemento (1 pi^3), agregado grueso 2.61 pie^3 , agregado fino 2.27 pie^3 , 21.72 L de agua, el cual fueron aplicados para obtener la resistencia requerida en la presente investigación.

Con respecto a la resistencia del concreto a las edades de 7, 14 y 28 días que se llevaron a cabo en los diferentes puntos establecidos dentro de la región Puno, se concluye que conforme se incrementa la altitud la resistencia del concreto disminuye, para lo cual se recomienda considerar los resultados de esta investigación en los diseños de mezcla y aspectos constructivos para el buen comportamiento del concreto en diversas altitudes de la región Puno.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda mediante la presente investigación adicionar al concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ adicionar aditivos que ayuden a mejorar el comportamiento mecánico y químico del concreto tanto en estructuras, así como también en obras hidráulicas.

Se recomienda realizar experimentación utilizando distintos tipos de aditivos para que el concreto no presente fallas al momento de ejecución, así como también después del proceso constructivo.

Se recomienda hacer estudios en estructuras existencias y su variación con la exposición a diferentes altitudes y con diferentes exposiciones.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (1995). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima, Perú: San Marcos.
- Aguiar, J. L., Veiga, E., & Oliveira, P. (2003). *Statistical analysis of compressive strength of concrete specimens*.
- Alfaro, R. (2011). *Erosion y Transporte de Sedimentos*. Unidad de Impresion, Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Alfaro, R., & Gonzales, V. (2008). *Estadística y probabilidades para ingenieros* (1st ed.). UNA Puno.
- Alfaro, Roberto, & Espinoza, A. (2021). *Caracterización geotécnica de suelos mediante ensayos de laboratorio*. UNA Puno.
- Amleh, L., Lounis, Z., & Mirza, M. S. (2002). Assessment of corrosion-damaged concrete bridge decks-a case study investigation. *Proc Sixth Int. Conf. Short and Medium Span Bridges. Vancouver, BC*, 837–844.
- Arciga, L. V., Moreno, D. C., San Miguel, G. F., Cruz, R. O., & Resendez, F. T. (2020). Use of nano-SiO₂ as a preventive maintenance surface treatment in concrete aged by carbonation. *Revista ALCONPAT*, 10(3), 274–285.
- Aroni-Quispe, D. X., Alfaro-Alejo, R., Huaman-Gutierrez, H. A., & Belizario-Quispe, G. (2021). Comparative analysis of evapotranspiration using the SEBAL model and the evaporimeter pan method in the Huancane basin of Puno, Peru. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXIII, Vol. 11856*, 74–84. <https://doi.org/10.1117/12.2600821>
- ASTM, C. (2003). Standard specification for concrete aggregates. *Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials*.
- Babiche, I. (2004). *Carbonatación del recubrimiento de concreto*.



- Bastidas-Arteaga, E., Schoefs, F., Stewart, M. G., & Wang, X. (2013). Influence of global warming on durability of corroding RC structures: A probabilistic approach. *Engineering Structures*, *51*, 259–266.
- Bernal Díaz, D. (2017). *Optimización de la Resistencia a Compresión del Concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos súperplasticantes*.
- Cai, H., & Liu, X. (1998). Freeze-thaw durability of concrete: ice formation process in pores. *Cement and Concrete Research*, *28*(9), 1281–1287.
[https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(98\)00103-3](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(98)00103-3)
- Castellón Corrales, H., De La Ossa Arias, K., & Fontalvo, B. (2013). *Estudio comparativo de la resistencia a la compresión de los concretos elaborados con cementos tipo I y tipo II, modificados con aditivos acelerantes y retardantes*. Universidad de Cartagena.
- Céspedes García, M. A. (2012). *Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido*.
- Condori-Apaza, V., Mamani-Luque, O. R., Alfaro-Alejo, R., Laqui, W., & Condori, W. F. (2021). Analysis and impact of meteorological droughts in the agriculture of Puno region, Peru. *E3S Web of Conferences*, *304*, 03002.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130403002>
- Eiras, J. N., Kundu, T., Popovics, J. S., Monzó, J. M., Borrachero, M. V., & Payá, J. (2015). Effect of carbonation on the linear and nonlinear dynamic properties of cement-based materials. *Optical Engineering*, *55*(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1117/1.OE.55.1.011004>
- Gagg, C. R. (2014). Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis. *Engineering Failure Analysis*, *40*, 114-140.
<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.02.004>



- Gálvez Pérez, E. L. (2019). *Influencia de la temperatura en la resistencia del concreto a la compresión*.
- Hansson, C. M., Poursaee, A., & Jaffer, S. J. (2012). *Corrosion of Reinforcing Bar in Concrete, The Masterbuilder*.
- Hualpa, I. A. P., Montalvo, N., Mejia, A., Guevara-Perez, E., Fano, G., & Alfaro, R. (2018). Evaluation of water availability in the Cabanillas river basin of the Peruvian Altiplano under regionalized climatic scenarios. *Ingeniería UC*, 25(2), 307–319.
- Jiménez, J. C., Mamani, J., & Alfaro, R. (2018). *Congreso Iberoamericano de Ecología y Control de Erosión y Sedimentos IX CICES y II ISI, Santiago De Chile, Chile, 26 a 28 septiembre de 2018*. Evaluación de Las Causas Del Colapso de La Bocatoma Cantería – Puno.
- Kaewunruen, S., Wu, L., Goto, K., & Najih, Y. M. (2018). Vulnerability of Structural Concrete to Extreme Climate Variances. In *Climate* (Vol. 6, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/cli6020040>
- Kim, Y. J. (2014). *A novel methodology for quantifying the performance of constructed bridges in cold regions*. (No. MPC 14-266). Mountain Plains Consortium. <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/27259>
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2002). *Design and control of concrete mixtures* (Vol. 5420). Portland Cement Association Skokie, IL.
- López Macedo, L. Y. (2020). *Efecto de la incorporación de aditivos acelerantes de fragua, sobre la resistencia a la compresión del concreto, aplicables a obras hidráulicas para las altitudes 2600 a 3500 MSNM, Ancash*.
- Maraveas, C. (2020). Production of sustainable construction materials using agro-wastes. *Materials*, 13(2), 262. <https://doi.org/10.3390/ma13020262>
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). Concrete: microstructure, properties, and



- materials. McGraw-Hill Education.
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071797870>
- Montani, R. (2000). La carbonatación, enemigo olvidado del concreto. *Instituto Mexicano Del Cemento y Del Concreto, AC-Revista Construcción y Tecnología.-México.- Diciembre.*
- MTC, M. d. (2016). Manual de ensayos de materiales. *Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.*
- Navarro Jimenez, E. A., & Forero Romero, H. (2017). *Mejoramiento de la resistencia a compresión del concreto con Nanotubos de Carbono.*
- Neville, A. M. (2013). *Tecnología de concreto.* Bookman Editora.
- Pacheco, J., & Polder, R. (2012). *Corrosion initiation and propagation in cracked concrete – a literature review BT - Advances in Modeling Concrete Service Life* (C. Andrade & J. Gulikers (eds.); pp. 85–93). Springer Netherlands.
- Pasquel Carbajal, E. (1999). Tópicos de Tecnología del Concreto (2da Edición ed.). *Lima: Colegio de Ingenieros Del Perú, Consejo Nacional.*
- PCA- Portland Cement Association. (2007). *Corrosion of Embedded Metals.* Skokie, Illinois, EE. UU.
- PCA, R. (2002). *Types and causes of concrete deterioration.* Portland Cement Association Skokie, IL.
- Pheng, L.S., Hou, L.S. (2019). The Economy and the Construction Industry. In: *Construction Quality and the Economy. Management in the Built Environment.* Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5847-0_2
- Pilares-Hualpa, I. A., Alfaro-Alejo, R., Pilares-Calla, C. A., & Alfaro-Vilca, O. E. (2021). Characterization of expansive soils for the foundation of an irrigation canal in the Peruvian Andes, Cabana-Mañazo case. *IOP Conference Series: Earth and*



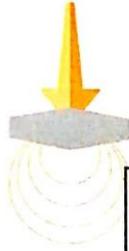
- Environmental Science*, 939(012062). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/939/1/012062>
- Pilares-Hualpa, I., Alfaro-Alejo, R., Pilares-Hualpa, R., & Pilares-Calla, C. (2019). Application of an optimization model for the water management under climate scenarios of the Lagunillas integral system of the peruvian Altiplano. *38th IAHR World Congress*, 5847–5856. <https://doi.org/10.3850/38WC092019-0504>
- Shaeffer, R. E. (1992). *Reinforced concrete: preliminary design for architects and builders*. McGraw-Hill College.
- Surahyo, A. (2019). Corrosion of Embedded Metals in Concrete. In *Concrete Construction* (pp. 239–255). Springer.
- Wang, X., Nguyen, M., Stewart, M. G., Syme, M., & Leitch, A. (2010). Analysis of climate change impacts on the deterioration of concrete infrastructure—part 1: mechanisms, practices, modelling and simulations—a review. *Published by CSIRO, Canberra*. ISBN, 9780(4310365), 8.
- Wang, Z., Tao, L., Liu, Y., & Yunhui, J. (2018). Temperature Control Measures and Temperature Stress of Mass Concrete during Construction Period in High-Altitude Regions. *Advances in Civil Engineering*, 2018, 9249382. <https://doi.org/10.1155/2018/9249382>
- Xu, W., Qiang, S., Hu, Z., Ding, B., & Yang, B. (2020). Effect of Hydration Heat Inhibitor on Thermal Stress of Hydraulic Structures with Different Thicknesses. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 5029865. <https://doi.org/10.1155/2020/5029865>



ANEXOS



Anexo 1: Ensayos de laboratorio – diseño de mezclas



SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
 PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c:
 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".
 UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman -Puno
 FECHA : noviembre 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM d 2216

AGREGADO GRUESO

Nro De Tara	T-20	T-45	T-55
Peso de Tara	39.59	40.46	41
Peso de Tara + M. Humeda	153.08	164.07	154.01
Peso de Tara + M. Seca	149.87	159.98	150.98
Peso de Agua	3.21	4.09	3.03
Peso Muestra Seca	110.28	119.52	109.98
Contenido de humedad W%	2.91	3.42	2.76
Promedio cont. Humedad W%	3.03		

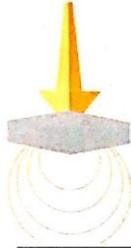
AGREGADO FINO

Nro De Tara	T-103	T-18	T-111
Peso de Tara	42.92	40.45	43.47
Peso de Tara + M. Humeda	135.5	116.26	136.99
Peso de Tara + M. Seca	130.21	111.74	131.77
Peso de Agua	5.29	4.52	5.22
Peso Muestra Seca	87.29	71.29	88.3
Contenido de humedad W%	6.06	6.34	5.91
Promedio cont. Humedad W%	6.10		

MGC GEOPERU
 Ing. YONY A. ARI ALI
 CIP: 88011
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



correo: mgcgeoperu@hotmail.com
 Telf. +51 993 862 704 +51 951 557745
 RUC Nro 45233587784



SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
 PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".
 UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman -Puno
 FECHA : noviembre 2020

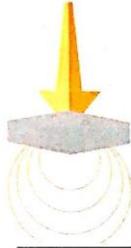
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

I.- DATOS		
S	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	500.00
B	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	985.00
C	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	1345.00
A	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO	482.00
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO APARENTE (A/(B+S-C))	3.44
2	PESO ESPECIFICO APARENTE SSS	2.44
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((B-6)/6)	3.73%

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

I.- DATOS		
A	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	962.00
S	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR.	1000.00
	PESO DE LA CANASTILLA SUMERGIDA	1641.00
	PESO DE LA CANASTILLA SUMERGIDA + MUESTRA SSS SUMERGIDA	1890.00
C	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA SUMERGIDA EN AGUA	876.00
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO APARENTE (A/(S-C))	7.76
2	PESO ESPECIFICO APARENTE SSS	2.35
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((B-6)/6)	3.95%

MGC GEOPERU
 Ing. YONYA, ARIALI
 CIP: 88011
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".

UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman -Puno
FECHA : noviembre 2020

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

I.- DATOS		
S	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA	500.00
B	PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	985.00
C	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DEL PICNOMETRO + PESO DEL AGUA	1345.00
A	PESO DE LA ARENA SECADA AL HORNO	482.00
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO APARENTE (A/(B+S-C))	3.44
2	PESO ESPECIFICO APARENTE SSS	2.44
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((B-6)/6)	3.73%

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

I.- DATOS		
A	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO	962.00
S	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA GR.	1000.00
	PESO DE LA CANASTILLA SUMERGIDA	1641.00
	PESO DE LA CANASTILLA SUMERGIDA + MUESTRA SSS SUMERGIDA	1890.00
C	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA SUMERGIDA EN AGUA	876.00
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO APARENTE (A/(S-C))	7.76
2	PESO ESPECIFICO APARENTE SSS	2.35
4	PORCENTAJE DE ABSORCION: %ABS((B-6)/6)	3.95%

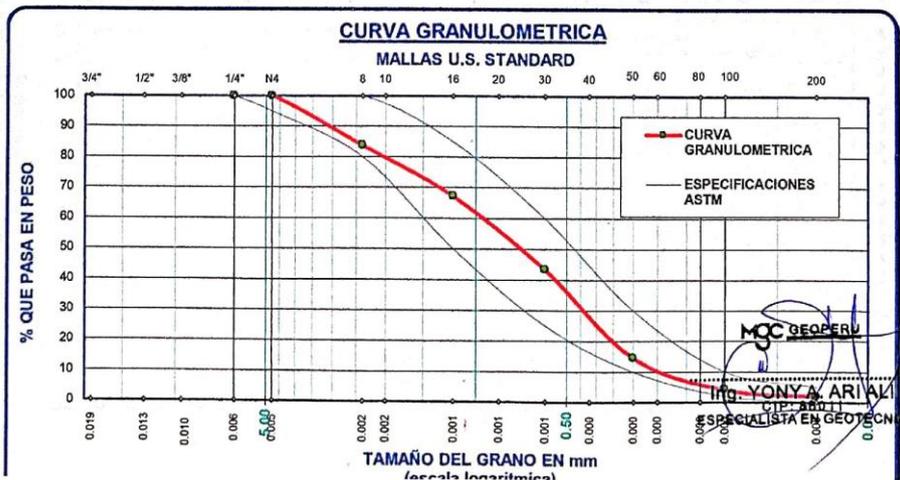
MGC GEOPERU
Ing. YONYA, ARIALI
CIP: 88011
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
 PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".
 UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman -Puno
 FECHA : noviembre 2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
 ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L. 1090.00 P.S. 1110.80 Cont. de Humedad: ,006 Peso unitario suelto : 1405 kg/m3 peso unit. Compactado: 1488 kg/m3
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 100	
No8	2.380	180.00	16.20	16.20	83.80	80 100	CARACT. GRANULOMETRICAS: D10= 0.000 Cu= 2.9 D30= 0.000 Cc= 1.3 D60= 0.001
No16	1.190	185.00	16.65	32.86	67.14	50 85	
No30	0.590	265.00	23.86	56.72	43.28	25 60	
No50	0.300	320.00	28.81	85.52	14.48	10 30	
No100	0.149	115.00	10.35	95.88	4.12	2 10	
No200	0.074	25.00	2.25	98.13	1.87	0 5	MODULO DE FINEZA : 2.87
BASE		20.80	1.87	100.00	0.00		OBSERVACIONES: El modulo de fineza debe de estar en los limites de 2.35 @ 3.15, no debe excederse el limite +/-0.2 Max 3.35
TOTAL		1110.80	100.00				
% PERDIDA							



correo: mgcgeoperu@hotmail.com
 Telf. +51 993 862 704 +51 951 557745
 RUC Nro 45233587784

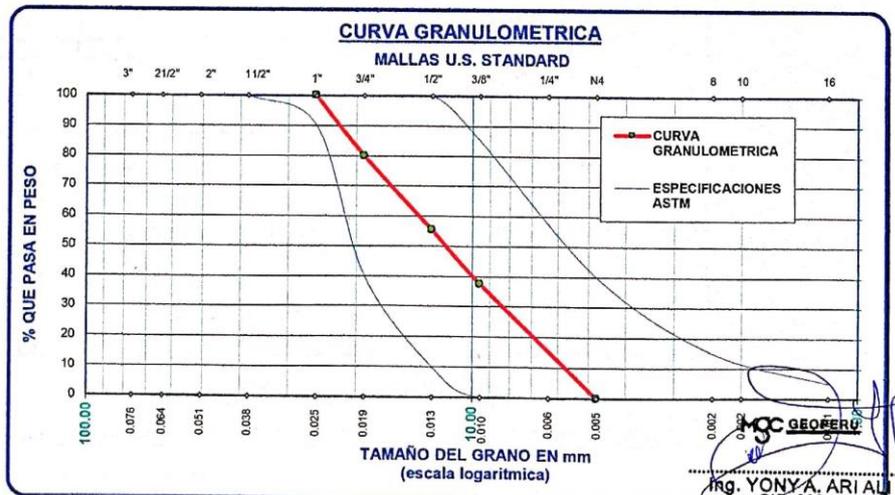


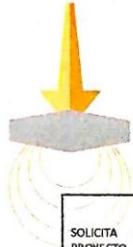
SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".

UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman -Puno
FECHA : noviembre 2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487)

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. 1" ASTM C-33-54	TAMAÑO MAXIMO: 1 1/2"
3"	76.200						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.M 5096.50
2"	50.600				100.00		Contenido de Humedad = 2.79%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100	Peso unitario suelto : 1496 kg/m ³
1"	25.400	750.00	7.53	7.53	100.00	90 100	peso unit. Compactado: 1552 kg/m ³
3/4"	19.050	1245.00	12.51	20.04	79.96	40 85	CARACT. GRANULOMETRICAS:
1/2"	12.700	2445.00	24.56	44.60	55.40	10 40	D10= 0.006 Cu= 1.02
3/8"	9.525	1780.00	17.88	62.48	37.52	0 15	D30= 0.008 Cc= 1.81
No4	4.760	3735.00	37.52	100.00	0.00	0 5	D60= 0.006
No8	2.380						MODULO DE FINEZA : 6.83
No16	1.190						OBSERVACIONES:
No30	0.590						
No50	0.300						
No100	0.149						
No200	0.074						
BASE							
TOTAL		9955.00	100.00				
% PERDIDA							



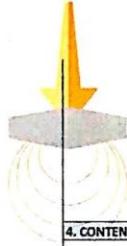


SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".
UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman - Puno
FECHA : noviembre 2020

**DISEÑO DE MEZCLAS
METODO - CAPECO Y ACI**

CALIDAD DE LOS MATERIALES			
CEMENTO PORTLAND	TIPO - I		
PESO ESPECIFICO	CEMENTO RUMI	2820	Kg/m3
AGUA	Agua Potable		
DATOS DEL AGREGADO FINO			
Modulo De Fineza		2.87	
Peso Especifico de la Masa		2440	Kg/m3
Contenido de humedad natural		6.10	%
Absorcion		3.73	%
Peso Unitario		1404.78	Kg/m3
DATOS DEL AGREGADO GRUESO			
Peso unitario seco y compactado		1551.79	Kg/m3
Peso Especifico de la Masa		2350.00	Kg/m3
Contenido de humedad natural		3.03	%
Absorcion		3.95	%
Peso Unitario		1495.92	Kg/m3
DATOS DE DISEÑO			
Clima		FRIO	
Resistencia a la Compresion	F'c	210.00	Kg/cm2
Tamaño Maximo del Agregado		1"	
Contenido de Aire atrapado		2%	
Tipo de Control en Obra			
<i>Determinacion de la Resistencia Promedia Requerida</i>			
Parc. De la resistencia Especifica * F.S.		294	Kg/cm2
Slump o Asentamiento		3"-5"	
Agua de Mezclado		200	Lt/m3
1. RELACION AGUA CEMENTO A/C			
k= 1.350	F'c	294 Kg/cm2	sin aire incorporado
	A/C	0.57	
2. CONTENIDO DE CEMENTO			
Cemento	200 Lt/m3	370.4	kg
	0.54	8.71	bolsas
3. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO			
Volumen de agregado grueso seco compacto		0.60	m3
Agregado Grueso		931.07	kg

MGC GEOPERU
Ing. YONYA ARIALI
C.I.E.: 86011
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



4. CONTENIDO DE VOLUMEN ABSOLUTO Y CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Cemento:(factor cemento)/(peso específico del cemento)	0.131	m3
Agua:(volumen unitario del agua)/ peso específico del agua	0.200	m3
Aire:(contenido de aire atrapado)*1m3	0.020	m3
Agregado Grueso:(peso del agregado grueso)/(peso específico de masa)	0.396	m3
suma de los volúmenes conocidos	0.748	
Volumen absoluto del agregado fino:(1- suma de volúmenes conocidos)=	0.252	
Peso del agregado fino seco:(vol.Abs. Del agregado fino)*(peso específico de la masa)	616.01	kg

5-AJUSTE POR HUMEDAD DEL PESO DE LOS AGREGADOS

AGREGADO GRUESO	959.29	kg
AGREGADO FINO	653.58	kg
Agua de mezcla neta		
agua en el agregado grueso	-8.57	kg
agua en el agregado fino	5.67	kg
Agua de mezcla neta	214.23	lts.

6. LAS PROPORCIONES DE PESO EN OBRA SERA

CEMENTO	370.4	370.4	1
AGREGADO GRUESO	959.29	370.4	2.59
AGREGADO FINO	653.58	370.4	1.76
AGUA	214.23	370.4	0.58

7.VOLUMEN APARENTE Y/O ABSOLUTO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS (M3)

		peso de cemento	42.5	kg
CEMENTO	370.4		0.11	m3
AGREGADO GRUESO	959.3		0.04	m3
AGREGADO FINO	653.6		0.07	m3

8.CANTIDAD DE MATERIALES QUE SE NECESITAN EN PESO PARA UN SACO DE CEMENTO % desperdicio

CEMENTO	42.50	kg/saco		
AGREGADO GRUESO	110.81	kg/saco	5.5405	116.35
AGREGADO FINO	96.508	kg/saco	4.8254	101.33
AGUA	21.71	lt/saco	1.0855	22.80

9.LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN EN OBRA SERAN

CEMENTO	42.50	42.5	1.00
AGREGADO GRUESO	110.818	42.5	2.61
AGREGADO FINO	96.508	42.5	2.27
AGUA	21.717	8.74	21.72

MGC GEOPERU
Ing. YONYA-ARJALI
CIP: 88011
ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



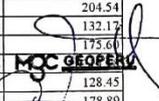
Anexo 2: Ensayo a la resistencia a la compresión



SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
 PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c: 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".
 UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman -Puno
 FECHA :

CONTROL DE LABORATORIO
PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
MTC E 704 - 2000

SERIE	DESCRIPCION	FECHA		EDAD (DIAS)	LECTURA DIAL (KG)	AREA	RESISTE. (kg/cm2)
		MOLDEO	ROTURA				
P-1	PUCARA	15/12/2020	22/12/2020	7	24433.28	177.2	137.73
P-1	PUCARA	15/12/2020	29/12/2020	14	31975.20	178.4	179.23
P-1	PUCARA	15/12/2020	12/01/2021	28	38900.35	177.0	219.78
	PUCARA	15/12/2020	22/12/2020	7	24434.28	175.7	139.30
	PUCARA	15/12/2020	29/12/2020	14	30975.40	178.7	172.40
	PUCARA	15/12/2020	12/01/2021	28	37697.56	177.6	214.20
	PUCARA	15/12/2020	12/01/2021	28	37596.35	176.2	212.45
M-354	AYAVIRI	15/12/2020	22/12/2020	7	22962.12	176.9	129.58
M-355	AYAVIRI	15/12/2020	29/12/2020	14	30175.25	178.3	169.24
M-356	AYAVIRI	15/12/2020	12/01/2021	28	37950.35	178.9	211.89
	AYAVIRI	15/12/2020	22/12/2020	7	23562.12	177.1	131.34
	AYAVIRI	15/12/2020	29/12/2020	14	31175.25	178.3	173.45
	AYAVIRI	15/12/2020	12/01/2021	28	37950.35	178.1	215.34
	AYAVIRI	15/12/2020	12/01/2021	28	37957.35	179.1	213.23
M-357	JULIACA	15/12/2020	22/12/2020	7	24473.28	176.4	138.74
M-358	JULIACA	15/12/2020	29/12/2020	14	31275.29	177.4	176.30
M-359	JULIACA	15/12/2020	12/01/2021	28	38700.35	176.8	218.89
	JULIACA	15/12/2020	22/12/2020	7	24253.28	176.2	136.43
	JULIACA	15/12/2020	29/12/2020	14	31275.29	179.9	174.34
	JULIACA	15/12/2020	12/01/2021	28	37860.35	175.7	215.34
	JULIACA	15/12/2020	12/01/2021	28	37700.35	175.5	214.45
M-360	LLALY	16/12/2020	23/12/2020	7	22473.28	177.8	120.40
M-361	LLALY	16/12/2020	30/12/2020	14	30251.43	178.7	161.80
M-362	LLALY	16/12/2020	13/12/2021	28	37300.35	177.9	202.50
	LLALY	16/12/2020	23/12/2020	7	23023.28	177.3	128.45
	LLALY	16/12/2020	30/12/2020	14	29351.43	176.7	167.43
	LLALY	16/12/2020	13/12/2021	28	36515.35	178.9	205.34
	LLALY	16/12/2020	13/12/2021	28	36315.35	177.9	203.76
M-363	NUÑO	16/12/2020	23/12/2020	7	22373.28	176.4	121.90
M-364	NUÑO	16/12/2020	30/12/2020	14	30375.25	178.3	162.54
M-365	NUÑO	16/12/2020	13/12/2021	28	36900.35	177.9	198.45
	NUÑO	16/12/2020	23/12/2020	7	22273.28	176.7	124.32
	NUÑO	16/12/2020	30/12/2020	14	29925.25	178.9	168.43
	NUÑO	16/12/2020	13/12/2021	28	34989.35	176.9	199.89
	NUÑO	16/12/2020	13/12/2021	28	35989.35	177.2	201.54
M-366	CUPI	16/12/2020	23/12/2020	7	21873.28	177.2	123.44
M-367	CUPI	16/12/2020	30/12/2020	14	31275.29	178.6	175.11
M-368	CUPI	16/12/2020	13/12/2021	28	37100.35	177.2	209.37
	CUPI	16/12/2020	23/12/2020	7	21897.28	176.9	126.56
	CUPI	16/12/2020	30/12/2020	14	31775.29	178.1	178.45
	CUPI	16/12/2020	13/12/2021	28	36892.35	177.8	205.34
	CUPI	16/12/2020	13/12/2021	28	36560.35	176.7	204.54
M-369	CABANILLAS	17/12/2020	24/12/2020	7	23473.28	177.6	132.17
M-370	CABANILLAS	17/12/2020	31/12/2020	14	31275.23	178.1	173.60
M-371	CABANILLAS	17/12/2020	14/12/2021	28	38100.35	177.8	215.60
	CABANILLAS	17/12/2020	24/12/2020	7	22673.28	177.1	128.45
	CABANILLAS	17/12/2020	31/12/2020	14	32115.23	178.1	173.89


Ing. YONY A. ARI ALI
 CIP: 86011
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



CS Escaneado con CamScanner

correo: mgcgeoperu@hotmail.com
 Telf. +51 993 862 704 +51 951 557745
 RUC Nro 45233587784



SOLICITA : bach. ing. JHON MAMANI CONDORI
 PROYECTO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C: 210 KG/CM2 SOBRE LOS 3800 M.S.N.M., UTILIZANDO CEMENTO RUMI, EN LA REGIÓN PUNO".
 UBICACIÓN : Distrito de Juliaca - San Roman -Puno
 FECHA :

	CABANILLAS	17/12/2020	14/12/2021	28	38012.35	177.2	212.45
	CABANILLAS	17/12/2020	14/12/2021	28	38100.35	178.1	213.54
M-372	SANTA LUCIA	16/12/2020	23/12/2020	7	22473.28	177.4	119.40
M-373	SANTA LUCIA	16/12/2020	30/12/2020	14	30175.25	178.4	162.70
M-374	SANTA LUCIA	16/12/2020	13/12/2021	28	36800.35	177.5	197.56
	SANTA LUCIA	16/12/2020	23/12/2020	7	22173.28	177.2	122.32
	SANTA LUCIA	16/12/2020	30/12/2020	14	30175.25	177.8	158.43
	SANTA LUCIA	16/12/2020	13/12/2021	28	34820.35	176.5	196.45
	SANTA LUCIA	16/12/2020	13/12/2021	28	35920.35	178.5	198.56

MGC GEOPERU
 Ing. YONY A. ARI ALI
 CIP: 86011
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA



correo: mgcgeoperu@hotmail.com
 Telf. +51 993 862 704 +51 951 557745
 RUC Nro 45233587784