



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto  
utilizando cementos adicionados sometido a acción de Sulfatos-Ancón, 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Br. Marcelo Junior Vega Garro (ORCID: 0000-0002-6748-8341)

**ASESOR:**

Mag. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez (ORCID: 0000-0003-0817-7057)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

Dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta esta meta importante. A mi padre y madre, por el apoyo incondicional que me han brindado. A mi hermano, por estar siempre conmigo.

Marcelo Junior Vega Garro

## **Agradecimiento**

A la Universidad César Vallejo, por brindarme la oportunidad de cumplir con uno de mis mayores sueños, ser un profesional y poder hacer crecer el desarrollo de mis capacidades laborales.

Al Ing. Carlos Villegas por su asesoría durante todo este periodo ayudándome a ampliar mis conocimientos.

A mis compañeros, porque sin el equipo que formamos, no hubiéramos conseguido esta meta.

## **PÁGINA DEL JURADO**

# DECLARATORIA DE AUTENCIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **VEGA GARRO, Marcelo Junior** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**“Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto utilizando cementos adicionados sometido a acción de Sulfatos – Ancón, 2019”**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 12 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>VEGA GARRO, Marcelo Junior</b>	
DNI: 72929409	Firma <i>mVega</i>
ORCID: 0002-6748-8841	

 INVESTIGA  
UCV

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.MÉTODO.....	31
2.1 Diseño y tipo de investigación.....	32
2.2. Operacionalización de variables.....	33
2.3. Unidad de análisis, población y muestra.....	34
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
2.5 Procedimiento.....	38
2.6 Método de análisis de datos.....	43
2.7 Aspectos éticos.....	43
III.RESULTADOS.....	44
3.1 Resultados.....	45
3.2. Objetivo general.....	45
3.3. Descripción del lugar de estudio.....	46
3.4. Ubicación del lugar de estudio.....	46
3.5 Información de la cantera de agregados.....	47
3.6 Análisis de los resultados.....	47
IV.DISCUSIÓN.....	82
V.CONCLUSIONES.....	85
VI. RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS.....	92
ANEXOS.....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Composición Química del cemento Portland.....	13
Tabla I-2: Especificaciones técnicas del Cemento Tipo I.....	13
Tabla I-3: Límites permisibles en el Agua.....	14
Tabla I-4: Granulometría del Agregado Fino.....	15
Tabla I-5: Cantidad de muestra mínima para la Granulometría .....	19
Tabla I-6: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso .....	19
Tabla I-7: Requerimientos para concreto Expuesto a Sulfatos.....	23
Tabla I-8: Composición Química del cemento Adicionado.....	24
Tabla I-9: Especificaciones técnicas del Cemento Adicionado Tipo HS.....	24
Tabla I-10: Especificaciones técnicas del Cemento Adicionado Tipo HS.....	25
Tabla II-1: Cantidad de ensayos de concreto.....	35
Tabla II-2: Rangos y magnitudes de validez.....	37
Tabla II-3: Validez determinado por Juicio de Expertos.....	37
Tabla II-4: Requerimientos de Agua y Slump según el Tamaño Máximo Nominal.....	39
Tabla II-5: Factor de la Resistencia Requerida para diseño.....	39
Tabla II-6: Relación de a/c para la Resistencia Requerida.....	40
Tabla II-7: Volumen del Agregado Grueso.....	40
Tabla II-8: Cantidad de materiales para diseño –Relación final.....	41
Tabla III-1: Granulometría del agregado fino.....	48
Tabla III-2: Propiedades físicas del agregado fino.....	48
Tabla III-3: Granulometría del agregado grueso.....	49
Tabla III-4: Propiedades físicas del agregado grueso.....	50

Tabla III-5: Granulometría del agregado global.....	50
Tabla III-6: Propiedades físicas del agregado global.....	51
Tabla III-7: Control de peso a/c=0.53 elaborado con cemento SL.....	55
Tabla III-8: Control de peso a/c=0.53 elaborado con cemento UA.....	56
Tabla III-9: Control de peso a/c=0.53 elaborado con cemento IA.....	57
Tabla III-10: Control de peso a/c=0.53 elaborado con cemento SL.....	58
Tabla III-11: Control de peso a/c=0.53 elaborado con cemento UA.....	59
Tabla III-12: Control de peso a/c=0.53 elaborado con cemento IA.....	60
Tabla III-13: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento SL.....	67
Tabla III-14: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento UA.....	68
Tabla III-15: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento IA.....	69
Tabla III-16: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento SL.....	70
Tabla III-17: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento UA.....	71
Tabla III-18: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento IA.....	72
Tabla III-19: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento SL.....	73
Tabla III-20: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento UA.....	74
Tabla III-21: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento IA.....	76
Tabla III-22: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento SL.....	77
Tabla III-23: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento UA.....	78
Tabla III-24: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento IA.....	80

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico III-1: Control de peso $a/c=0.53$ elaborado con cemento SL .....	61
Gráfico III-2: Control de peso $a/c=0.53$ elaborado con cemento UA .....	62
Gráfico III-3: Control de peso $a/c=0.53$ elaborado con cemento IA .....	63
Gráfico III-4: Control de peso $a/c=0.53$ elaborado con cemento SL .....	64
Gráfico III-5: Control de peso $a/c=0.53$ elaborado con cemento UA .....	65
Gráfico III-6: Control de peso $a/c=0.53$ elaborado con cemento IA .....	66
Gráfico III-7: Análisis comparativo $a/c=0.53$ elaborado con cemento SL.....	73
Gráfico III-8: Análisis comparativo $a/c=0.53$ elaborado con cemento UA.....	75
Gráfico III-9: Análisis comparativo $a/c=0.53$ elaborado con cemento IA.....	76
Gráfico III-10: Análisis comparativo $a/c=0.53$ elaborado con cemento SL.....	77
Gráfico III-11: Análisis comparativo $a/c=0.53$ elaborado con cemento UA.....	79
Gráfico III-12: Análisis comparativo $a/c=0.53$ elaborado con cemento IA.....	80

## RESUMEN

El principal objetivo de la presente investigación fue “Determinar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos”. Esta investigación es aplicada con un planteamiento metodológico cuantitativo. El nivel de investigación es descriptivo, ya que se utilizará la relación causa y efecto en las variables a utilizar. Nuestra muestra es igual a la población y está compuesta por 120 probetas con dimensiones de 4”x8”, entre ellos encontramos resultados de resistencias variadas por cada diferente cantidad de sulfatos en la etapa de exposición, con el fin de conocer la relación de resistencia del concreto de mediana resistencia frente al ataque de sulfatos.

Los procedimientos planteados en la presenta investigación consistieron en someter las muestras en diferentes cantidades de sulfatos, para un tiempo de inmersión de 28 y 45 días. Posteriormente fueron ensayadas en el laboratorio LEM-UNI. Dentro de los resultados se lograron evidenciar que no existe perdida en la resistencia de los diferentes concretos frente al grado y periodo de exposición en sulfatos, obteniendo aumento de resistencias de 6.53% para las muestras elaborada con cemento “UA” expuestas en su estado más crítico de cantidad muy severa y aumento de 6.97% para las muestras elaboradas con cemento “IA” en un grado severo.

**Palabras claves:** Cemento Adicionado, Sulfato en concreto, exposición, resistencia.

## **ABSTRACT**

The main objective of the present investigation was "To determine the compression resistance ratio of the concrete made with added cements and the sulfate action". This research is applied with a quantitative methodological approach. The level of research is descriptive, since the cause and effect relationship will be used in the variables to be used. Our sample is equal to the population and is composed of 120 specimens with dimensions of 4"x 8", among them we find results of varying resistance for each different amount of sulfates in the exposure stage, in order to know the resistance ratio of the medium strength concrete against sulfate attack.

The procedures outlined in the research presentation consist of some samples in different amounts of sulfates, for a dive time of 28 and 45 days. Subsequently, they were tested in the LEM-UNI laboratory. Within the results, it was possible to show that there is no loss in the resistance of the different concretes against the degree and period of exposure in sulfates, obtaining resistance increase of 6.53% for samples made with "UA" cement exposed in its most critical state of very severe quantity and increase of 6.97% for samples made with "IA" cement to a severe degree.

**Keywords:** Cement Arded, Sulfate in concrete, exposure, resistance.

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **Realidad Problemática**

Una de las principales patologías en las edificaciones de la zona costera del mundo, es la corrosión del concreto, ya es conocido que el origen de los sulfatos emerge por los suelos orgánicos, suelos arcillosos y aguas freáticas, otro elemento propio de la naturaleza que nos ofrece estos sulfatos es el agua proveniente del mar, el cual contiene sales más agresivas causado mayor daño en el concreto.

El Perú es un país que cuenta con la mayor cantidad de edificaciones ubicadas en la costa, estas estructuras en su mayor parte están constituidas por concreto, este conglomerado es utilizado en diversas obras civiles por sus propiedades físicas y mecánicas para la construcción, este además cuenta con diversos agentes externos que provocan un deterioro en sus propiedades estructurales.

Morales (2015, p.5), menciona que “[...] En la actualidad la corrosión que ocasionan la presencia de sustancias de origen químico en diversas estructuras ocasiona que la mayoría de las construcciones deben ser resanadas, mientras que las demás pasen al proceso de demolición ya que la reparación se hace imposible. Sea un caso o el otro, los costos de su ejecución suelen ser elevados”

Estos tipos de ataques químicos son comunes en la zona costera de nuestro país, así se puede encontrar diversos tipos de estructuras ya sea directamente expuestas a sulfatos mediante agua o indirectamente mediante la filtración de sales en el suelo o aire.

Este deterioro puede ser influencia de agentes químicos encontrados en los agregados antes de la preparación del concreto.

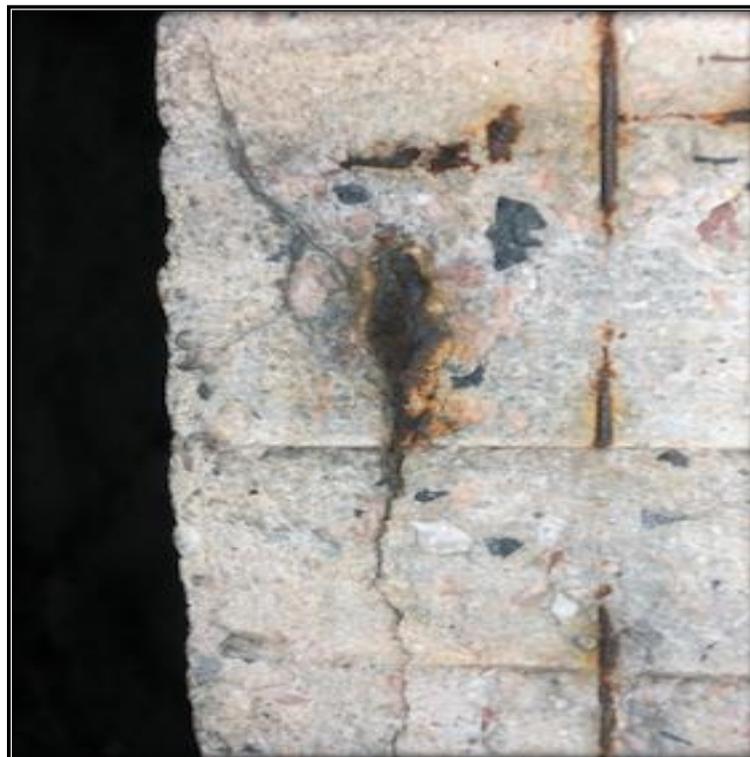
Se puede encontrar que algunos agregados como el hormigón que dentro de su composición lleven una amalgama de arena y grava la que debe contar con porciones de sales que resultan ser perjudiciales u otra materia orgánica, además del agua no potable empleada el cual “está liberada de porciones significativas dañinas de aceites, materia de tipo orgánica, algunos tipos de ácidos además de otras materias que pueden llegar a deteriorar la estructura.

En la norma E.060 de Concreto Armado del Reglamento nacional de Edificaciones en el punto 3.43 nos indica” La presencia de sales además de otros materiales dañinos que se

encuentren en los agregados deberán ser añadidos a todas aquellas sustancias que pueda incorporar el agua de mezclado para poder así realizar una evaluación completa de la presencia de sustancias nocivas para las estructuras”.

En el punto 4.3 señala que “El material que trae como resultado el concreto que va a estar libre a la exposición de soluciones en donde se encuentren sulfatos deberán contener los siguientes aspectos (...) El material que trae como resultado el concreto debe estar elaborado con un cemento que le pueda otorgar esa tenacidad a los sulfatos y que la relación presente entre el agua y el material cementante presente una máxima y un  $f^{\circ}c$  mínimo (...).

Morales (2015, p.5) Luego de una investigación, determinó que “entre los materiales químicos que encontramos de forma libre en nuestro medio ambiente, sobresalen los sulfatos que son aquellas sustancias que son eminentemente nocivos para cualquier estructura elaborada de concreto armado cuya fabricación haya sido con cemento portland ya que esto ocasiona el dar paso a agregados expansivos”.



*Figura N° 1: Garcés, P. Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado*

Los sulfatos pueden encontrarse en diferentes formas ya sea de sodio, potasio, calcio, magnesio y demás, estas combinaciones ocasionan de manera progresiva en las propiedades del concreto.

Avendaño (2015, p.15) “Ahora bien, es de interés común dar cuenta que la actividad dañina de los sulfatos y la presencia de ácidos solo acontece cuando existe humedad en el medio ambiente. Generalmente este tipo de sustancias que por su composición química se encuentran en solución, son agresoras al concreto y la magnitud de su agresión va a depender de que tanto está concentrado en la referida solución”.

A lo expuesto se sabe que el mar peruano es alto en su cantidad de sales por la corriente de Humboldt y esta a su vez genera una gran humedad en el ambiente costero, estos ataques químicos son preocupantes ya que nuestro país tiene mayor demanda población en el litoral peruano.



*Figura N° 2: Romel, G. Durabilidad en la estructura de concreto de vivienda en zona costera*

## Trabajos previos

Con la finalidad de obtener la información requerida para las variables de investigación, se ha observado diferentes investigaciones, del cual destacaron los siguientes:

Morales A. (2015), en su investigación *estudio de concreto de alta durabilidad*, tesis para optar el título de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Autónoma de México, tiene como objetivo determinar las propiedades mecánicas del concreto al paso de los cloruros. La mencionada investigación fue de tipo experimental y los métodos que emplearon fueron: la correlacional con el fin de describir y medir sus variables de estudio, distinguir sistemáticamente lo que existe con relación a las variaciones o las condiciones de la situación; asimismo, utilizaron otros métodos adicionales tales como lo cuantitativo con lo cualitativo, con el objetivo de establecer comparaciones con los datos obtenidos. Los diseños de concreto realizados para esta investigación tuvieron relación de  $a/c = 0.45$  y  $0.40$  las cuales fueron fabricadas con cemento resistente a los sulfatos con la clasificación RS. El diseño de mezcla se realizó siguiendo los parámetros de proporcionamiento que se especifica el ACI 211 con una base de resistencia a los 28 días. Para los ensayos de resistencia al ataque de sulfatos se utilizó muestras prismáticas de  $75 \times 75 \times 285\text{mm}$  sumergidos en sulfato de sodio al 5%, los resultados fueron medidos según la norma ASTM C 490 determinando la expansión del cambio de longitud. Dentro de los resultados se demostró que la resistencia para relación  $a/c = 0.40$  y la adición del 10% del humo de sílice tuvo mejor desempeño frente a al ataque de sulfatos. En los ensayos de desgaste, las dos relaciones de  $a/c$  presentan una reducción de masa, para la relación  $a/c = 0.45$  el desgaste se presenta a partir de la quinta semana de exposición y para la relación  $a/c = 0.40$  se presenta el desgaste en la sexta semana de exposición. Finalmente recomienda que para lograr un concreto durable y resistente frente al ataque de sulfatos se debe utilizar agregados pétreos densos y cementos compuestos por el 95% de cemento Portland resistente a los sulfatos y con adición del humo de sílice en 5%.

Pilicita, I y Segovia F (2015) en su tesis *Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfato de sodio en diferentes concentraciones*, tesis para optar el título de Ingeniería Civil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, tiene como objetivo determinar el comportamiento de los adoquines sometidos a agentes agresivos. La mencionada

investigación fue de tipo experimental y descriptiva. Las diferentes concentraciones de sulfatos están identificadas en 4%, 6% y 8% significando un grado de exposición muy severo. Realizo 160 adoquines con una resistencia requerida de  $f'c = 350 \text{ kg/c m}^2$  los cuales significo su población a estudiar. Tomo 10 probetas para cada tiempo de exposición, estos tiempos fueron cuatro de 14, 28,56 y 91 .Dentro de sus conclusiones de muestra que a los 14 días en su estado de exposición más crítica tiende a disminuir registrando una pérdida de 6% ( $f'c = 313 \text{ kg/c m}^2$ ) respecto a la resistencia referencial , mientras que a los 28 días el concreto después de haber perdido resistencia vuelve a subir pero no llega a la resistencia referencial , obteniendo una pérdida de 13% ( $f'c = 331 \text{ kg/c m}^2$ ) de resistencia .En los ensayos de desgaste, la solución de 4% presenta huellas de 28.62 mm a los 14 días y 31.15 mm a los 91 días de exposición, siendo superior a lo permitido de 23 mm especificados por la manual EUROADOQUIN . El autor recomienda la utilización de cemento tipo Hs para resistir la agresividad por sulfatos. Finalmente se demuestra la degradación y la pérdida de resistencia del elemento tienden a disminuir a un extenso tiempo.

Bornand, J. (2017), en su tesis *Determinación del límite de contenido interno total de sulfatos en hormigones con diferentes grados de resistencia*, tesis para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Chile. El mencionado proyecto tiene como objetivo estudiar el comportamiento del concreto en presencia de sulfatos internos aportados por sus materiales de mezcla. Su total de muestra fue 16 hormigones para los cuales utilizo cuatro diferentes relaciones de a/c 0.35, 0.50, 0.65, 0.80 para ser sometido a proporciones de sulfato respecto al peso del cemento, conteniendo el 0.30%, 0.72%, 1.08% 1.44%. Los ensayos a compresión se realizaron a las edades de 7, 14,28,56,90,120 y 180 días obteniendo resistencias de 15 Mpa a 82Mp. Dentro de los resultados se observa critica perdida de resistencia para la relación de a/c=0.50 en los 28 días de ensayo a la compresión, teniendo 58Mpa para 0,30% ,51 Mpa para 0,72% , 39 Mpa para 1,08% y una resistencia de 37Mpa para 1,44 % de contenido de sulfato. Esta pérdida de resistencia aumenta en relación al porcentaje de sulfatos. También se observar el aumento de resistencia conforme aumenta la edad en días, esto se debe al uso del cemento portland puzonalico en el diseño de mezcla. Finalmente se concluye que la presencia de sulfatos en el elemento, es perjudicial para el desempeño estructural.

Castillo, A. (2016) en su tesis *Estudio de durabilidad de estructuras de concreto armado frente a los agentes químicos agresivos*, tesis para optar el Grado de Magister en Ingeniería en la Universidad Autónoma de México, tiene como objetivo analizar los agentes químicos que influyen en la durabilidad del concreto con el fin de consecuencias patológicas dentro de la estructura. El tipo de muestra realizada fue la elaboración de probetas con dimensiones de 7 x 7 x 7 cm en relación mortero 1:3 y 0.5, utilizando cemento CEM I y agregados. En cada muestra se introdujo una barra de 5cm previamente decapeadas con HCL 30% en H2O para mantener una superficie limpia con el fin de acelerar el proceso de corrosión. Los cloruros fueron utilizados en las relaciones de 0.6 y 0.4 de Mol de CuCl<sub>2</sub>. Los resultados demuestran descriptivamente que un concreto durable es cuando el elemento pueda resistir de manera eficaz a las diferentes condiciones expuestas como la acción química y el desgaste. Las causas de la corrosión externas pueden ser tanto químicas como físicas originadas por condiciones de ataque de líquidos, cambio de temperaturas, abrasión o condiciones atmosféricas. El principal ataque de cloruros se da por las sustancias químicas en solución líquida, ya que es más propenso a ingresar en el elemento de concreto. Una manera de mitigar los ataques químicos es produciendo un concreto de baja permeabilidad y alta calidad utilizando una relación de 0.4 para concreto reforzado. La corrosión atacó en diferentes zonas de la barra con presencia de picaduras, lo cual ocasiono una pérdida de material. En conclusión, final los cloruros tienen un mayor comportamiento agresivo conforme aumenta el tiempo. Al utilizar el 100% de agregados reciclados los asentamientos son bajos por lo tanto se tiene poca trabajabilidad.

Garzón, W. (2016), *Estudio de durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado*, tesis para optar el Grado de Magister en Construcción en la Universidad Nacional de Colombia. El mencionado proyecto tiene como objetivo la relación de los sulfatos al usar agregados reciclados en el diseño de concreto. Las relaciones de a/c serán de 0.48, 0.53 y 0.58 utilizando 0% y 100% de agregados reciclados y para un 50% se utilizará 0.48 y 0.58 de a/c, todos estos diseños tendrán un remplazo de 0% y 40% de cenizas. La cantidad de sulfatos fue realizada según la NTC 3330 utilizando 50 gr de sulfato de magnesio por cada 900 ml de agua. La muestra realizada fueron tres probetas sometidas a diferentes

tiempos, los tiempos principales es el primer mes y al cuarto mes. Los resultados obtenidos dieron la validez que según el porcentaje de agregado reciclado utilizado es el efecto sobre la resistencia de compresión en las probetas, esto se da en las relaciones que no incluyen la adición de cenizas. Las muestras curadas con 5% de sulfato presentaron un incremento de resistencia a los 28 días del 9.5% respecto al diseño patrón, representando que las relaciones de agua/cemento más altas empleando agregados reciclados pueden presentar mejores comportamientos ante la presencia de sulfatos.

Cabrera, L. (2017) en su tesis *Evaluación del comportamiento del concreto elaborados con cementos: Tipo I y Tipo HS modificados con aditivos Naftalenos y Policarboxilatos*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad César Vallejo-Lima. El objetivo principal es evaluar el comportamiento mecánico del concreto elaborados con diferentes cementos añadiendo aditivos superplastificantes. Tipo de investigación aplicada con enfoque cuantitativo y el diseño fue experimental. Su población está basada en 54 probetas de concreto con dimensión de 4" x 8", los diseños de mezcla fueron para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  realizados con cemento Sol Tipo I y cemento Andino Tipo Hs. Se demuestra una mejora de trabajabilidad en el concreto fresco al utilizar los superplastificantes de naftaleno y policarboxilato, teniendo el diseño de mezcla con cemento Hs un aumento de 36% y 45% a comparación de cemento Sol Tipo I. En la resistencia a la compresión, el diseño de mezcla realizado con cemento Hs presenta un 41% más de resistencia al concreto patrón a diferencia del concreto elaborado con cemento Sol Tipo I que obtiene un 23 % a diferencia del concreto patrón. Se demuestra que el Tipo de Uso de cemento afecta en la trabajabilidad y resistencia con las adiciones del aditivo del policarboxilato y naftaleno.

Chacón, M. (2018), en su investigación *Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento quisqueya tipo I*, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad César Vallejo-Lima, tiene como objetivo determinar la relación que existe entre la corrosión del concreto utilizando cemento Tipo I frente al ataque químico de sulfatos. Las diferentes concentraciones de

sulfatos están identificadas en A (1400 mg/l), B (9500 mg/l) y C (50000 mg /lt) y las diferentes relaciones de diseño de a/c 0.60, 0.55, 0.50. EL diseño de investigación fue experimental ya que obtuvo valores utilizando el método cuantitativo y su nivel de investigación fue descriptivo porque utilizo la relación causa y efecto en sus variables. Realizo 108 probetas de concreto las cuales significo su población a estudiar, por medio de las probetas sometidas al ensayo de compresión se pudo conocer las variaciones de resistencia por cada etapa ensayada, dando así los niveles de corrosión en el concreto. Todas las relaciones y concentraciones fueron sometidas a tres tiempos de estudio 14,21 y 28 días. Los resultados obtenidos son la evidencia que durante el proceso de exposición está presente el ataque corrosivo, esto fue verificado por cada muestra en relación del peso y resistencia a la compresión. Dentro de sus resultados obtenidos se demuestra por la reducción de esfuerzo a la compresión que para la relación a/c= 0.60 presenta una degradación decreciente en la concentración (C), obteniendo un porcentaje de 27.14 % a los 14 días de inmersión, 15.99% a los 21 días y 17.88 % a los 28 días. En la relación de a/c =0.55 para un periodo de 28 días de inmersión se obtuvieron significativos porcentajes de deterioro. La variación porcentual de deterioro es de 1.82% para la concentración (A), 19.17% en la concentración (B) y 20.40% en la concentración (C), así mismo se logra observar que es más vulnerable a comparación de las otras dosificaciones. La relación 0.50 expuesta a los 28 días de inmersión no presenta mucha diferencia respecto al porcentaje de variación teniendo como máximo 1.93 % para la concentración (C). Se pudo conocer los ataques de la corrosión de manera creciente según los periodos de inmersión expuesto. Finalmente se demuestra que el grado de la corrosión está en función de la severidad expuesta del sulfato de magnesio.

Granados, J. (2017), en su investigación *Grado de presencia del sulfato con la resistencia a la compresión del concreto, en la Ciudad de Huaraz, 2016-2017*, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo-Ancash, tiene como objetivo determinar la influencia entre la presencia de diferentes grados de sulfato y la resistencia a la compresión del concreto. Las diferentes concentraciones de sulfatos son el 50% que representa la cantidad de 1500 mg/l y 100 % que representa 3000 mg/l y los diseños de concreto son  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ . EL diseño de investigación fue experimental ya que obtuvo valores utilizando el método

cuantitativo y su nivel de investigación fue descriptivo porque utilizo la relación causa y efecto en sus variables. Para el diseño de concreto se empleó el método del Instituto Americano del Concreto ACI realizando 36 probetas de concreto fabricadas con cemento portland Tipo I, agua potable y agregados de la cantera de Tacllán. Los dos diseños de concreto fueron sometidos a 30 días como periodo de exposición. Dentro de sus resultados obtenidos se demuestra la pérdida de resistencia a la compresión que para el diseño de concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , en cual obtiene una resistencia promedio de  $243.13 \text{ kg/cm}^2$  como concreto patrón. Al ser sometido a un periodo de 30 días con la presencia del 50% de sulfatos arroja un promedio de  $171.18 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia, teniendo así una pérdida de  $71.95 \text{ kg/cm}^2$ . Para el mismo periodo de exposición a un grado del 100%, se obtiene una resistencia promedio  $155.65 \text{ kg/cm}^2$ , haciendo una pérdida de  $87.48 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia promedio para un diseño de concreto patrón de  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  es  $291.69 \text{ kg/cm}^2$ , el cual tiene un promedio de  $35.40 \text{ kg/cm}^2$  como pérdida de resistencia a un 50 % de exposición, para un 100% de exposición presenta un promedio de  $53.40 \text{ kg/cm}^2$ . Se pudo demostrar que la presencia de sulfatos causa la disminución de resistencia en el concreto.

Challco , A.(2015), en su investigación *Corrosión del concreto de mediana a alta resistencia con cemento portland tipo i y aditivo plastificante por acción de cloruro de sodio*, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, tiene como objetivo estudiar la resistencia y durabilidad del concreto frente a los ataques agresivos de cloruros de sodio, los cuales ingresan a su masa y por la evaporación del agua se produce deformaciones y fisuras que tienen como consecuencia el deterioro del elemento. El aditivo plastificante utilizado en este estudio es el Chemaplast con el propósito de mejorar la resistencia y mejorar la durabilidad disminuyendo el porcentaje de absorción, evadiendo el ingreso de sales al interior del concreto. La evaluación se realizó con los efectos de corrosión utilizando aditivo y sin aditivo plastificante en muestras de concreto de 4" x 8" por la acción del cloruro de sodio en una concentración de 100 gr/lit. El método del ensayo aplicado fue la pérdida de peso por humedecimiento y secado. La medición de los ataques agresivos del cloruro de sodio fue sometido a diferentes relaciones de  $a/c= 0.40, 0.45, 0.5$  aplicando 100 cc/bl, 150 cc/bl, 200 cc/bl respectivamente. Los resultados demuestran que en concreto fresco no existe

variación en la consistencia y el peso unitario. El incremento del contenido de aire aumenta cuando se adiciona aditivo, teniendo la relación  $a/c=0.40$  el mayor valor agregándole 100 ccxbls de aditivo Chemaplast. Existe un aumento de resistencia a la compresión a los 28 días para las relaciones  $a/c=0.40, 0.45, 0.50$  cuando se le adiciona 150, 200, 200 ccxbls de aditivo Chemaplast respectivamente, obteniendo un 119.00%, 109.00%, 113.00% con respecto al diseño patrón. Finalmente se demostró que el aditivo Chemaplast tiene una variación favorable respecto a la durabilidad del concreto, siendo así beneficioso la adición de este aditivo para mejorar las condiciones hasta un 118.00% con respecto a los concretos convencionales.

Avendaño, A. (2015), en su investigación *Corrosión del concreto de mediana a baja resistencia por acción del cloruro de sodio con cemento portland tipo i*, tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima. La mencionada investigación fue de tipo descriptivo-experimental, los métodos que emplearon fueron: el correlacional con la finalidad de relacionar sus variables de estudio; asimismo, utilizaron otros métodos complementarios tales como lo cuantitativo con lo cualitativo, con el objetivo de establecer comparaciones con los datos obtenidos. El objetivo del estudio fue determinar los efectos de la corrosión para un concreto de mediana a baja resistencia sometida a cloruro de sodio en proporción de 100 gr/l utilizando cemento Sol. El muestreo fue empleado por probetas de 4"x8" con las siguientes relaciones de  $a/c=0.60, 0.65, 0.70$ . En los resultados se observó que las muestras de baja relación  $a/c$  son más compactas, ocasionando que el ingreso del cloruro de sodio demore más en ocupar los poros del elemento. Para las relaciones de  $a/c$  0.60, 0.65 y 0.70 tienen disminución de resistencia luego de alcanzar el máximo incremento de resistencia. Para un periodo de 30 días de inmersión de las relaciones  $a/c=0.60, 0.65$  y 0.70 incrementaron en un 14.11%, 16.69% y 20.02% respectivamente con respecto al concreto patrón realizado con un periodo de 28 días de curado. Los ensayos de compresión y humedecimiento, secado y pérdida de peso demostraron que el concreto sometido al cloruro de sodio en proporción de 100 gr/lit tiene relación en cuanto a la porosidad con la permeabilidad, consecuente a eso la durabilidad del elemento de concreto.

## **Teorías relacionadas al tema**

En adelante, se mencionan los conceptos relacionados en la presente investigación con la finalidad de comprender los procedimientos realizados en el proyecto.

### **Diseño de mezcla**

El diseño de mezcla es la combinación de los materiales seleccionados para un concreto, el cual permite lograr un material que cumpla con los requerimientos del proyecto.

Para la presente investigación se utilizarán las recomendaciones para la dosificación del concreto detalladas en la Asociación Americana de Concreto Comité 211.

### **Materiales del concreto**

#### **Cemento Portland Tipo I**

Es un aglomerante hidráulico que cuando es combinado con agregados pétreos, y agua, forma una masa duradera y resistente llamada concreto. El cemento principalmente se usa en la industria de la construcción, siendo el principal elemento del concreto, ya que, el cemento depende directamente de la cantidad y calidad que se puede utilizar en un diseño de mezcla para la elaboración del concreto.

“Es el que se puede utilizar con mucha frecuencia y del que además no necesita de cualidades especiales, ya sea cuando sucede que los químicos agresivos lleguen a atacar ya que existen en un determinado tipo de compuestos y en aguas ubicada debajo de la tierra”. (Rivva. 2015. p43).

Tomando en consideración la Norma Técnica Peruana con código NTP 339.009 la conceptualiza de la siguiente manera:

El cemento de tipo Portland es un compuesto que entra dentro de la categoría de lo no orgánico y es conseguido del Clinker Portland con aditamento de sulfato de calcio. Este aglomerante de tipo hidráulico es el más trascendente componente del concreto ya que el cemento tiene una dependencia del tipo del diseño de mezcla. El cemento, el de Tipo I, es utilizado para obras de concreto en general, del cual no se especifique características especiales como la presencia de sulfatos.

## Composición Química

Los principales componentes del cemento se muestran en la Tabla I-1.

*Tabla I-1: Composición Química del Cemento Portland*

COMPUESTO	FÓRMULA	CARACTERÍSTICAS
Silicato Tricalcico	C3S	Constituye del 50 % al 70 % del Clinker. Se hidrata y endurece rápidamente Temprano inicio de resistencia y fraguado Aporta resistencia a corto y largo plazo. <u>Controla los tiempos de fragua.</u>
Silicato Dicalcico	C2S	Constituye del 15 % al 30 % del Clinker. Se hidrata y endurece lentamente. Contribuye al incremento de la resistencia a edades mayores de 7 días.
Aluminato Tricalcico	C3A	Constituye del 5 % al 10 % del Clinker. Contribuye al desarrollo de las resistencias muy tempranas y al fraguado del cemento. Vulnerable a la acción de los sulfatos.
Ferro aluminato Tetracalcico	C4AF	Constituye aprox. Del 5 % al 15 % del Clinker. Rápida hidratación. Contribuye muy poco a la resistencia

*Fuente: ASOCEM*

*Tabla I-2: Especificaciones técnicas del Cemento Tipo I*

Parametro	Unidad	Cemento Sol Tipo I	Requisitos NTP-334.009/ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /kg	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la Compresión A 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 112
Resistencia a la Compresión A 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la Compresión A 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	No específica
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C2S	%	13.15	No específica
C3S	%	53.60	No específica
C3A	%	9.66	No específica
C4AF	%	9.34	No específica

*Fuente: Ficha técnica Cemento Sol (UNACEM)*

### Agua para el concreto

Las aguas son utilizadas para la preparación y curado de las muestras de concreto. Este material reacciona químicamente con el cemento formando la parte sólida de la pasta durante el proceso de hidratación, además permite una adecuada manipulación y colocación. Durante el proceso de curado es utilizado para hidratar el concreto para favorecer en la resistencia del elemento.

El agua a utilizar debe estar limpia y libre de materia orgánica u otras sustancias peligrosas para el concreto. Estas aguas deben cumplir con los límites permisibles según la Norma Técnica Peruana 339.088 los cuales se presentan en la Tabla I-3.

*Tabla I-3: Límites permisibles en el Agua*

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5,000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ión SO <sub>4</sub> )	600		Máximo
Cloruros (ión Cl <sup>-</sup> )	1,000		Máximo
pH	5 a 8		Máximo

*Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 334.088)*

### Agregados

Los agregados ocupan tres cuartas partes del volumen en el concreto, sus propiedades y características contribuyen en todas las propiedades físicas del concreto. Es esencial la selección de este material para obtener estabilidad volumétrica y durabilidad en el concreto.

El agregado dentro del concreto cumple la función de relleno para la formación de pasta, y así proporcionar una masa capaz de resistir acciones mecánicas que puedan afectar al concreto.

## Propiedades de los agregados:

Propiedades del agregado fino

“[...] El agregado fino es todo aquel que pasa por el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200 [...]” Norma Técnica Peruana 400.037 (2013, p 6).

Granulometría N.T.P. 400.012

El análisis granulométrico distribuye las partículas de arena en fracciones del mismo tamaño, según el número de malla de los tamices utilizados. Los límites para el agregado fino se presentan en la Tabla I-4.

Tabla I-4: Granulometría del Agregado Fino

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
9.5 mm (3/8 pulg)	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 µm (N°30)	25 a 60
300 µm (N°50)	05 a 30
150 µm (N°100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.012)

Módulo de Finura N.T.P. 400.012

Es el referido a la dimensión media de las partículas, se emplea cuando se ejerce control sobre la semejanza de los agregados y que además deben estar presentes en el rango que se presenta a continuación.

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ Ret. Acum. [3, 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100]}}{100}$$

La Norma Técnica Peruana 400.012 establece que el agregado fino debe tener un módulo de finura no menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

➤ Peso específico

“(…) Para la realización del presente ensayo debemos calcular el volumen que va a ocupar el material en las diferentes mezclas que se van a hacer del concreto. Es por esto que el peso específico es la correspondencia de la densidad de una pequeña pero representativa muestra y la densidad que posee el agua a un nivel de temperatura ya fijada; los resultados que se logren en el ensayo serán adimensionales [..]” Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.6)

El peso denominado específico es la correspondencia entre la masa del adherido y el volumen previamente determinado. Ahora bien, se logra su determinación haciendo uso de la siguiente ecuación:

- Peso específico nominal

$$Dn = \frac{P}{(P - Pi)}$$

P= Peso del material seco (gr)

Pi=Peso sumergido en agua (gr)

- Peso específico aparente

$$Da = \frac{P}{(Ps - Pi)}$$

P= Peso del material seco (gr)

Ps= Peso del material humedecido y secado de manera superficial (gr)

Pi=Peso sumergido en agua (gr)

- Peso específico saturado superficialmente seco

$$D_{ss} = \frac{P_s}{(P_s - P_i)}$$

P= Peso del material seco (gr)

P<sub>s</sub>= Peso del material humedecido y secado de manera superficial (gr)

P<sub>i</sub>=Peso sumergido en agua (gr)

➤ Porcentaje de absorción

“[...] El porcentaje de absorción de un material es el aumento de peso, esto se debe a que el agua penetra en las partículas del material ingresando por la porosidad existente, durante un tiempo establecido, pero esto no implica al agua que se adiciona en la superficie externa de las partículas, esto se refleja como porcentaje de masa seca [...]”

Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.5)

$$\% \text{ Absorción} = \frac{100(500 - P)}{P}$$

P= Peso seco (gr)

Contenido de humedad N.T.P. 339.185

Este ensayo mide la humedad de la muestra con mayor confiabilidad, utilizando un horno ventilado con temperatura controlada a  $110 \pm 5$  °C a 24 horas de exposición. De esta manera, se tomará de dato el peso húmedo del material y luego será expuesto en un horno normado y calibrado durante 24 horas, del cual se podrá tomar como dato el peso seco, así se podrá calcular el porcentaje de humedad del material con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(H - S)}{S} * 100$$

H= Peso del material húmedo natural (gr)

S= Peso del material seco (gr)

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino N.T.P. 400.017

- **Peso Unitario Suelto del material (P.U.S)**

Para obtener el peso individual libre se trabaja en correspondencia de la masa y volumen, se dejará caer el agregado en forma libre desde una distancia de 5 centímetros de altura aproximadamente en dirección al molde de volumen con una dimensión ya predeterminada, para encontrar el peso unitario suelto se empleará la ecuación que se presenta a continuación:

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del molde}}$$

- **Peso Unitario Compactado (P.U.C)**

Para conocer el peso unitario del compactado se labora en correspondencia de la masa que ha sido previamente compactada y el volumen, paso siguiente se realizará una división del contenedor en 3 capas y se empleará para ello una varilla y así poder compactarla con aproximadamente 25 golpes por capa hasta que logremos que se llene al nivel del contenedor.

Para hallar el peso unitario compactado del material, e empleará la siguiente fórmula:

$$P.U.C = \frac{\text{Peso compactado del material}}{\text{Volumen del molde}}$$

#### Propiedades del agregado grueso

“[...] El agregado fino es todo aquel que pasa por el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200 [...]” Norma Técnica Peruana 400.037 (2013, p 6).

#### Granulometría N.T.P. 400.012

El análisis granulométrico distribuye las partículas de arena en fracciones del mismo tamaño, según el número de malla de los tamices utilizados. La cantidad de muestra mínima para la Granulometría se especifica en la Tabla I-5.

Tabla I-5: Cantidad de muestra mínima para la Granulometría

Tamiz	Cantidad de muestra mínima
9.5 mm (3/8 pulg)	1
12.5 mm (1/2 pulg)	2
19.0 mm (3/4 pulg)	5
25.0 mm (1 pulg)	10
37.5 mm (1 1/2 pulg)	15
50 mm (2 pulg)	20
63 mm (2 1/2 pulg)	35
75 mm (3 pulg)	60
90 mm (3 1/2 pulg)	100
100 mm (4 pulg)	150
125 mm (5 pulg)	300

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.012)

Los requisitos de Granulometría del Agregado Grueso se detallan en la tabla I-6.

Tabla I-6: Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso

PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS														
ASTM	TAMA NOMINAL	100mm. 4"	90mm. 3 1/2"	75mm. 3"	63mm. 2 1/2"	50mm. 2"	37.5mm. 1 1/2"	25mm. 1"	19mm. 3/4"	12.5mm. 1/2"	9.5mm. 3/8"	4.75mm. N° 4	2.36mm. N° 8	1.18mm. N° 16
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2" a 1 1/2")	100	90 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2" a 1 1/2")	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
3	50 mm a 25 mm (2" a 1")	-----	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----
357	50 mm a 4.75 mm (2" a N° 4")	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	-----	0 a 5	-----	-----
4	37.5 mm a 19 mm (1 1/2" a 3/4")	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2" a N° 4")	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	0 a 5	-----	-----
5	25 mm a 12.5 mm (1" a 1/2")	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----	-----	-----
56	25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-----	-----
57	25 mm a 4.75 mm (1" a N° 4")	-----	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 10	0 a 5	-----
6	19 mm a 9.5 mm (3/4" a 3/8")	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-----	-----
07	19 mm a 4.75 mm (3/4" a N° 4")	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	-----	20 a 30	0 a 10	0 a 5	-----
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2" a N° 4")	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-----
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8" a N° 8")	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 400.037)

## Peso específico porcentaje de absorción NTP 400.021

### ➤ Peso específico

“[...] Para este ensayo se calcula el volumen ocupado por el material en diversas mezclas de concreto. En ese sentido, es la relación de la densidad de una muestra y la densidad del agua a una temperatura establecida; los valores que se obtendrán en el ensayo son adimensionales [...]” Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.6)

El peso específico es la correspondencia entre la masa del agregado y el volumen obtenido con anterioridad, esto, pero deberá incluir a los poros naturales presentes en el agregado. Se logra obtener el peso haciendo uso de la siguiente ecuación.

- Peso específico nominal

$$Dn = \frac{P}{(P - Pi)}$$

P= Peso del material seco (gr)

Pi=Peso sumergido en agua (gr)

- Peso específico aparente

$$Da = \frac{P}{(Ps - Pi)}$$

P= Peso del material seco (gr)

Ps= Peso del material humedecido y secado de manera superficial (gr)

Pi=Peso sumergido en agua (gr)

- Peso específico saturado superficialmente seco

$$D_{ss} = \frac{P_s}{(P_s - P_i)}$$

P= Peso del material seco (gr)

P<sub>s</sub>= Peso del material humedecido y secado de manera superficial (gr)

P<sub>i</sub>=Peso sumergido en agua (gr)

➤ Porcentaje de absorción

“[...] El porcentaje de absorción de un material es el aumento de peso, esto se debe a que el agua penetra en las partículas del material ingresando por la porosidad existente, durante un tiempo establecido, pero esto no implica al agua que se adiciona en la superficie externa de las partículas, esto se refleja como porcentaje de masa seca [...]” Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.5)

$$\% \text{ Absorción} = \frac{100(500 - P)}{P}$$

P= Peso seco (gr)

Contenido de humedad N.T.P. 339.185

Este ensayo mide la humedad de la muestra con mayor confiabilidad, utilizando un horno ventilado con temperatura controlada a  $110 \pm 5$  °C a 24 horas de exposición. De esta manera, se tomará de dato el peso húmedo del material y luego será expuesto en un horno normado y calibrado durante 24 horas, del cual se podrá tomar como dato el peso seco, así se podrá calcular el porcentaje de humedad del material con la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{(H - S)}{S} * 100$$

H= Peso del material húmedo natural (gr)

S= Peso del material seco (gr)

Peso unitario suelto y compactado del agregado fino N.T.P. 400.017

➤ **Peso Unitario Suelto del material (P.U.S)**

Para obtener el peso individual libre se trabaja en correspondencia de la masa y volumen, se dejará caer el agregado en forma libre desde una distancia de 5 centímetros de altura aproximadamente en dirección al molde de volumen con una dimensión ya predeterminada, para encontrar el peso unitario suelto se empleará la ecuación que se presenta a continuación:

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material}}{\text{Volumen del molde}}$$

➤ **Peso Unitario Compactado (P.U.C)**

Para calcular el peso unitario compactado se labora en correspondencia de la masa que ha sido previamente compactada y el volumen, paso siguiente se realizará una división del contenedor en 3 capas y se empleará para ello una varilla y así poder compactarla con aproximadamente 25 golpes por capa hasta que logremos que se llene al nivel del contenedor.

Para hallar el peso unitario compactado del material, e empleará la siguiente fórmula:

$$P.U.C = \frac{\text{Peso compactado del material}}{\text{Volumen del molde}}$$

## Exposición a sulfatos

En la norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, presenta los requisitos que debe cumplir el concreto frente a la exposición de suelos que contengan sulfatos. Este concreto debe estar hecho con un cemento resistente a los sulfatos especificados en la tabla, teniendo en cuenta el  $f'c$  mínimo según el grado de exposición.

Los requerimientos para el concreto expuesto a sulfatos se reflejan en la Tabla I-7.

*Tabla I-7: Requerimientos para concreto Expuesto a Sulfatos*

Exposición a los sulfatos	Sulfato Soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de cemento	Relación máxima agua-material cementante(en peso) para concretos de peso normal	Fc mínimo (Mpa) para concretos de peso normal y ligero
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 \leq 0,1$	$0 \leq SO_4 \leq 150$	-	-	-
Moderada	$0,0 \leq SO_4 \leq 0,2$	$160 \leq SO_4 \leq 1500$	II,IP (MS)	0,50	28
			IS (MS)		
			P (MS)		
			I(PM) (MS)		
I(SM) (MS)					
Severa	$0,2 \leq SO_4 \leq 2,0$	$1500 \leq SO_4 \leq 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$10000 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana	0,45	31

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones E-060 (2009; p.38)*

## Cemento Portland Adicionados

Los cementos adicionados tienen complementos dentro de los límites permitidos según las normas ASTM C-595-03. Estas adiciones pueden ser Puzolanas, Escoria de alto horno, Microsílice y Ceniza volante. El cemento adicionado Tipo MS y HS, es utilizado para obras de concreto que especifique características especiales como la presencia de sulfatos.

## Composición Química

Los principales componentes del cemento se muestran en la Tabla I-8:

Tabla I-8: Composición Química del cemento Adicionado

COMPUESTO	FÓRMULA	CARACTERÍSTICAS
Cal	CaO	Constituye del 61 % al 67 % del cemento. Controla los tiempos de fragua.
Silice	SiO <sub>2</sub>	Constituye del 17 % al 25 % del cemento. Baja reacción en agua.
Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Constituye del 4 % al 8 % del cemento. Contribuye en el tiempo de fraguado y resistencia inicial.
Óxido Férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Constituye aprox. Del 0.5 % al 5 % del cemento. Rápida hidratación. Contribuye a la resistencia inicial.

Fuente: ASOCEM

### Propiedades del cemento Portland Adicionado Tipo HS MH+R

Cemento Adicionado de bajo calor de hidratación, ideal para la construcción en zonas húmedas salitrosas. Este cemento al ser resistente a los sulfatos nos va a ayudar a realizar el estudio comparativo entre cementos adicionados. Cumple con la Norma Técnica Peruana 334.082. Las especificaciones técnicas del Cemento Anti salitre se especificarán en la Tabla I-9.

Tabla I-9: Especificaciones técnicas del Cemento Adicionado Tipo HS

Parametro	Unidad	Cemento Inka Tipo HS+MH+R	Requisitos NTP-334.082/ASTM C-1157
Contenido de aire	%	6	No específica
Expansión autoclave	%	0.05	Máximo 0.80
Superficie específica	cm <sup>2</sup> /kg	4500	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la Compresión A 1 días	kg/cm <sup>2</sup>	102	No específica
Resistencia a la Compresión A 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	216	Mínimo 112
Resistencia a la Compresión A 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	292	Mínimo 184
Resistencia a la Compresión A 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	414	Mínimo 255
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	129	Máximo 45
Fraguado Vicat final	min	311	Máximo 420
<b>Calor de Hidratación</b>			
7 días	Kcal/kg	54	Máximo 70
28 días	Kcal/kg	67	No específica
<b>Expansión de mortero</b>			
14 días	%	0.01	No específica
<b>Expansión a los Sulfatos</b>			
6 meses	%	0.04	Máximo 0.10
<b>Expansión alcali-silice reactivo</b>			
14 días	%	0.015	Máximo 0.02
56 días	%	0.032	Máximo 0.06

Fuente: Ficha técnica Cemento Anti Salitre Tipo HS

## Propiedades del cemento Portland Adicionado Tipo HS

El cemento Hidráulico Andino Ultra tipo Hs es resistente a la humedad y al salitre teniendo alta resistencia y durabilidad en el tiempo, así mismo cumple con la NTP 334.082. Tomaremos a este segundo elemento para realizar la comparación entre dos cementos adicionados del tipo Hs. Las especificaciones técnicas del Cemento Andino Ultra se especificarán en la Tabla I-10.

*Tabla I-10: Especificaciones técnicas del Cemento Adicionado Tipo HS*

Parametro	Unidad	Cemento Andino Ultra Hs	Requisitos NTP-334.082/ASTM C-1157
Contenido de aire	%	4.7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	480	No específica
Densidad	g/ml	3.00	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la Compresión A 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	245	Mínimo 112
Resistencia a la Compresión A 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	340	Mínimo 184
Resistencia a la Compresión A 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	457	Mínimo 255
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	147	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 420
<b>Barras curadas en agua</b>			
Expansión a 14 días	%	0.009	Máximo 0.020
<b>Potencial Álcali-Reactivo</b>			
Expansión a 14 días	%	0.009	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.021	Máximo 0.060
<b>Calor de Hidratación</b>			
Calor de Hidratación a 7 días	cal/g	63	Máximo 70
<b>Resistencia a los sulfatos</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.034	0.05% máx. a 180 días

*Fuente: Ficha técnica Cemento Andino Ultra (UNACEM)*

## **Concreto Fresco**

Es la mezcla semilíquida compuesta por los materiales seleccionados en el diseño de mezcla, que ocurre mediante un proceso de hidratación del cemento y agua. Este estado es utilizado para la colocación del concreto teniendo la propiedad de trabajabilidad que ayuda al vaciado del elemento.

“El vaciado debe realizarse en forma continua mientras el concreto se encuentre en estado fresco, evitando la formación de juntas frías” (Teodoro 2015, p.18)

## **Trabajabilidad**

Se entiende por trabajabilidad a la dificultad o complicaciones del trabajo “La trabajabilidad mide la dificultad o facilidad del trabajo o control del concreto en sus diversas etapas del estado fresco; ponemos como ejemplo, en el amalgamado, transporte, colocación y posterior vibrado del concreto” (Garay 2016, p.74).

“La prueba de Slump es la prueba más conocida para tomar medida de la trabajabilidad con el cono de Abrams, esta medida es de forma indirecta”. (Norma Técnica Peruana 339.035).

La trabajabilidad es la propiedad del concreto no endurecido que determina la manipulación con un mínimo trabajo y un máximo de homogeneidad.

## **Concreto endurecido**

Es el estado del concreto ya fraguado, comportándose como un cuerpo sólido, que obtiene la propiedad de resistir esfuerzos.

“El concreto es una masa endurecida que por naturaleza es discontinua y heterogénea” (Portugal, 2015, p.210).

## **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión es característica mecánica fundamental de un concreto, esta característica es definida como el mayor esfuerzo que puede soportar el elemento sin romperse. Dado que el concreto tiene como finalidad tomar esfuerzos de compresión en la estructura. El procedimiento de ensayo deber ser realizado según la Norma Técnica Peruana 339.0.34.

Según (Gomez y Niño, 2015) la definición más completa de concreto es la siguiente: “El concreto es un material con la capacidad de soportar ingentes fuerzas de compresión, todo, claro está va a depender de sus características mecánicas, físicas, además de, químicas de sus componentes, los agregados utilizados y la interface pasta – agregados, los que van a ser alterados por procesos de colocación y condiciones de curado. Ahora bien, desde la perspectiva de la resistencia a compresión se debe tomar en cuenta que un concreto es de resistencia normal al no superar los 42MPa. E la actualidad se toma en consideración que un concreto es de alta resistencia cuando esta es superior a 42MPa e inferior a 100 MPa, a 28 días.”

### **Pérdida de peso por degradación**

Según (Sanjuán y Castro, 2015) define “Los iones sulfato reaccionan con los aluminatos cálcicos hidratados del Clinker de cemento portland formando la sal de Candlot que es muy poco soluble en agua y provoca un gran aumento de volumen del orden del 250% en relación con los reactivos iniciales. Esta expansión produce grandes tensiones internas que, por lo general, no pueden ser absorbidas por el material y desencadena una serie de fisuras y desprendimientos superficiales de material”

La degradación el elemento inicia por la reacción química de los sulfatos y los componentes del cemento, ocasionando fallas y desprendimientos del material. El grado de ataque depende de la inmersión expuesta. A más tiempo y exposición se originará mayor desprendimiento superficial del elemento, perdiendo el peso original de a ver sido elaborado.

### **Formulación del problema**

En la actualidad la corrosión del concreto causado por la presencia de los sulfatos del suelo es un gran problema en el distrito de Ancón, ocurriendo trastornos en los elementos estructurales, esto se debe a una pésima elaboración del concreto sin tomar en cuenta las características químicas presentes en el suelo. Entonces, esto trae como consecuencia las patologías y deterioro de la estructura del concreto.

Los problemas que se identificaron para el presente proyecto, se formularon de la siguiente manera.

## **Problema General**

- ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos?

## **Problemas específicos**

- ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación a/c=0.53?
- ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diferentes grados de exposición?
- ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión?

## **Justificación de la investigación**

El presente estudio de investigación en base a información estandarizada y autentica, teniendo en cuenta las normas técnicas peruanas y americanas, con el fin de cumplir los requisitos establecidos en las normas y con la finalidad de encontrar soluciones en la elaboración de un concreto resistente a los sulfatos para evitar las patologías en el concreto estructural.

Conveniencia: El presente proyecto ayudará a identificar la mejor opción entre los componentes del concreto, específicamente el cemento para la zona de Ancón, ya que en este distrito se puede encontrar diversos componentes químicos y en algunos lugares la presencia de la capa freática. En consecuencia, la estructura de concreto será atacada por los sulfatos trayendo problemas estructurales. Por lo tanto, la presente investigación se realizó con el objetivo de comparar la resistencia entre los adicionados frente al ataque de sulfatos.

Relevancia Social: Esta investigación recopilará información de manera experimental, de modo que se podrá identificar las resistencias obtenidas utilizando los diferentes cementos adicionados después de un tiempo en inmersión por sulfatos. En consecuencia, se conocerá el valor de resistencia obtenida en los periodos de tiempo establecidos, los beneficiados de

este resultado serán todos los ciudadanos de la localidad de Ancón, ya que tendrán la mejor alternativa del tipo de cemento para elaborar un concreto resistente al ataque de sulfatos con el fin de construir sus edificaciones.

**Justificación Económica:** Conocer cuál de los tipos de cementos es más resistente frente al ataque de sulfatos, ayudando a evitar futuras patologías en las edificaciones. Este resultado será un ahorro en reparaciones o casos más graves como la demolición de viviendas.

**Justificación Teórica:** Elaborar el diseño de mezclas tomando en cuenta las normas técnicas peruanas y verificar la calidad de los agregados para poder obtener el concreto de mediana resistencia deseada.

**Justificación Práctica:** La presente investigación evalúa de manera experimental, la resistencia del concreto por el ataque de sulfatos elaborado por distintos cementos, la resistencia se conocerá a través de la rotura de probetas de concreto, la exposición de sulfatos será medida en mg por litro de agua (mg/l), del cual se obtendrá la comparación de resistencia en distintos niveles de dosificación de sulfatos en los cementos utilizados.

**Justificación Metodológica:** La presente investigación encontrará soluciones experimentales de un concreto resistente a los sulfatos, el ataque por los sulfatos es una dificultad en la realización de una estructura ya que esta afecta la durabilidad y en consecuencia disminuye la resistencia, por tanto, se optó por realizar la presente investigación para encontrar cuál de los cementos utilizados es óptimo frente al ataque de sulfatos en el distrito de Ancón, será un tema atractivo e innovador.

## **Hipótesis de investigación**

### **Hipótesis General**

- Existe relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos.

### **Hipótesis específicos**

- Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y a acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación  $a/c=0.53$ .

- Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diferentes grados de exposición.
- Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión.

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

- Determinar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos.

### **Objetivos específicos**

- Especificar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación  $a/c=0.53$ .
- Analizar la relación significativa de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para los diferentes grados de exposición.
- Conocer la relación significativa de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión.

## **CAPÍTULO II: MÉTODO**

## **2.1 Diseño y tipo de Investigación**

### **Diseño de Investigación**

El diseño de toda investigación según Hernández (2015), El tipo de diseño escogido por un investigador le indica todo lo que se debe realizar para obtener lo propuesto en su investigación. A la vez debe dar respuesta a las preguntas planteadas, sea esta general o específicas, además de contrastar las hipótesis planteadas en una investigación específica. (p. 100)

En ese sentido, la presente investigación presenta un diseño experimental. Los experimentos denominados “auténticos o puros” se caracterizan por manipular las llamadas variables independientes para poder observar cuales son los efectos sobre las llamadas variables dependientes en lo que se denomina una situación controlada. Los experimentos en este tipo de investigaciones se realizan para observar si una o más variables de las llamadas independientes logran afectar a las llamadas variables dependientes. Este efecto de una variable sobre otra se obtiene a través del análisis de cantidades o valores empleando para esto una metodología denominada cuantitativa logrando de esta manera el recojo y estudio de los datos reflejados en cifras numéricas.

### **Tipo de Investigación**

Para Lerma (2015), para seleccionar cual es el correcto tipo de investigación que sea el más adecuado, se debe tener en consideración cuenta el tema a estudiar y el objetivo que se ha propuesto. De acuerdo con lo planteado la presente investigación se encuentra de una de tipo cuantitativa o tradicional. La presente investigación se circunscribe en el tipo Aplicada puesto que su objetivo medular busca dar solución a problemas de índole práctico, con la capacidad de generalizar de modo limitado.

### **Nivel de Investigación**

Baptista (2015), señala que el existe un posterior y segundo nivel de tipo de investigación al cual se le ha denominado “Descriptivo” este nivel de investigación faculta a describir de manera detallada situaciones o sucesos que nos llaman la atención para poder tomarles medida y, además, poniendo de manifiesto sus características. El objetivo principal de este nivel de investigación al que se le ha denominado descriptivo es evidenciar de manera

específica las peculiaridades, los rasgos distintivos, las diferencias y los perfiles de sujetos, grupos, sociedades o algún constructo que se someta a revisión y al posterior análisis.

Así mismo podemos mencionar que este proyecto de investigación también es desarrollado de manera explicativa ya que tiene como objetivo explicar los fenómenos que ocurren durante el desarrollo y como responde a las reacciones químicas del concreto por efecto del sulfato de magnesio.

### **Enfoque de Investigación**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2015) el enfoque o dirección de la investigación es el camino que lleva alcanzar resultados válidos que responden a los objetivos anteriormente planteados. Así mismo, el ser objetivos es la mejor manera de llegar al conocimiento, razón por la cual, al momento de realizar la medición, ésta debe ser exhaustiva y suficientemente controlada, logrando así alcanzar la certeza adecuada necesaria en toda investigación. Es por este motivo que en esta investigación se emplea la perspectiva cuantitativa.

Esta investigación cuya investigación es de carácter cuantitativo se basa en recolectar datos específicos, centrada en estudios anteriores con validez de los ensayos, exactitud de los procedimientos y factibilidad que posibilitan su realización.

## **2.2 Operacionalización de variables**

### **Variable Independiente**

#### **Acción de sulfatos**

El concreto usado en algunas cimentaciones anexas a suelos ricos en sulfatos es más susceptible de ser atacado, por lo que se usan a veces, cementos resistentes a sulfatos evitándose daños potenciales en la estructura, estos daños serán evaluados con respecto al grado y tiempo de exposición del elemento.

### **Variable Dependiente**

#### **Resistencia a la compresión del concreto**

Los cementos son materiales aglomerantes que posee la propiedad de adherirse junto a otros minerales para formar un material compacto. Este material compacto es el concreto, la propiedad del concreto varía según el estado en cual se encuentra logrando obtener resistencia y durabilidad, las cualidades de estas propiedades serán obtenidas a través del análisis del ensayo de resistencia a compresión de las muestras.

### **2.3 Unidad de análisis, población y muestra**

En adelante se demostrará la unidad de análisis de la presente investigación, además también podremos en consideración la población de la cual se extraerá la muestra que se realizará en cada ensayo realizado en el laboratorio.

#### **Unidad de análisis**

Según Hernández y Fernández (2015) detallan que la unidad de análisis es la parte central de la investigación, puesto que define “que o quienes” van a abarcar en la misma, de igual manera esto va a depender del tipo de investigación, y de cómo sus alcances conllevan a la resolución del mismo.

Con relación a la presente investigación define que la unidad de análisis es: resistencia del concreto y se incluirán variables que durante el proceso se irán desarrollando.

#### **Población**

Tomando en consideración a Hernández, Fernández y Baptista (2015), señalan que la denominación de población hace referencia al conjunto de casos agregados que presentan similitudes con una serie de descripciones y suele estar organizada por personas u entidades que dada a sus características comunes dan origen a la investigación. De igual modo, esta población debe estar definida para no cometer error al agregar la muestra ya que esto no solo obedece al objetivo de estudio, sino también al medio en el que estará sometido y al tiempo de exposición.

La presente investigación se fijará mediante el estudio comparativo de la resistencia del concreto utilizando diferentes cementos sometidos a sulfatos, ya que no se pueden demostrar exactamente la cifras con precisión se utilizará la norma americana (ASTM C39) y cumplir con el objetivo de la investigación

La población presente en esta tesis es todos los testigos de concreto 4”x8” realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM-UNI).

#### **Muestra**

Balestrini (2015), cita que la denominación de muestra hace referencia al acumulado de procedimientos que se ponen en práctica para ensayar como se debe realizar la distribución de determinadas representaciones tomando en cuenta para esto a la población en su totalidad

y se debe partir de la observación de una parte estimada. Tomando en cuenta, que toda muestra es propia de una parte representativa de la población y de elementos que pertenecen al conjunto determinado al que se le llama población.

Para la muestra de esta investigación se evaluará según la norma americana (ACI 318-08), la cual define realizar el promedio de resistencia de al menos 3 testigos 4"x8".

Por tanto, se realizaron las consultas del caso con técnicos e ingenieros especialistas en concreto del Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM-UNI), del cual se logró determinar la cantidad 120 probetas cilíndricas de concreto 4"x8". La cantidad de ensayos a realizar se detallan en la Tabla II-1.

*Tabla II-1: Cantidad de ensayos de concreto*

DISEÑO	TESTIGOS A REALIZAR	CONCRETO FRESCO SLUMP	CONCRETO ENDURECIDO		
			PERIODO DE INMERSIÓN		CONTROL DE RESISTENCIA Y PESO
			28 DIAS	45 DIAS	
S/S 245 SL(Patrón)	10	1	5	5	10
245 SL (1400 mg/lt)	10		5	5	10
245 SL (9500 mg/lt)	10		5	5	10
245 SL(50000 mg/lt)	10		5	5	10
S/S 245 IA(Patrón)	10	1	5	5	10
245 IA (1400 mg/lt)	10		5	5	10
245 IA (9500 mg/lt)	10		5	5	10
245 IA(50000 mg/lt)	10		5	5	10
S/S 245 UA(Patrón)	10	1	5	5	10
245 UA (1400 mg/lt)	10		5	5	10
245 UA (9500 mg/lt)	10		5	5	10
245 UA(50000 mg/lt)	10		5	5	10
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>	<b>3</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>120</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

## Muestreo

Esta investigación fue evaluada por muestreo de tipo no probabilístico, ya que la muestra fue escogida a través del cálculo personal e intencional por parte del investigador.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Bernal (2016, p. 192) nos dice que: En el presente, en la denominada investigación de carácter científico existen una gran multiplicidad de técnicas; así como, de instrumentos para el acopio de datos en el trabajo experimental de un tipo determinado de análisis de investigación.

De arreglo con el método a emplear; además de, el tipo de investigación que se pretende realizar, se llegarán a emplear determinadas técnicas.

Las técnicas que utilizaremos para recoger datos en la presente investigación serán las que se presentan a continuación:

**Observación directa:** Este tipo de observación, con el tiempo es tomada más en consideración y su empleo tiende a tomarse más en cuenta, gracias a que nos permite la obtención de información de tipo directa y de tipo confiable, toda vez que se haga uso de un método sistematizado y a la vez muy controlado. En la actualidad hoy se emplean una serie de método de toso tipo principalmente los audiovisuales, sobre todo para el estudio de las personas en sus centros de trabajo.

**Análisis de documentos:** Esta técnica se basa en la construcción fichas denominadas bibliográficas cuyo propósito principal es el análisis de todo tipo de material considerado impreso. El análisis de estos datos se emplea para la confección del marco teórico de la presente investigación

Para que la investigación sea denominada de calidad, se emplea la utilización en un mismo momento de dos o más técnicas para recolectar información, con la finalidad de poder realizar el contraste y el complemento de los datos.

### **Instrumentos**

Los instrumentos presentes y que emplearán en nuestro proyecto son:

**Fichas de recolección de datos:** “Son instrumentos del cual se obtienen información importante que se ha encontrado durante el proceso de investigación” Bernal (2016, p. 104).

## Validez

Según Berna (2015) Para que todo instrumento a emplear en una investigación sea fiable debe ser considerado confiable y válido.

Validez: Para que un instrumento que se utiliza para medir sea considerado válido es porque mide aquello para lo cual fue diseñado para medir. O, como lo sostienen Anastasi y Urbina (1988), la validez de un instrumento “debe de tomar en consideración aquello que mide el instrumento construido y con qué efectividad lo realiza” (p. 113). La validez de un instrumento nos señala el nivel con el que pueden sacarse conclusiones a partir de una serie de resultados obtenidos. Los Rangos y magnitudes de validez se detallan en la Tabla II-2.

*Tabla II-2: Rangos y magnitudes de validez*

RANGOS	MAGNITUD
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1	Validez perfecta

*Fuente: Herrera, J. (1998)*

En el proyecto presentado se optó por una matriz que valide nuestro instrumento, este formato será verificado y validado por 03 especialistas, ingenieros civiles, del tema de investigación. Los especialistas se detallan en la Tabla II-3.

*Tabla II-3: Validez determinado por Juicio de Expertos*

EXPERTOS	VALIDEZ
1.-Mag. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez	1
2.- Ing. José Atencio Deudor	1
3.-Ing.Roxana Del Carmen Quipuzcoa Olguin	1

*Fuente: Elaboración propia*

Con relación a los análisis de validez estos serán realizados por tres expertos especialistas que son profesionales de la Ingeniería Civil, estos expertos evaluarán el instrumento elaborado para la presente investigación esperando den como consecuencia un nivel de

validez del instrumento, lo cual esperamos que pertenezca al nivel de validez en la categoría de excelente.

La validez para los ensayos realizados, serán aprobados por el ingeniero especialista del laboratorio, así mismo, el profesional tendrá que firmar los informes por cada ensayo realizado, con el fin de dar veracidad a los resultados obtenidos.

### **Confiabilidad**

Hernández, Fernández y Baptista (2015) detallan respecto al tema de la confiabilidad de la siguiente manera:

“La confiabilidad que debe poseer un instrumento construido para medición, se define al nivel de aplicación constante con un mismo propósito, sea un sujeto o tal vez un objeto, del cual producirá consecuencia igual de similares. La confiabilidad que se obtiene de un instrumento construido se medirá por diferentes técnicas, del cual se comentará de manera breve después de verificar las definiciones de validez y objetividad”.

La confiabilidad en la actual investigación es basada en relación calibración de los equipos del laboratorio que se usarán para los respectivos ensayos. Por ello, se adjuntan los certificados necesarios, con el fin de respaldar la correcta calibración de los equipos utilizados en la ejecución de nuestra investigación.

## **2.5 Procedimiento**

### **A. Propiedades Físicas y químicas de los Materiales (NTP 339.047)**

Los materiales que serán utilizados en la presente investigación son:

- Cemento Tipo I
- Cemento Adicionado HS+MH+R
- Cemento Adicionado HS
- Agregado fino y grueso
- Agua
- Solución de sulfatos (sulfato de magnesio)

### **B. Dosificación del concreto según el American Concrete Institute Comité 211**

1. Se elaborará un diseño de mezcla para una resistencia de  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , la cual se aproxima más a la relación de  $a/c = 0.53$

2. El asentamiento será diseñado entre las 3"-4".
3. Obtener las propiedades físicas de los materiales mediante los ensayos requeridos en el laboratorio.
4. En relación con el asentamiento (3"-4") se definirá la cantidad de agua para el diseño del concreto, especificados en la Tabla II-4.

*Tabla II-4: Requerimientos de Agua y Slump según TMN*

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en lt/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1 1/2")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50	(1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	(3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	(6" a 7")	240	2320	210	205	185	180	170	--
Cantidad aproximada de aire atrapado (%)		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>									
30 a 50	(1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100	(3" a 4")	200	190	180	175	160	160	150	135
150 a 180	(6" a 7")	215	205	190	185	170	170	160	--
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición	Exposición Suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	Exposición Moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
	Exposición Severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

*Fuente: ACI 211.1-91 (2002, p.8)*

5. Según la resistencia deseada se tomará una resistencia requerida con un factor de seguridad para el diseño, según la Tabla II-5:

*Tabla II-5: Factor de la resistencia requerida*

Resistencia Especificada F' <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Requerida F' <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
F' <sub>c</sub> < 210 kg/cm <sup>2</sup>	F' <sub>cr</sub> =F' <sub>c</sub> + 70
210 < F' <sub>c</sub> < 350	F' <sub>cr</sub> =F' <sub>c</sub> + 85
F' <sub>c</sub> > 350	F' <sub>cr</sub> =1.10 *F' <sub>c</sub> + 50

*Fuente: ACI 318 S-14 (2014)*

6. En función de la resistencia requerida para el diseño se tomará la relación a/c sin aire incorporado, según la Tabla II-6:

*Tabla II-6: Relación de a/c para la Resistencia Requerida*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		RELACIÓN AGUA/CEMENTO (a/ c)	
Mpa	(Kg/cm <sup>2</sup> )	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
40	408	0.42	....
35	357	0.47	0.39
30	306	0.54	0.45
25	255	0.61	0.52
20	204	0.69	0.6
15	153	0.69	0.7

*Fuente: ACI 211 (2002, p.22)*

7. El cálculo del peso de la piedra, es en relación del módulo de finura de la arena y el tamaño máximo del agregado grueso, según la Tabla II-7:

*Tabla II-7: Volumen de Agregado Grueso*

Dn mac	Modulo de finura de la arena				
	2.4	2.6	2.8	3	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	0.6	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.69	0.67
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.7
3"	0.81	0.79	0.77	0.75	0.74
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

*Fuente: ACI 211.1-91 (2002, p.23)*

8. Cálculo de volumen y peso de la arena.

-Volumen absoluto: El diseño es por Kg/m<sup>3</sup>

$$1\text{m}^3 = \text{Vol de agua} + \text{Vol de piedra} + \text{Vol de arena} + \text{Vol de aire}$$

-Peso de arena

$$\text{Peso de arena} = \text{Vol de arena} \times \text{Peso específico de arena} \times 1000 \text{ kg/cm}^3$$

9. Corrección en los agregados por el contenido de humedad.

Peso agregado húmedo= Peso agregado seco x (1 + % Contenido de humedad)

10. Corrección en los agregados por el contenido de humedad.

Aporte humedad = Peso seco x (%Contenido de humedad - % Absorción)

11. Agua efectiva

Agua efectiva = Agua diseño – Aporte humedad de agregados

12. Cálculo de proporciones en volumen

Volumen de piedra = Peso piedra corregida x 35.31 / P.U.S Agregado grueso

13. Dosificaciones del diseño

Con los datos obtenidos en el laboratorio, se definirá la dosificación requerida por los materiales, según la Tabla II-8.

*Tabla II-8: Cantidad de materiales para el diseño-Relación final*

<b>CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR M3</b>		
Cemento	c	kg/m3
Agua	a	Ltrs/M3
Agregado Grueso	af	kg/m3
Agregado Fino	ag	kg/m3

	<b>PROPORCIÓN EN PESO</b>	<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b>	<b>PROPORCIÓN</b>
<b>C</b>	----	----	----
<b>A.F</b>	----	----	----
<b>A.G</b>	----	----	----

*Fuente: Elaboración Propia*

### **C. Trabajabilidad del concreto**

Se procederá a determinar la homogeneidad y facilidad de mezclado del concreto fresco a través del ensayo Slump siguiendo las indicaciones del procedimiento de

ensayo establecidas en la NTP 339.035. Para resultados del asentamiento se dará en pulgadas. La presente investigación utilizara los cementos Sol tipo I, Inka Anti salitre y Ultra Andino para el diseño de mezcla con un  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ . Se realizará el cálculo de trabajabilidad para cada diseño de mezcla.

#### **D. Peso unitario del concreto fresco**

El cálculo del peso unitario nos determinara el contenido de los materiales por metro cúbico de concreto. Se realizará el ensayo según la NTP 339.046, del cual se tomarán las indicaciones establecidas. Se realizará el cálculo del peso unitario en cada diseño de mezcla a realizar.

#### **E. Testigos de concreto normalizado 4" x 8"**

Para realizar los testigos se considerada las indicaciones establecidas, según la NTP 339.034, se optó por utilizar testigos con dimensiones de 4" x 8". El presente proyecto se trabajará tres diferentes cementos para un diseño de  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , del cual se tomará 40 muestras para cada diseño de mezcla elaborado con los diferentes cementos, posteriormente se colocará las probetas en un entorno adecuado por 24 horas, tal como lo especifica la NTP 339.034

#### **F. Peso de cada testigo**

En una balanza correctamente calibrada del laboratorio se procederá a realizar el peso de cada testigo de concreto, de tal manera, el dato que se obtendrá será comparado con el peso que se obtendrá después del curado en los diferentes grados de exposición de sulfatos. Este control de peso se debe realizar luego de a ver transcurrido 24 horas de haber colocado el concreto en los testigos.

#### **G. Exposición a sulfato de magnesio**

Para la exposición de sulfatos se está considerando los tres niveles de exposición en las cantidades de 1400 mg/lit, 9500 mg/lit y 50000 mg/lit; estos contenidos de sulfatos serán utilizados en la etapa del curado para un especificado número de días: 28 días y 45 días.

## **H. Cálculo del peso por degradación**

Los pesos serán calculados luego de transcurrir los 28 días y 45 días de ser sometido al sulfato de magnesio, ya que, al estar expuesto por sulfatos se verificará el desgaste y habrá una pérdida de peso, el cual será comparado al peso calculado antes del curado. De esta manera, se podrá expresar la diferencia de peso por degradación en relación al tiempo de exposición en los diferentes cementos utilizados.

## **I. Ensayo de rotura por compresión en testigos de concreto**

En este ensayo se seguirán los parámetros establecidos en la norma americana (ASTM C39) con el fin de obtener una adecuada distribución de cargas provocadas por la máquina de ensayo de rotura de testigos de concreto. Posteriormente la resistencia a la compresión se calculará dividiendo la carga máxima ejercida en la muestra y el área de la sección de la muestra cilíndrica, expresada en (kg/cm<sup>2</sup>).

## **J. Comparación de resistencia en los testigos de concreto**

Se realizará la comparación de las resistencias obtenidas en el ensayo de compresión según el diseño, cantidad de sulfatos y periodo de inmersión de las muestras. De tal manera, se podrá analizar y discutir los resultados obtenidos que serán en cifras, porcentajes y tablas de gráficos.

## **2.6 Método de análisis de datos**

Según Bernal, el resultado del análisis de los datos obtenidos “Interpreta los descubrimientos obtenidos vinculados con los problemas identificados en la presente investigación, los objetivos propuestos, las hipótesis planteadas y/o preguntas que fueron manifestadas por el autor, [...] con el objetivo de analizar y confirmar las teorías utilizadas, esto generará discusiones con la teoría que existe” (2016, p. 220).

## **2.7 Aspectos éticos**

El investigador que elabora el presente proyecto respeta la autoría de los autores e investigadores que fueron mencionados en cada etapa del proyecto, del cual se respetará sus pensamientos y análisis del tema, así mismo, han sido citados en cada etapa que ha sido necesario.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### **3.1 Resultados**

Para lograr los resultados de la presente investigación fue necesario realizar ensayos basados en las normas internacionales (ASTM) y la norma técnica peruana (NTP), con el fin de tener los procedimientos sin error alguno manteniendo credibilidad de los resultados obtenidos.

Para poder elaborar el diseño de mezclas se realizaron los ensayos preliminares para obtener las propiedades de los materiales involucrados en el concreto. Los ensayos previos de los agregados son: Granulometría, Contenido de Humedad, Peso Específico y Porcentaje de Absorción, Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado, con el fin de realizar un diseño de mezcla óptimo.

Por consiguiente, se optó por el diseño de mezclas del comité 211 del ACI, ya que para esta investigación estudiaremos concreto de mediana resistencia. Del mismo modo, se realizó la selección de los materiales y la combinación adecuada para la dosificación, con la finalidad de obtener un concreto óptimo en resistencia.

Finalmente, en la etapa de curado, las muestras de concreto serán expuestas con sulfato de magnesio a una cantidad de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt para un período de curado de 28 y 45 días. Con la finalidad de conocer el nivel de severidad del ataque de sulfatos expresados en cifras y gráficamente, del cual serán analizados para encontrar posibles soluciones y mitigar las variaciones.

### **3.2 Objetivo General**

Determinar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento Tipo I y la acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación  $a/c=0.53$ , sometido una concentración de sulfatos de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt para un período de inmersión 28 y 45 días.

Determinar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento Tipo HS y la acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación  $a/c=0.53$ , sometido una concentración de sulfatos de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt para un período de inmersión 28 y 45 días.

Determinar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento

Tipo HS+R y la acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación  $a/c=0.53$ , sometido una concentración de sulfatos de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt para un período de inmersión 28 y 45 días.

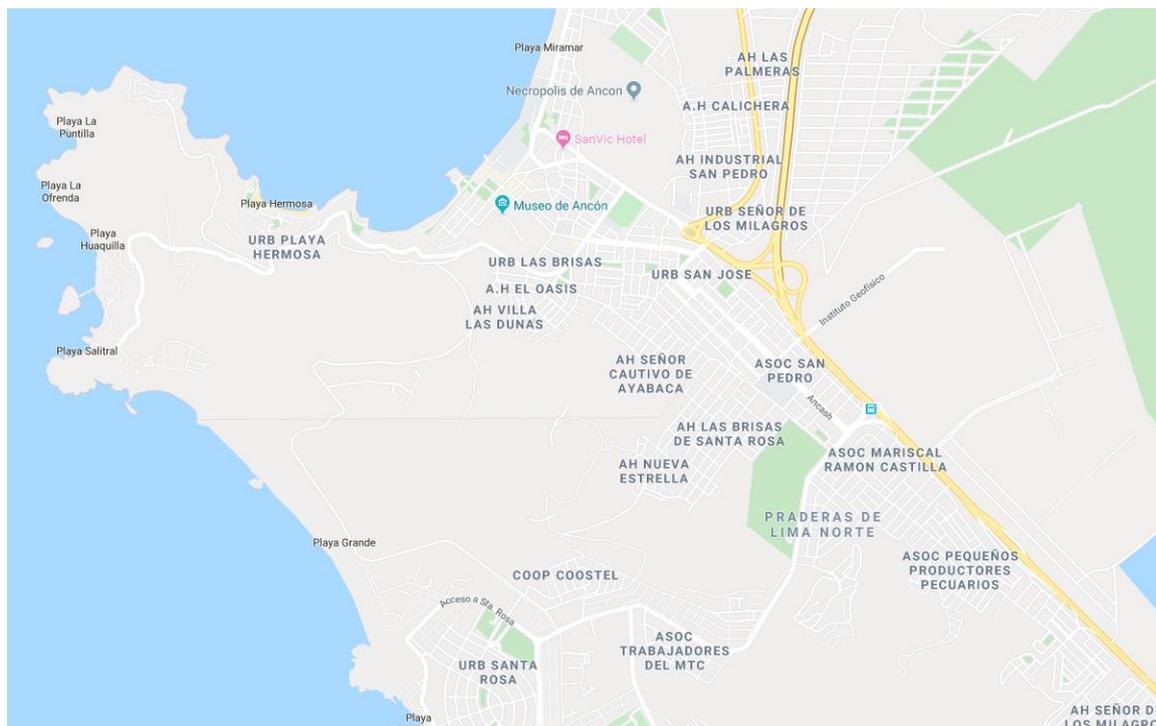
### 3.3 Descripción del lugar de estudio

La investigación está enfocada en la zona costera con mayor área en Lima, de los cuales se eligió al distrito de Ancón. Este distrito está ubicado en el Km 43 de la Panamericana Norte, en el que podemos encontrar un suelo gravoso y arenoso de compacidad media a baja.

### 3.4 Ubicación del lugar de estudio

La zona donde se aplica el estudio es para la “Urb. Country Beach Club Praderas de Lima Norte I”, que está ubicada en el distrito de Ancón, en la Provincia y Departamento de Lima. La ubicación del poblado se describe en la *Figura III-1*.

*Figura III-1: Ubicación de estudio*



*Fuente: Google Maps*

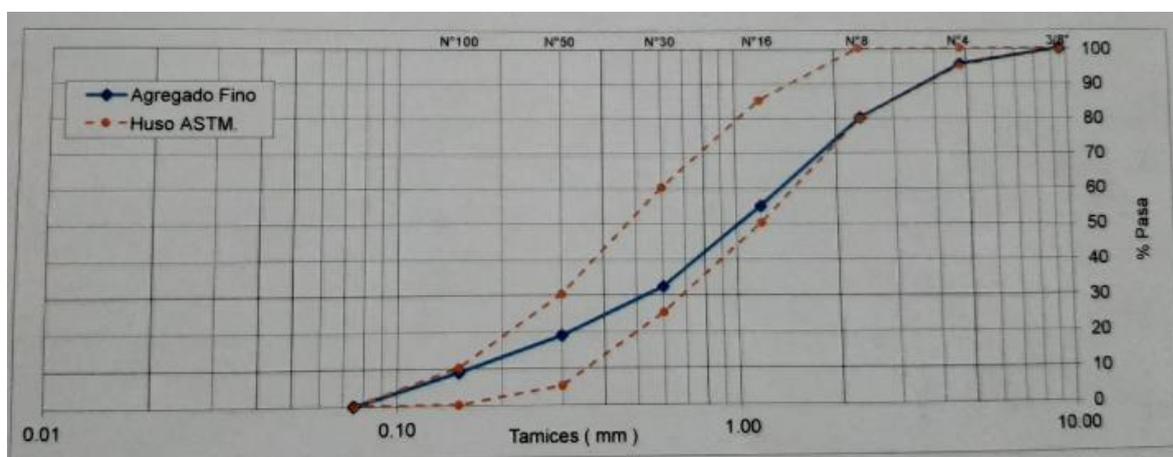


Tabla III-I: Granulometría del agregado fino

TRAMIZ		%Ret.	% Ret. Acum.	%Pasa	%Pasa. ASTM C 33 HUSO AGRE. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100.0
N°4	4.75	4.50	4.50	95.60	95-100
N°8	2.36	15.40	19.90	80.10	80-100
N°16	1.18	25.30	45.20	54.90	50-85
N°30	0.60	22.60	67.80	32.20	25-60
N°50	0.30	13.40	81.20	18.80	5-30
N°100	0.15	10.00	91.20	8.80	0-10
FONDO		8.80	100.00	0.0	

Fuente: Laboratorio

Gráfico III-1: Curva Granulométrica del Agregado Fino



Fuente: Laboratorio

Tabla III-2: Propiedades físicas del agregado fino

Modulo de Fineza	3.1
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1310
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1546
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	2.64
Contenido de Humedad (%)	2.75
Porcentaje de Absorción (%)	0.7

Fuente: Laboratorio

## B. Propiedades físicas del agregado grueso

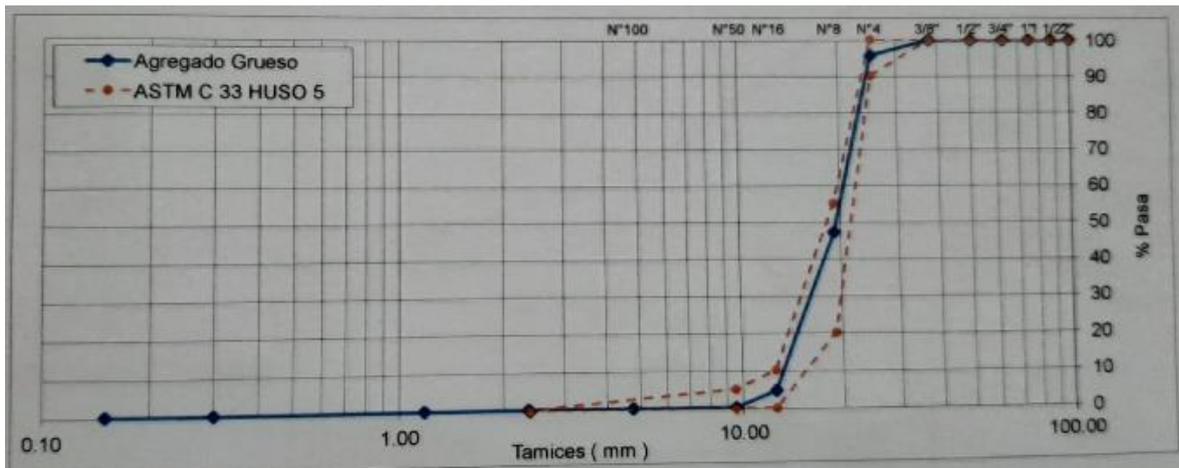
La finalidad de realizar los ensayos de granulometría, cálculo de módulo de fineza, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico, contenido de humedad y porcentaje de absorción es para conocer el material del agregado grueso si es óptimo para realizar los diseños de mezcla. La cual se describe en la Tabla III-3.

Tabla III-3: Granulometría del agregado grueso

TRAMIZ		%Ret.	% Ret. Acum.	%Pasa	%Pasa. ASTM C 33 HUSO 5
(Pulg)	(mm)				
4"	100.00	0.0	0.0	100.00	100
3 1/2"	87.50	0.0	0.0	100.00	100
3"	75.00	0.0	0.0	100.00	100
2 1/2"	62.50	0.0	0.0	100.00	100
2"	50.00	0.0	0.0	100.00	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.00	100
1"	25.00	4.10	4.10	95.90	90-100
3/4"	19.00	48.60	52.70	47.3	20-55
1/2"	12.50	42.50	95.2	4.8	0-10
3/8"	9.50	4.40	99.6	0.4	0-5
N°4	4.75	0.10	99.7	0.3	
N°8	2.36	0.0	99.7	0.3	
N°16	1.18	0.0	99.7	0.3	
N°50	0.30	0.0	99.7	0.3	
N°100	0.15	0.0	99.7	0.3	
FONDO	2.38	0.30	100	0	

Fuente: Laboratorio

Gráfico IV-II: Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Fuente: Laboratorio

Tabla III-4: Propiedades físicas del agregado grueso

Modulo de Fineza	7.5
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1355
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1543
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	2.59
Contenido de Humedad (%)	0.55
Porcentaje de Absorción (%)	1.23

Fuente: Laboratorio

### C. Características físicas del agregado global

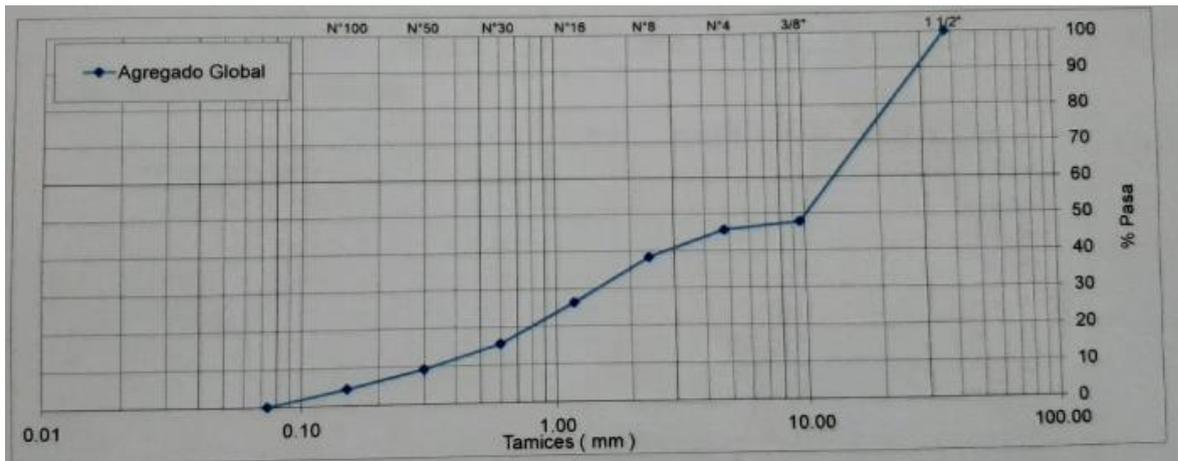
La finalidad de realizar el ensayo de agregado global es Obtener concretos de buena calidad logrando la máxima compacidad producto de una buena combinación de los agregados, para lo cual se debe hallar la participación óptima de arena (%) y piedra (%), siguiendo una metodología que tiene como base las curvas granulométricas. La cual se describe en la Tabla III-5.

Tabla III-5: Granulometría del agregado global

TRAMIZ		%Ret.	% Ret. Acum.	%Pasa
(Pulg)	(mm)			
3/8"	9.50	2.3	52.3	47.7
N°4	4.75	2.2	54.50	45.50
N°8	2.36	7.3	61.80	38.20
N°16	1.18	12.0	73.80	26.20
N°30	0.60	10.7	84.50	15.50
N°50	0.30	6.4	90.90	9.10
N°100	0.15	4.7	95.60	4.40
FONDO		4.4	100.00	0.0

Fuente: Laboratorio

Gráfico III-III: Curva Granulométrica del Agregado global



Fuente: Laboratorio

Tabla III-6: Propiedades físicas del agregado global

Tamaño Nominal Maximo	3/4"
Modulo de Fineza	5.41
%Agregado Grueso	53
%Agregado Fino	47

Fuente: Laboratorio

#### D. Diseño de mezcla $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ cemento SOL tipo I

##### Características Generales

Denominación	.....	$f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$
Asentamiento	.....	3" -4 "
Relación de a/c de diseño	.....	0.53
Relación de a/c de obra	.....	0.51
Proporciones de diseño	.....	1: 1.80: 1.95
Proporciones de obra	.....	1: 1.85: 1.96

##### Cantidad de material de diseño por m<sup>3</sup> de concreto

Cemento	.....	430 Kg.
---------	-------	---------

Arena	.....	787 Kg.
Piedra	.....	841 Kg.
Agua	.....	228 L.

**Cantidad de material por m3 de concreto en obra**

Cemento	.....	430 Kg.
Arena	.....	809 Kg.
Piedra	.....	846 Kg.
Agua	.....	218 L.

**Cantidad de material por bolsa de cemento en obra**

Cemento	.....	42.50 Kg.
Arena	.....	79.88 Kg.
Piedra	.....	83.51 Kg.
Agua	.....	21.49 L.

**Proporciones aproximadas en volumen**

Proporciones	.....	1: 2.15: 2.18
Arena	.....	21.49: L/bolsa

**E. Diseño de mezcla  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$  cemento Ultra Andino**

**Características Generales**

Denominación	.....	$f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$
Asentamiento	.....	3” -4 “
Relación de a/c de diseño	.....	0.53
Relación de a/c de obra	.....	0.51
Proporciones de diseño	.....	1: 1.83: 1.95
Proporciones de obra	.....	1: 1.88: 1.96

**Cantidad de material de diseño por m3 de concreto**

Cemento	.....	430 Kg.
Arena	.....	787 Kg.
Piedra	.....	841 Kg.
Agua	.....	228 L.

### **Cantidad de material por m3 de concreto en obra**

Cemento	.....	430 Kg.
Arena	.....	809 Kg.
Piedra	.....	846 Kg.
Agua	.....	218 L.

### **Cantidad de material por bolsa de cemento en obra**

Cemento	.....	42.50 Kg.
Arena	.....	79.88 Kg.
Piedra	.....	83.51 Kg.
Agua	.....	21.49 L.

### **Proporciones aproximadas en volumen**

Proporciones	.....	1: 2.15: 2.18
Arena	.....	21.49: L/bolsa

### **F. Diseño de mezcla $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$ cemento Inka Anti salitre**

#### **Características Generales**

Denominación	.....	$f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$
Asentamiento	.....	3” -4 “
Relación de a/c de diseño	.....	0.53
Relación de a/c de obra	.....	0.51
Proporciones de diseño	.....	1: 1.77: 1.96
Proporciones de obra	.....	1: 1.82: 1.98

### **Cantidad de material de diseño por m3 de concreto**

Cemento	.....	434 Kg.
Arena	.....	768 Kg.
Piedra	.....	855 Kg.
Agua	.....	230 L.

### **Cantidad de material por m3 de concreto en obra**

Cemento	.....	434 Kg.
Arena	.....	789 Kg.
Piedra	.....	859 Kg.

Agua	.....	220 L.
------	-------	--------

#### **Cantidad de material por bolsa de cemento en obra**

Cemento	.....	42.50 Kg.
Arena	.....	77.23 Kg.
Piedra	.....	84.13 Kg.
Agua	.....	21.55 L.

#### **Proporciones aproximadas en volumen**

Proporciones	.....	1: 2.08: 2.19
Arena	.....	21.55: L/bolsa

#### **G. Sulfato de Magnesio (MgSO<sub>4</sub>)**

Para la presente investigación se suministrará diferentes contenidos de sales de sulfato de magnesio en agua, el suministrará según la dosificación establecida en los objetivos.

Las cantidades de dosificación son las siguientes.

- 30 Probetas 4x8” con una a/c 0.53 realizado con cemento Sol tipo I sometido a una concentración de MgSO<sub>4</sub> de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt, para un período de inmersión de 28 y 45 días.
- 30 Probetas 4x8” con una a/c 0.53 realizado con cemento Ultra andino sometido a una concentración de MgSO<sub>4</sub> de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt, para un período de inmersión de 28 y 45 días.
- 30 Probetas 4x8” con una a/c 0.53 realizado con cemento Inka Anti salitre sometido a una concentración de MgSO<sub>4</sub> de 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt, para un período de inmersión de 28 y 45 días.

#### **H. Tablas y gráficos del seguimiento y control de Peso**

**a. Lista de tablas para la relación de a/c =0.53 diseñado con cemento tipo portland I y adicionados, sometido a una concentración de sulfatos en 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt.**

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo I, para un periodo de exposición a 28 días. Ver Tabla III-7.

*Tabla III-7: Control de peso a/c= 0.53 elaborado con cemento SL*

N°	CÓDIGO	SL	PESO INICIAL	PESO FINAL	PÉRDIDA DE PESO	VARIACIÓN DE PESO %
1	SL-1	S/E	3.940	3.860	0.080	0.020
2	SL-2	S/E	3.850	3.790	0.060	0.016
3	SL-3	S/E	3.845	3.760	0.085	0.022
4	SL-4	S/E	3.765	3.710	0.055	0.015
5	SL-5	S/E	3.805	3.720	0.085	0.022
6	SL-6	MODERADA	3.910	3.845	0.065	0.017
7	SL-7	MODERADA	3.755	3.700	0.055	0.015
8	SL-8	MODERADA	3.850	3.785	0.065	0.017
9	SL-9	MODERADA	3.895	3.825	0.070	0.018
10	SL-10	MODERADA	3.860	3.785	0.075	0.019
11	SL-11	SEVERA	3.860	3.795	0.065	0.017
12	SL-12	SEVERA	3.795	3.720	0.075	0.020
13	SL-13	SEVERA	3.920	3.855	0.065	0.017
14	SL-14	SEVERA	3.885	3.810	0.075	0.019
15	SL-15	SEVERA	3.800	3.755	0.045	0.012
16	SL-16	MUY SEVERA	3.865	3.800	0.065	0.017
17	SL-17	MUY SEVERA	3.820	3.765	0.055	0.014
18	SL-18	MUY SEVERA	3.835	3.755	0.080	0.021
19	SL-19	MUY SEVERA	3.850	3.790	0.060	0.016
20	SL-20	MUY SEVERA	3.855	3.785	0.070	0.018

*Fuente: Propia*

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de exposición a 28 días. Ver Tabla III-8.

Tabla III-8: Control de a/c= 0.53 elaborado con cemento UA

Nº	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	PESO INICIAL	PESO FINAL	PÉRDIDA DE PESO	VARIACIÓN DE PESO %
1	UA-41	S/E	3.825	3.710	0.115	0.030
2	UA-42	S/E	3.700	3.650	0.050	0.014
3	UA-43	S/E	3.800	3.725	0.075	0.020
4	UA-44	S/E	3.875	3.790	0.085	0.022
5	UA-45	S/E	3.725	3.635	0.090	0.024
6	UA-46	MODERADA	3.880	3.790	0.090	0.023
7	UA-47	MODERADA	3.715	3.640	0.075	0.020
8	UA-48	MODERADA	3.720	3.640	0.080	0.022
9	UA-49	MODERADA	3.835	3.760	0.075	0.020
10	UA-50	MODERADA	3.725	3.640	0.085	0.023
11	UA-51	SEVERA	3.760	3.700	0.060	0.016
12	UA-52	SEVERA	3.815	3.720	0.095	0.025
13	UA-53	SEVERA	3.830	3.750	0.080	0.021
14	UA-54	SEVERA	3.860	3.755	0.105	0.027
15	UA-55	SEVERA	3.780	3.700	0.080	0.021
16	UA-56	MUY SEVERA	3.850	3.760	0.090	0.023
17	UA-57	MUY SEVERA	3.765	3.700	0.065	0.017
18	UA-58	MUY SEVERA	3.805	3.740	0.065	0.017
19	UA-59	MUY SEVERA	3.805	3.745	0.060	0.016
20	UA-60	MUY SEVERA	3.775	3.675	0.100	0.026

Fuente: Propia

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de exposición a 28 días. Ver Tabla III-9.

Tabla III-9: Control de peso a/c= 0.53 elaborado con cemento IA

Nº	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	PESO INICIAL	PESO FINAL	PÉRDIDA DE PESO	VARIACIÓN DE PESO %
1	IA-81	S/E	3.835	3.765	0.070	0.018
2	IA-82	S/E	3.845	3.790	0.055	0.014
3	IA-83	S/E	3.900	3.830	0.070	0.018
4	IA-84	S/E	3.740	3.680	0.060	0.016
5	IA-85	S/E	3.830	3.820	0.010	0.003
6	IA-86	MODERADA	3.750	3.695	0.055	0.015
7	IA-87	MODERADA	3.775	3.705	0.070	0.019
8	IA-88	MODERADA	3.855	3.800	0.055	0.014
9	IA-89	MODERADA	3.780	3.715	0.065	0.017
10	IA-90	MODERADA	3.845	3.780	0.065	0.017
11	IA-91	SEVERA	3.870	3.815	0.055	0.014
12	IA-92	SEVERA	3.830	3.760	0.070	0.018
13	IA-93	SEVERA	3.815	3.755	0.060	0.016
14	IA-94	SEVERA	3.790	3.725	0.065	0.017
15	IA-95	SEVERA	3.835	3.780	0.055	0.014
16	IA-96	MUY SEVERA	3.835	3.785	0.050	0.013
17	IA-97	MUY SEVERA	3.715	3.665	0.050	0.013
18	IA-98	MUY SEVERA	3.745	3.710	0.040	0.009
19	IA-99	MUY SEVERA	3.810	3.765	0.045	0.012
20	IA-100	MUY SEVERA	3.740	3.695	0.045	0.012

Fuente: Propia

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo, para un periodo de exposición a 45 días. Ver Tabla III-10.

Tabla III-10: Control de peso a/c= 0.53 elaborado con cemento SL

N°	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	PESO INICIAL	PESO FINAL	PÉRDIDA DE PESO	VARIACIÓN DE PESO %
1	SL-21	S/E	3.815	3.740	0.075	0.020
2	SL-22	S/E	3.845	3.765	0.080	0.021
3	SL-23	S/E	3.755	3.680	0.075	0.020
4	SL-24	S/E	3.795	3.730	0.065	0.017
5	SL-25	S/E	3.795	3.715	0.080	0.021
6	SL-26	MODERADA	3.830	3.765	0.065	0.017
7	SL-27	MODERADA	3.890	3.820	0.070	0.018
8	SL-28	MODERADA	3.830	3.745	0.085	0.022
9	SL-29	MODERADA	3.875	3.855	0.050	0.005
10	SL-30	MODERADA	3.845	3.755	0.090	0.023
11	SL-31	SEVERA	3.880	3.810	0.070	0.018
12	SL-32	SEVERA	3.805	3.735	0.070	0.018
13	SL-33	SEVERA	3.855	3.780	0.075	0.019
14	SL-34	SEVERA	3.905	3.825	0.080	0.020
15	SL-35	SEVERA	3.800	3.725	0.075	0.020
16	SL-36	MUY SEVERA	3.815	3.740	0.075	0.020
17	SL-37	MUY SEVERA	3.895	3.685	0.070	0.054
18	SL-38	MUY SEVERA	3.895	3.830	0.065	0.017
19	SL-39	MUY SEVERA	3.815	3.735	0.080	0.021
20	SL-40	MUY SEVERA	3.865	3.785	0.080	0.021

Fuente: Propia

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de exposición a 45 días. Ver Tabla III-11.

Tabla III-11: Control de peso para la relación a/c= 0.53 elaborado con cemento UA

N°	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	PESO INICIAL	PESO FINAL	PÉRDIDA DE PESO	VARIACIÓN DE PESO %
1	UA-61	S/E	3.820	3.735	0.070	0.030
2	UA-62	S/E	3.880	3.800	0.050	0.014
3	UA-63	S/E	3.775	3.655	0.075	0.020
4	UA-64	S/E	3.770	3.685	0.085	0.022
5	UA-65	S/E	3.735	3.655	0.090	0.024
6	UA-66	MODERADA	3.695	3.620	0.090	0.023
7	UA-67	MODERADA	3.780	3.675	0.075	0.020
8	UA-68	MODERADA	3.825	3.755	0.080	0.022
9	UA-69	MODERADA	3.795	3.690	0.075	0.020
10	UA-70	MODERADA	3.915	3.840	0.085	0.023
11	UA-71	SEVERA	3.765	3.690	0.060	0.016
12	UA-72	SEVERA	3.780	3.660	0.095	0.025
13	UA-73	SEVERA	3.765	3.695	0.080	0.021
14	UA-74	SEVERA	3.790	3.685	0.070	0.027
15	UA-75	SEVERA	3.825	3.715	0.080	0.021
16	UA-76	MUY SEVERA	3.830	3.740	0.090	0.023
17	UA-77	MUY SEVERA	3.785	3.695	0.065	0.017
18	UA-78	MUY SEVERA	3.845	3.770	0.065	0.017
19	UA-79	MUY SEVERA	3.845	3.765	0.060	0.016
20	UA-80	MUY SEVERA	3.835	3.770	0.100	0.026

Fuente: Propia

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de exposición a 45 días. Ver Tabla III-12.

Tabla III-12: Control de peso para la relación a/c= 0.53 elaborado con cemento IA

N°	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	PESO INICIAL	PESO FINAL	PÉRDIDA DE PESO	VARIACIÓN DE PESO %
1	IA-101	S/E	3.875	3.805	0.070	0.018
2	IA-102	S/E	3.830	3.755	0.075	0.020
3	IA-103	S/E	3.915	3.850	0.065	0.017
4	IA-104	S/E	3.835	3.765	0.070	0.018
5	IA-105	S/E	3.800	3.725	0.075	0.020
6	IA-106	MODERADA	3.840	3.770	0.070	0.018
7	IA-107	MODERADA	3.860	3.790	0.070	0.018
8	IA-108	MODERADA	3.825	3.755	0.070	0.018
9	IA-109	MODERADA	3.770	3.705	0.065	0.017
10	IA-110	MODERADA	3.845	3.780	0.065	0.017
11	IA-111	SEVERA	3.855	3.790	0.065	0.017
12	IA-112	SEVERA	3.855	3.795	0.060	0.016
13	IA-113	SEVERA	3.870	3.800	0.070	0.018
14	IA-114	SEVERA	3.810	3.735	0.075	0.020
15	IA-115	SEVERA	3.830	3.760	0.070	0.018
16	IA-116	MUY SEVERA	3.850	3.790	0.060	0.016
17	IA-117	MUY SEVERA	3.760	3.700	0.060	0.016
18	IA-118	MUY SEVERA	3.890	3.825	0.065	0.017
19	IA-119	MUY SEVERA	3.790	3.730	0.060	0.016
20	IA-120	MUY SEVERA	3.795	3.725	0.070	0.018

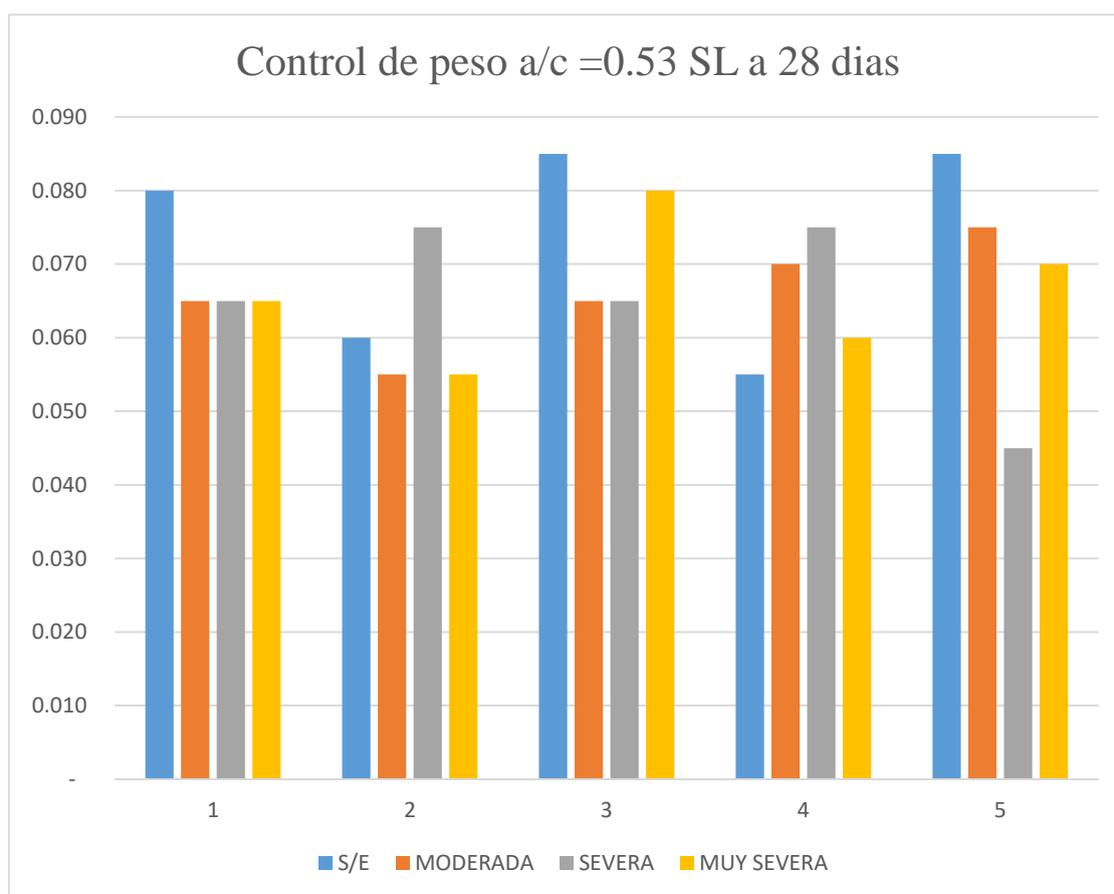
Fuente: Propia

**b. Lista de Gráficos para la relación de a/c =0.53 diseñado con cemento tipo portland I y adicionados, sometido a una concentración de sulfatos en 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt.**

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo I sometido a un periodo de exposición 28 días. Ver gráfico III-1.

Gráfico III-1: Control de peso a/c=0.53 elaborado con cemento SL



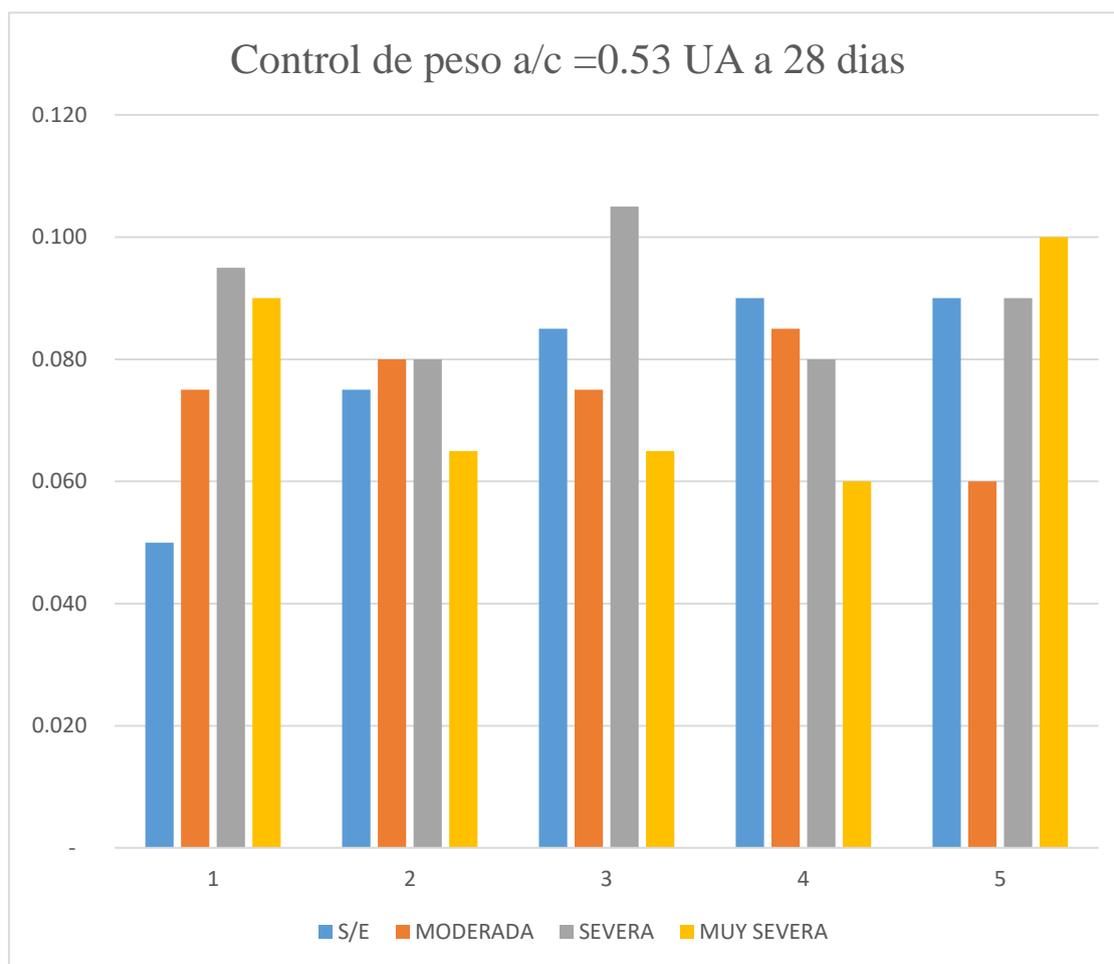
Fuente: Propia

En el Gráfico III-1, se puede visualizar pérdida de peso en pocas cantidades respecto al control inicial del periodo de exposición de 28 días para la dosificación  $a/c = 0.53$  elaborado con cemento portland tipo I SL, esta pérdida sucede por la manipulación del traslado de probetas hacia los recipientes del curado y el ensayo a compresión.

#### -Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)

Control de peso para una relación de  $a/c = 0.53$  elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 28 días. Ver gráfico III-2.

Gráfico III-2: Control de peso a/c= 0.53 elaborado con cemento UA



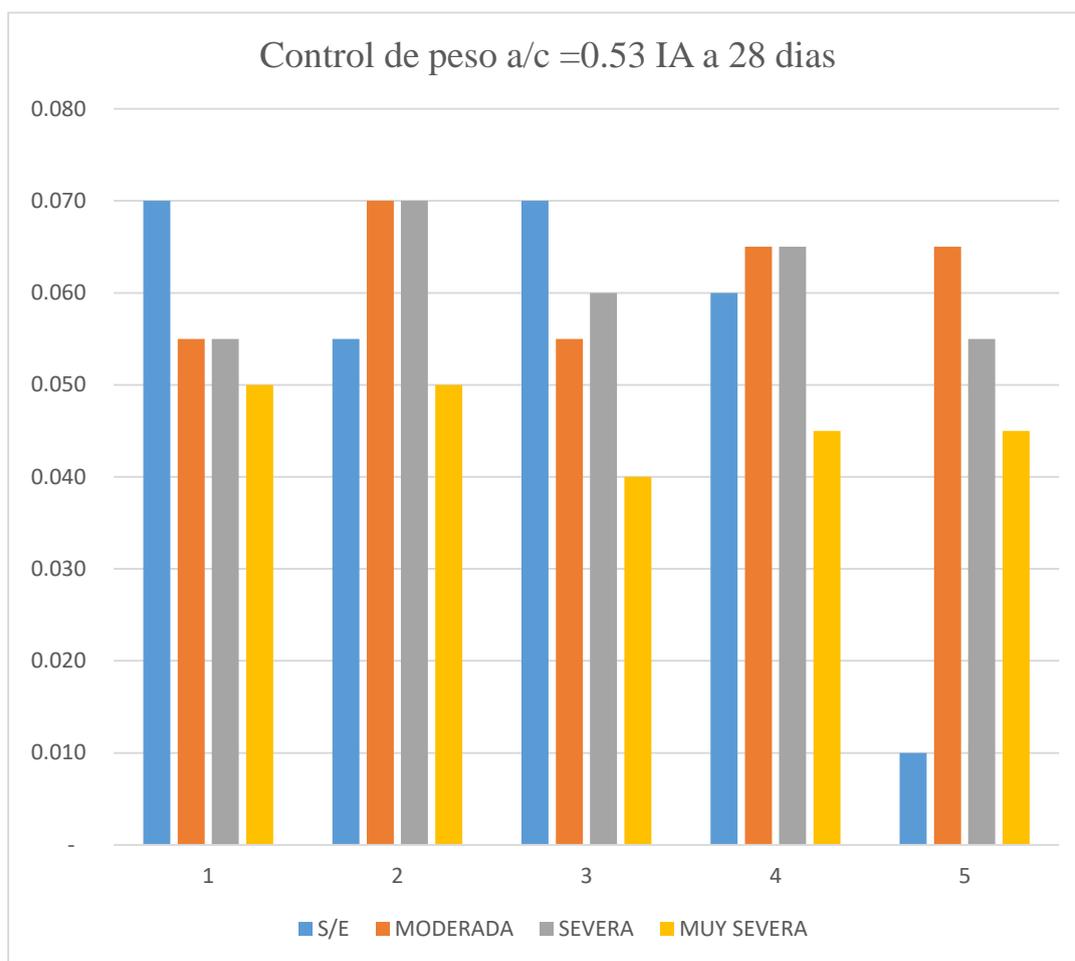
Fuente: Propia

En el Gráfico III-2, se puede visualizar pérdida de peso en pocas cantidades respecto al control inicial del periodo de exposición de 28 días para la dosificación a/c = 0.53 elaborado con cemento adicionado UA, esta pérdida sucede por la manipulación del traslado de probetas hacia los recipientes del curado y el ensayo a compresión.

#### **-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 28 días. Ver gráfico III-3.

Gráfico III-3: Control de peso a/c= 0.53 elaborado con cemento IA



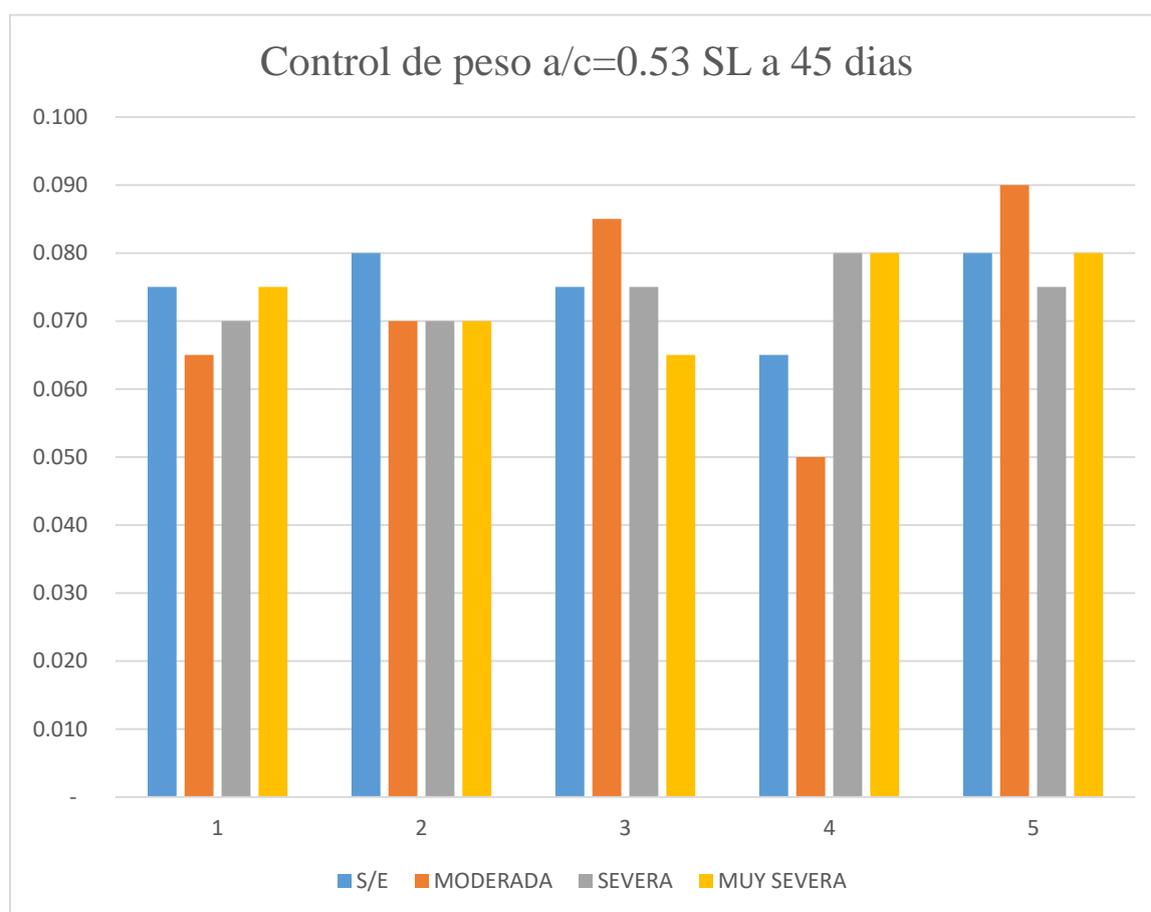
Fuente: Propia

En el Gráfico III-3, se puede visualizar pérdida de peso en pocas cantidades respecto al control inicial del periodo de exposición de 28 días para la dosificación a/c = 0.53 elaborado con cemento adicionado IA, esta pérdida sucede por la manipulación del traslado de probetas hacia los recipientes del curado y el ensayo a compresión.

#### -Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo, para un periodo de 45 días. Ver gráfico III-4.

Gráfico III-4: Control de peso a/c= 0.53 elaborado con cemento SL



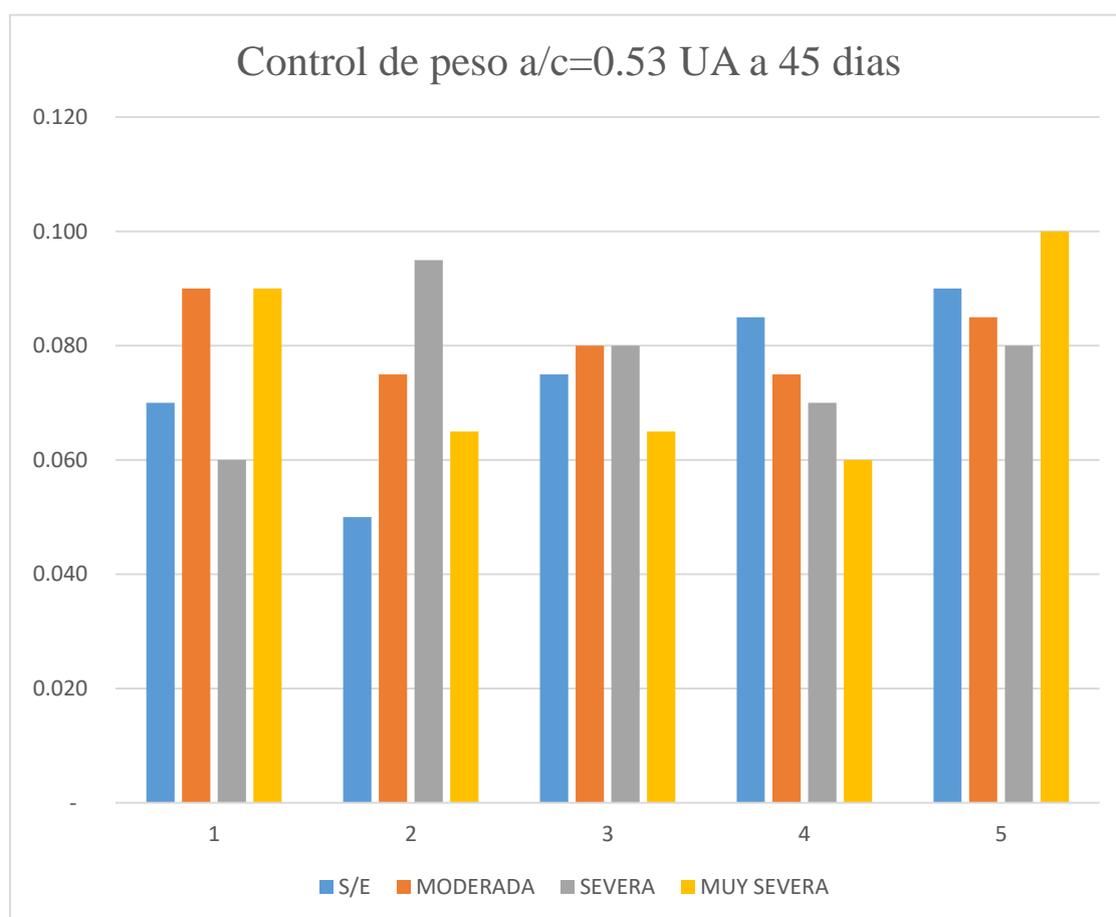
Fuente: Propia

En el *Gráfico III-4*, se puede visualizar pérdida de peso en pocas cantidades respecto al control inicial del periodo de exposición de 45 días para la dosificación a/c = 0.53 elaborado con cemento portland tipo I SL, esta pérdida sucede por la manipulación del traslado de probetas hacia los recipientes del curado y el ensayo a compresión.

#### **-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 45 días. Ver gráfico III-5.

Gráfico III-5: Control de peso a/c= 0.53 elaborado con cemento UA



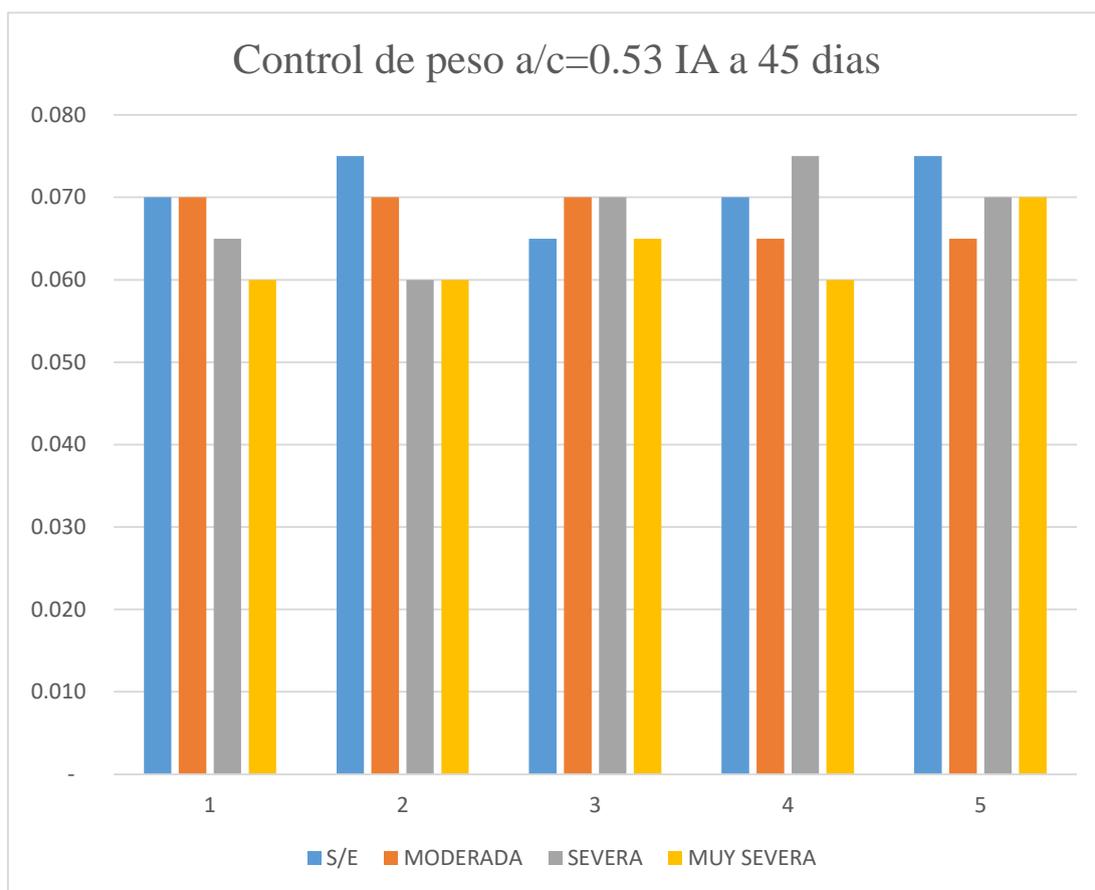
Fuente: Propia

En el *Gráfico III-5*, se puede visualizar pérdida de peso en pocas cantidades respecto al control inicial del periodo de exposición de 45 días para la dosificación a/c = 0.53 elaborado con cemento adicionado UA, esta pérdida sucede por la manipulación del traslado de probetas hacia los recipientes del curado y el ensayo a compresión.

#### **-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)**

Control de peso para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 45 días. Ver gráfico III-6.

Gráfico III-6: Control de peso  $a/c=0.53$  elaborado con cemento IA



Fuente: Propia

En el Gráfico III-6, se puede visualizar pérdida de peso en pocas cantidades respecto al control inicial del periodo de exposición de 45 días para la dosificación  $a/c = 0.53$  elaborado con cemento adicionado IA, esta pérdida sucede por la manipulación del traslado de probetas hacia los recipientes del curado y el ensayo a compresión.

## I. Tablas y gráficos por ensayo de resistencia a la compresión

a. Lista de tablas para la relación de  $a/c = 0.53$  diseñado con cemento tipo portland I y adicionados, sometido a una concentración de sulfatos en 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt.

### -Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)

Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo, para un periodo de 28 días. Ver Tabla III-13.

*Tabla III-13: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento SL*

N°	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	SL-1	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.6	25,283	322
2	SL-2	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.1	30,052	385
3	SL-3	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.8	28,371	365
4	SL-4	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.4	28,445	368
5	SL-5	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.6	31,846	410
6	SL-6	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.6	24,184	308
7	SL-7	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.3	22,416	290
8	SL-8	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.1	16,011	205
9	SL-9	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.8	26,518	337
10	SL-10	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.2	24,614	315
11	SL-11	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.4	22,540	288
12	SL-12	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	25,869	333
13	SL-13	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.6	26,998	343
14	SL-14	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.4	22,600	288
15	SL-15	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.7	25,012	322
16	SL-16	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	27,311	351
17	SL-17	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.5	26,138	333
18	SL-18	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.4	28,660	366
19	SL-19	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.9	27,460	353
20	SL-20	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.6	26,445	336

*Fuente: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales*

En la Tabla III-13, se observan los resultados de las muestras ensayadas a compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento SL, el tiempo de exposición fue de 28 días de exposición a diferentes niveles de sulfato de magnesio. Así mismo, podemos ver las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón sin exposición realizándose un curado convencional, estas variaciones disminuyen respecto al tiempo y cantidad de exposición.

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)**

Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 28 días. Ver Tabla III-14.

*Tabla III-14: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento UA*

Nº	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	UA-41	S/E	29/10/2019	06/11/2019	79.1	19,361	245
2	UA-42	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.6	22,321	288
3	UA-43	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.4	23,115	295
4	UA-44	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.2	21,801	279
5	UA-45	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.0	21,322	273
6	UA-46	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.0	21,340	274
7	UA-47	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.5	20,080	259
8	UA-48	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	21,991	284
9	UA-49	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	18,896	243
10	UA-50	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	18,904	244
11	UA-51	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.9	21,817	280
12	UA-52	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.5	22,027	281
13	UA-53	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.5	22,525	291
14	UA-54	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.0	23,977	307
15	UA-55	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.1	21,861	280
16	UA-56	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.9	22,315	286
17	UA-57	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.9	22,656	291
18	UA-58	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	21,993	283
19	UA-59	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.5	22,539	287
20	UA-60	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.3	23,787	304

*Fuente: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales*

En la Tabla III-14, se observan los resultados de las muestras ensayadas a compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento UA, el tiempo de exposición fue de 28 días de exposición a diferentes niveles de sulfato de magnesio. Así mismo, podemos ver variaciones existentes a comparación de las muestras patrón sin exposición realizándose un curado convencional, estas variaciones se mantienen dentro del promedio respecto al tiempo y cantidad de exposición.

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)**

Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 28 días. Ver Tabla III-15.

*Tabla III-15: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento IA*

Nº	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	IA-81	S/E	29/10/2019	06/11/2019	53.8	24,604	457
2	IA-82	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.4	26,727	345
3	IA-83	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.9	25,526	328
4	IA-84	S/E	29/10/2019	06/11/2019	76.5	26,531	347
5	IA-85	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.8	24,846	315
6	IA-86	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	76.7	23,969	313
7	IA-87	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	28,261	363
8	IA-88	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.3	25,851	334
9	IA-89	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.4	24,902	318
10	IA-90	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	25,656	331
11	IA-91	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.7	22,634	291
12	IA-92	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	27,029	347
13	IA-93	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	27,223	350
14	IA-94	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.0	28,050	364
15	IA-95	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.7	29,428	374
16	IA-96	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.0	24,651	338
17	IA-97	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.0	23,458	305
18	IA-98	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	76.6	25,601	334
19	IA-99	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.2	24,725	317
20	IA-100	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.1	24,138	330

*Fuente: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales*

En la Tabla III-15, se observan los resultados de las muestras ensayadas a compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento IA, el tiempo de exposición fue de 28 días de exposición a diferentes niveles de sulfato de magnesio. Así mismo, podemos ver variaciones existentes a comparación de las muestras patrón sin exposición realizándose un curado convencional, estas variaciones se mantienen dentro del promedio respecto al tiempo y cantidad de exposición.

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)**

Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo, para un periodo de 45 días. Ver Tabla III-16.

*Tabla III-16: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento SL*

Nº	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	SL-21	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.4	28,828	372
2	SL-22	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.3	30,710	392
3	SL-23	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.2	29,351	380
4	SL-24	S/E	29/10/2019	06/11/2019	76.8	27,319	356
5	SL-25	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.2	27,542	352
6	SL-26	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	29,245	378
7	SL-27	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.7	29,094	374
8	SL-28	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	76.4	21,567	282
9	SL-29	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.0	23,364	303
10	SL-30	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	26,031	336
11	SL-31	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.4	31,175	398
12	SL-32	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.3	29,464	381
13	SL-33	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	26,583	343
14	SL-34	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	28,269	363
15	SL-35	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	27,829	360
16	SL-36	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	76.7	29,436	384
17	SL-37	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.1	29,693	385
18	SL-38	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.2	27,681	319
19	SL-39	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.0	29,439	382
20	SL-40	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.0	29,472	378

*Fuente: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales*

En la Tabla III-16, se observan los resultados de las muestras ensayadas a compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento SL, el tiempo de exposición fue de 45 días de exposición a diferentes niveles de sulfato de magnesio. Así mismo, podemos ver las variaciones existentes a comparación de las muestras patrón sin exposición realizándose un curado convencional, estas variaciones disminuyen respecto al tiempo y cantidad de exposición.

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)**

Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 45 días. Ver Tabla III-17.

*Tabla IV-17: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento UA*

N°	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	UA-61	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.6	22,735	293
2	UA-62	S/E	29/10/2019	06/11/2019	78.3	22,709	290
3	UA-63	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.7	22,911	295
4	UA-64	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.4	22,144	286
5	UA-65	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.4	22,764	294
6	UA-66	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.2	22,758	295
7	UA-67	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	22,321	298
8	UA-68	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.2	23,581	305
9	UA-69	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	22,395	289
10	UA-70	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.1	21,831	280
11	UA-71	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.0	22,873	297
12	UA-72	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.1	22,142	284
13	UA-73	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.2	22,650	293
14	UA-74	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.1	21,793	283
15	UA-75	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	73.4	25,277	344
16	UA-76	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.1	20,851	267
17	UA-77	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.4	25,369	328
18	UA-78	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.7	23,086	297
19	UA-79	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.8	24,361	313
20	UA-80	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.1	24,906	323

*Fuente: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales*

En la Tabla III-17, se observan los resultados de las muestras ensayadas a compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento UA, el tiempo de exposición fue de 45 días de exposición a diferentes niveles de sulfato de magnesio. Así mismo, podemos ver variaciones existentes a comparación de las muestras patrón sin exposición realizándose un curado convencional, estas variaciones se mantienen dentro del promedio respecto al tiempo y cantidad de exposición.

### -Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)

Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado, para un periodo de 45 días. Ver Tabla III-18.

*Tabla III-18: Resistencia a la compresión a/c= 0.53 elaborado con cemento IA*

N°	CÓDIGO	EXPOSICIÓN DE SULFATO	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
1	IA-101	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.4	27,691	358
2	IA-102	S/E	29/10/2019	06/11/2019	77.7	25,391	327
3	IA-103	S/E	29/10/2019	06/11/2019	80.3	26,686	332
4	IA-104	S/E	29/10/2019	06/11/2019	79.4	27,548	347
5	IA-105	S/E	29/10/2019	06/11/2019	79.4	26,892	339
6	IA-106	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.9	27,858	353
7	IA-107	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.8	26,012	330
8	IA-108	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	78.5	25,813	329
9	IA-109	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.5	27,307	352
10	IA-110	MODERADA	29/10/2019	06/11/2019	77.9	29,220	375
11	IA-111	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.5	26,289	335
12	IA-112	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	79.0	28,542	361
13	IA-113	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.9	28,365	360
14	IA-114	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.9	28,707	364
15	IA-115	SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	80.0	28,508	356
16	IA-116	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	79.5	25,081	315
17	IA-117	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.0	25,401	326
18	IA-118	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.9	27,809	352
19	IA-119	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	77.3	27,888	361
20	IA-120	MUY SEVERA	29/10/2019	06/11/2019	78.2	26,148	334

*Fuente: Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales*

En la Tabla III-18, se observan los resultados de las muestras ensayadas a compresión en probetas 4"x8", para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento IA, el tiempo de exposición fue de 45 días de exposición a diferentes niveles de sulfato de magnesio. Así mismo, podemos ver variaciones existentes a comparación de las muestras patrón sin exposición realizándose un curado convencional, estas variaciones se mantienen dentro del promedio respecto al tiempo y cantidad de exposición.

**b. Lista de Gráficos para la relación de a/c =0.53 diseñado con cemento tipo portland I y adicionados, sometido a una concentración de sulfatos en 1400 mg/lt, 9500 mg/lt y 50000 mg/lt.**

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)**

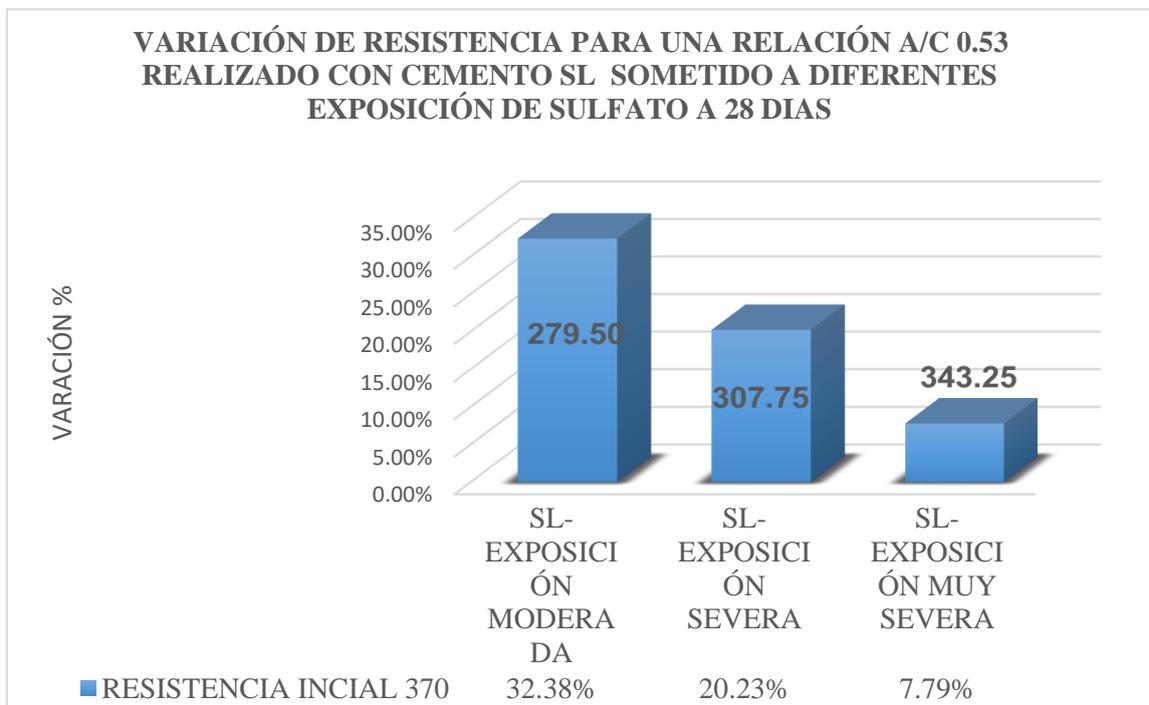
Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo I sometido a un periodo de exposición 28 días. Se analizó los resultados logrando una comparación porcentual sobre la muestra patrón con curado convencional. Ver Tabla III-19.

*Tabla III-19: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento SL*

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA PROMEDIO	VARIACIÓN
SL	370.00	-
SL-EXPOSICIÓN	279.50	32.30%
SL-EXPOSICIÓN SEVERA	307.75	20.23%
SL-EXPOSICIÓN MUY SEVERA	343.25	7.79%

*Fuente: Propia*

*Grafico III-7: Análisis comparativo de a/c=0.53 elaborado con cemento SL*



*Fuente: Propia*

En el *Gráfico III-17*, podemos ver la decreciente variación en los resultados del ensayo de compresión sobre las muestras de 4"x8" para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento SL, la disminución de resistencia se da por la exposición en el tiempo y cantidad de sulfato. Para la exposición de sulfatos moderada en cantidad de 1400 mg/lt, la resistencia promedio disminuyo en 32.38% a comparación del promedio patrón inicial. En la segunda exposición de sulfatos severa en cantidad de 9500 mg/lt, la resistencia promedio disminuyo en 20.23% a comparación del promedio patrón inicial. Para la tercera exposición de sulfatos muy severa en cantidad de 50000 mg/lt, la resistencia promedio disminuyo en 7.79% a comparación del promedio patrón inicial. El tiempo de exposición para estos resultados es de 28 días.

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)**

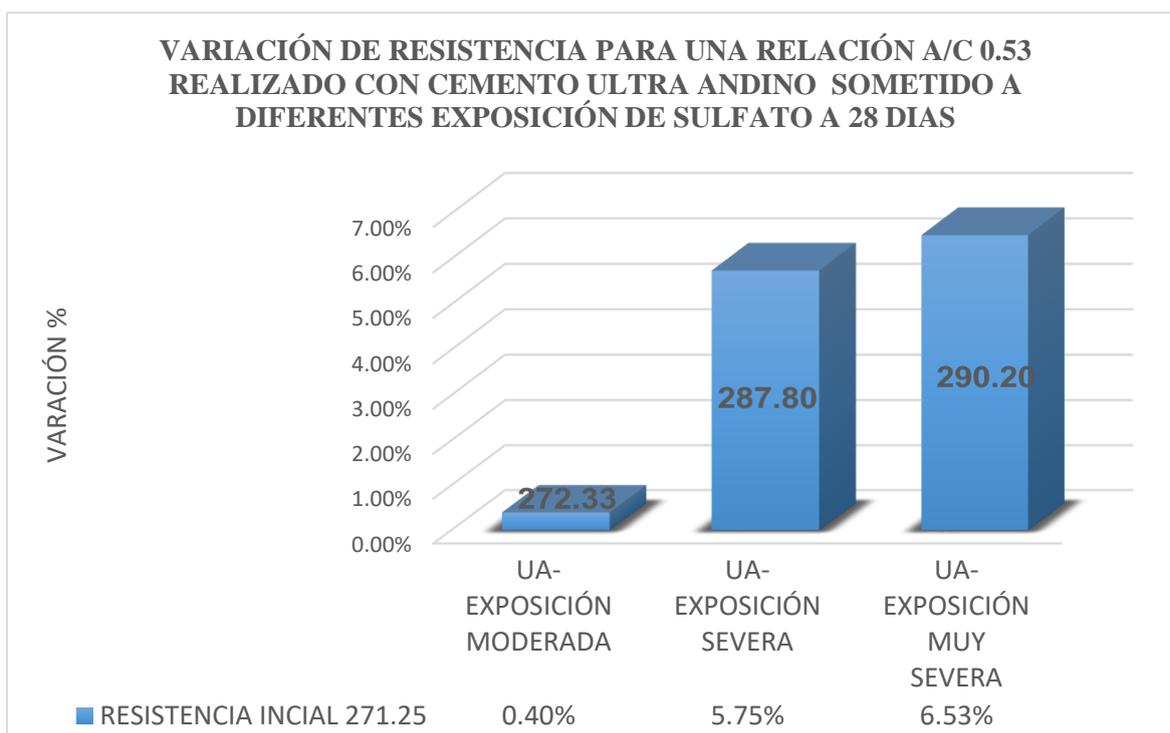
Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado sometido a un periodo de exposición 28 días. Se analizó los resultados logrando una comparación porcentual sobre la muestra patrón con curado convencional. Ver Tabla III-20.

*Tabla III-20: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento UA*

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA	VARIACIÓN
UA	271.25	-
UA-EXPOSICIÓN	272.33	0.40%
UA-EXPOSICIÓN SEVERA	287.80	5.75%
UA-EXPOSICIÓN MUY SEVERA	290.20	6.53%

*Fuente: Propia*

*Grafico III-8: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento UA*



En el *Gráfico III-8*, podemos ver la creciente variación en los resultados del ensayo de compresión sobre las muestras de 4"x8" para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento UA, el aumento de resistencia se da por los componentes adicionales del cemento resistente a los sulfatos lo cual no presenta pérdida respecto al promedio patrón en curado convencional. Para la exposición de sulfatos moderada en cantidad de 1400 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 0.40% a comparación del promedio patrón inicial. En la segunda exposición de sulfatos severa en cantidad de 9500 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 5.75% a comparación del promedio patrón inicial. Para la tercera exposición de sulfatos muy severa en cantidad de 50000 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 6.53% a comparación del promedio patrón inicial. El tiempo de exposición para estos resultados es de 28 días.

**-Para 28 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)**

Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado sometido a un periodo de exposición 28 días. Se analizó los resultados logrando

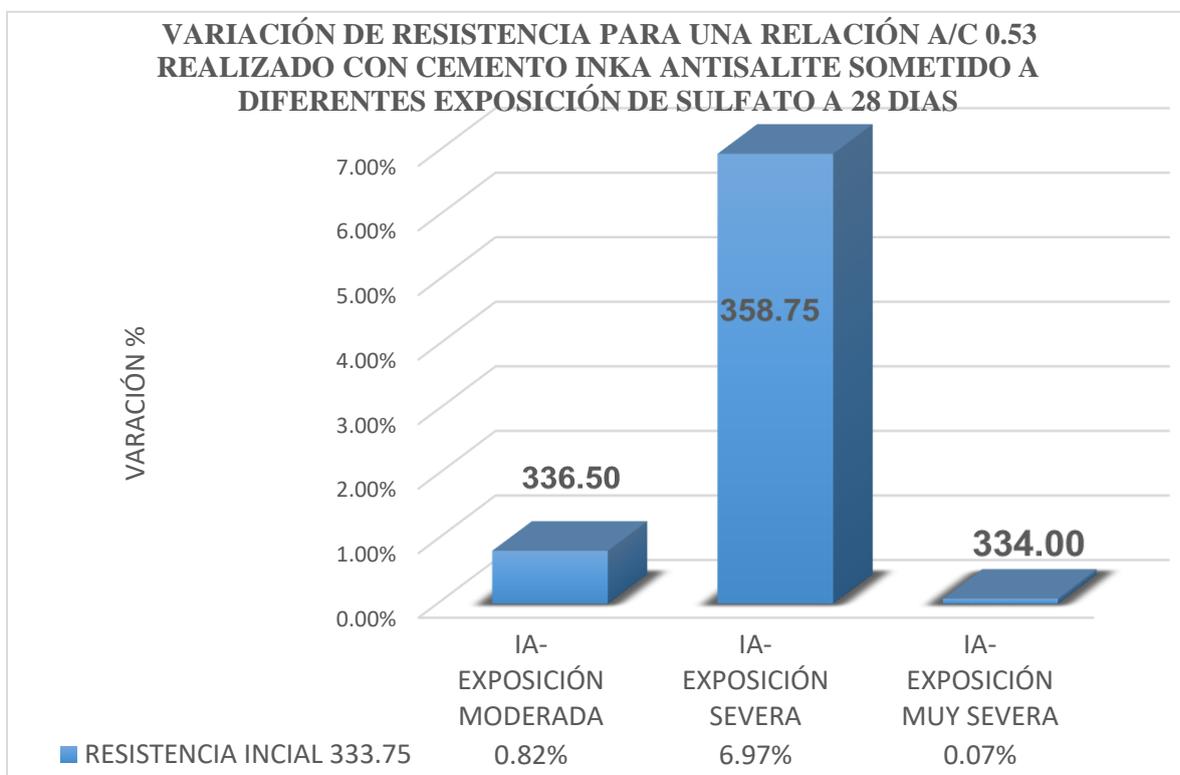
una comparación porcentual sobre la muestra patrón con curado convencional. Ver Tabla III-21.

Tabla III-21: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento IA

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA PROMEDIO	VARIACIÓN
IA	333.75	-
IA-EXPOSICIÓN	336.50	0.82%
IA-EXPOSICIÓN SEVERA	358.75	6.97%
IA-EXPOSICIÓN MUY	334.00	0.07%

Fuente: Propia

Gráfico III-9: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento IA



En el Gráfico III-9, podemos ver la decreciente variación en los resultados del ensayo de compresión sobre las muestras de 4"x8" para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento IA, el aumento de resistencia se da por los componentes adicionales del cemento resistente a los sulfatos lo cual no presenta pérdida respecto al promedio patrón en curado convencional. Para la exposición de sulfatos moderada en cantidad de 1400 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 0.82% a comparación del promedio patrón inicial. En la

segunda exposición de sulfatos severa en cantidad de 9500 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 6.97% a comparación del promedio patrón inicial. Para la tercera exposición de sulfatos muy severa en cantidad de 50000 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 0.07% a comparación del promedio patrón inicial. El tiempo de exposición para estos resultados es de 28 días.

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (SL)**

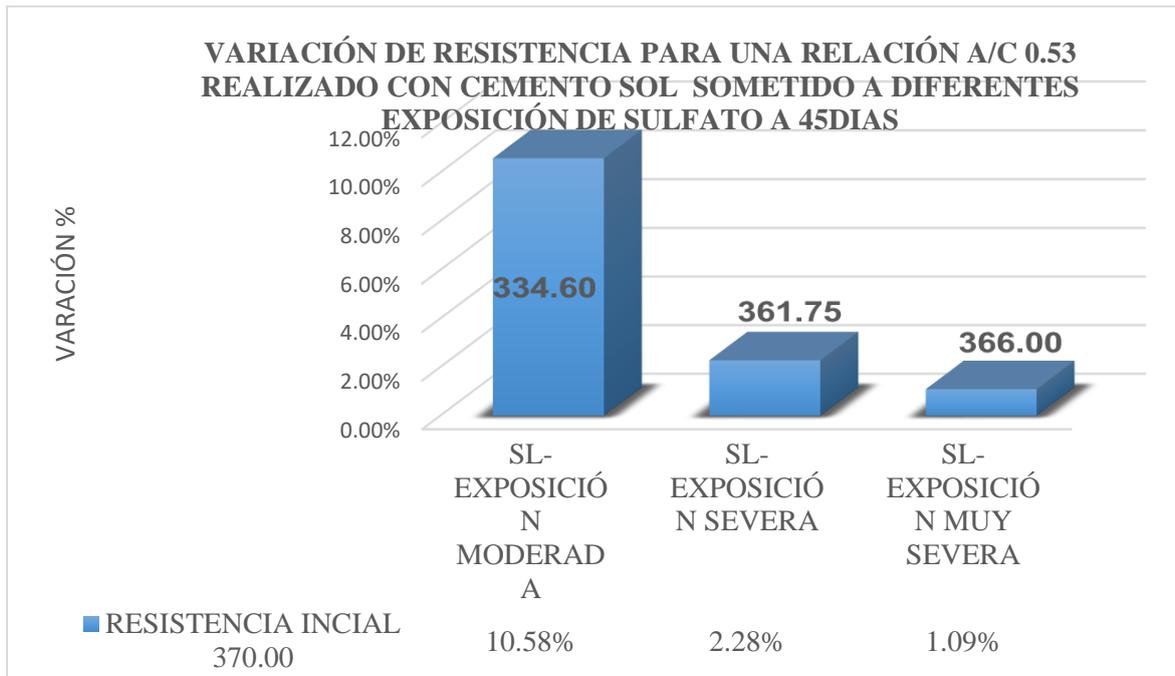
Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento portland tipo I sometido a un periodo de exposición 45 días. Se analizó los resultados logrando una comparación porcentual sobre la muestra patrón con curado convencional. Ver Tabla III-22.

*Tabla III-22: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento SL*

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA PROMEDIO	VARIACIÓN
SL	370.00	-
SL-EXPOSICIÓN MODERADA	334.60	10.58%
SL-EXPOSICIÓN SEVERA	361.75	2.28%
SL-EXPOSICIÓN MUY SEVERA	366.00	1.09%

*Fuente: Propia*

*Grafico III-10: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento SL*



En el *Gráfico III-10*, podemos ver la decreciente variación en los resultados del ensayo de compresión sobre las muestras de 4"x8" para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento SL, la disminución de resistencia se da por la exposición en el tiempo y cantidad de sulfato. Para la exposición de sulfatos moderada en cantidad de 1400 mg/lt, la resistencia promedio disminuyó en 10.58% a comparación del promedio patrón inicial. En la segunda exposición de sulfatos severa en cantidad de 9500 mg/lt, la resistencia promedio disminuyó en 2.28% a comparación del promedio patrón inicial. Para la tercera exposición de sulfatos muy severa en cantidad de 50000 mg/lt, la resistencia promedio disminuyó en 1.09% a comparación del promedio patrón inicial. El tiempo de exposición para estos resultados es de 45 días.

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (UA)**

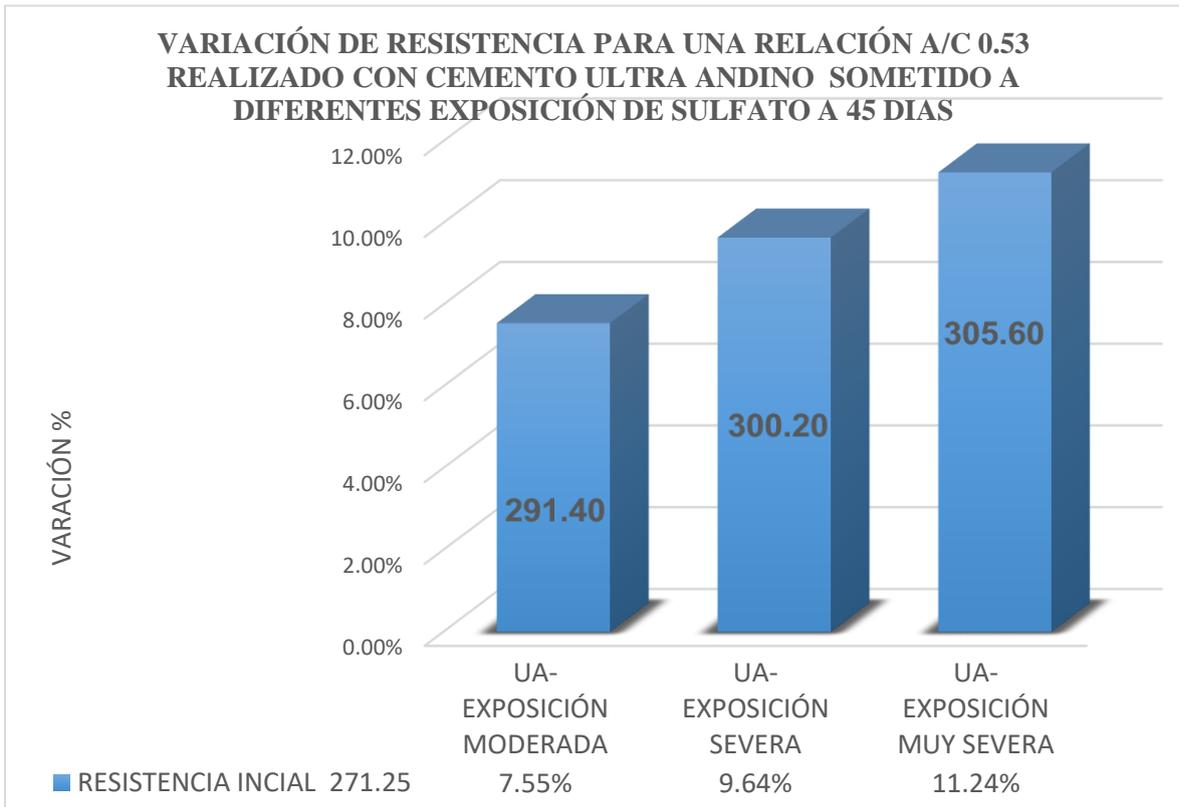
Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado sometido a un periodo de exposición 45 días. Se analizó los resultados logrando una comparación porcentual sobre la muestra patrón con curado convencional. Ver Tabla III-23.

*Tabla III-23: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento UA*

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA PROMEDIO	VARIACIÓN
UA	271.25	-
UA-EXPOSICIÓN MODERADA	291.40	7.55%
UA-EXPOSICIÓN SEVERA	300.20	9.64%
UA-EXPOSICIÓN MUY SEVERA	305.60	11.24%

*Fuente: Propia*

*Grafico III-11: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento UA*



En el *Gráfico III-11*, podemos ver la creciente variación en los resultados del ensayo de compresión sobre las muestras de 4"x8" para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento UA, el aumento de resistencia se da por los componentes adicionales del cemento resistente a los sulfatos lo cual no presenta pérdida respecto al promedio patrón en curado convencional. Para la exposición de sulfatos moderada en cantidad de 1400 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 7.55% a comparación del promedio patrón inicial. En la segunda exposición de sulfatos severa en cantidad de 9500 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 9.64% a comparación del promedio patrón inicial. Para la tercera exposición de sulfatos muy severa en cantidad de 50000 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 11.24% a comparación del promedio patrón inicial. El tiempo de exposición para estos resultados es de 45 días.

**-Para 45 días de exposición de sulfato de magnesio (IA)**

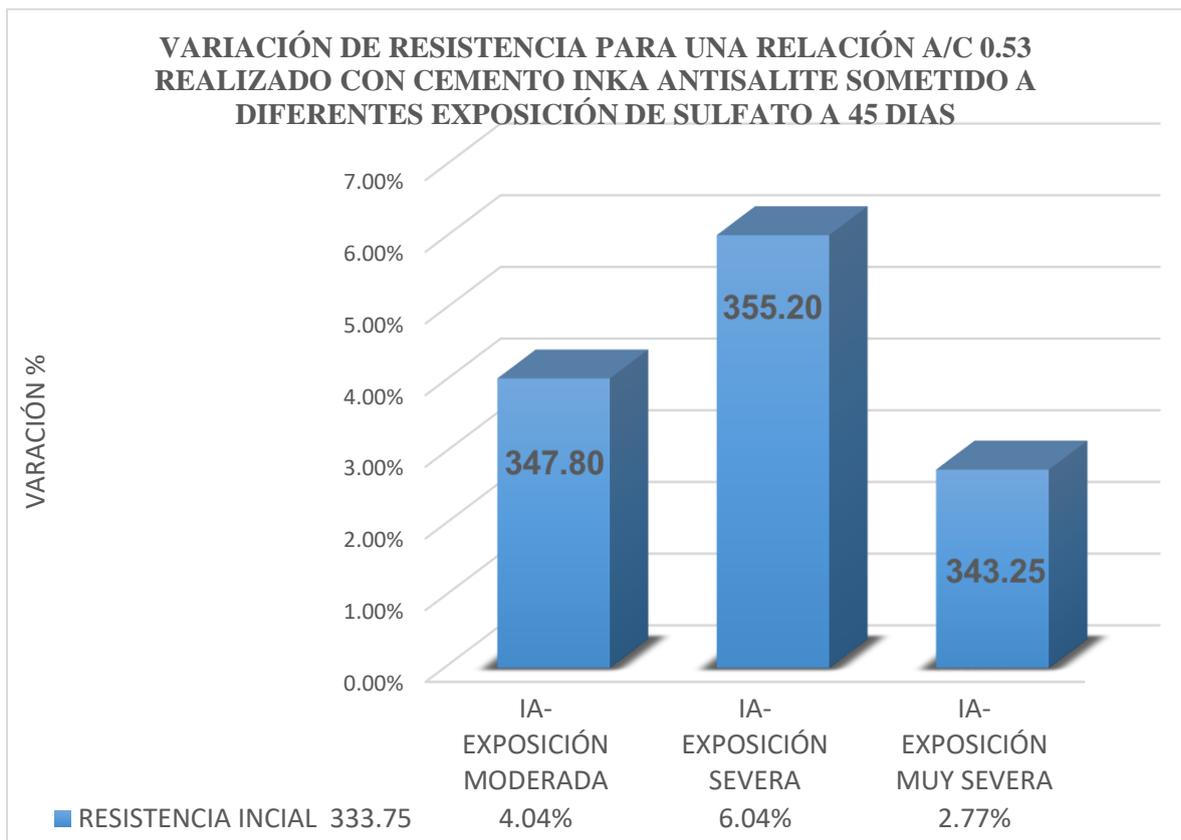
Ensayo de resistencia a la compresión para una relación de a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado sometido a un periodo de exposición 45 días. Se analizó los resultados logrando una comparación porcentual sobre la muestra patrón con curado convencional. Ver Tabla III-24.

*Tabla III-24: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento IA*

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS	RESISTENCIA PROMEDIO	VARIACIÓN
IA	333.75	-
IA-EXPOSICIÓN MODERADA	347.80	4.04%
IA-EXPOSICIÓN SEVERA	355.20	6.04%
IA-EXPOSICIÓN MUY SEVERA	343.25	2.77%

*Fuente: Propia*

*Grafico III-12: Análisis comparativo a/c=0.53 elaborado con cemento IA*



En el *Gráfico III-12*, podemos ver la creciente variación en los resultados del ensayo de

compresión sobre las muestras de 4"x8" para una relación a/c = 0.53 elaborado con cemento IA, el aumento de resistencia se da por los comentes adicionados del cemento resistente a los sulfatos lo cual no presenta perdida respecto al promedio patrón en curado convencional. Para la exposición de sulfatos moderada en cantidad de 1400 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 4.04% a comparación del promedio patrón inicial. En la segunda exposición de sulfatos severa en cantidad de 9500 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 6.04% a comparación del promedio patrón inicial. Para la tercera exposición de sulfatos muy severa en cantidad de 50000 mg/lit, la resistencia promedio aumento en 2.77% a comparación del promedio patrón inicial. El tiempo de exposición para estos resultados es de 45 días.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN**

- **Discusión N° 1:** Según los resultados obtenidos en la hipótesis general “Hi: Existe relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos.” Se logró precisar en las muestras de concreto diseñadas para la relación  $a/c = 0.53$  elaboradas con cementos adicionados “UA” y “IA” no presentaron relación de disminución de resistencia frente a los periodos y grados de exposición de sulfato. Por otro lado, se comprobó la favorable relación de resistencia en las muestras de concreto. Morales, 2015 en su tesis, *estudio de concreto de alta durabilidad*, concluye: “Para obtener un concreto de alta durabilidad frente al ataque de sulfatos se debe utilizar agregados densos y cementos compuestos por adiciones”. Existe semejanza de los temas es en la dosificación del concreto, coincidiendo que los cementos adicionados aportan la resistencia a la exposición de sulfatos, además la relación  $a/c$  es inversa a la resistencia, también influye la calidad de agregados utilizados, ya que, en el presente proyecto, las resistencias superaron las resistencias de diseño.

- **Discusión N° 2:** Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica “Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y a acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación  $a/c=0.53$ .” Se logró determinar que la acción de ataque de sulfatos no provocó pérdida de resistencia a la compresión para la dosificación de  $a/c=0.53$ . Garzón, 2016, en su tesis, *Estudio de durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado*, concluye: “Los agregados reciclados logran buena resistencia utilizando la dosificación  $a/c$  0.53, conforme la relación va aumentando se pierde resistencia esto también depende de la selección de agregados a utilizar”. Existe semejanza de los temas es en la relación para el diseño de concreto, coincidiendo que la relación  $a/c$  0.53 tiende a ser un concreto de mediana resistencia, también la selección de agregados utilizados es importante para obtener un óptimo diseño, ya que, en el presente proyecto, se utilizó la relación  $a/c$  según la norma americana de concreto ACI.

- **Discusión N° 3:** Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica: “Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diferentes grados de exposición.” Se logró determinar la existencia de relación entre la resistencia a la compresión frente a los diferentes

grados de exposición, ya que existe variaciones de la resistencia en todas las muestras realizadas. Pilicita y Segovia, 2015, en su tesis, Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfato de sodio en diferentes concentraciones, indica: “Es necesario, incrementar las exposiciones de sulfato de sodio, esto, de manera constante, con la finalidad, de adquirir valores de pérdida.” En semejanza a la exposición de diferentes grados de sulfato, los niveles utilizados están considerados según la norma técnica E-0.60 de concreto armado, también se realizó la exposición siguiendo el procedimiento correspondiente, con la finalidad de que las muestras estén completamente sumergidas y de tal manera los resultados no estén alterados. Asimismo, considerar la cantidad de sales por litro de agua que se adicionará.

- **Discusión N° 4:** Según los resultados obtenidos en la hipótesis específica: “Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión.” Se logró determinar la variación en la resistencia a la compresión en las muestras, según el contenido de sulfatos y período de inmersión. Bornand, 2017, en su tesis, Determinación del límite de contenido interno total de sulfatos en hormigones con diferentes grados de resistencia, sugiere: "Realizar la comparación porcentual entre la muestra patrón y las muestras expuesta a diferentes tiempos de exposición, con la finalidad, de conocer la pérdida de resistencia y variación porcentual según las cantidades de  $MgSO_4$  utilizadas y el período de inmersión determinado." Se puede determinar con los ensayos de resistencia a la compresión la variación por esfuerzo a la compresión, con la finalidad, de obtener las diferencias en la resistencia de las muestras frente al ataque de sulfatos en distintos periodos con respecto al concreto patrón expuesto en curado normal.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

Las conclusiones que se mencionaran a continuación coinciden con las hipótesis planteadas para la investigación realizada. Además, se utilizaron los criterios hechos por los expertos en el tema para dar las respuestas a todas las interrogantes.

**Conclusión 01:** Con relación a la hipótesis general, “Existe relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos.”, se determinó que las muestras diseñadas en relación a/c 0.53 elaborados con cemento “UA” y “IA” expuestas en los diferentes grados de sulfatos y distintos periodos de curado no se encontró pérdida de resistencia por ensayo de compresión.

El contenido de exposición a sulfatos cumple con lo determinado en el RNE E-060 de concreto armado. Por ello, para imitar las exposiciones de sulfatos se utilizó tres grados “Moderada”, “Severa” y “Muy Severa” los cuales tienen los siguientes valores:

- Nivel moderado (A): 1400 mg/lit
- Nivel agresivo (B): 9500 mg/lit
- Nivel muy agresivo (C): 50 000 mg/lit

Los periodos de exposición para analizar los resultados de esfuerzo a compresión fueron de 28 días y 45 días. Los resultados lograron evidenciar la resistencia de los diferentes concretos frente al grado y periodo de exposición en sulfato, los cuales se pudo comprobar mediante los ensayos realizados en el laboratorio LEM-UNI.

**Conclusión 02:** Con los resultados obtenidos se pudo dar respuesta a la hipótesis específica “Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y a acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación a/c=0.53”.Segun los resultados obtenidos se demuestra que para la relación a/c de 0.53 elaborado con cemento adicionado “UA” no existe pérdida de resistencia a la compresión frente a la acción de sulfatos, para la relación a/c 0.53 elaborado con cemento adicionado “IA” se demuestra que no presenta variación negativa en la resistencia a la compresión en sus muestras de concreto. (Ver Tabla III-20 / III-21/ III-23/ III-24 y Ver Gráfico III-8/ III-9/ III-11/ III-12)

**Conclusión 03:** Con los resultados obtenidos se pudo dar respuesta a la hipótesis específica “Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diferentes grados de exposición”. Según los resultados para una relación a/c de 0.53 elaborado con cementos adicionados no presento variación negativa de resistencia para los diferentes grados de exposición al sulfato. Por lo tanto, se observó variación positiva en la resistencia a compresión de las probetas. Para las muestras realizadas de relación a/c 0.53 elaborado con cemento “UA” en periodo de exposición de 28 días se determinó un aumento de resistencia en un 0.40% en exposición moderada, asimismo, en ese mismo período de exposición en el grado severo, el aumento de resistencia fue en 5.75% y en su estado más crítico de exposición muy severa, el aumento de resistencia fue en 6.53%. (Ver Tabla III-20 y Ver Gráfico III-8)

Para las muestras realizadas de relación a/c 0.53 elaborado con cemento “IA” en periodo de exposición de 28 días se determinó un aumento de resistencia en un 0.82% en exposición moderada, asimismo, en ese mismo período de exposición en el grado severo, el aumento de resistencia fue en 6.97% y en su estado más crítico de exposición muy severa, el aumento de resistencia fue en 0.07%. Según los resultados y los gráficos realizados, los resultados de resistencia no disminuyen frente al ataque del concreto, es decir, las resistencias aumentan progresivamente, esto según los componentes de los cementos adicionales resistentes a la presencia de sulfatos. (Ver Tabla III-21 y Ver Gráfico III-9)

**Conclusión 04:** Con relación a la hipótesis específica, “Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión”. Según los resultados para una relación a/c de 0.53 elaborado con cementos adicionados no presento variación negativa de resistencia para los dos periodos de exposición en sulfato. Por lo tanto, se observó variación positiva en la resistencia a compresión de las probetas. Para las muestras realizadas de relación a/c 0.53 elaborado con cemento “UA” en periodo de exposición de 45 días se determinó un aumento de resistencia en un 7.55% en exposición moderada, asimismo, en ese mismo período de exposición en el grado severo, el aumento de resistencia fue en 9.64% y en su estado más crítico de exposición muy severa, el aumento de resistencia fue en 11.24%. (Ver Tabla III-23 y Ver Gráfico III-11)

Para las muestras realizadas de relación a/c 0.53 elaborado con cemento “IA” en periodo de exposición de 45 días se determinó un aumento de resistencia en un 4.04% en exposición moderada, asimismo, en ese mismo período de exposición en el grado severo, el aumento de resistencia fue en 6.04% y en su estado más crítico de exposición muy severa, el aumento de resistencia fue en 2.77%. Según los resultados y los gráficos realizados, los resultados de resistencia no disminuyen frente al ataque del concreto, es decir, las resistencias aumentan progresivamente, esto según los componentes de los cementos adicionales resistentes a la presencia de sulfatos. (Ver Tabla III-24 y Ver Gráfico III-12)

Analizado los resultados obtenidos por la prueba de resistencia a la compresión elaboradas en laboratorio, se determina que los diseños de mezcla con relación de a/c 0.53 elaborados con diferentes cementos adicionales no presentan pérdida de resistencia a la compresión frente a la exposición de diversos tiempos y contenido de sulfatos en comparación de sus muestras patrón.

Finalmente, para obtener concretos resistentes a la exposición de sulfatos, se debe utilizar cementos adicionales para que la estructura cumpla su periodo de vida útil por la cual fue diseñada.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

## RECOMENDACIONES

Para poder obtener los objetivos planteados es necesario cumplir correctamente con las normas técnicas para el desarrollo de la investigación.

**Recomendación 01:** Utilizar agregados seleccionados y materiales debidamente procesados para no tener complicaciones en realizar los diseños de mezcla. Se recomienda elaborar el diseño de mezcla con la combinación de agregados por el método Global, ya que es la mejor opción para tener una óptima resistencia en el concreto.

**Recomendación 02:** Se recomienda realizar el estudio con diseños de baja resistencia a la compresión, expuestos en los mismos periodos y grados de sulfato de la presente investigación con el fin de analizar los resultados y encontrar respuestas de las variaciones del esfuerzo a compresión.

**Recomendación 03:** Se sugiere realizar una simulación de una cimentación y someterla a una exposición in situ en la costa de Lima, con el mayor periodo de exposición realizada en la presente investigación. Así se conocerán niveles de variación de la simulación de cimentación en comparación a probetas patrón en curado normal realizadas en laboratorio.

**Recomendación 04:** Se recomienda realizar analizar las variaciones del concreto expuesto a diferentes sustancias químicas sean cloruros o sulfatos, compuesto con sodio, carbono, etc. De modo que se podrá analizar las variaciones de resistencia para cada sustancia química, así mismo, es recomendable estudiar las reacciones por los diferentes químicos en los mismos periodos de la presente investigación y dosificación de a/c.

**Recomendación 05:** Las posibles investigaciones que podrían partir de esta son:

-Estudio del comportamiento físico del concreto de baja resistencia utilizando cementos adicionados expuestos a sulfatos solubles, este tema es una investigación muy interesante, ya que, se podría conocer los ataques por acción de sulfatos en concretos de baja resistencia y conocer sus variaciones en la resistencia del concreto respecto a los diferentes contenidos de sulfatos solubles.

- Estudio del comportamiento de la resistencia a la compresión de las cimentaciones realizadas con concreto resistente a los sulfatos para una relación de a/c 0.53, este proyecto

es atractivo, ya que, se analizaría in situ el comportamiento de resistencia del concreto frente a los ataques químicos existentes en las costas limeñas.

-Análisis de la resistencia a la compresión del concreto utilizando cemento tipo V frente a la acción de sulfatos, para esta investigación se analizará los diferentes grados de exposición del sulfato en el concreto, así mismo se recomienda utilizar los mismos periodos de exposición, con el fin de tener mayor precisión en los resultados de resistencia a la compresión.

## REFERENCIAS

American Concrete Institute.ACI 211. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.2002.

American Concrete Institute.ACI 318. Building Code Requirements for Structural Concrete.2014.

ISBN: 978-0-87031-964-8

American Concrete Institute.ACI 116R.Cement and Concrete Terminology.2005.

American Society of Testing Materials ASTM C 31/C 31M-08a.Preparation and Curing of Concrete Test Specimens in the Work.2008.

American Society of Testing Materials ASTM C 39/C 39M-08a. Standardized Test Method for Compression Resistance of Cylindrical Concrete Specimens.2018

American Society of Testing Materials ASTM C 617/C 617M-15.Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens.2015

American Society of Testing Materials ASTM C 595-03.Standard Specification for Mixed Hydraulic Cements.2003

American Society of Testing Materials ASTM C 1157/C1157M.Standard Performance Specification for Hydraulic Cement.2011.

AVENDAÑO Aroni, Angel Rafael. Corrosión del concreto de mediana a baja resistencia por acción del cloruro de sodio con cemento portland tipo I. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. 519 pp.

BALESTRINI, Mirian. Cómo se elabora el proyecto de investigación. 7a ed. Venezuela: BL Consultores Asociados Servicio Editorial. 2015. 265 pp.

ISBN: 960-6293-03-07

BERNAL, César Augusto. Metodología de la Investigación. 2ª ed. México: Prentice Hall, 2016. 512 pp.

ISBN: 970-26-0645-4

BORNAND Araya, Jacques. Determinación del límite de contenido interno total de sulfatos en hormigones con diferentes grados de resistencia. Tesis (Ingeniero civil). Chile: Universidad de Chile, 2017. 64pp.

HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México: Mc Graw-Hill, 2015. 497 pp.

ISBN: 968-422-931-3

HERRERA, Aura. La medición en Psicología. 1a ed. Colombia: Mc Graw-Hill, 2015. 128 pp.

ISBN 969-256-254-4

CABRERA Huamani, Leslie. Evaluación del comportamiento del Concreto, elaborados con cementos: Tipo I y Tipo HS, modificados con aditivos Naftalenos y Policarboxilatos. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 113 pp.

CASTILLO Gutiérrez, Alejandro. Estudio de durabilidad de estructuras de concreto armado frente a los agentes químicos agresivos. Tesis (Maestro en Ingeniería). México, D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, 2016. 138 pp.

CHACON Quillay, Michael. Estudio de la corrosión del concreto de mediana resistencia por efecto de los sulfatos utilizando cemento Quisqueya tipo I. Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 145pp.

CHALLCO DURAN, Antonino. Corrosión del concreto de mediana a alta resistencia con cemento portland tipo I y aditivo plastificante por acción del cloruro de sodio. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. 403 pp.

GARZÓN Pire, William. Estudio de durabilidad al ataque de sulfatos del concreto con agregado reciclado. Tesis (Maestría en Construcción). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2016. 137 pp.

GRANADOS Palmadera, Johnston (2017). Grado de presencia del sulfato con la resistencia a la compresión del concreto, en la ciudad de Huaraz, 2016-2017. Tesis (Ingeniero civil). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017. 113pp.

GOMEZ, Jaime, NIÑO, Jairo. Tecnología del Concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. 3.ª ed., Bogotá: Asocreto, 2015. 228 pp.

ISBN 978958-856-403-6

LERMA, Héctor, Metodología de la Investigación: propuesta anteproyecto y proyecto. 4a ed. Colombia: Ecoe Ediciones, 2015. 198 pp.

ISBN: 978-958-648-602-6

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E-060 de Concreto Armado.2009.

ISBN: 978-9972-9433-4-8

MORALES Alejandro, Víctor. Estudio de concretos de alta durabilidad. Tesis (título de ingeniero civil). Colombia: Universidad Nacional Autónoma de México, 2015. 77pp.

Norma Técnica Peruana NTP 339.009: 2013.Cementos Portland Requisitos.2013

Norma Técnica Peruana NTP 339.034: 2015.Determinación de resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 4ª edición.2015.

Norma Técnica Peruana NTP 339.035. 2009.Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.2015.

Norma Técnica Peruana NTP 339.046: 2014.Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).2013.

Norma Técnica Peruana NTP 339.047: 2014.Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados.2014.

Norma Técnica Peruana NTP 339.082: 2014.Cemento Portland. Especificación de la performance.2011.

Norma Técnica Peruana NTP 339.088: 2014.Agua de mezcla utilizada en la producción del concreto de cemento portland. Requisitos.2014.

Norma Técnica Peruana NTP 339.090: 2013.Cementos Portland Adicionados. Requisitos.2013.

Norma Técnica Peruana NTP 339.185: 2013.Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.2013.

Norma Técnica Peruana NTP 400.012: 2013.Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global 2013.

Norma Técnica Peruana NTP 400.017: 2011.Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. 3ª edición.2011.

Norma Técnica Peruana NTP 400.021: 2002.Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.2002.

Norma Técnica Peruana NTP 400.022: 2013.Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.2013.

Norma Técnica Peruana NTP 400.037: 2014.Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.2014.

PILICITA, Ivan; SEGOVIA, Francisco. Desgaste de adoquines de hormigón sometidos a sulfatos de sodio en diferentes concentraciones. Tesis (título de ingeniero civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2015. 163pp.

PORTUGAL Barriga, Pablo. Tecnología del concreto de alto desempeño. 2007,348 pp.

RIVVA, Enrique. Naturaleza y Materiales del Concreto.1ª edición. Lima: ACI Perú, 2000.

SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5ª edición., Colombia: Santa fe de Bogotá, D.C, 2015. 341 pp.

ISBN: 958-9247-04-0

SANJUÁN Barbudo, Miguel; CASTRO Borges, Pedro. Acción de los agentes químicos y físicos sobre el concreto. 1ª edición., México: México, D.F, 2015. 46 pp.

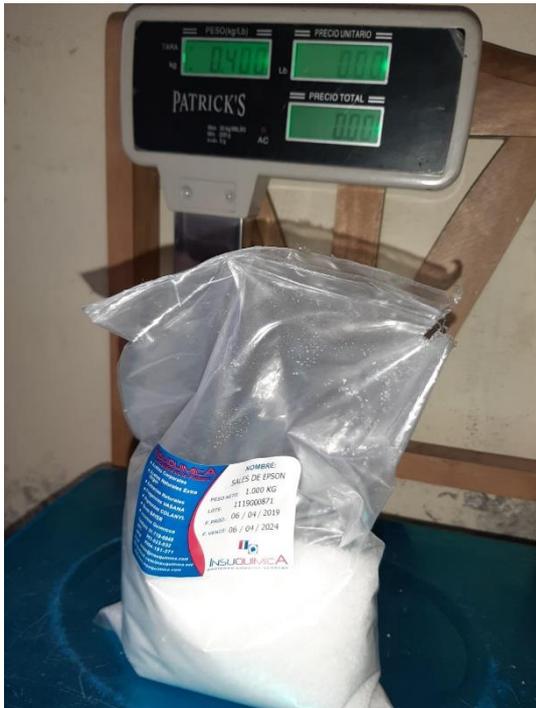
ISBN: 968-464-097-8

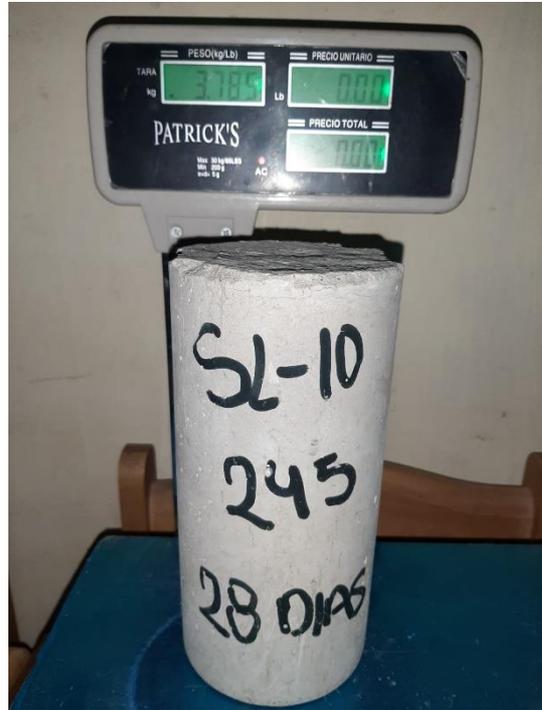
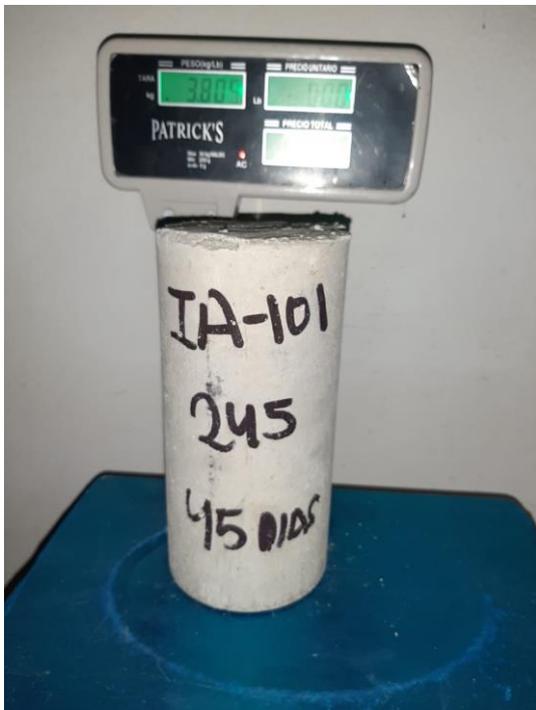
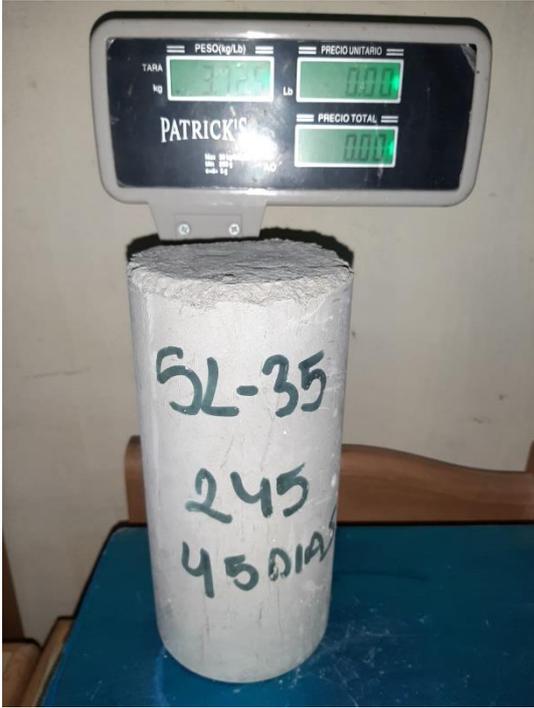
TEODORO, Harmsen. Diseño de estructuras de concreto armado. 4ª edición., Perú: Lima, 2015. 679 pp.

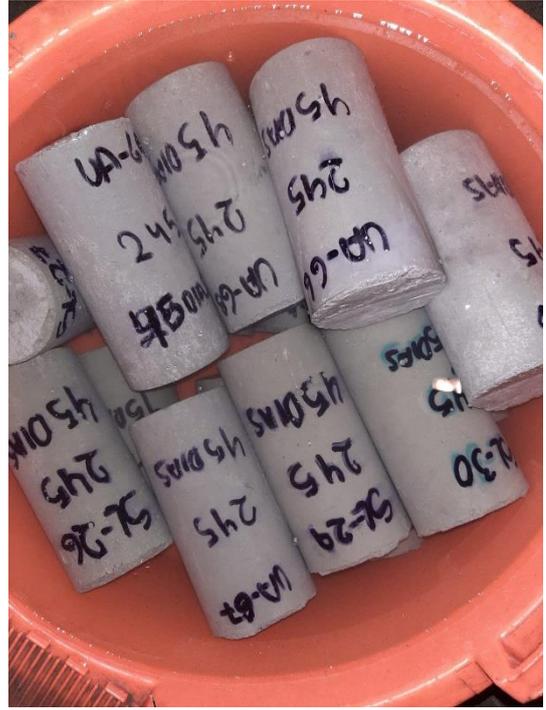
ISBN: 9972-42-730-7

## **ANEXOS**

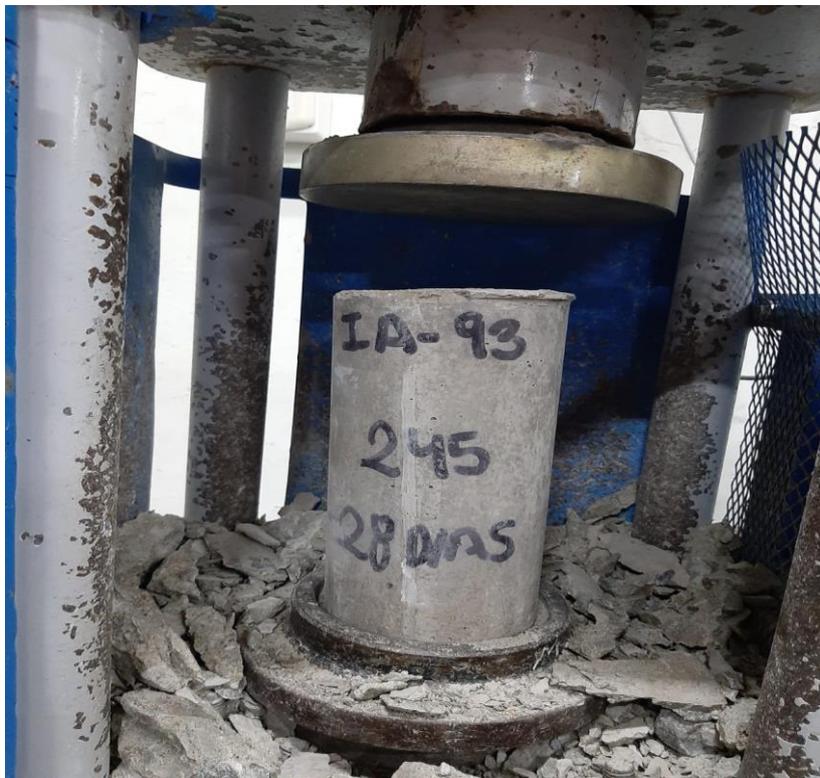














**ANEXO 1**

**RESULTADOS**

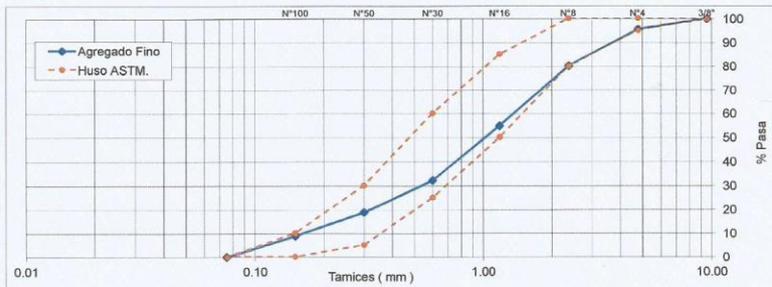
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO :**

Consiste en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera HUACHIPA.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	4.5	4.5	95.6	95 - 100
N°8	2.36	15.4	19.9	80.1	80 - 100
N°16	1.18	25.3	45.2	54.9	50 - 85
N°30	0.60	22.6	67.8	32.2	25 - 60
N°50	0.30	13.4	81.2	18.8	5 - 30
N°100	0.15	10.0	91.2	8.8	0 - 10
FONDO		8.8	100.0	0.0	

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**



**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	3.10
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1310
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1546
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.64
Contenido de Humedad (%)	2.75
Porcentaje de Absorción (%)	0.70

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Técnico : Sr. R.V.M.

Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 710019

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**ANEXO 2**

RESULTADOS :

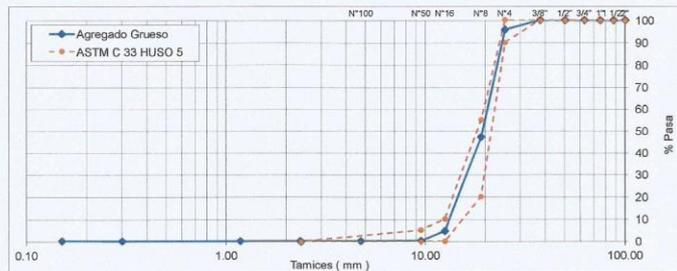
**1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO :**

Consiste en una Muestra de PIEDRA CHANCADA sin cantera especificada.

**A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO 5
(Pulg)	(mm)				
4"	100.00	0.0	0.0	100.0	100
3 1/2"	87.50	0.0	0.0	100.0	100
3"	75.00	0.0	0.0	100.0	100
2 1/2"	62.50	0.0	0.0	100.0	100
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	4.1	4.1	95.9	90 - 100
3/4"	19.00	48.6	52.7	47.3	20 - 55
1/2"	12.50	42.5	95.2	4.8	0 - 10
3/8"	9.50	4.4	99.6	0.4	0 - 5
Nº4	4.75	0.1	99.7	0.3	-
Nº8	2.36	0.0	99.7	0.3	-
Nº16	1.18	0.0	99.7	0.3	-
Nº50	0.30	0.0	99.7	0.3	-
Nº100	0.15	0.0	99.7	0.3	-
FONDO	2.38	0.3	100.0	0.0	-

**B) CURVA DE GRANULOMETRÍA**

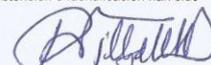


**C) PROPIEDADES FÍSICAS**

Módulo de Fineza	7.50
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1355
Peso Unitario Compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1543
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.59
Contenido de Humedad (%)	0.55
Porcentaje de Absorción (%)	1.23

**2. OBSERVACIONES:** 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Técnico : Sr. R.V.M.

  
Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 710019

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

### ANEXO 3

#### RESULTADOS :

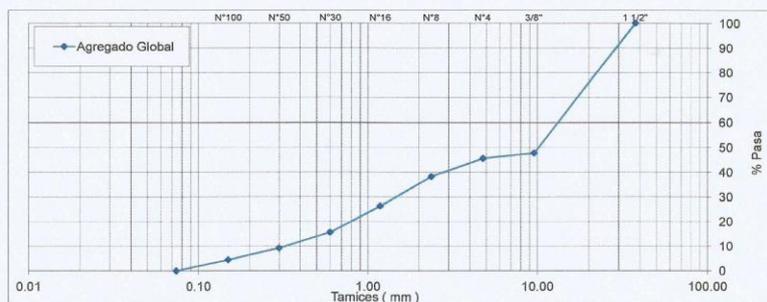
#### 1. CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GLOBAL :

Consiste en una combinación de ARENA GRUESA procedente de la cantera HUACHIPA y PIEDRA CHANCADA sin cantera especificada.

##### A) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA
(Pulg)	(mm)			
3/8"	9.50	2.3	52.3	47.7
N°4	4.75	2.2	54.5	45.5
N°8	2.36	7.3	61.8	38.2
N°16	1.18	12.0	73.8	26.2
N°30	0.60	10.7	84.5	15.5
N°50	0.30	6.4	90.9	9.1
N°100	0.15	4.7	95.6	4.4
FONDO		4.4	100.0	0.0

##### B) CURVA DE GRANULOMETRÍA



##### C) PROPIEDADES FÍSICAS

Tamaño Nominal Máximo	3/4"
Módulo de Fineza	5.41
% Agregado Grueso	53
% Agregado Fino	47

2. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Técnico : Sr. R.V.M.

Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 710019

#### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

## INFORME

De la : CONSULTORIA - CONTROL DE CALIDAD MATERIALES DE  
CONSTRUCCION - DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO -  
ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS Y AFINES  
Atención : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS  
ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN  
Ubicación de la obra : ANCON - LIMA  
Asunto : Diseño de mezcla  $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$   
Fecha de emisión : 29/09/2019

### 1.0 DE LOS MATERIALES

#### 1.1 Cemento:

Se utilizó cemento SOL Tipo I, proporcionado por el solicitante.  
Peso específico del cemento SOL TIPO I,  $3.12 \text{ gr/cm}^3$

#### 1.2 Agregado Fino:

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera  
HUACHIPA.  
Las características se indican en el ANEXO 1.

#### 1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA sin cantera especificada .  
Las características se indican en el ANEXO 2.

#### 1.4 Combinación de Agregados:

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado  
fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.  
La combinación del agregado global fue de 47% de arena y 53% de piedra.

#### 1.5 Agua:

Se uso agua potable procedente del laboratorio.



Ing. Rolando A. V. Martínez  
CIP 710019

#### NOTA:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

RESULTADOS

2.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR (  $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$  ) CEMENTO SOL Tipo I

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	$f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$		
Asentamiento	.....	3" - 4"		
Relación a/c de diseño	.....	0.53		
Relación a/c de obra	.....	0.51		
Proporciones de diseño	.....	1	: 1.83	: 1.95
Proporciones de obra	.....	1	: 1.88	: 1.96

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR  $\text{m}^3$  DE CONCRETO

Cemento	.....	430	Kg.
Arena	.....	787	Kg.
Piedra	.....	841	Kg.
Agua	.....	228	L.

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR  $\text{m}^3$  DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	430	Kg.
Arena	.....	809	Kg.
Piedra	.....	846	Kg.
Agua	.....	218	L.

2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	79.88	Kg.
Piedra	.....	83.51	Kg.
Agua	.....	21.49	L.

2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	.....	1	: 2.15 : 2.18
Agua	.....	21.49	L/bolsa

3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Técnico : Sr. R.V.M.



Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 710019

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

## INFORME

De la : CONSULTORIA - CONTROL DE CALIDAD MATERIALES DE  
CONSTRUCCION - DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO -  
ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS Y AFINES  
Atención : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS  
ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN  
2019"  
Ubicación de la obra : ANCON - LIMA  
Asunto : Diseño de mezcla  $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$   
Fecha de emisión : 29/09/2019

---

### 1.0 DE LOS MATERIALES

#### 1.1 Cemento:

Se utilizó cemento ULTRA ANDINO, proporcionado por el solicitante.  
Peso específico del cemento ANDINO ULTRA,  $3.0 \text{ gr/cm}^3$

#### 1.2 Agregado Fino:

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera  
HUACHIPA.  
Las características se indican en el ANEXO 1.

#### 1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA sin cantera especificada .  
Las características se indican en el ANEXO 2.

#### 1.4 Combinación de Agregados:

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado  
fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.  
La combinación del agregado global fue de 47% de arena y 53% de piedra.

#### 1.5 Agua:

Se uso agua potable procedente del laboratorio.



Ing. Rolando A. V. Martínez  
CIP 710019

#### NOTA:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

RESULTADOS

2.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR ( $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$ ) CEMENTO ULTRA ANDINO

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Denominación	.....	$f'c = 245$	Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	.....	3" - 4"	
Relación a/c de diseño	.....	0.53	
Relación a/c de obra	.....	0.51	
Proporciones de diseño	.....	1	: 1.83 : 1.95
Proporciones de obra	.....	1	: 1.88 : 1.96

2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

Cemento	.....	430	Kg.
Arena	.....	787	Kg.
Piedra	.....	841	Kg.
Agua	.....	228	L.

2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO EN OBRA

Cemento	.....	430	Kg.
Arena	.....	809	Kg.
Piedra	.....	846	Kg.
Agua	.....	218	L.

2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	79.88	Kg.
Piedra	.....	83.51	Kg.
Agua	.....	21.49	L.

2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	..... 1	..... 2.15	..... 2.18
Agua	..... 21.49	..... L/bolsa	

3.0 OBSERVACIONES:

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Técnico : Sr. R.V.M.

Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 710019

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

## INFORME

De la : CONSULTORIA - CONTROL DE CALIDAD MATERIALES DE  
CONSTRUCCION - DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO -  
ENSAYOS ESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS Y AFINES  
Atención : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
Obra : TESIS: "ANALISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS  
ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN  
2019"  
Ubicación de la obra : ANCON - LIMA  
Asunto : Diseño de mezcla  $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$   
Fecha de emisión : 29/09/2019

### 1.0 DE LOS MATERIALES

#### 1.1 Cemento:

Se utilizó cemento INKA ANTISALITRE, proporcionado por el solicitante.  
Peso específico del cemento INKA ANTISALITRE,  $2.96 \text{ gr/cm}^3$

#### 1.2 Agregado Fino:

Consistente en una Muestra de ARENA GRUESA procedente de la cantera  
HUACHIPA.  
Las características se indican en el ANEXO 1.

#### 1.3 Agregado Grueso:

Consistente en una Muestra de PIEDRA CHANCADA sin cantera especificada .  
Las características se indican en el ANEXO 2.

#### 1.4 Combinación de Agregados:

La granulometría del Agregado Global obtenido por la combinación del agregado  
fino y grueso, se muestra en el ANEXO 3.  
La combinación del agregado global fue de 47% de arena y 53% de piedra.

#### 1.5 Agua:

Se uso agua potable procedente del laboratorio.



Ing. Rolando A. V. Martínez  
CIP 710019

#### NOTA:

1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.

RESULTADOS :

**2.0 DISEÑO DE MEZCLA PRELIMINAR ( f 'c = 245 Kg/cm<sup>2</sup> ) CEMENTO INKA ANTISALITRE**

**2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Denominación	.....	f'c = 245	Kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento	.....	3" - 4"	
Relación a/c de diseño	.....	0.53	
Relación a/c de obra	.....	0.51	
Proporciones de diseño	.....	1	: 1.77 : 1.97
Proporciones de obra	.....	1	: 1.82 : 1.98

**2.2 CANTIDAD DE MATERIAL DE DISEÑO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO**

Cemento	.....	434	Kg.
Arena	.....	768	Kg.
Piedra	.....	855	Kg.
Agua	.....	230	L.

**2.3 CANTIDAD DE MATERIAL POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO EN OBRA**

Cemento	.....	434	Kg.
Arena	.....	789	Kg.
Piedra	.....	859	Kg.
Agua	.....	220	L.

**2.4 CANTIDAD DE MATERIAL POR BOLSA DE CEMENTO EN OBRA**

Cemento	.....	42.50	Kg.
Arena	.....	77.23	Kg.
Piedra	.....	84.13	Kg.
Agua	.....	21.55	L.

**2.5 PROPORCIONES APROXIMADAS EN VOLUMEN**

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Proporciones	.....	1	: 2.08 : 2.19
Agua	.....	21.55	L/bolsa

**3.0 OBSERVACIONES:**

- 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.
- 2) Hacer tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.

Técnico : Sr. R.V.M.



Ing. Rolando Antonio V. Martínez  
CIP 710019

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
**Obra** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN 2019"  
**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 19-4467-1  
**Recibo N°** : 68460  
**Fecha de emisión** : 06/11/2019

**1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 20 probetas cilíndricas de concreto.

**2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.  
 Certificado de Calibración CMC-103-2019

**3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-12.

**4. RESULTADOS**

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	SL - 1	29/10/2019	06/11/2019	78.6	25,283	322	Tipo 4
2	SL - 2	29/10/2019	06/11/2019	78.1	30,052	385	Tipo 5
3	SL - 3	29/10/2019	06/11/2019	77.8	28,371	365	Tipo 3
4	SL - 4	29/10/2019	06/11/2019	77.4	28,445	368	Tipo 3
5	SL - 5	29/10/2019	06/11/2019	77.6	31,846	410	Tipo 3
6	SL - 6	29/10/2019	06/11/2019	78.6	24,184	308	Tipo 5
7	SL - 7	29/10/2019	06/11/2019	77.3	22,416	290	Tipo 4
8	SL - 8	29/10/2019	06/11/2019	78.1	16,011	205	Tipo 5
9	SL - 9	29/10/2019	06/11/2019	78.8	26,518	337	Tipo 2
10	SL - 10	29/10/2019	06/11/2019	78.2	24,614	315	Tipo 4

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET** Engineering Technology Accreditation Commission

Expediente N° : 19-4467-1

Página 2 de 2

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FALLA
11	SL - 11	29/10/2019	06/11/2019	78.4	22,540	288	Tipo 4
12	SL - 12	29/10/2019	06/11/2019	77.8	25,869	333	Tipo 5
13	SL - 13	29/10/2019	06/11/2019	78.6	26,998	343	Tipo 5
14	SL - 14	29/10/2019	06/11/2019	78.4	22,600	288	Tipo 3
15	SL - 15	29/10/2019	06/11/2019	77.7	25,012	322	Tipo 2
16	SL - 16	29/10/2019	06/11/2019	77.8	27,311	351	Tipo 5
17	SL - 17	29/10/2019	06/11/2019	78.5	26,138	333	Tipo 2
18	SL - 18	29/10/2019	06/11/2019	78.4	28,660	366	Tipo 3
19	SL - 19	29/10/2019	06/11/2019	77.9	27,460	353	Tipo 3
20	SL - 20	29/10/2019	06/11/2019	78.6	26,445	336	Tipo 3

**5. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V



MSc Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe

lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
**Obra** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN 2019"

**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 19-4467-3  
**Recibo N°** : 68460  
**Fecha de emisión** : 06/11/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 20 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.  
 Certificado de Calibración CMC-103-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-12.

**4. RESULTADOS**

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	UA - 41	29/10/2019	06/11/2019	79.1	19,361	245	Tipo 2
2	UA - 42	29/10/2019	06/11/2019	77.6	22,321	288	Tipo 2
3	UA - 43	29/10/2019	06/11/2019	78.4	23,115	295	Tipo 3
4	UA - 44	29/10/2019	06/11/2019	78.2	21,801	279	Tipo 5
5	UA - 45	29/10/2019	06/11/2019	78.0	21,322	273	Tipo 5
6	UA - 46	29/10/2019	06/11/2019	78.0	21,340	274	Tipo 3
7	UA - 47	29/10/2019	06/11/2019	77.5	20,080	259	Tipo 3
8	UA - 48	29/10/2019	06/11/2019	77.4	21,991	284	Tipo 2
9	UA - 49	29/10/2019	06/11/2019	77.8	18,896	243	Tipo 5
10	UA - 50	29/10/2019	06/11/2019	77.4	18,904	244	Tipo 5

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.



MSC. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET**  
 Engineering  
 Technology  
 Accreditation  
 Commission

Expediente N° : 19-4467-3

Página 2 de 2

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FALLA
11	UA - 51	29/10/2019	06/11/2019	77.9	21,817	280	Tipo 2
12	UA - 52	29/10/2019	06/11/2019	78.5	22,027	281	Tipo 5
13	UA - 53	29/10/2019	06/11/2019	77.5	22,525	291	Tipo 2
14	UA - 54	29/10/2019	06/11/2019	78.0	23,977	307	Tipo 3
15	UA - 55	29/10/2019	06/11/2019	78.1	21,861	280	Tipo 5
16	UA - 56	29/10/2019	06/11/2019	77.9	22,315	286	Tipo 3
17	UA - 57	29/10/2019	06/11/2019	77.9	22,656	291	Tipo 3
18	UA - 58	29/10/2019	06/11/2019	77.8	21,993	283	Tipo 2
19	UA - 59	29/10/2019	06/11/2019	78.5	22,539	287	Tipo 3
20	UA - 60	29/10/2019	06/11/2019	78.3	23,787	304	Tipo 3

**5. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



Página 1 de 2

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
**Obra** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN 2019"

**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 19-4467-2  
**Recibo N°** : 68460  
**Fecha de emisión** : 06/11/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 20 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.  
 Certificado de Calibración CMC-103-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

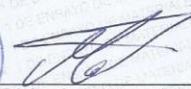
N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	IA - 81	29/10/2019	06/11/2019	53.8	24,604	457	Tipo 5
2	IA - 82	29/10/2019	06/11/2019	77.4	26,727	345	Tipo 3
3	IA - 83	29/10/2019	06/11/2019	77.9	25,526	328	Tipo 3
4	IA - 84	29/10/2019	06/11/2019	76.5	26,531	347	Tipo 2
5	IA - 85	29/10/2019	06/11/2019	78.8	24,846	315	Tipo 3
6	IA - 86	29/10/2019	06/11/2019	76.7	23,969	313	Tipo 2
7	IA - 87	29/10/2019	06/11/2019	77.8	28,261	363	Tipo 3
8	IA - 88	29/10/2019	06/11/2019	77.3	25,851	334	Tipo 3
9	IA - 89	29/10/2019	06/11/2019	78.4	24,902	318	Tipo 2
10	IA - 90	29/10/2019	06/11/2019	77.4	25,656	331	Tipo 2

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio



- NOTAS:**  
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



Expediente N° : 19-4467-2

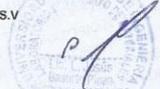
Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
11	IA - 91	29/10/2019	06/11/2019	77.7	22,634	291	Tipo 5
12	IA - 92	29/10/2019	06/11/2019	77.8	27,029	347	Tipo 3
13	IA - 93	29/10/2019	06/11/2019	77.8	27,223	350	Tipo 3
14	IA - 94	29/10/2019	06/11/2019	77.0	28,050	364	Tipo 5
15	IA - 95	29/10/2019	06/11/2019	78.7	29,428	374	Tipo 3
16	IA - 96	29/10/2019	06/11/2019	78.0	24,651	316	Tipo 1
17	IA - 97	29/10/2019	06/11/2019	77.0	23,458	305	Tipo 3
18	IA - 98	29/10/2019	06/11/2019	76.6	25,601	334	Tipo 3
19	IA - 99	29/10/2019	06/11/2019	78.2	24,725	317	Tipo 3
20	IA - 100	29/10/2019	06/11/2019	77.1	24,138	313	Tipo 3

**5. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos sólo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe

lem@uni.edu.pe

Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering  
Technology  
Accreditation  
Commission

Página 1 de 2

**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
**Obra** : TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN 2019 "

**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 19-4467-1  
**Recibo N°** : 68460  
**Fecha de emisión** : 11/11/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 20 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.  
 Certificado de Calibración CMC-103-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	SL - 21	29/10/2019	11/11/2019	77.4	28,828	372	Tipo 4
2	SL - 22	29/10/2019	11/11/2019	78.3	30,710	392	Tipo 3
3	SL - 23	29/10/2019	11/11/2019	77.2	29,351	380	Tipo 3
4	SL - 24	29/10/2019	11/11/2019	76.8	27,319	356	Tipo 3
5	SL - 25	29/10/2019	11/11/2019	78.2	27,542	352	Tipo 3
6	SL - 26	29/10/2019	11/11/2019	77.4	29,245	378	Tipo 3
7	SL - 27	29/10/2019	11/11/2019	77.7	29,094	374	Tipo 3
8	SL - 28	29/10/2019	11/11/2019	76.4	21,567	282	Tipo 3
9	SL - 29	29/10/2019	11/11/2019	77.0	23,364	303	Tipo 3
10	SL - 30	29/10/2019	11/11/2019	77.4	26,031	336	Tipo 3

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET** Engineering Technology Accreditation Commission

Expediente N° : 19-4467-1

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
11	SL - 31	29/10/2019	11/11/2019	78.4	31,175	398	Tipo 3
12	SL - 32	29/10/2019	11/11/2019	77.3	29,464	381	Tipo 3
13	SL - 33	29/10/2019	11/11/2019	77.4	26,583	343	Tipo 3
14	SL - 34	29/10/2019	11/11/2019	77.8	28,269	363	Tipo 3
15	SL - 35	29/10/2019	11/11/2019	77.4	27,829	360	Tipo 3
16	SL - 36	29/10/2019	11/11/2019	76.7	29,436	384	Tipo 3
17	SL - 37	29/10/2019	11/11/2019	77.1	29,693	385	Tipo 4
18	SL - 38	29/10/2019	11/11/2019	77.2	27,681	359	Tipo 3
19	SL - 39	29/10/2019	11/11/2019	77.0	29,439	382	Tipo 3
20	SL - 40	29/10/2019	11/11/2019	78.0	29,472	378	Tipo 5

**5. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
**Obra** : TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN 2019 "

**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 19-4467-2  
**Recibo N°** : 68460  
**Fecha de emisión** : 11/11/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 20 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.  
 Certificado de Calibración CMC-103-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	UA - 61	29/10/2019	11/11/2019	77.6	22,735	293	Tipo 2
2	UA - 62	29/10/2019	11/11/2019	78.3	22,709	290	Tipo 3
3	UA - 63	29/10/2019	11/11/2019	77.7	22,911	295	Tipo 4
4	UA - 64	29/10/2019	11/11/2019	77.4	22,144	286	Tipo 3
5	UA - 65	29/10/2019	11/11/2019	77.4	22,764	294	Tipo 3
6	UA - 66	29/10/2019	11/11/2019	77.2	22,758	295	Tipo 3
7	UA - 67	29/10/2019	11/11/2019	77.4	22,321	288	Tipo 3
8	UA - 68	29/10/2019	11/11/2019	77.2	23,581	305	Tipo 3
9	UA - 69	29/10/2019	11/11/2019	77.4	22,395	289	Tipo 3
10	UA - 70	29/10/2019	11/11/2019	78.1	21,831	280	Tipo 3

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.  
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



MSC. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**

**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET** Engineering Technology Accreditation Commission

Expediente N° : 19-4467-2

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA
11	UA - 71	29/10/2019	11/11/2019	77.0	22,873	297	Tipo 3
12	UA - 72	29/10/2019	11/11/2019	78.1	22,142	284	Tipo 4
13	UA - 73	29/10/2019	11/11/2019	77.2	22,650	293	Tipo 3
14	UA - 74	29/10/2019	11/11/2019	77.1	21,793	283	Tipo 3
15	UA - 75	29/10/2019	11/11/2019	73.4	25,277	344	Tipo 3
16	UA - 76	29/10/2019	11/11/2019	78.1	20,851	267	Tipo 5
17	UA - 77	29/10/2019	11/11/2019	77.4	25,369	328	Tipo 5
18	UA - 78	29/10/2019	11/11/2019	77.7	23,086	297	Tipo 3
19	UA - 79	29/10/2019	11/11/2019	77.8	24,361	313	Tipo 4
20	UA - 80	29/10/2019	11/11/2019	77.1	24,906	323	Tipo 4

**5. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



*[Signature]*  
 Sc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**



**INFORME**

**Del** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
**A** : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
**Obra** : TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS - ANCÓN 2019 "

**Asunto** : Ensayo de Resistencia a la Compresión  
**Expediente N°** : 19-4467-3  
**Recibo N°** : 68460  
**Fecha de emisión** : 11/11/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 20 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.  
 Certificado de Calibración CMC-103-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.  
 Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FRACTURA
1	IA -101	29/10/2019	11/11/2019	77.4	27,691	358	Tipo 3
2	IA -102	29/10/2019	11/11/2019	77.7	25,391	327	Tipo 5
3	IA -103	29/10/2019	11/11/2019	80.3	26,686	332	Tipo 3
4	IA -104	29/10/2019	11/11/2019	79.4	27,548	347	Tipo 3
5	IA -105	29/10/2019	11/11/2019	79.4	26,892	339	Tipo 3
6	IA -106	29/10/2019	11/11/2019	78.9	27,858	353	Tipo 3
7	IA -107	29/10/2019	11/11/2019	78.8	26,012	330	Tipo 3
8	IA -108	29/10/2019	11/11/2019	78.5	25,813	329	Tipo 3
9	IA -109	29/10/2019	11/11/2019	77.5	27,307	352	Tipo 5
10	IA -110	29/10/2019	11/11/2019	77.9	29,220	375	Tipo 5

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ingeniería Civil**  
**LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"**

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por  
**ABET** Engineering  
 Technology  
 Accreditation  
 Commission

Expediente N° : 19-4467-3

Página 2 de 2

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm²)	TIPO DE FALLA
11	IA -111	29/10/2019	11/11/2019	78.5	26,289	335	Tipo 3
12	IA -112	29/10/2019	11/11/2019	79.0	28,542	361	Tipo 3
13	IA -113	29/10/2019	11/11/2019	78.9	28,365	360	Tipo 3
14	IA -114	29/10/2019	11/11/2019	78.9	28,707	364	Tipo 3
15	IA -115	29/10/2019	11/11/2019	80.0	28,508	356	Tipo 3
16	IA -116	29/10/2019	11/11/2019	79.5	25,081	315	Tipo 3
17	IA -117	29/10/2019	11/11/2019	78.0	25,401	326	Tipo 3
18	IA -118	29/10/2019	11/11/2019	78.9	27,809	352	Tipo 3
19	IA -119	29/10/2019	11/11/2019	77.3	27,888	361	Tipo 3
20	IA -120	29/10/2019	11/11/2019	78.2	26,148	334	Tipo 3

**5. OBSERVACIONES:**

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.  
 Técnico : Sr. L. O. R.

A.S.V.

**NOTAS:**

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Msc. Ing. Isabel Morón Nakata  
 Jefe (e) del laboratorio

**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo  
 de Materiales - UNI



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CMC-103-2019**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina de Compresión Axial Eléctro-hidráulica

Capacidad del equipo : 1,112 kN (250,000 lbf. ó 113 TN)

División de escala : 0.1 kN

Marca : ELE - INTERNATIONAL

Modelo : 36-0650/06

N° de serie del equipo : 9913 Código UNI : PHEC-4

Lector digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL

N° de serie lector digital : 1887-1-00089

Procedencia : USA

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 19,9°C / 78%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,9°C / 78%

Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18, certificado de calibración reporte N° C-8294(ASRET)K0518

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2019-09-30

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.  
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2019-10-02	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

**Resultados de medición**

Dirección de carga : Compresión

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kN)	1° ascenso (kN)	2° ascenso (kN)	3° ascenso (kN)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
9	100,0	100,16	100,29	100,17	100,20	-0,2	0,1
18	200,0	200,58	200,23	200,28	200,40	-0,2	0,1
27	300,0	299,83	299,93	299,85	299,90	0,0	0,1
36	400,0	399,51	399,46	399,47	399,50	0,1	0,1
45	500,0	501,14	501,51	501,30	501,30	-0,3	0,1
54	600,0	600,63	600,57	600,61	600,60	-0,1	0,1
63	700,0	700,83	701,50	700,94	701,10	-0,2	0,1
72	800,0	800,38	800,78	800,52	800,60	-0,1	0,1
81	900,0	900,92	901,34	900,97	901,10	-0,1	0,1

**Incertidumbre**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2 y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

**Notas**

El usuario está obligado a tener el equipo calibrado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado y cumple con los requisitos de la norma ASTM C-39.



## SALES DE EPSOM

Sulfato de magnesio 16+32

16 % MgO, óxido de magnesio soluble en agua

32 % SO<sub>3</sub>, trióxido de azufre soluble en agua

Versión 4.3

Fecha de impresión: 2011 03 17

### Composición química:

	típico	w
• Sulfato de magnesio heptahidratado (MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O), calculado como MgSO <sub>4</sub>	49	%
• Agua de cristalización (H <sub>2</sub> O)	50,9	%
• K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , CaSO <sub>4</sub> , KCl, NaCl	0,1	%

### Granulometría:

	típico	w
• < 1,0 mm	65	%
• d <sub>50</sub> [mm]	0,75	

### Propiedades físicas:

• pH (solución a 5 %)	aprox. 8	a 25 °C
• Solubilidad en agua	w (MgSO <sub>4</sub> ) = 25,8 %	a 20 °C

se disuelve rápidamente, prácticamente sin dejar residuos; siempre añadir la sal al agua o a la solución

### Almacenamiento:

• Peso a granel	aprox. 990 kg/m <sup>3</sup>
• Peso a vibración	aprox. 1.070 kg/m <sup>3</sup>
• Ángulo de cono	aprox. 33 °

Almacenar en un lugar fresco y seco. Una alta compresión y fuerte variabilidad de la temperatura de almacenamiento puede resultar en aglomeraciones, las cuales se pueden disgregar golpeando el saco (la bolsa).

### Uso:

Nuestro producto es extraído de la sal potásica en bruto de origen natural y es apto según los Reglamentos (CE) N° 834/2007 y (CE) N° 889/2008.

® - Marca registrada del grupo K+S

Los datos contenidos en el presente Boletín Técnico son resultado de nuestros exámenes de calidad y no eximen al consumidor del pertinente control de la mercancía a su recepción ni implican compromiso de asegurar o garantizar la propiedad. La idoneidad del producto para una aplicación concreta es de responsabilidad propia.

K+S KALI GmbH  
Bartha-von-Suttnen-Str. 7, 34131 Kassel, Alemania  
☎ +49-(0)561-9301-2356, ☎ -1744

AV PROCERES DE LA INDEPENDENCIA 1150 – URB ASCARRUZ – S/L  
Teléfono: 719 - 6949  
RPC: 993 - 523 - 032 | RPM: +99 - 418 - 1371  
Email: [ventas@insuquimica.com](mailto:ventas@insuquimica.com) / Web site: [www.insuquimica.com](http://www.insuquimica.com)



## CEMENTO SOL

### Descripción:

- Es un Cemento Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.
- Cuenta con la fecha y hora de envasado en la bolsa en beneficio de los consumidores, ya que permite una mayor precisión en la trazabilidad.

### Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Ideal para la producción de prefabricados en concreto.

### Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

### Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C 150.

### Formato de distribución:

- **Bolsas de 42.5 Kg:** 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- **Granel:** A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



## Recomendaciones

### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

### Manipulación:

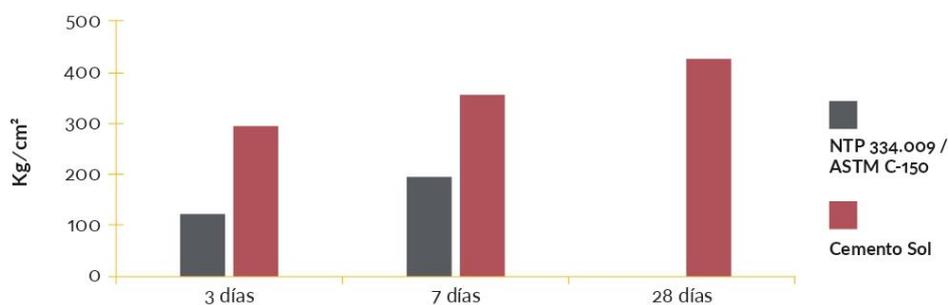
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Requisitos mecánicos

### Comparación resistencias NTP 334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol Tipo I	Requisitos 334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	cm²/g	3361	Máximo 2600
Densidad	g/ml	3.12	No Especifica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm²	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm²	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm²	427	No especifica
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.08	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.25	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.68	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C2S	%	13.15	No especifica
C3S	%	53.60	No especifica
C3A	%	9.66	No especifica
C4AF	%	9.34	No especifica



## Ficha Técnica

# CEMENTO ANDINO ULTRA

### Descripción:

- Es un Cemento Hidráulico tipo HS, MH Y R.

### Beneficios:

- Alta resistencia a mediano y largo plazo, alta durabilidad.
- Alta resistencia a la acción de agentes externos (sales y cloruros).
- Moderado calor de hidratación. Ideal para climas cálidos y fríos.
- Bajo contenido de álcalis. Excelente resistencias a todo tipo de agregado.

### Usos:

- Para estructuras sólidas y obras de construcción civil que requieran propiedades resistentes al salitre, la humedad, agua de mar y agregados álcali reactivos.
- Apropiado para construcciones en minas, reservorios de agua, piscinas, casas de playa; entre otros.

### Características Técnicas:

- Cumple la Norma Técnica Peruana NTP-334.082 y la Norma Técnica Americana ASTM C-1157.

### Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



## Recomendaciones

### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

### Manipulación:

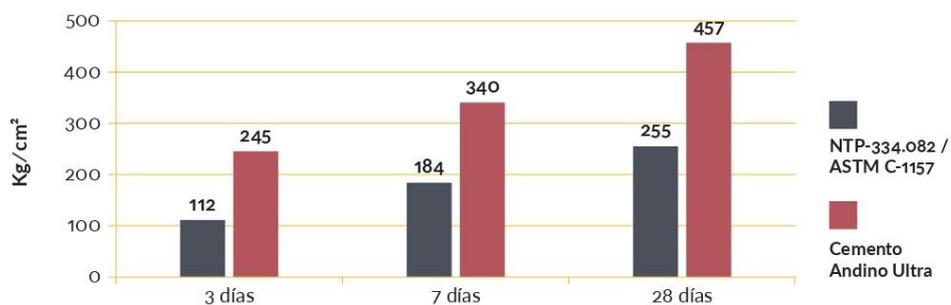
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.082 / ASTM C-1157 vs. Cemento Andino Ultra



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Andino Ultra	Requisitos NTP-334.082 / ASTM C-1157
Contenido de aire	%	4.7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.02	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	480	No específica
Densidad	g/ml	3.0	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	245	Mínimo 112
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	340	Mínimo 184
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	457	Mínimo 255
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	147	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 420
<b>Barras curadas en agua</b>			
Expansión a 14 días	%	0.009	Máximo 0.020
<b>Potencial Álcali-Reactivo</b>			
Expansión a 14 días	%	0.009	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.021	Máximo 0.060
<b>Calor de Hidratación</b>			
Calor de hidratación a 7 días	cal/g	63	Máximo 70
<b>Resistencia a los sulfatos</b>			
Resistencia al ataque de sulfatos	%	0.034	0.05 % máx. a 180 días

## > FICHA TÉCNICA

# CEMENTO ANTI SALITRE

CON ADICIONES  
ACTIVAS +MH+R



## TIPO HS



### > CEMENTO DE USO GENERAL

Cuenta con ventajas y propiedades únicas para el uso en la industria, minería, infraestructura vial, construcción de viviendas, edificios, obras de concreto estructural, obras hidráulicas y aquellas que estén expuestas a suelos húmedos salitrosos, al agua de mar y brisa marina.



#### PÍDELO EN LA RED INKA

(01)5000600 Anx.125

946528340

Sub lote 2C Cajamarquilla  
Lurigancho/Chosica, Lima.

### > CARACTERÍSTICAS

El Cemento INKA Anti Salitre posee bajo calor de hidratación y alta resistencia a los sulfatos, así como baja reactividad con agregados álcali-reactivos. Estas características resultan ideales para cualquier construcción en zonas húmedas salitrosas y expuestas al agua de mar. Por ello, cumplen con las normas técnicas NTP 334.082 y la ASTM C-1157.

Sus adiciones activas, complementadas con una molienda extrafina, disminuyen la posibilidad del ingreso de cualquier agente agresor. Asimismo, protegen los aceros de refuerzo contra la acción de los cloruros, lo que garantiza una mayor durabilidad de la obra.

### > PROPIEDADES

- SUPER RESISTENTE AL SALITRE
- MAYOR IMPERMEABILIDAD Y DURABILIDAD
- MAYOR RESISTENCIA EN EL TIEMPO
- BAJO CALOR DE HIDRATACIÓN
- RESISTENTE A LA REACCIÓN ÁLCALI- SÍLICE

CUIDAMOS NUESTRO  
MEDIO AMBIENTE



Conforme a normas técnicas:  
ntp 334.082 / astm C-1157

/CementoInkaPeru

[cementosinka.com.pe](http://cementosinka.com.pe)



## CERTIFICADO DE CALIDAD

Tipo: CEMENTO INKA PORTLAND TIPO HS

Mes: JUNIO

Guía de Remisión:

Fecha: 01.08.2019

Cliente: EVANGELINA HERMINIA E.I.R.L.

Atención:

ENSAYOS FÍSICOS		NTP 334.082 , ASTM C-1157	
Densidad Le Chatelier	g/cm3	2,96	-
Contenido de aire mortero	% Vol	6	Máx. 12
Fimura Blaine	cm2/g	4,500	-
Expansión Autoclave	%	0,05	Máx. 0,80
<b>TIEMPO DE FRAGUADO</b>			
Inicial	minutos	129	Min. 45
Final	minutos	311	Máx 420
<b>RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN</b>			
1 día	Kg/cm2	102	-
3 días	Kg/cm2	216	112
7 días	Kg/cm2	292	184
28 días	Kg/cm2	414	255
<b>CALOR DE HIDRATACIÓN</b>			
7 días	KCal/Kg	54	
28 días	KCal/Kg	67	
<b>EXPANSIÓN DE MORTERO A 14 DIAS</b>			
14 días	%	0,01	
<b>EXPANSIÓN EN BARRA DE MORTERO EXPUESTA A LOS SULFATOS</b>			
6 meses	%	0,04	Máx. 0,05
1 año	%	0,07	Máx. 0,10
<b>EXPANSIÓN ALCALI-SILICE REACTIVO</b>			
14 días	%	0,015	Máx. 0,020
56 días	%	0,032	Máx. 0,060

El presente certificado muestra las PROPIEDADES FÍSICAS PROMEDIO DE LA PRODUCCIÓN confirmando que este cemento cumple las especificaciones de las NORMAS TÉCNICAS PERUANAS NTP 334.082 y ASTM C - 1157 .

Ing° Waldir Lozano Vasquez  
Superintendente de Producción

Ing° Alexander Rojas Ortiz  
Jefe de Control de Calidad

## Contáctanos



**TELÉFONO**  
(511) 5000 500  
9465 28340



**DIRECCIÓN**  
Sub Lote 2C Cajamarquilla  
Lurigancho - Chosica



**E-MAIL**  
ventas@cementosinka.com.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

EXPERTO:

FICHA DE VALIDEZ

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS-ANCÓN, 2019  
AUTOR: MARCELO JUNIOR VEGA GARRO  
UBICACIÓN:

VARIABLE DEPENDIENTE

DIMENSIÓN	INDICADOR	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )	DIFERENCIA DE PESOS POR DEGRADACIÓN
CEMENTO TIPO HS			
CEMENTO TIPO MS			

CUADRO DE CALIFICACIÓN DE EXPERTOS

RANGOS DE VALIDEZ	
RANGOS DE VALIDEZ	MAGNITUD
0.80 a 1.00	MUY ALTO
0.60 a 0.80	ALTO
0.40 a 0.60	MODERADO
0.20 a 0.40	BAJO
0.01 a 0.20	MUY BAJO
	PROMEDIO DE VALIDACIÓN

NOMBRES Y APELLIDOS:

DNI / CIP:

TELÉFONO / CORREO:

FIRMA:

  
  
 José Luis Arancibia Deudor  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 152361

  
 ROXANA DEL CARMEN  
 QUIPUZCOA OLGUIN  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 45702







UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

EXPERTO:

CONTROL DE RESISTENCIA DEL CONCRETO ENDURECIDO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS-ANCÓN, 2019  
MARCELO JUNIOR VEGA GARRO

PROYECTO:  
AUTOR:  
FECHA DE ENSAYO:  
UBICACIÓN:

PESO DE PROBETAS

CODIGO DE LA MUESTRA	PESO INICIAL	PERIODO DE INMERSIÓN		DIFERENCIA DE PESOS (kg)	
		PESO A 28 DIAS	PESO A 45 DIAS	PESO A 28 DIAS	PESO A 45 DIAS
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS PROBETA

CODIGO DE LA MUESTRA	RESISTENCIA DISEÑO	PERIODO DE INMERSIÓN		DIFERENCIA DE RESISTENCIA (kg/cm2)	
		RESISTENCIA A 28 DIAS	RESISTENCIA A 45 DIAS	RESISTENCIA A 28 DIAS	RESISTENCIA A 45 DIAS
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-
			-		-

OBSERVACIONES:

NOMBRES Y APELLIDOS:  
DNI/CIP:  
TELÉFONO/CORREO:

FIRMA:

0=NO VALIDO  
1=VALIDO

**José Luis Atencio Deudor**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 152361

  
 ROXANA DEL CARMEN  
 QUIPUZCOA OLGUIN  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 45702



## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO UTILIZANDO CEMENTOS ADICIONADOS SOMETIDO A ACCIÓN DE SULFATOS-ANCÓN, 2019"  
 LINEA DE INVESTIGACION : DISEÑO SISMICO Y ESTRUCTURAL  
 RESPONSABLE : MARCELO JUNIOR VEGA GARRO

FORMA DE PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<b>GENERAL</b> ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos?	<b>GENERAL</b> - Determinar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos.	<b>GENERAL</b> - Existe relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos.	VARIABLE INDEPENDIENTE	Diseño de mezcla de relación a/c =0.53	Propiedades de los agregados del concreto	Ficha de datos (Metodo Del Comité 211 ACI)	Metodo: Científico Tipo de Investigación : Aplicada Nivel de Investigación: Descriptivo y Explicativo
			Acción de sulfatos	Diferentes Grados de exposición a sulfatos	1500 mg/lit de Sulfato de Magnesio 10000 mg /lit de Sulfato Magnesio 55000 mg/lit de Sulfato de Magnesio	Reglamento Nacional De Edificaciones E.0.60	
				Diversos periodos de Inmersión	Tiempo de exposición de 28 y 45 días.	Ficha técnica de observación	
<b>ESPECIFICOS</b> - ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación a/c=0.53?  - ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diferentes grados de exposición?  - ¿Qué relación de resistencia a la compresión existe, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión?	<b>ESPECIFICOS</b> - Especificar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación a/c=0.53.  - Analizar la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diferentes grados de exposición.  -Conocer la relación de resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión .	<b>ESPECIFICOS</b> - Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y a acción de sulfatos para un diseño de mezcla del concreto con relación a/c=0.53.  - Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diferentes grados de exposición.  - Existe relación significativa de resistencia a la compresión, entre el concreto elaborado con cementos adicionados y la acción de sulfatos para diversos periodos de inmersión.	VARIABLE DEPENDIENTE	Cemento Tipo Hs	Propiedades Físicas y químicas del material	Ficha de datos (Norma Técnica Peruana NTP 339.047) ASTM C-1157	Enfoque: Cuantitativo  Población : Probetas de Concreto 4"x 8"  Muestra: 120 Probetas de concreto 4" x 8"  Tipo de muestra: No probabilístico
			Resistencia a la compresión del concreto	Concreto Fresco	Trabajabilidad	American Concrete Institute ACI 116R.	
				Concreto Endurecido	Diferencia de peso en las muestras en relación al periodo de la inmersión  Pérdida de resistencia por exposición a sulfatos	Ficha técnica de medición (Ensayos de laboratorio Control de peso y resistencia en muestras)	

MATRIZ OPERACIONAL (OPERACIONALIZACION)					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE	<p>Sánchez (2001), los sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio que están naturalmente en el suelo o disueltos en el agua freática o subterránea pueden llegar a encontrarse junto o alrededor de estructuras de concreto, susceptibles a su efecto perjudicial.</p>	<p>El concreto usado en algunas cimentaciones anexas a suelos ricos en sulfatos es más susceptible de ser atacado, por lo que se usan a veces cementos resistentes a sulfatos evitándose daños potenciales en la estructura, estos daños serán evaluados con respecto al grado y tiempo de exposición del elemento.</p>	Diseño de mezcla de relación a/c =0.53	Proporcionamiento adecuado de los materiales del concreto	Ficha de datos (Metodo Del Comité 211 ACI )
Acción de sulfatos			Diferentes Grados de exposición a sulfatos	1400 mg/lit de Sulfato de Magnesio 9500 mg /lit de Sulfato Magnesio 5000 mg/lit de Sulfato de Magnesio	Reglamento Nacional De Edificaciones E.0.60
			Diversos periodos de Inmersión	Tiempo de exposición de 28 y 45 dias.	Ficha tecnica de observación
VARIABLE DEPENDIENTE	<p>Sánchez (2001), es un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas</p>	<p>Los cementos son materiales aglomerantes que posee la propiedades de adherirse junto a otros minerales para formar un material compacto. Este material compacto es el concreto, las propiedades del concreto varia según el estado en cual se encuentra logrando obtener resistencia y durabilidad, las cualidades de estas propiedades serán obtenidas a través del análisis del ensayo de resistencia a compresión de las muestras.</p>	Cemento Tipo Hs	Propiedades Fisicas y químicas del material	Ficha de datos (Norma Técnica Peruana NTP 339.047) ASTM C-1157
Resistencia a la compresión del concreto			Concreto Fresco	Trabajabilidad	American Concrete Institute ACI 116R
			Concreto Endurecido	Diferencia de peso en las muestras en relación al periodo de la inmersión  Perdida de resistencia por exposición a sulfatos	Ficha tecnica de medición (Ensayos de laboratorio Control de peso y resistencia en muestras)