

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE
PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO
UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE
LA CANTERA CUTIMBO – PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ

NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES
DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO
SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO – PUNO"
TESIS PRESENTADO POR:

YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
NINGER GROVER VILCA SALAZAR
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL



FECHA DE SUSTENTACIÓN: 27 DE MARZO DEL 2018

APROBADO POR EL JURADO REVISO CONFORMADO POR:

PRESIDENTE:


M. Sc. NÉSTOR LEODAN SUCA SUCA

PRIMER MIEMBRO:


Ing. GUILLERMO NÉSTOR FERNÁNDEZ SILA

SEGUNDO MIEMBRO:


Ing. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

DIRECTOR DE TESIS:


Dr. SAMUEL HUAQUISTO CACERES

Tema: Tecnología del concreto.
Área: Construcciones
Línea de investigación: Construcciones y gerencia

DEDICATORIA

A Dios por su gracia y bendiciones.

A mis queridos padres: Pedro y Livia por su incondicional apoyo, protección y motivación, y por estar siempre pendiente en mí,

A mi pareja: Zhali que con su apoyo moral me ayudó y a mi precioso hijo Yezhap es una bendición que Dios me regalo, mi motor y motivo para seguir adelante

A mis hermanas: Danitza y Jhasmin, quienes con su comprensión, apoyo, consejos, y aliento me ayudaron a seguir adelante

A mi compañero de tesis Grover y en especial a mis amigos de promoción (10), de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Pither.

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

A mis padres: Santiago y Timotea por su apoyo en los momentos más difíciles.

A mi pareja: Yovana que con su apoyo moral me ayudó y a mi preciosa hija Daely Ariana es una bendición que Dios me regalo, mi motor y motivo para seguir adelante.

A mis hermanos: Yemily, Winfer que con su apoyo moral me ayudó a no abandonar la batalla contra la adversidad.

A mis cuñados: Efraín y Andrea que con su apoyo moral me ayudó a no abandonar la batalla contra la adversidad.

A mis compañeros Hugo, Juan Carlos, Bony, Rosand y Gilbert, etc. de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano por compartir momentos únicos en la universidad.

A mi compañero de tesis Pither y en especial a mis amigos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil muchas gracias por estar siempre cuando uno los necesitan.

Ninger Grover.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos A Dios, por habernos dado la vida, fuerza y valor para culminar el presente trabajo de investigación que ha sido fruto del esfuerzo y la participación de la colaboración de varias personas e instituciones, a quienes hago extensivo mi más sincero agradecimiento, en especial a nuestro director de este proyecto, M. Sc Dr. Samuel Huaquisto Cáceres por las orientaciones, recomendaciones, la supervisión de este trabajo, y sobre todo por su confianza.

A nuestros jurados, D. Sc. Ing. Néstor Leodan Suca Suca, Ing. Guillermo Néstor Fernández Sila e Ing. Gino Frank Laque Córdova; por sus sabios consejos e inculcación de esfuerzo, respeto y disciplina.

Al encargado del laboratorio de construcciones de la escuela profesional de ingeniería civil al Ing. Guillermo Isidro Perca por su apoyo constante.

A nuestra Institución, Universidad Nacional del Altiplano y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de conocer este maravilloso mundo de la Ingeniería y ejercerla para el desarrollo de nuestro país.

Además, agradecemos y hago extensiva mi gratitud al departamento técnico de la empresa proveedora de aditivos para concretos, ULMEN S.A. En especial al Sr. Edgar Cerquin. E importante también es agradecer de forma muy especial a aquellas personas que estuvieron apoyándonos desde siempre y desinteresadamente, me refiero a nuestros compañeros y amigos de promoción, por compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas con nosotros y agradecemos también la comprensión y paciencia recibido por nuestras familias.

A todos muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	15
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3. Definición del Problema.....	17
1.4. Problema General	19
1.5 Antecedentes.....	20
1.6 Justificación.....	22
1.7. Objetivos del Estudio.....	22
1.8. Hipótesis	24
1.9. Operación de Variables	24
1.10. Metodología de Investigación	27
1.11. Método de Investigación	27
1.12. Muestra de Estudio	27
1.13. Alcance de la Investigación.....	29
CAPITULO II REVISION DE LA LITERATURA.....	30
2.1. Concreto	30
2.2. Materiales Constituyentes del Concreto.....	30
2.3. Propiedades de Resistencia del Agregado	41
2.4. Propiedades Químicas de los Agregados.....	43
2.5. Propiedades Físicas del Agregado.....	44
2.6. Nanosílice.....	53
2.7. Microsílice.....	61
2.8. Ensayo de Asentamiento	68
2.9. Resistencia a Compresión.....	70
2.10. Análisis Estadístico y Prueba de Hipótesis.....	73
CAPITULO III MATERIALES Y MÉTODOS	84
3.1. Materiales	84
3.2. Cantera.....	84
3.3. Cemento.....	86
3.4. Nanosilice	86
3.5. Microsilice.....	86
3.6. Agregados.....	86
3.7. Dosificación de Mezclas de Concreto para Diferentes Porcentajes de NS y MS.....	118
3.8. Elaboración de Concretos	118
3.9. Ensayos de Propiedades del Concreto	123
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	132

4.1. Resultados y Dicusion de los Ensayos	132
4.1.1. Resultados de Ensayos de Concretos en Estado Fresco	132
4.1.2. Resultados de Ensayos del Concreto en Estado Endurecido.....	133
4.1.3. Resistencia a la Compresión	137
4.1.4. Interpretación de Datos: Concreto patrón (cp) – Nanosilice Incorporada al 0.5% con respecto al peso del cemento (0.5ns).....	137
4.1.5. Interpretación de Datos: Concreto Patrón (cp) – Nanosilice Incorporada al 1% con Respecto al Peso del Cemento (1ns)	138
4.1.6. Interpretación de datos: concreto patrón (cp) – Nanosilice Incorporada al 1.5% con respecto al peso del cemento (1.5ns).....	139
4.1.7. Interpretación de Datos: Concreto Patrón (cp) – Microsilice Incorporada al 5% con respecto al peso del cemento (5ms).....	139
4.1.8. Interpretación de Datos: Concreto Patrón (cp) – Microsilice incorporada al 10% con respecto al peso del cemento (10ms).....	140
4.1.9. Interpretación de Datos: Concreto Patrón (cp) – Microsilice Incorporada al 15% con respecto al peso del cemento (15ms).....	141
4.1.10. Interpretación de Datos: Concreto (cp) – Microsilice Incorporada al 5% y Nanosilice al 0.5% con Respecto al Peso del Cemento.....	141
4.1.11. Interpretación de Datos: Concreto (cp) – Microsilice Incorporada al 10% y Nanosilice al 1 % con Respecto al Peso del Cemento.....	142
4.1.12. Interpretación de Datos: Concreto (cp) – Microsilice Incorporada al 15% y Nanosilice al 1.5 % con Respecto al Peso del Cemento.....	143
4.1.13. Análisis de Costo.....	145
4.2. Análisis y Prueba de Hipótesis.....	158
4.2.1. Análisis Estadístico.....	158
4.2.2. Prueba de Hipótesis.....	164
4.2.3. Coeficiente de Correlación de Pearson.....	167
4.2.4. Coeficiente de Determinación.....	168
CAPITULO V CONCLUSIONES	172
5. conclusion general.....	172
5.1.1. conclusiones específicos	172
CAPITULO VI. RECOMENDACIONES	176
6.1. recomendaciones	176
CAPITULO VII REFERENCIA	177
referencias.....	177
CAPITULO VIII ANEXOS	177
anexo a-1 (ensayos de laboratorios).....	180
1.1. anexo a-2 granulometria del agregado grueso.....	181
1.2. anexo a-3 peso especifico y absorcion del agregado fino y grueso.....	182
1.3. anexo a-3 peso especifico y unitario del agregado fino y grueso.....	183

.1.4.	anexo a-3 contenido de humedad del agregado fino y grueso.....	184
.2.	anexo b	¡Error! Marcador no definido.
.2.1.	ensayo de compresion de probeta cilindrica de concreto	¡Error! Marcador no definido.
.1.	anexo c	206
.1.1.	anexo c-1 analisis estadistico	206
.2.	anexo d	227
.2.1.	anexo d-1 las prueba de hipoteis	227

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Estructura microscópica del clinker (Alcaraz, 2012, p.18).....	34
Figura 2.2: Imagen de MEB de la formación de tobermorita (Tobón, 2011, p.44).	36
Figura 2.3: Imagen de MEB de unos cristales hexagonales de portlandita (Tobón, 2011, p.45)	37
Figura 2.4: Imagen de MEB de una formación de estringita (Tobón, 2011, p.46).....	37
Figura 2.5: Curvas envolventes para el agregado fino, según norma NTP 400.037	49
Figura 2.6: Micrografía de partículas de nanosílice en Microscopio (tobón, 2011, p.106) ..	54
Figura 2.7: Esquema de hidratación de los diferentes tipos de concreto (Singh et al, 2011).....	57
Figura 2.8: Imágenes de SEM, (Jo et al, 2007)	58
Figura 2.9: Imágenes de aditivo microsilice	61
Figura 2.10: Dimensiones de equipo para prueba de asentamiento (NTP 339.035).	69
Figura 2.11 Tipos de asentamiento (Neville y Brooks)	70
Figura 2.12: Prueba de consistencia.....	70
Figura 2.13: Formas típicas de distribuciones de datos	77
Figura 2.14: Curva de Distribución para hipótesis de dos colas	79
Figura 2.15: Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la derecha	80
Figura 2.16: Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la Izquierda.....	80
Figura 3.0: visita a cantera Cutimbo	84
Figura 3.1: muestreo en cantera y acumulación de partes opuestas del agregado	85
Figura N° 3.2: Serie de tamices para realizar la granulometría de los agregados	87
Figura 3.3: Curva granulométrica del agregado fino	89
Figura 3.4: Equipos y materiales para el ensayo de peso específico Agregado fino -	92
Figura 3.5: Equipos y materiales para el ensayo de peso específico y absorción	92
Figura 3.6: Se está haciendo escurrir el agua para que seque superficialmente ambiente.	94
Figura 3.7 Se está sacando la muestra luego de escurrirlo.....	94
Figura 3.8: Se está calentando la muestra en una cocina eléctrica.....	94
Figura N° 3.9: Método del cono, para comprobar si la muestra se encuentra en estado saturado y superficialmente seco (S.S.S).....	95
Figura N° 3.10: Muestra que no se encuentra aún en estado saturado y superficialmente seco..	95
Figura N° 3.11: La muestra se desmorona después del ensayo, con lo cual comprobamos que se encuentra(S.S.S).....	95
Figura N° 3.12: La muestra S.S.S se pesa	96
Figura N° 3.13: pesando la fiola más agua	96
Figura N° 3.15: Eliminación de burbujas de aire del agregado fino	97
Figura N° 3.16: Colocar la fiola con la muestra, sobre una bandeja con agua	97
Figura N° 3.17: Muestra sacada de la fiola a una tara y llevado al horno.....	97
Figura N° 3.18: Peso unitario suelto agregado fino	100

Figura N° 3.19: Representación de ompactación por capas.	101
Figura N° 3.20: Peso unitario compactado del agregado fino	102
Figura N° 3.21 :curva granulométrica del agregado grueso.....	105
Figura N° 3.23: Secando la Muestra para dejarla en S.S.S	107
Figura N° 3.24:Pesando la Muestra S.S.S	108
Figura N° 3.25: Material dentro de la canastilla sumergida y luego procedemos a pesarlo	108
Figura N° 3.26: Colocar el material en un recipiente y llevarlo al horno -	108
Figura N° 3.27: Peso unitario suelto.....	111
Figura N° 3.28: Peso unitario compactado.....	113
Figura N° 3.29: Mezclado del concreto	119
Figura N° 3.30: Procedimiento de mezclado del concreto.....	120
Figura N° 3.31: Comprobación del asentamiento.....	121
Figura N° 3.32: Llenado de moldes y apisonado de mezcla de concreto en tres capas iguales.....	122
Figura N° 3.33: Moldes vaciados de un grupo de concreto.....	122
Figura N° 3.34: Probetas.....	123
Figura N° 3.35: Colocado de las muestras a la poza.....	123
Figura N° 3.36: Ensayo de asentamiento cono de Abrams.....	124
Figura N° 3.37: Ensayo de resistencia a compresión.....	125
Figura N° 3.38: Ensayo de Abrasion Angeles	125
Figura N° 4.0: Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes % denanosílice.....	133
Figura N° 4.1: Resistencia a compresión para diferentes porcentajes de microsíllice.....	134
Figura N° 4.2: Resistencia a compresión obtenidos de nanosíllice y microsíllice	135
Figura N° 4.3: Evolución de la Resistencia a Compresión de nanosíllice.....	144
Figura N° 4.4: Evolución de la Resistencia a Compresión de microsíllice.....	145
Figura N° 4.5: dimensiones de una viga	148
Figura 4.6: costo del nanosilice.....	152
Figura 4.7: costo del microsíllice	154
Figura N°4.9: costo del microsíllice con aditivo y sin aditivo	157
Figura 4.10: coeficiente de correlación de nanosilice	169
Figura 4.11: coeficiente de correlación de microsíllice	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Matriz de consistencia: Objetivo General.....	25
Tabla 1.2: Matriz de consistencia: Objetivo General.....	26
Tabla 2.1: Principales componentes del cemento portland.	32
Tabla 2.2: Cuadro de resumen de los principales componentes del Clinker.....	33
Tabla 2.3: Límites aproximados de la composición del cemento portland.	34
Tabla 2.4: Requisitos para el agua de mezcla.	40
Tabla 2.5: Requisitos granulométricos para el agregado fino.	49
Tabla 2.6: Característica del nanosílice.	56
Tabla 2.7: Clases de mezclas según su asentamiento.	61
Tabla 2.8: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto	71
Tabla 2.9 : Norma para el control del concreto con relación a la variación total.....	76
Tabla 2.10: Norma para el control del concreto	76
Tabla 3.0: Coordenadas de la cantera Cutimbo	85
Tabla 3.1: Cálculo del contenido de humedad del agregado fino.	91
Tabla 3.2: Datos de ensayo de peso específico agregado fino.....	98
Tabla 3.3: Resultados del peso unitario suelto del agregado fino.....	102
Tabla 3.4: Resultados del peso unitario compactado del agregado fino.	102
Tabla 3.5: Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.....	106
Tabla 3.6: Datos para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso.....	109
Tabla 3.7: Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso.....	112
Tabla 3.8: Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso.....	113
Tabla 3.9: Características físicas de los materiales para el diseño.....	114
Tabla 3.10: Resistencia a la compresión promedio.....	114
Tabla 3.11: Volumen unitario de agua.....	115
Tabla 3.12: Contenido de aire atrapado.	115
Tabla 3.13: Relación agua-cemento por resistencia.....	116
Tabla 3.14: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.	116
Tabla 3.15: resultado del ensayo de abrasion	127
Tabla 3.16: resultado del ensayo de abrasion	128
Tabla 3.17: resultado del ensayo de abrasion	128
Tabla 4.0: Medida de asentamientos tomados en un mismo día.....	132
Tabla 4.1: Medida de asentamientos tomados en un mismo día.....	132
Tabla 4.2: Resistencia promedio a la compresión del concreto.....	133
Tabla 4.3: Resistencia promedio a la compresión del concreto con Microsilice.	134
Tabla 4.4: Resistencia promedio a la compresión del concreto con Microsilice y nanosilice.	135

Tabla 4.5: Resistencia a la compresión promedio obtenido.....	137
Tabla 4.6. Costo unitario de materiales para el concreto normal	147
Tabla 4.7. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de nanosilice....	147
Tabla 4.8. Costo unitario de materiales para el concreto normal	148
Tabla 4.9. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de microsíllice ..	148
Tabla 4.10. Costo unitario de materiales para el concreto normal	150
Tabla 4.11. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de nanosilice..	151
Tabla 4. 12: Costo del concreto patrón.	151
Tabla 4. 13: Costo del concreto patrón + 0.5% de nanosíllice.....	151
Tabla 4. 14: Costo del concreto patrón + 1.0% de nanosíllice.....	152
Tabla 4.15: Costo del concreto patrón + 1.5% de nanosíllice.....	152
Tabla 4.16: Costo del concreto patrón + 5% Microsilice.....	153
Tabla 4.17: Costo del concreto patrón + 10% Microsilice.....	153
Tabla 4.18: Costo del concreto patrón + 15% de Microsilice.....	153
Tabla 4.19: Costo del concreto de 507 kg/cm ²	154
Tabla 4.20: Costo del concreto de 537 kg/cm ²	155
Tabla 4.21: Costo del concreto de 540 kg/cm ²	155
Tabla 4.22: Costo del concreto de 520 kg/cm ²	156
Tabla 4.23: Costo del concreto de 570 kg/cm ²	156
Tabla 4.24: Costo del concreto de 552 kg/cm ²	156
Tabla 4.25 : costos de concreto patrón con aditivo.....	157
Tabla 4.26: costos de concreto con aditivo y sin aditivo	158
Tabla 4.27. Análisis Estadístico CP– Resistencia a la Compresión - 28 días	159
Tabla 4.28. Análisis Estadístico CP+MICROSILE AL 5%	159
Tabla 4.29. Análisis Estadístico CP+MICROSILE AL 10%.....	160
Tabla 4.30. Análisis Estadístico CP+MICROSILE AL 15%.....	161
Tabla 4.31. Resumen del Análisis Estadístico	161
Tabla 4.32. Análisis Estadístico CP+NANOSILICE AL 0.5%.....	162
Tabla 4.33 Análisis Estadístico CP+NANOSILICE AL 1%.....	163
Tabla 4.34. Análisis Estadístico CP+NANOSILICE AL 1.5%.....	163
Tabla 4.35. Resumen del Análisis Estadístico	164
Tabla 4.36: Decisión de la hipótesis H_0 con el T_p para el concreto con microsíllice y nanosilice con el concreto patrón a los 28 días	165
Tabla 4.38: tabla de coeficiente de correlación y determinación del concreto con nanosilice a diferentes porcentajes.....	169
Tabla 4.39: tabla de coeficiente de correlación y determinación del concreto con microsíllice a diferentes porcentajes.....	170

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ASTM : Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.

a/c	: Relación agua/cemento para diseño de mezclas.
C°	: Definición conocida al Concreto.
g	: Gramos.
IP	: Cemento Pozolánico.
kg	: Kilogramos.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
PES	: Peso específico de los sólidos.
PESSS	: Peso específico de sólidos saturados con superficie seca.
PH	: Medida de ácidos o alcalinidad de una sustancia.
PUC	: Peso unitario compactado.
PUS	: Peso unitario suelto.
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
S-C-H	: Silicato de calcio hidratado.
F'c	: Resistencia de diseño a la compresión.
F'cr	: Resistencia promedio de diseño a la compresión.
W%	: Contenido de humedad.
°C	: Grados centígrados.
u	: Media aritmética.
n	: Número de pruebas realizadas.
σ	: Desviación estándar.
σ^2	: Varianza.
Zo	: Estadístico de prueba.
Ho	: Hipótesis nula.
Ha	: Hipótesis alternativa.
TMN	: Tamaño máximo nominal

RESUMEN

La presente investigación tendrá como foco de estudio la comparación del microsilice y nanosilice con respecto a un concreto patrón con un mismo agregado y ver las propiedades de resistencia y un análisis de costos con microsilice y nanosilice, para luego aplicar en edificaciones de elevados niveles en la región de Puno y en obras ejecutadas por instituciones públicas, es por eso que realizamos esta investigación y ver con cuál de ellos es mejor optar por el tema de propiedades de resistencia y costos, y como objetivo principal es determinar y comparar las propiedades de resistencia del concreto utilizando microsilice y nanosilice con agregado de la cantera Cutimbo, la microsilice y nanosilice es uno de los productos que la tecnología brinda como alternativa para la obtención de mayor resistencia, calidad y durabilidad en el concreto que garantiza el buen desempeño estructural de las obras civiles durante su vida útil. Los resultados indican que las resistencias a la compresión incrementan en 45.71%, 59.83% y 54.28% incorporando microsilice en 5%, 10% y 15% y resistencia a la compresión incrementan en 41.78%, 50.40% y 51.32% incorporando nanosilice en 0.5%, 1% y 1.5%. Se usó cemento portland puzolánico tipo IP, relación agua es 0.4. El diseño se basa por la guía ACI 211.1 para concreto. Y como conclusión la resistencia más alta obtenida a la compresión en 28 días es 570.95 kg/cm² con microsilice de 10% y con nanosilice de 1.5 % es 540.54kg/cm², finalmente se realizó un análisis de costos de producción con las resistencias obtenidas con aditivo para lo cual se hizo el diseño para las resistencias en la cual disminuye en costo en 37.19% ,41.31% y 38.38%, con nanosilice 0.5%,1%y1.5% y 7.82, 9.66% y 21.44% con microsilice en 5%,10% y 15%.

Palabras Clave: nanosilice, microsilice, alta resistencia y concreto

ABSTRACT

The present investigation will have like focus of study the comparison of the microsilice and nanosilice with respect to a concrete pattern with a same aggregate and to see the properties of resistance and a cost analysis with microsilice and nanosilice, to later apply in buildings of high levels in the Puno region and in works executed by public institutions, that is why we carry out this research and see which of them is better to choose the topic of resistance and cost properties, and as the main objective is to determine and compare the resistance properties of the concrete using microsilice and nanosilice with the addition of the Cutimbo quarry, the microsilice and nanosilice is one of the products that technology offers as an alternative to obtain greater strength, quality and durability in concrete that guarantees the good structural performance of civil works during its useful life. The results indicate that the resistance to compression increased by 45.71%, 59.83% and 54.28% incorporating microsilice in 5%, 10% and 15% and resistance to compression increased by 41.78%, 50.40% and 51.32% incorporating nanosilice in 0.5% , 1% and 1.5%. Pozzolan portland type IP cement was used, water ratio is 0.4. The design is based on the ACI 211.1 guide for concrete. And in conclusion the highest resistance obtained to compression in 28 days is 570.95 kg / cm² with microsilice of 10% and with nanosilice of 1.5% is 540.54kg / cm², finally an analysis of production costs was carried out with the resistances obtained with additive for which the design was made for the resistances in which it decreases in cost in 37.19%, 41.31% and 38.38%, with nanosilice 0.5%, 1% and 1.5% and 7.82, 9.66% and 21.44% with microsilica in 5 %, 10% and 15%

Keywords: nanosilice, microsilice, high strength and concrete

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas en el campo de la investigación de materiales, se han intensificado los trabajos relacionados con el mejoramiento de los materiales utilizando en las estructuras de infraestructura en el área de Ingeniería Civil, con el objetivo de mejorar su propiedad de resistencia en el concreto. Una de las últimas tecnologías desarrolladas con muchas aplicaciones en este campo es la utilización del agregado que califiquen las exigencias de las normas técnicas vigentes, así como el uso de aditivos microsilice y nanosílice, lo que permite llegar a obtener concreto en estado fresco y endurecido y cumplan los requerimientos de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, como su nombre lo indica desarrollan a altas resistencias mecánicas.

El presente capítulo es una introducción de la utilización del microsilice y nanosilice y sus aplicaciones en obras reales donde se han usado concreto de alta resistencia en el mundo, en el Perú y en la ciudad de Puno, La definición de concreto con microsilice y nanosilice es un poco desconocido, en el presente capítulo damos especial énfasis a los denominados concreto de alto desempeño con la adición de estos materiales, ya conocida sus propiedades especiales con respecto a la resistencia y durabilidad, en la presente tesis aplicamos el concreto con microsilice, nanosilice en forma separada con un mismo agregado de la cantera Cutimbo para evaluar el desempeño del material en el concreto.

En el marco de esta tecnología que se desarrolla el presente trabajo que tiene como objetivo principal de la comparación de la influencia en el concreto de microsilice y nanosilice con respecto con un concreto patrón y un análisis de costos de cada uno de estos concretos.

Para comparar la influencia en el concreto de estos aditivos, consiste en la obtención de un concreto patrón de $f'c=350$ kg/cm² y agregar diferentes porcentajes de microsilice, nanosilice para lograr concreto de alta resistencia.

En el mundo, el concreto es el material ampliamente más utilizado en la industria de la construcción, debido a su versatilidad para adoptar prácticamente cualquier forma y también tal vez por la aparente poca necesidad de mantenimiento de las estructuras construidas con él. Bajo condiciones normales.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. ANTECEDENTES DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo del concreto de alto desempeño, conocido mundialmente como High Performance Concrete (HPC), ha sido progresivo con las etapas de evolución del concreto. El aumento en la resistencia del concreto en los últimos años, lo ha posicionado como el material de construcción más utilizado.

Entre los distintos textos que citan acerca de la utilización del microsilice y aditivo superplastificante tenemos:

RIVVA LÓPEZ, Enrique. Concreto de Alta Resistencia. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2002.

LÓPEZ YÉPES, Lucio Guillermo. Influencia del porcentaje de adición de la microsilice y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Modalidad Trabajo de Grado, 2011.

Asimismo, en la actualidad en nuestro país y ciudades de Latinoamérica, ya se cuentan con investigaciones realizadas por las Universidades.

- ❖ “Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante Nanosílice y Microsílice con cemento portland tipo I” - EDHER HUINCHO SALVATIERRA – UNÍ – PERÚ 2010.
- ❖ Análisis probabilístico del concreto de alta resistencia - ZAIRA ANDREA CERÓN SUÁREZ - UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.
- ❖ Uso de la sílice en hormigones de alto desempeño - ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

También consideramos las investigaciones que se ejecutaron en la ciudad de Puno por los comportamientos del clima de nuestra región.

- ❖ “Estudio de la influencia de los climas de la región Puno sobre el comportamiento físico - mecánico del concreto adicionado con microsílice- SYNDY YESENIA ALVAREZ ORDOÑEZ, RAMCES JACOBO CONDORENA TERAN.
- ❖ Resistencia del concreto utilizando aditivos superplastificante y microsílice con agregados de la cantera Cutimbo- RAÚL CALLA SALCEDO.
- ❖ Influencia del nanosilice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de puno- ELISMAN LOPEZ AMPUERO, JUAN JOSE MAMANI COPARI.

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La tecnología ha revolucionado el mundo de la ciencia en el siglo XXI, generando una ventajosa evolución aplicada a distintos elementos utilizados por la sociedad día tras día. Siendo uno de estos los materiales de la ingeniería de la construcción. Es por ello que la presente investigación le da importancia a la aplicación de la microsílice y nanosilice

material que en los últimos años ha sido estudiado en cuanto a sus características generales (tamaño de la partícula, área específica de superficie, apariencia, etc.), como también sus propiedades físicas y químicas (densidad, viscosidad, etc.) y ha sido creada como un aditivo para ser usado en el concreto de alta resistencia y para añadirle propiedades como durabilidad, mayor resistencia mecánica.

En todo lugar del territorio peruano a nivel de todo el mundo y sobre todo en nuestra ciudad de Puno el costo de terrenos se va incrementando día a día y consecuentemente ahí la necesidad de optimizar las áreas disponibles de expansión de la infraestructura habitacional y se comienza a planificar un crecimiento urbano en altura, abandonando la tendencia de un crecimiento urbano horizontal, de igual modo en la proyección de infraestructura vial, utilizando estos concretos de alta resistencia en nuestra ciudad de Puno.

La presente investigación tendrá como foco de estudio a un tema no abordado en las investigaciones actuales, como se nombró varias investigaciones aplicadas en nuestra región, se ve el uso de microsilice en el concreto para lograr altas resistencias como también se hizo estudio con el nanosilice y superplastificante en el comportamiento del concreto a ciclos de congelamiento, también se sabe que el microsilice y/o nanosilice tiene un comportamiento diferente al concreto normal con respecto a la resistencia. Pero el problema no se sabe el comportamiento del microsilice y nanosilice con un mismo agregado de una misma cantera y comparar cada uno de ellos con un concreto patrón, diseñando en cada uno de ellos y ver las propiedades de resistencia y un análisis de costos, para luego aplicar en la región de Puno en obras ejecutadas por Instituciones Públicas es por eso que realizamos esta investigación y ver cuál de es mejor optar por el tema de propiedades de resistencia y costos del microsilice y/o nanosilice, esta investigación realizamos en laboratorio de construcciones en la Escuela

Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Altiplano, el microsílíce se obtendrá de la empresa SIKA de la ciudad de Arequipa y el nanosílíce de la empresa ULMEN de la ciudad de Lima con sus respectivos costos y el agregado se optó de la cantera de Cutimbo porque generalmente la obras de edificaciones y de infraestructura vial extraen agregado de la cantera mencionada que se ejecutan en la ciudad de Puno.

El concreto de alta resistencia necesita adaptarse a los nuevos requerimientos cada vez más específicos, y de este hecho es que nosotros podemos hablar de un concreto de alto desempeño, un concreto que justamente sea elaborado para solucionar dichos problemas específicos en el concreto en su estado fresco como endurecido.

1.4. PROBLEMA GENERAL

La pregunta que se ajusta al problema planteado es la siguiente:

¿Cómo influye la resistencia del concreto $f'c=350$ kg/cm² en el estudio comparativo con la adición de micro y nanosílíce?

1.4.1. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:

¿Cómo influye la incorporación de microsílíce en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm²?

¿Cómo influye la incorporación de nanosílíce en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm²?

¿Cómo varían en una comparación del microsílíce y nanosílíce con respecto a un concreto patrón a la resistencia de compresión?

¿Cuál es la relación de costos entre el concreto $f'c=350$ kg/cm², el concreto con la adición de microsílíce y el concreto con adición de nanosílíce?

1.5. ANTECEDENTES

Seguel C. (2007); en su tesis “*Hormigones de alta resistencia H70*” Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile; realizó una comparación de aditivos de micro sílice (SIKA FUME) y nano sílice (SIKA STABILIZER 100) y como resultado se tuvo el comportamiento de las probetas a los 28 días se investigó también la resistencia alcanzada a los 3 y 7 días de edad, de esta forma, se puede cuantificar el grado de cumplimiento con su resistencia especificada. A fin de corroborar la continua ganancia de resistencia a través del tiempo, más allá de los 28 días, en la incorporación única de microsílíce se observa que se alcanzan las dosis óptimas en un porcentaje de adición de alrededor del 5% para todas las razones agua/cemento, con variaciones de la resistencia alrededor de un 13%. Usando solo nanosílíce se registran dosis óptimas alrededor de un 0,5% para todas las razones agua/cemento, produciéndose aumento de la resistencia a la compresión de un 20%.

Escobedo, (2014) En su tesis “*Incidencia del nano sílice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I*” Universidad Nacional de Cajamarca, y como resultados de los especímenes de concreto que se obtuvieron en el laboratorio nos indican, que la resistencia a la compresión alcanzada por el concreto patrón a la edad de 20 días es de 671 Kg/cm², los especímenes con la adición de nano sílice alcanzaron la resistencia de diseño a los 7 días y siguió incrementando un 15% mayor en base al concreto patrón a la edad de 28 días y como conclusión las dosis óptimas de nano sílice encontrada es de 1.5% con la cual se obtiene la máxima resistencia a la compresión de 785 kg/cm² a la edad de 28 días otro el incremento de la resistencia a la compresión encontrado es de un 15 % mayor en base al concreto patrón , a la edad de 28 días, lo cual se asume seguirá incrementando hasta los 90 días por ser concreto de alta resistencia.

Álvarez, (2014) En su tesis “Estudio de la influencia de los climas de la región Puno sobre el comportamiento físico – mecánico del concreto adicionado con microsílíce “ Universidad Nacional del Altiplano- puno en su resultado obtenidos entre el clima cálido que corresponde a San Gabán y el clima frio que corresponde a Macusani existe una diferencia del 48.9% en su resistencia mecánica a los 28 días y con respecto a la capital del departamento de puno existe una diferencia con Macusani del 28.2% por encima y con San Gabán 20.7% por debajo y como conclusión la mezcla de concreto adicionado con micro sílice en estado fresco en la zona de Puno proporciono resultados proporciono resultados de asentamiento de 5.8 in, que con respecto a los resultados de San Gabán obtenido un valor de 8.3 in, lo que equivale a un 30.12% de reducción de asentamiento.

Calla, R. (2013) En su tesis “*Resistencia del concreto utilizando aditivos super plastificante y microsílíce con agregados de la cantera Cutimbo* “Universidad Nacional del Altiplano- Puno en su resultados obtenidos de la resistencia a la compresión tuvo como resultados con un 10% de micro sílice llego a 781.42kg/cm² en 28 días, con un 15% de microsílíce llego 889.73kg/cm² y con 20% de microsílíce en 28 días llego una resistencia de 787.03kg/cm² y como conclusión tenemos que la resistencia a la compresión del concreto se incrementa con forme aumenta su edad y se a logrado obtener un concreto de alta resistencia a la compresión con un valor de 1083kg/cm² a la edad de 90 días con un slump de 8”.

López, E. (2017) En su tesis “Influencia del nanosílíce y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno” Los concretos con adiciones de nanosílíce reportan resistencias a la compresión superiores al concreto patrón obteniéndose mayores valores con 1.5% de nanosílíce de 490.72 kg/cm² a la edad de 28 días y 516.62 kg/cm² a la edad de 56 días, el concreto con 1.5% de nanosílíce tiene una mayor resistencia a la edad de 28 días pero el incremento

adicional a la edad de 56 días es solo del 12.33%; sin embargo, el concreto con 1.0% de nanosílice a pesar de que tiene una menor resistencia a la edad de 28 días su incremento adicional es mucho más a la edad de 56 días de 20.83%; entonces se puede concluir que a más edad del concreto las resistencias de ambas llegaran a coincidir.

Molina, F. (2017) En sus tesis *“Influencia de la adición de nanosílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa”* Los resultados de resistencia a la compresión obtenidos a 28 días de edad, alcanzaron valores en el rango de 100.96% a 159.76% de la resistencia de diseño para las diferentes tasas de dosificación de aditivo comprendidas en la investigación. Siendo la más destacable la resistencia a la compresión de 670.98kgf/cm² (159.76%), lograda en el diseño $f'c= 420$ kg/cm² a una tasa de aditivo nanosílice de 0.8%, en veintiocho días. El costo de producción de concretos de alta resistencia con microsílice en comparación con nanosílice se incrementa según la resistencia de diseño como sigue: Para $f'c= 420$ kgf/cm²: Incremento del 66.47% (S/. 214.85) del costo de producción usando microsílice en relación al uso de nanosílice.

1.10.JUSTIFICACIÓN

El diseño de mezclas de concreto de alta resistencia se justifica por cuanto es de vital importancia para obras de mediana y gran envergadura, y porque se consigue muchas ventajas respecto a los concretos tradicionales; así por ejemplo en la construcción de edificios de gran altura o puentes de grandes luces lográndose una optimización en capacidad portante, secciones esbeltas y reducción de costos de una manera significativa.

La ciudad de Puno debido a que es la capital de la región Puno concentra una gran cantidad de familias ocasionando problemas de pocas áreas de construcción por falta de

estudios en el concreto de alta resistencia para construir edificaciones de varios y elevados niveles.

El presente proyecto busca desarrollar una nueva alternativa para el diseño de un concreto de alta resistencia es por eso que se plantea la adición de nanosilice y microsílíce a concretos para aumentar su resistencia de manera que se ejecutan edificaciones de más niveles elevados de esta forma aplicar todos los conocimientos adquiridos en la escuela profesional de Ingeniería Civil.

A la vez este proyecto busca servir de antecedente o guía para las instituciones públicos y privados que desee plantear y diseñar en los expediente técnicos con estos aditivos y ejecutar las obras; la cual ayudará a mejorar en parte al problema del concreto, beneficiando a la gran población que hará uso de este diseño de concreto de alta resistencia segura de edificaciones modernas de elevados niveles en la ciudad de Puno.

1.16. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.16.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar y comparar las propiedades de resistencia del concreto utilizando microsílíce y nanosilice con el agregado de la cantera Cutimbo.

1.16.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la resistencia a compresión del concreto que tiene incorporado el Microsilice con diferentes porcentajes.
- Determinar la resistencia a compresión del concreto que tiene incorporado el nanosilice con diferentes porcentajes.
- Comparar la resistencia a la compresión del microsílíce y nanosilice con respecto a un concreto patrón.

- Analizar y comparar los costos de concreto elaborados con microsilice y nanosilice.

1.17. HIPÓTESIS

1.17.1. HIPÓTESIS GENERAL

La adición del nanosilice y microsilice incrementa la resistencia en forma significativa del concreto $f'c=350$ kg/cm² del estudio comparativo.

1.17.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS

- La incorporación de, microsilice incrementa la resistencia a la compresión simple del concreto $f'c=350$ kg/cm².
- La incorporación de, nanosilice incrementa la resistencia a la compresión simple del concreto $f'c=350$ kg/cm².
- Comparación de microsilice y nanosilice con respecto a un concreto patrón a la resistencia de compresión
- los costos de los materiales con diferentes porcentajes con el nanosilice varia mínimamente, con microsilice se incrementa con respecto al concreto $f'c=350$ kg/cm².

1.18. OPERACIÓN DE VARIABLES

La variable independiente estudiada es el porcentaje de microsilice y nanosilice en el diseño de mezclas del concreto de $f'c=350$ kg/cm², en forma separada y su incidencia es propiedades de resistencia de concreto $f'c=350$ kg/cm² con incorporación de microsilice y nanosilice, trabajabilidad y costos unitarios de materiales, siendo estas variables dependientes.

Tabla 1.1: Matriz de consistencia: Objetivo General

	Definición del problema	Hipotesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
General	¿Cómo influye la resistencia del concreto $f'c=350$ kg/cm ² en el estudio comparativo con la adición de micro y nano sílice?	La adición del nanosilice y microsíllice incrementa la resistencia en forma significativa del concreto $f'c=350$ kg/cm ² del estudio comparativo.	INDEPENDIENTE porcentaje de microsíllice y nanosíllice en el diseño de mezclas del concreto de $f'c=350$ kg/cm ²	porcentaje de microsíllice y nanosíllice en el diseño de mezclas	% de microsíllice(5;10;15)y/o nanosíllice (0.5,1.0,1.5)en funcion al peso del cemento
			DEPENDIENTE propiedades de resistencia de concreto $f'c=350$ kg/cm ² con incorporación de microsíllice y nanosíllice	propiedades de resistencia de concreto $f'c=350$ kg/cm ² con incorporación de microsíllice y nanosíllice	resistencia a la compresion 7,14,28 días ,trabajabilidad y costos

Fuente: elaboración propia

Tabla 1.2: Matriz de consistencia: Objetivo General

	Definición del problema	Hipotesis	Variables	Indicadores	Factor a medir
Especifico 01	¿Cómo influye la incorporación de micro sílice en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm ² ?	La incorporación de microsíllice 5%, 10% y 15% de microsíllice con respecto al peso del cemento SF05, SF10 y SF15 respectivamente incrementa la resistencia a la compresión simple del concreto $f'c=350$ kg/cm ² .	<p>INDEPENDIENTE dosificaciones de los materiales con adición de microsíllice de 5%, 10% y 15%</p>	dosificación de la microsíllice	% de microsíllice(5;10;15) en función al peso del cemento
			<p>DEPENDIENTE resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm² con adición de microsíllice</p>	metodo de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto (ASTM C-39)	resistencia a la compresión 7,14,28 días
Especifico 02	¿Cómo influye la incorporación de nano sílice en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm ² ?	La incorporación de nanosíllice de 0.5%, 1 % y 1.5%, con respecto al peso del cemento NS0.5, NS1 y NS1.5 respectivamente incrementa la resistencia a la compresión simple del concreto $f'c=350$ kg/cm ² .	<p>INDEPENDIENTE dosificaciones de los materiales con adición de microsíllice de 0.5%, 1 % y 1.5%</p>	dosificación de la nanosíllice	% nanosíllice (0.5,1.0,1.5) en función al peso del cemento
			<p>DEPENDIENTE resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm² con adición de nanosíllice</p>	metodo de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto (ASTM C-39)	resistencia a la compresión 7,14,28 días
Especifico 03	¿Cómo varían en una comparación del microsíllice y nanosíllice con respecto a un concreto patrón a la resistencia de compresión?	la Comparación de microsíllice y nanosíllice con respecto a un concreto patrón a la resistencia de compresión	<p>INDEPENDIENTE dosificaciones de los materiales con adición de microsíllice y nanosíllice</p>	dosificación de micro y nanosíllice	% de microsíllice(5;10;15) y/o nanosíllice (0.5,1.0,1.5) en función al peso del cemento
			<p>DEPENDIENTE resistencia a la compresión del concreto $f'c=350$ kg/cm² con adición de microsíllice y nanosíllice</p>	metodo de ensayo normalizado para la resistencia a la compresión de especímenes de cilindros de concreto (ASTM C-39)	resistencia a la compresión 7,14,28 días ,
Especifico 04	¿Cuál es la relación de costos entre el concreto $f'c=350$ kg/cm ² , el concreto con la adición de Microsíllice y el concreto con adición de nanosíllice?	los costos de los materiales con diferentes porcentajes con el nanosíllice varia minimamente, con micro se incrementa con respecto al concreto $f'c=350$ kg/cm ² .	<p>INDEPENDIENTE dosificaciones de los materiales con adición de microsíllice y nanosíllice</p>	dosificación de micro y nanosíllice	% de micro y nanosíllice con respecto al peso del cemento
			<p>DEPENDIENTE los costos unitarios de los mateiales empleado en el concreto $f'c=350$ kg/cm².con adición de micro y nanosíllice</p>	costos unitarios de los materiales	costos unitarios de los materiales

Fuente: elaboración propia

1.18.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Porcentaje de microsíllice y nanosíllice en el diseño de mezclas del concreto de $f'c=350$ kg/cm²

1.18.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Propiedades de resistencia de concreto $f'c=350$ kg/cm² con incorporación de microsíllice y nanosíllice.

1.19. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.19.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

La presente investigación es del tipo COMPARATIVO, puesto que tiene como propósito relacionar y vincular entre si las características del concreto $f'c=350\text{kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión, trabajabilidad y costos unitarios de materiales) con la inclusión de cada porcentaje aplicado en el diseño.

1.19.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN:

Comparativo EXPLICATIVO, ya que se estudia las causas que originan la variación de resultados al manipular la variable independiente

“La investigación explicativa pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian” (Hernández, 2006)

1.20. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación es CUANTITATIVO, puesto que el medio de la prueba de hipótesis se basa en mediciones numéricas y los análisis estadísticos, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

1.21. MUESTRA DE ESTUDIO

1.21.1. MUESTRA:

La muestra, es un sub grupo de la población, donde reúne todas las características y propiedades de una población y que es representativa.

La muestra de agregados es de la cantera Cutimbo – Puno el cemento es convencional y los aditivos son de procedencia de Lima

El esquema general de tipos de grupos, es el siguiente:

M-1 (CP) CONCRETO PATRÓN NORMAL DE 350 KG/CM²

M-2 (CP+0.5NS), CONCRETO PATRÓN + 0.5% DE NANOSILICE

M-3 (CP+1.0NS), CONCRETO PATRON + 1.0% DE NANOSILICE

M-4 (CP+1.0NS), CONCRETO PATRON + 1.5% DE NANOSILICE

M-5 (CP+5SF), CONCRETO PATRON + 5% DE MICROSILICE

M-6 (CP+10SF), CONCRETO PATRON + 10% DE MICROSILICE

M-7 (CP+15SF), CONCRETO PATRON + 15% DE MICROSILICE

En resumen, tenemos:

- 7 muestras por exposición de muestra
- 2 formas de exposición de muestra
- 5 probetas por la forma de exposición de nuestra
- 5 muestras mínimas por caya ensayo de resistencia a compresión del concreto
- Total, de muestras $3 \times 2 \times 3 \times 5 + 1 \times 3 \times 1 \times 5 = 105$

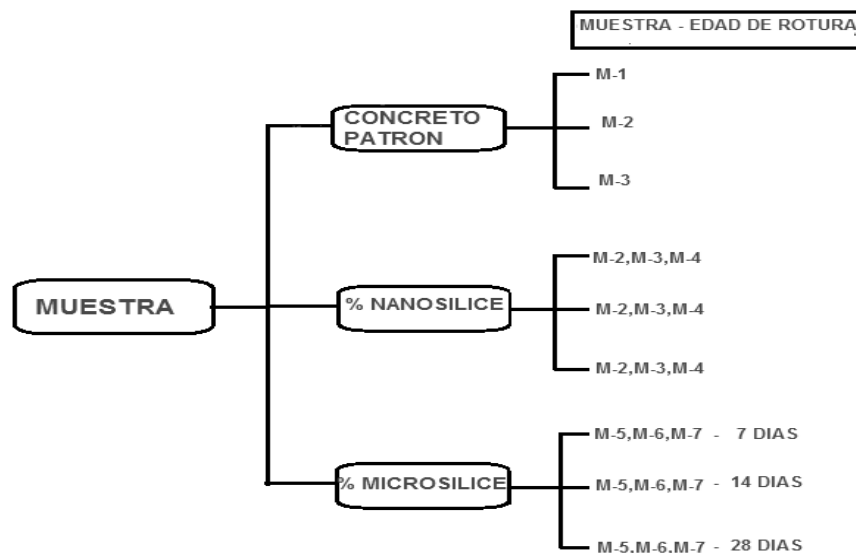


Figura N°1.0: Curvas envolventes para el agregado fino, según norma NTP 400.037

Fuente: Elaboración propia

1.22. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Según estos antecedentes de esta investigación, literatura existente y posibilidades para realizar el presente trabajo de investigación, se plantea al alcance de la misma.

- Se diseñó el diseño de mezclas $f'c=350$ kg/cm² se realizaron los respectivos ensayos en el laboratorio de construcciones de la escuela profesional con los agregados obtenidos de la cantera cutimbo, obteniendo los datos a los 7, 14 y 28 días de edad del concreto.
- Respecto a la determinación de la resistencia a la compresión con diferentes porcentajes de aplicación de nanosílice y microsílice. El diseño del concreto con aditivo se adiciono 5%, 10% y 15% de microsílice con respecto al peso del cemento SF05, SF10 y SF15 respectivamente; se usó nanosílice en dosis de 0.5%, 1 % y 1.5%, con respecto al peso del cemento NS0.5, NS1 y NS1.5 respectivamente
- Con respecto a los costos se analizara en cada porcentaje por m³ de concreto para los dos aditivos y comparar cada uno de estos tipos de concreto adicionando estos aditivos.

CAPITULO II

2. REVISION DE LA LITERATURA

2.1. CONCRETO

¿Qué se entiende por concreto?

El concreto en un sentido general, es una mezcla de arena, grava, roca triturada u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento portland y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la resistencia, tiempo de fraguado y ductilidad.

“La pasta, compuesta de cemento portland y agua unen los agregados, creando una masa similar a una roca. Esto ocurre por el endurecimiento de la pasta en consecuencia de la reacción química del cemento con el agua” (PCA, 2004, p.1).

2.2. MATERIALES CONSTITUYENTES DEL CONCRETO.

2.2.1. CEMENTO

El cemento cumplirá con los requisitos exigidos por la norma NTP 334.009.

¿Qué se entiende por cemento?

Se define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos (Rivva, 2010, p.30). El más utilizado, es el cemento portland, fue patentado por Joseph Aspdin, un constructor de Leeds.

Se da el nombre de portland a un cemento obtenido por la mezcla de material calcáreo y arcillosos u otros materiales asociados con sílice, alumina y óxido de hierro, que son calentados a temperaturas que provocan que se forme escorias, para

posteriormente moler el producto resultante (Neville y Brooks, 1998, p.14). Como materiales calizos que contengan principalmente carbonato cálcico como calizas, margas, etc; como materiales arcillosos que contengan principalmente óxidos de silicio o sílice de aluminio o alúmina, y de hierro.

¿Cómo es el proceso de fabricación del cemento portland?

El proceso consiste principalmente en moler finamente las materias primas, mezclarlas perfectamente en proporciones establecidas y quemarlas en un horno rotatorio de gran dimensión, a una temperatura de 1300 a 1400 °C, donde el material se funde parcialmente hasta convertirse en escorias (clinker). Después el clinker se deposita en enfriadores donde se muele hasta convertirla en polvo finísimo; a continuación se agrega un poco de yeso CaSO_4 . Este producto resultante se denomina cemento portland que se usa en todo el mundo. Es importante destacar que el yeso es indispensable para regular el endurecimiento del cemento una vez que entra en contacto con el agua, porque cuando su cantidad es muy baja el endurecimiento puede ocurrir de manera instantánea.

¿Cómo es la composición química del cemento?

Como se mencionó, las materias primas principales para la elaboración del cemento portland son la cal, sílice, alúmina y óxido de hierro actúan entre sí en el horno para formar una serie de productos más complejos. La composición química del cemento se divide en composiciones principales y menores.

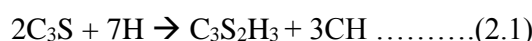
- Los componentes principales del cemento son cuatro y se presenta en la tabla

Tabla 2.1: Principales componentes del cemento portland.

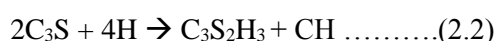
Nombre	Contenido %
Silicato tricálcico	45-60
Silicato bicálcico	5-30
Aluminato tricálcico	6-25
Alumino ferrito tetracálcico	6-8

Fuente: Elaboración propia.

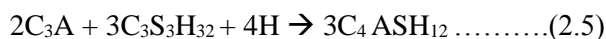
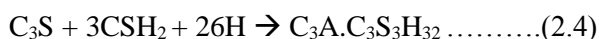
El silicato tricálcico C3S (Alita); es el componente principal del clinker, formando alrededor del 50% de este, tiene la propiedad de aportar las mayores resistencias iniciales al cemento. El calor de hidratación que libera es muy elevado (120cal/g), reacciona según se muestra a continuación. Los productos de hidratación que se obtienen son el gel de tobermorita (CSH) y la portlandita (CH).



El silicato bicálcico C2S (Belita); este componente aporta pocas resistencias a edades tempranas, pero va alcanzando resistencias progresivamente hasta alcanzar al silicato tricálcico. Ocupa alrededor del 25% del cemento, su calor de hidratación es bajo (60cal/g) y reacciona según se muestra a continuación, resultando gel de tobermorita (CSH) y portlandita (CH) como producto de hidratación.

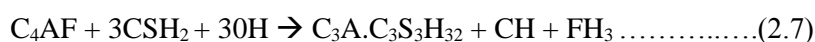
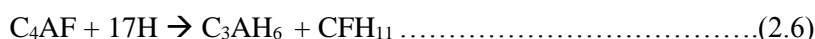


El aluminato tricálcico C3A; este componente por sí solo no contribuye a la resistencia, pero en presencia de silicatos desarrolla unas resistencias iniciales buenas. Actúa como catalizador de la reacción de silicatos. Su hidratación es muy rápida desarrollando un calor de hidratación de 207cal/g, su contenido esta alrededor del 10%. Para retrasar su actividad se emplea yeso que actúa como regulador del fraguado. Uno de los inconvenientes, es que provoca hormigones y morteros muy sensibles al ataque de sulfatos y otros agentes agresivos. Reacciona según las siguientes ecuaciones y se obtienen la estringita y el sulfoaluminato de calcio hidratado.



El ferrito aluminato tetracálcico C4AF (Celita); Apenas contribuye a las resistencias del cemento. Su hidratación es rápida pero más lenta que la del aluminato. Posee un calor de hidratación de 100cal/g. es el fundente en el horno y el responsable del color gris verdoso del cemento. Su contenido en el cemento esta alrededor del 8%.

Reacciona según se muestra en las siguientes ecuaciones.



En la siguiente tabla 2.2 se realiza un cuadro de resumen de los principales componentes de lo anteriormente expuesto.

Tabla 2.2: Cuadro de resumen de los principales componentes del Clinker.

Compuesto	Contenido	Cinética de actuación	Calor de hidratación	Desarrollo de resistencia	Durabilidad
C ₃ S Silicato tricálcico	50%	alta	120 cal/g	Rápido y prolongado	baja
C ₂ S Silicato bicálcico	25%	alta	60 cal/g	Lento y muy prolongado	intermedia
C ₃ A Aluminato tricálcico	10%	Muy alta	207 cal/g	Muy rápido y de corta duración	Muy baja
C ₄ FA	8%	alta	100 cal/g	Lento y poco significativo	alta

Fuente: Elaboración propia.

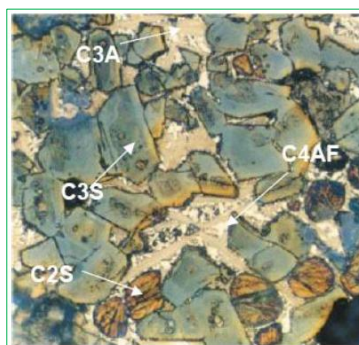


Figura 2.1: Estructura microscópica del clinker (Alcaraz, 2012, p.18)

De la tabla 2.3 puede obtenerse una idea general de la composición del cemento, y los límites de composición de óxidos de los cementos portland.

Tabla 2.3: Límites aproximados de la composición del cemento portland.

Óxidos	Contenido (%)
CaO	60-67
SiO ₂	17-25
Al ₂ O ₃	3 a 8
Fe ₂ O ₃	0.5-6.0
MgO	0.1-4.0
Alcalinos	0.2-1.3
SO ₃	1 a 8

Fuente: (Neville y Brooks, p.17).

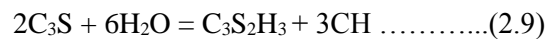
¿Cómo es la hidratación del cemento?

El endurecimiento y fraguado del concreto son el resultado de procesos químicos y físicos entre el cemento portland y el agua. Dicho proceso recibe el nombre de hidratación del cemento.

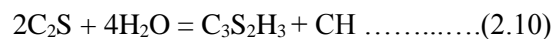
Las reacciones químicas de hidratación de los compuestos del cemento condicionan en gran medida las microestructuras. Desde un punto de vista químico, las reacciones son un complejo proceso de disolución-precipitación en el que se disuelven los componentes más solubles del cemento, formando una fase acuosa iónica a partir de la cual y, en función del grado de saturación de dichos iones, precipitarán los hidratos correspondientes en forma de coloides o hidratos cristalinos (Segura, 2008, p.36-37).

La hidratación separada de cada componente del cemento portland ocurre de la siguiente forma (Alizo, 2015, p.37)

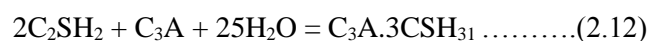
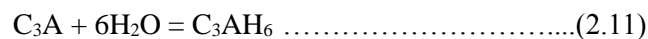
Silicato tricálcico; Reacciona rápidamente con el agua produciéndose $C_3S_2H_3$ (tobermorita) y $Ca(OH)_2$ (portlandita), en forma simplificada CH, según las reacciones:



Silicato bicálcico; Reacciona más lentamente a diferencia del silicato tricálcico, produciendo la misma cantidad de tobermorita pero menos cantidad de portlandita:



Aluminato tricálcico; La hidratación es muy rápida debido al gran poder de disolución que este presenta, produciendo un endurecimiento muy rápido de la pasta. Para disminuir la velocidad del fraguado presente en esta reacción, se añade un reactor de fraguado que generalmente es yeso hidratado ($3CSH_2$) y formando a su vez estringita ($C_3A.3CSH_{31}$).



Ferrito aluminato tetracálcico; Reacciona con el agua dando aluminatos de calcio hidratados cristalizados y ferrito de calcio hidratado amorfo, así como hidróxido de hierro.

Como se ha mostrado anteriormente, los compuestos generados mayoritariamente durante el proceso de hidratación son el gel C-S-H (tobermorita) y la portlandita. Además de estos componentes mayoritariamente otra serie de compuestos, como la estringita, monosulfoaluminatos hidratados y otros compuestos hidratados.

Los silicatos cálcicos hidratados o tobermorita; (figura 2.2) es el componente mayoritariamente de la pasta de cemento hidratado, constituyéndose un 50- 60% del

volumen total de la pasta de cemento hidratado. La nomenclatura C-S-H representa a un compuesto de estequiometría no definida, pudiendo representar relaciones Ca/Si que varían de 1.7 a 2.0 y contenidos de agua estructural muy diferente. El gel C-S-H es un silicato amorfo que puede sufrir sustituciones isomórficas, admitiendo en su estructura cantidades considerables de otros iones fundamentales Fe y Al. (Segura, 2008, p.37).

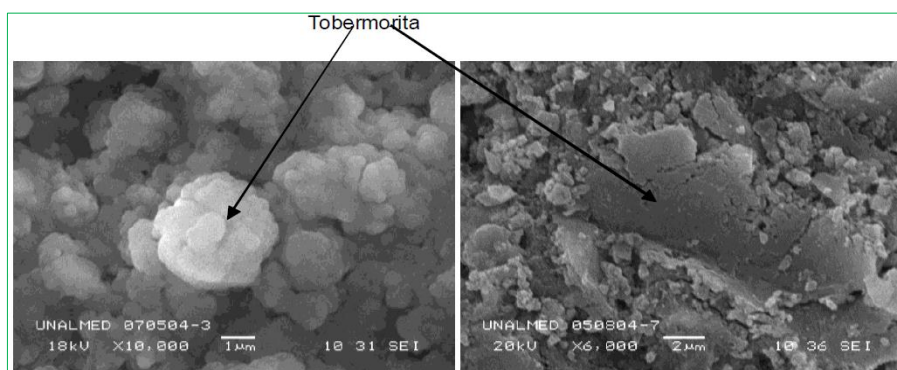


Figura 2.2: Imagen de MEB de la formación de tobermorita (Tobón, 2011, p.44).

El hidróxido cálcico o portlandita; (figura 2.3), constituye un 20-25% del volumen de la pasta de cemento hidratado. Al contrario que el gel C-S-H, tiene una estequiometría definida y es un compuesto cristalino que tiende a formar grandes cristales de simetría hexagonal o prismática en función del espacio disponible para su formación, temperatura e impurezas del sistema. Presenta una estructura en capas. Habitualmente aparece formando módulos heterogéneamente repartidos en la pasta de cemento. En comparación con el gel C-S-H apenas contribuye a crear resistencia, debido a que su carácter enlazante es mínimo, por el mayor tamaño de sus cristales (Segura, 2008, p.39).

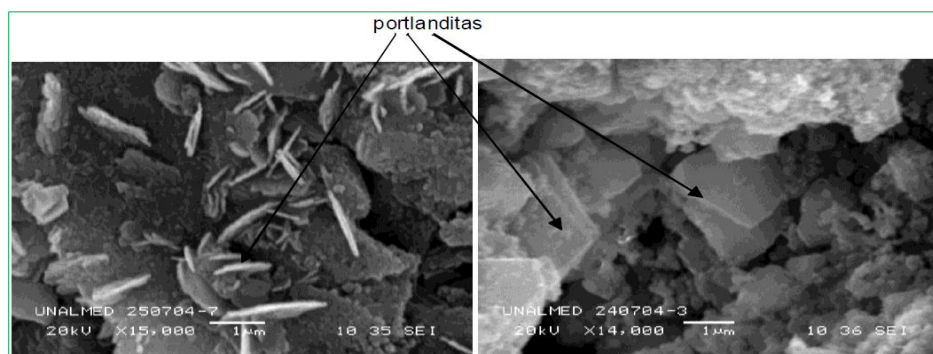


Figura 2.3: Imagen de MEB de unos cristales hexagonales de portlandita (Tobón, 2011, p.45)

El sulfoaluminato cálcico o estringita (figura 2.4) constituyen un 15-20% del volumen de pasta de cemento hidratado y, aunque contribuyen en muy pequeña proporción a las resistencias del producto final, juegan un papel muy importante en cuanto a la durabilidad en medios sulfatados. A edades cortas del proceso de hidratación del aluminato tricálcico más yeso, se forma principalmente la estringita, que a partir de las 24 horas de hidratación comienza a desaparecer dando lugar a los monosulfatos (Henche, 2011, p.15).

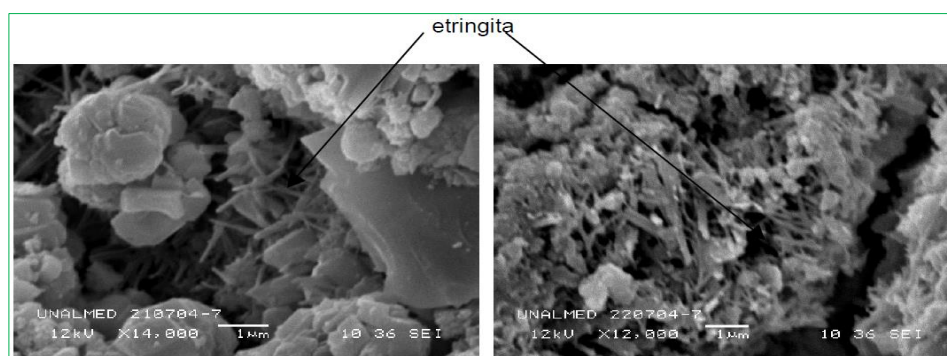


Figura 2.4: Imagen de MEB de una formación de estringita dentro de un poro (Tobón, 2011, p.46)

Clasificación del cemento portland

Hasta ahora se ha considerado al cemento portland como un material genérico, pero que sucede cuando se requiere obtener determinadas propiedades físicas y mecánicas más importantes del concreto endurecido como la resistencia, contracción, permeabilidad y durabilidad. Para asegurar la durabilidad del concreto en diversas condiciones a los que

están expuestos, se han desarrollado muchos cementos, que se clasifican según sus propiedades que están normalizado por la Norma Internacional ASTM 150 y la Norma Peruana NTP 334.009. Se describe, a continuación, los tipos de cemento.

TIPO I: Conocido como cemento portland común y es sin duda el más empleado en obras de construcción en general, pero, que no estén expuesto a sulfatos presentes en suelo o en agua del subsuelo, para esto existen otros tipos de cemento.

TIPO II: conocido como cemento portland modificado, con un índice mayor de calor desarrollado que la del tipo IV, y un índice de aumento de desarrollo de resistencia similar al de tipo I. el cemento tipo II es recomendado para estructuras que están expuestas a la acción moderada de sulfatos o en las que es deseable un bajo calor de hidratación.

Es el cemento destinado a obras de concreto en general y a obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

TIPO III: Es el cemento portland de endurecimiento rápido o alta resistencia inicial, es muy similar al de tipo I, la diferencia radica a su mayor contenido de C3S y a su mayor finura. Recomendados para construcciones a bajas temperaturas para evitar daños por congelamiento temprano o donde el encofrado se vaya a mover pronto a fin de reutilizarla.

TIPO IV: Es el cemento portland de bajo calor de hidratación debido, al contenido bajo de C3S y C3A, hay un desarrollo de resistencia más lento que el cemento tipo I, aunque la resistencia final no es afectada.

TIPO V: Es el cemento portland resistente al sulfato debido, al contenido bajo de C3A para evitar que los sulfatos reaccionen químicamente con éste y se formen los sulfoaluminatos de calcio y el yeso que son los que ocasionan la rotura del concreto las

razones se describirá. Recomendados para estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras marinas expuestas a la marea.

En nuestro país no se utilizan los cementos tipo III y IV, porque, aun no se tiene la tecnología necesaria para la elaboración de C_3S más finos o en peor de los casos son muy costosos su producción.

“Los cementos adicionados usan una combinación de cemento portland o clinker y yeso mezclados o molidos juntamente con puzolanas, escorias o cenizas” (PCA, 2004, p.36). La ASTM C 595 establece cinco clases principales de cementos adicionados:

Tipo IS	Cemento portland alto horno
Tipo IP y Tipo P	Cemento portland puzolánico
Tipo I (PM)	Cemento portland modificado con puzolana
Tipo S	Cemento de escoria o siderúrgico
Tipo I (SM)	Cemento portland modificado con escoria

2.2.1. AGUA

El agua es el segundo componente fundamental del concreto donde su calidad debe ser sumamente importante para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, evitar manchas en la superficie, retrasos en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en su resistencia o afectar su durabilidad, por estas razones se debe evaluar si es convenientes su uso para el mezclado y curado del concreto, cumpliendo con los requisitos de la norma NTP 339.088 y de preferencia potable.

Tabla 2.4: Requisitos para el agua de mezcla.**Sustancias disueltas**

Cloruros
Sulfatos
Sales de Magnesio
Sales Solubles
PH
Sólidos en suspensión
Materia Orgánica

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 339.088.

La NTP 339.088 distingue cuatro tipos de agua utilizable para el concreto:

Agua combinada, la cual es el resultado de la mezcla de dos o más fuentes combinadas a la vez, antes o durante su introducción en la mezcla.

Agua no potable, la cual proviene de fuentes de agua que no son aptos para el consumo humano, o si ésta contiene cantidades de sustancias que la decoloran o hacen que huelga o tenga un sabor objetante.

Aguas de las operaciones de producción del concreto, que ha sido recuperada de procesos de producción de concreto de cemento Portland; agua de lluvia colectada en un recipiente en una planta de producción de concreto; o agua que contiene cantidades de los ingredientes del concreto.

Agua potable, que es apta para el consumo humano.

2.2.2. AGREGADOS

Los agregados, también son llamados áridos, son materiales de forma granular de origen natural o artificial y es de suma importancia ya que constituyen aproximadamente tres cuartas partes entre el 59% y el 76% del volumen del concreto.

En un principio, al agregado se le consideró un material inerte, no costoso, disperso en la pasta de cemento para producir un gran volumen de concreto. En realidad,

el agregado no es inerte, pues sus propiedades físicas, térmicas y, en ocasiones, químicas, pueden influir en el desempeño del concreto, por ejemplo, mejorando su durabilidad (Neville & Brooks, 1998, p.38). Por su tamaño, los agregados se clasifican en:

- Agregados Finos

{	- Arena fina
}	- Arena gruesa

- Agregados Gruesos

{	- Grava
}	- Piedra

Agregado conocido como Hormigón: corresponde a mezcla natural de grava y arena, este agregado se utiliza para preparar un concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, etc. Su empleo debe ser con autorización del proyectista y deberán cumplir con el acápite 3.2.12 de la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Los agregados deberán cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Peruana NTP 400.037 especificaciones normalizadas para agregados en concreto, que se complementarán con los de las especificaciones de obra.

2.3. PROPIEDADES DE RESISTENCIA DEL AGREGADO

➤ RESISTENCIA

Capacidad de soportar esfuerzos de compresión, tracción y desgaste. La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura, la estructura y la composición de las partículas del agregado influyen sobre la resistencia. El ensayo que se considera más representativo para hallar la resistencia mecánica de los agregados, corresponde a la prueba inglesa de "resistencia al aplastamiento".

➤ **TENACIDAD**

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material. En el concreto influye directamente en la resistencia de este.

➤ **DUREZA**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

➤ **MODULO DE ELASTICIDAD**

Mide la capacidad del agregado de recuperar su forma inicial tras la aplicación de un esfuerzo. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

El módulo de elasticidad del concreto, depende del módulo de elasticidad del agregado.

➤ **POROSIDAD**

Volumen de espacios dentro de las partículas de agregado.

La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas, siendo todas estas propiedades menores propiedades menores conforme aumenta la porosidad del agregado.

Igualmente, las características de los poros determinan la capacidad y velocidad de absorción, la facilidad de drenaje, el área superficial interna de las partículas, y la porción de su volumen de masa ocupado por materia sólida.

➤ ADHERENCIA

La adherencia del agregado es una característica importante, porque la resistencia y durabilidad del concreto depende en gran parte del poder de aglutinamiento del agregado con el material cementante. La adherencia del agregado depende de la forma, textura y tamaño de las partículas.

No existe un método para medir la adherencia de un agregado con el cemento.

➤ RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Norma: NTP 400.019-400.020, ASTM C 131

Es la resistencia que ofrece el agregado a sufrir desgaste, rotura o desintegración de las partículas por el efecto de la abrasión; es una característica que suele usarse como índice de la cantidad general y en particular de producir concretos durables.

$$D_e = \frac{W_0 - W_f}{W_0} * 100$$

DONDE:

Wo: peso original de la muestra

Wf: Peso final de la muestra

2.4. PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS AGREGADOS

➤ REACCIONES ALCALI-SILICE

Norma: NTP 334.067, NTP 334.099, ASTM e 289, ASTM e 295.

Los agregados cuando poseen óxidos de silicio en sus formas inestables reaccionan con los hidróxidos alcalinos del cemento, produciéndose un gel que aumenta de volumen a medida que absorbe agua con lo que origina presiones internas en el concreto con la consiguiente expansión, agrietamiento y ruptura de la pasta de cemento; normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del

orden del 0.6% temperaturas ambiental y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

➤ REACCION ALCALI CARBONATOS

Norma: NTP 334.067, NTP 334.099, ASTM e 289, ASTM e 295.

Los agregados cuando poseen óxidos de silicio en sus formas inestables reaccionan con los hidróxidos alcalinos del cemento, produciéndose un gel que aumenta de volumen a medida que absorbe agua con lo que origina presiones internas en el concreto con la consiguiente expansión, agrietamiento y ruptura de la pasta de cemento; normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30oe y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.

La reacción alcali-carbonato se da en concretos que tienen rocas carbonatadas como áridos. Hay dos clases de reacciones álcali-carbonato:

- ❖ La roca carbonatada reacciona con los álcalis presentes en los poros del concreto produciendo expansiones y fisuraciones nocivas.
- ❖ Las zonas periféricas de las partículas de árido en contacto con la pasta de cemento, se modifican, desarrollándose bordes sobresalientes entre la partícula y la pasta alterada que lo rodea.

2.5. PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO

❖ ANALISIS GRANULOMETRICO

Norma: NTP 400.037, ASTM 136

Estudio de la manera como se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas del agregado.

Una elección incorrecta puede resultar en un concreto susceptible de producir segregación o alveolado debido a un exceso de agregado grueso o en un concreto de baja densidad y alta demanda de agua provocada por un exceso de agregado fino.

❖ **MODULO DE FINEZA**

Norma: NTP 334.045, ASTM 136, ASTM 125

Indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado para el caso del agregado fino.

$$M.F. = \frac{\% \text{ Ret. acum. tamice } (N_4, N_8, N_{16}, N_{50}, N_{100})}{100}$$

Agregado Grueso:

$$M.G = \frac{\% \text{ Ret. acum. tamices } (1, \frac{3}{4}, \frac{3}{8}, N_4) + 500}{100}$$

El módulo de finura es un indicador del grosor predominante en el conjunto de partículas del agregado; además de estar en relación inversa al área superficial y a la demanda del agua.

❖ **PESO ESPECIFICO (DENSIDAD O GRAVEDAD ESPECIFICA) Y ABSORCION**

Norma: NTP 400.021-400.022, ASTM C 127-C 128

La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

❖ **ABSORCION**

Cantidad de agua absorbida por el agregado después de estar sumergido 24 horas esta.

➤ **Para el agregado fino:**

$$Ab = \frac{500 - w_0}{w_0} * 100$$

Ab: porcentaje de absorción (%)

Wo: peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

➤ **Para el agregado grueso**

$$absorcion = \frac{B-A}{A} * 100$$

A: Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)

B: peso en el aire de la muestra saturada de

❖ **CONTENIDO DE HUMEDAD**

Norma: NTP 339.185, ASTM e 566

Es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de la muestra seca se le denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Su influencia en el concreto, esta dada en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

$$W\% = \frac{A - B}{B} * 100$$

A: Peso de la muestra húmeda

B: peso de la muestra seca

❖ PESO UNITARIO

Peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplean en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa, para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado.

❖ PESO UNITARIO SECO SUELO

Relación peso /volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aprox.), en un recipiente de volumen conocido y estable este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

❖ PESO UNITARIO SECO COMPACTADO O VARILLADO

Este proceso es parecido al de peso unitario suelto, pero compactando el material en capas dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute.

❖ AGREGADO FINO

Se denomina agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8" (9.52mm) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 o, alternativamente con la norma ASTM C33.

Sin embargo, el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2016) del MTC E 204-2016, El cual está basado según a las normas ASTM C136, los mismos que se han adaptado, a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Este Manual indica que para mezclas de agregados grueso y fino: la muestra será separado en dos tamaños, por el tamiz 4.75mm (Nº4). Por lo tanto, para la presente investigación, se manejará al tamiz Nº4 ya que es la línea divisoria entre el agregados grueso y fino.

El agregado fino debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

❖ GRANULOMETRÍA

El análisis granulométrico es el proceso de dividir una muestra de agregado en partes de igual tamaño de partículas. Su propósito es determinar la distribución por tamaño del agregado.

Los factores principales que rigen la granulometría de los agregados son tres: Primero el área de la superficie del agregado, que determina la cantidad de agua y pasta de cemento necesaria para cubrir todas las partículas, así que a menor área de superficie del agregado se requerirá menos pasta y, por tanto menos agua; segundo el volumen relativo ocupado por el agregado, es un requerimiento de tipo económico es que el agregado ocupe un volumen relativo tan grande como sea posible, puesto que es más barato que la pasta de cemento; y tercero la trabajabilidad de la mezcla y su tendencia del concreto a segregarse, que determina si los volúmenes llegan a tener una buena compacidad entre ellas, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla.

Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores que pasa la malla N°4 (4.75 mm) y retenidos en las mallas N°200 (0.075 mm) tal como especifica la ASTM C33 y NTP 400.037.
- El agregado no deberá retener más de 45% en dos tamices consecutivos cualquiera.

- En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites.

Tabla 2.5: Requisitos granulométricos para el agregado fino.

Tamiz estándar	Límites
9.5mm (3/8 pulg)	100
4.75mm (N°4)	95 a 100
2.36mm (N°8)	80 a 100
1.18mm (N°16)	50 a 85
600µm (N°30)	25 a 60
300µm (N°50)	05 a 30

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037.

Con los datos de la tabla 2.5, dibujamos la curva envolvente, lo cual se muestra en la siguiente figura:

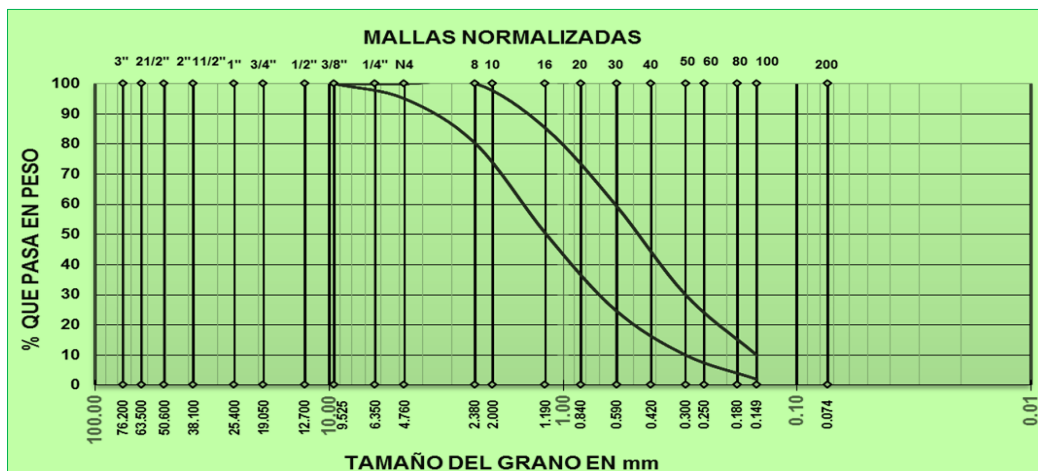


Figura 2.5: Curvas envolventes para el agregado fino, según norma NTP 400.037

Fuente: Elaboración propia

➤ AGREGADO GRUESO

Se denomina agregado grueso retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o, alternativamente con la norma ASTM C33.

Las partículas deben ser químicamente estables y estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

➤ GRANULOMETRÍA

El análisis granulométrico es el proceso de dividir una muestra de agregado en partes de igual tamaño de partículas. Su propósito es determinar la distribución por tamaño del agregado.

Ya se mencionó ampliamente que a mayor tamaño de las partículas de agregado será menor el área de superficie que se va a humedecer por unidad de masa. Sin embargo hay un límite al tamaño máximo del agregado, por encima del cual la disminución en la demanda de agua es contrarrestada por los efectos nocivos de una menor área de adherencia y la discontinuidad que introducen las partículas muy grandes. Por lo mismo, el concreto se vuelve exageradamente heterogéneo con la siguiente disminución de la resistencia (Neville y Brooks, 1998, p.57).

Entonces concluimos que la granulometría es de vital importancia, porque, origina un óptimo contenido de agua y de pasta de cemento en la proporción del diseño de concreto.

Tamaño máximo: De acuerdo a la Norma Técnica Peruana, define al Tamaño Máximo del agregado grueso como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

Tamaño máximo nominal: De acuerdo a la Norma Técnica Peruana, define al Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso como aquel que “corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

❖ ADITIVOS

Un aditivo es el componente que, introducido en pequeñas cantidades en el concreto inmediatamente antes o durante el mezclado, con el objeto de modificar alguna o varias de sus propiedades ya sean temporal o permanente durante su estado fresco o endurecido. Deben cumplir con las especificaciones dadas por la norma ASTM, las recomendaciones ACI o la norma NTP 339.086.

El hormigón (concreto) debe ser trabajable, resistente, durable, impermeable y resistentes al desgaste. Estas cualidades se pueden obtener a menudo más conveniente y económicamente por medio del cálculo apropiado de la mezcla y la selección de materiales adecuados sin recurrir a aditivos, con excepción de los agentes incorporadores de aire cuando sean necesarios. Sin embargo, puede haber casos en que se requieran ciertas propiedades especiales, tales como: tiempo de fraguado prolongado, aceleración de la resistencia a corta edad, atrasar el desarrollo del calor de hidratación. En estos casos es aconsejable considerar e investigar ciertos aditivos, ya que su uso en el hormigón (concreto) puede producir los efectos especiales deseados (Aguilar, 2007, p.17-18).

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

TIPO A Reductores de agua.

TIPO B Retardantes de fraguado.

TIPO C Acelerantes.

TIPO D Reductores de agua y retardantes.

TIPO E Reductores de agua y acelerantes.

TIPO F Reductores de agua de alto rango.

TIPO G Reductores de agua de alto rango y retardantes.

❖ NANOTECNOLOGÍA

La palabra está formada por el prefijo “nano” que es la millonésima parte de algo, según el sistema internacional multiplicar por el factor 10^{-9} (1 nanómetro = $1\text{nm} = 10^{-9}$ m), a través del control de la materia reordenando los átomos y la estructura molecular.

El padre de la nanotecnología y responsable de anunciar un nuevo nanomundo fue Richard Feynman, mediante la conferencia que dio en el año 1959 “There’s Plenty of Room at the Bottom” o mal traducida al español, “En el fondo hay espacio de sobra”. En esta exposición el ganador al novel de física en 1965, nos abre la mente a un nuevo mundo de posibilidades a desarrollar (Henche, 2011, p.7).

El científico japonés Norio Taniguchi fue el primero en emplear el término “nanotecnología” en una conferencia en 1974, en donde define que la nano-tecnología consiste principalmente en el procesado, separación, consolidación y deformación de materiales átomo por átomo, molécula por molécula.

❖ LA NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La nanotecnología además de tener grandes avances en diferentes industrias como en la industria de la química, en la industria del reciclaje, en la industria del vidrio, entre otros; también se dio este avance en la industria de la construcción.

En la actualidad existen diferentes nanopartículas o nanomateriales de TiO_2 , FeO_2 , AlO_2 y SiO_2 . La naturaleza del tipo de adición a elegir depende de las propiedades que se quieran mejorar.

2.6. NANOSÍLICE.

2.6.1. DEFINICIÓN.

La nanosíllice está constituida por partículas de tamaño manométrico (decenas de nanómetro) compuestas mayoritariamente por SiO_2 .

Debido a su tamaño manométrico, se comercializa en forma líquida mezclada con otros compuestos, para facilitar, su transporte y trabajabilidad. En la figura 2.9 se muestra una micrografía obtenida por microscopia electrónica de transmisión (TEM) de nanosíllice a 80 nm.

“La adición del nanosilice mejora el comportamiento de estos hormigones frente a la penetración de iones cloruros, reduciendo su coeficiente de difusión de forma exponencial con respecto a la cantidad de nanosilice contenida en el hormigón” (Ricardo Abadía Sánchez, 2016, pág. 428)

También se ve en el presente trabajo de investigación con respecto al nanosilice: Escobedo, G., G.E.P (2014).” Incidencia de la nanosilice en la resistencia mecánica de un concreto de alta resistencia con cemento portland tipo I “, UNC, Cajamarca, Perú.

López, Mamani, E, J (2017).” Influencia del nanosílíce y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de puno”, UNA, Puno-Perú.

“Propiedades física y químicas del nanosílíce físicamente estado físico es en líquido de color café claro y tiene un olor característico y una densidad a 20°C de 1.064±0.02 (g/mL) y no es inflamable no explosivo completamente soluble en agua” (ULMEN, 2017)

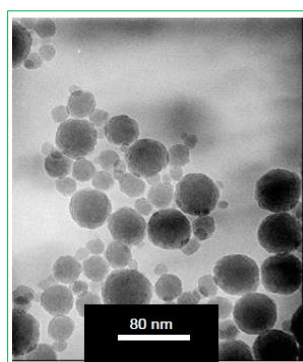


Figura 2.6: Micrografía de partículas de nanosílíce en Microscopio Electrónico de Transmisión (TEM) (tobón, 2011, p.106)

Cuando la sílice se mezcla con iones de calcio, sodio o potasio, como los productos provenientes de la reacción de hidratación del cemento, produce partículas de C-S-H (gel) que mantiene cohesionado a todas las partículas a escala de nanoporos.

2.6.2. PRODUCCIÓN DE NANOSÍLICE.

Existen varios métodos para obtener el nanosílíce, el método por el sol-gel es una ruta química y es una de los más ampliamente utilizados para la producción de los materiales a escala manométrica, como el nanosílíce.

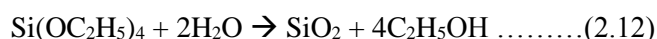
A continuación, se presentará el método (Hanche, 2011, p.29-30). El método está basado en un proceso de un sólido gelatinoso (vía orgánica o de agua) donde se controla el proceso mediante una cámara de temperatura. En este proceso los materiales

principales y metales orgánicos como TMOS o TEOS tetramethoxysilane y tetraethoxysilane se añaden en forma de solvente. Una vez añadido, el PH de la solución varía produciendo una precipitación de gel de silicio.

La precipitación del silicio del TMOS:

EL TEOS tiene la notable propiedad de una fácil conversión en dióxido de silicio.

Esta reacción se produce con la adición de agua:



Esta reacción de hidrólisis es un ejemplo de un proceso solido-gel el subproducto que se forma es el etanol. La reacción transcurre a través de una serie de reacciones de condensación que convierten la molécula de TEOS en un mineral similar a un sólido a través de la formación de los vínculos de Si-O-Si. Las cantidades producidas en esta conversión son sensibles a la presencia de ácidos y bases, los cuales sirven como catalizadores.

A elevadas temperaturas, superiores a los 600°C, el TEOS también se convierte en dióxido de silicio.



2.6.3. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL NANOSÍLICE.

Sus características varían notablemente en función del método empleado para su fabricación, en la siguiente tabla se muestran rangos de sus características.

Tabla 2.6: Característica del nanosílice.

	Densidad (g/ml)	Viscosidad (seg)	pH	Apariencia
nanosílice	1.062	23.4	5.2	café claro

Fuente: Ver anexo D-2.

2.6.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL NANOSÍLICE.

Se pueden encontrar una gran variedad de nanosílice comercializada, en cada una de ellas se encuentra pequeñas variaciones en su composición química. Pero en todos los productos el componente mayoritario es el silicio $\text{SiO}_2 >99\%$.

2.6.5. COMPORTAMIENTO EN LA MICROESTRUCTURA DEL CONCRETO CON NANOSÍLICE.

La microestructura generada por la adición de NS puede desarrollarse de dos formas dependiendo de la manera en la que se encuentre disperso el NS en la masa. Si el NS está bien disperso se genera una microestructura densa incluso si se adiciona en pequeñas cantidades, pero si las nanopartículas no se encuentran bien dispersas se pueden generar vacíos y zonas débiles (Li et al, 2004).

La adición de nanosílice provoca cambios importantes en la microestructura final del concreto. Las reacciones internas que se producen con la adición de nanosílice provocan una microestructura más densa, compacta y resistente.

Finalmente, la gran diferencia que se produce en la microestructura al añadir nanosílice, es que favorecemos una “actividad puzolánica” en el material.

Se entiende como reacción puzolánica, a la capacidad de la puzolana (nanosílice) de reaccionar con el hidróxido cálcico (activador), dando lugar a una nueva formación de compuestos estables, poco solubles en el agua y que poseen unas características cementantes, capaces de desarrollar resistencia por endurecimiento hidráulico. La sílice

por sí misma, posee un valor cementante nulo, pero si le añadimos finamente molida y en condiciones de humedad como nano partícula, es capaz de reaccionar con la portlandita, fijando el calcio, y dar silicatos de calcio hidratados (C-S-H) de estequiometría no definida (Henche, 2011, p.35).

Con el objetivo de verificar que estos cambios producidos en las propiedades físicas del hormigón eran debidos a la adición de nanoSiO₂ y por ende conducían a cambios microestructurales, Byung-Wan Jo et al. llevaron a cabo un estudio de la pasta mediante microscopios SEM (Alcaraz, 2015, p.44).

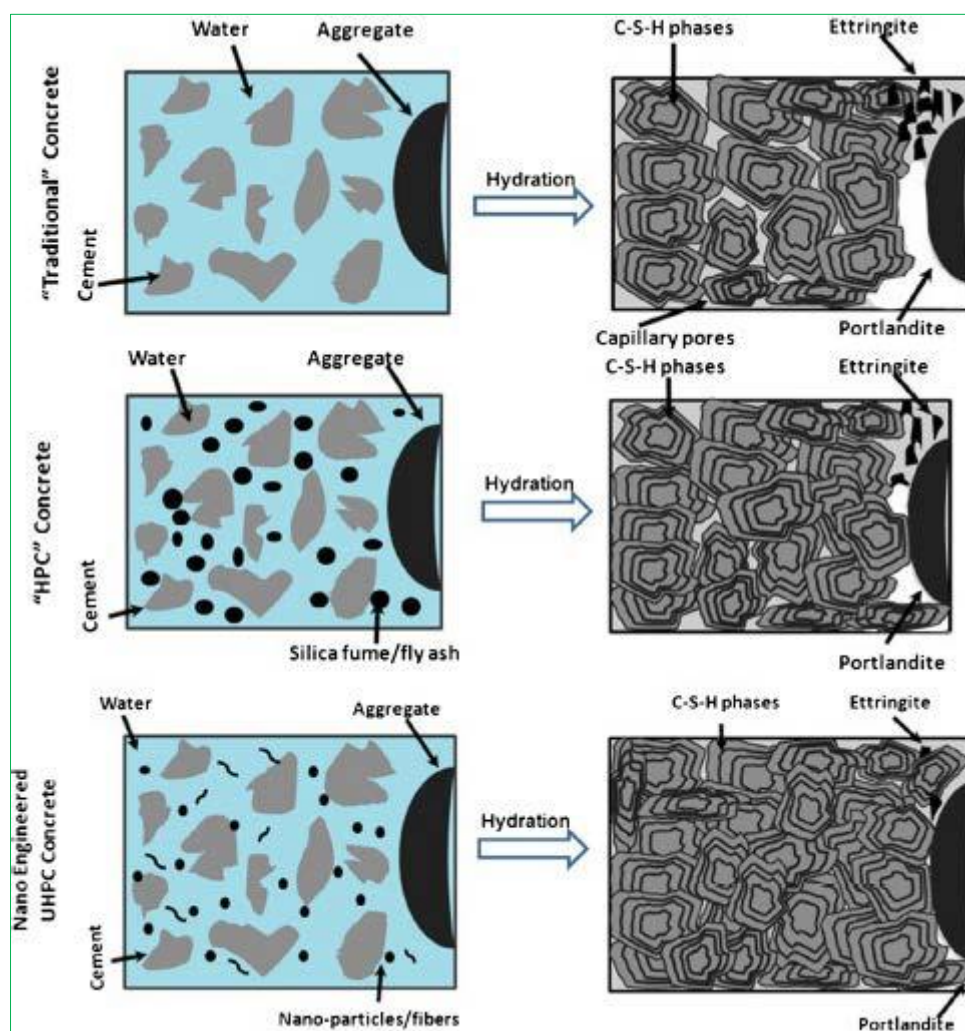


Figura 2.7: Esquema de hidratación de los diferentes tipos de concreto (Singh et al, 2011)

Encontraron que la adición de estas partículas influía en el desarrollo de la hidratación de la pasta y por tanto condicionaba el desarrollo de la microestructura de la pasta endurecida.

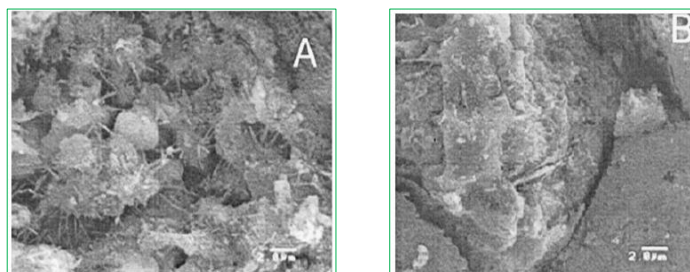


Figura 2.8: Imágenes de SEM, A. pasta de cemento portland normal, B. pasta de cemento modificada con NS (Jo et al, 2007)

En la imagen A, la pasta de cemento portland muestra un gran contenido de agujas de sulfoaluminato, mientras que la imagen B, muestra una microestructura mucho más densa y compacta con una menor formación de cristales de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

2.6.6. ESTUDIOS RELACIONADOS AL CONCRETO CON NANOSÍLICE.

La mayoría de investigadores aceptan que al incrementar el contenido de nano- SiO_2 en un cemento portland se obtiene una mejoría sustancial en el desarrollo de resistencias a la compresión, además estudios de SEM indican que las partículas de nanosílice proporcionaron el llenado de los poros (figura 2.12) y disminuyeron el contenido de hidróxido de calcio dentro de los productos de hidratación.

Li et al (2004) y Li Xiao & Ou (2004), encontraron que con la nanosílice se obtienen incrementos hasta el 20% para 7 días y del 26% para 28 días de fraguado y que la resistencia se sigue incrementando aun después de los 28 días de curado, con la adición de 10%.

Con los tamaños de las partículas que poseen estos materiales puzolánicos, se supuso que la propiedad mejoraría con la incorporación de materiales puzolánicos (Ji, 2005), pero debido a las altas demandas de agua, o en su defecto, de plastificantes en las

mezclas adicionadas con puzolanas para lograr la manejabilidad deseada, se observó que las mezclas con adición presentaron una mayor porosidad que las mezclas sin adición (López, 2011; Nazari y Riahi, 2010, 2011a), teniendo la característica que a medida que aumenta el porcentaje de material puzolánico dentro de las mezclas, la porosidad disminuye a tal punto que el comportamiento del concreto mejora (Nazari & Riahi, 2010), mostrando incluso porosidades menores en comparación con concretos sin adición (Said et al., 2012).

También se han efectuado investigaciones en hormigones autocompactantes con aditivos minerales (caliza molida, cenizas volátiles y cenizas volátiles molidas). El nanosílice (5-50 nm) con una dosis del 1 a 2% con respecto a la cantidad de cemento fue usado como agente modificador de la viscosidad. Una razón constante agua/cemento (A/C) de 0,58 fue usada en todas las mezclas, y un flujo de 780-800 mm fue mantenido ajustando la dosificación de superplastificante basados en polímeros acrílicos. Para mantener el flujo especificado la dosis de superplastificante fue aumentada 0,21% para cada porcentaje de nanosílice utilizada. La adición de nanosílice hace la mezcla de hormigón más cohesiva y reduce el “sangramiento” y la segregación (Aguilar, 2007, p.26).

Finalmente (Barrios et al, 2009) realizó investigaciones si el nanosílice tiene efectos nocivos en el acero de refuerzo del concreto concluyendo que “después de 60 días de análisis que el nanosílice no mostró daños severos de corrosión”.

2.6.7. CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Durante el periodo en que el concreto en su inicio se comporta como un líquido, este es denominado “concreto en estado fresco”

A continuación, se describen los tipos de propiedades más importantes en este estado y su respectivo ensayo a realizar en este estudio.

2.6.8. TOMA DE MUESTRAS.

Las muestras de concreto sobre el cual se realizan las pruebas deberán ser representativas de la tanda y se tomará de acuerdo con lo indicado en la NTP 339.036.

Las muestras deberán ser empleadas dentro de los 15 minutos siguientes a ser tomadas, debiendo durante este periodo deben protegerse del sol, las lluvias, el viento para evitar la evaporación del agua de la misma.

2.6.9. TRABAJABILIDAD.

En el sentido más estricto, la trabajabilidad es la cantidad de trabajo interno útil necesaria para producir la compactación total. Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones.

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo, debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, es sólo una manera de detectar cambios en la uniformidad de las mezclas en relación a la cantidad de agua y/o granulometría.

Tabla 2.7: Clases de mezclas según su asentamiento.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto, 1994, p.49)

Para medir la trabajabilidad de las mezclas se utilizará la prueba de revenimiento, o asentamiento en el cono de Abrams, siguiendo la norma ASTM C 143 y NTP 339.035.

2.7. MICROSÍLICE

La microsíllice es un polvo muy fino, obtenido como un subproducto de la decantación del humo de chimeneas de altos hornos de aleaciones metálicas de la industria del ferro silicón, el cual está compuesto del 90% al 95% de dióxido de sílice amorfo. Las microsílices poseen alta actividad puzolánica, lo que permite reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio para formar un gel con notable incremento en las propiedades positivas del concreto.



Figura 2.9: Imágenes de aditivo microsíllice-Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Fecha: 25/08/2017

La microsílíce tiene una elevada finura producido en las fábricas de silicio metal o de aleaciones en base a silicio. Sus acentuadas propiedades puzolánicas y elevada finura, permiten prepara pastas morteros y hormigones de menor porosidad, es decir con una estructura más homogénea y densa

2.7.1. CARACTERÍSTICAS:

La microsílíce es producida como un polvo ultrafino de color gris el cual tiene las siguientes características típicas:

- Un contenido de por lo menos de 90% de SiO_2 .
- Partículas con tamaño promedio de 0.1- 0.2 micrómetros.
- Superficie esférica mayor de $15000\text{m}^2/\text{kg}$.
- Perfil esférico de las partículas.
- Mínimo contenido de carbón.

2.7.2. PROPIEDADES DE LA MICROSÍLICE USADA EN LA TESIS:

Para la presente investigación se usó Sika Fume adición en base a microsílíce y la adición en polvo fino gris oscuro, fabricado con base en microsílíce, que permite aumentar la resistencia química y mecánica de concretos y morteros.

❖ CAMPO DE APLICACIÓN:

- En el concreto bajo agua en puertos, presas, reparaciones, rellenos, etc.
- En concretos de alta resistencia (resistencia mayor a $500\text{kg}/\text{cm}^2$).
- En concretos proyectados (shotcrete) vía seca y vía húmeda.
- En morteros y lechadas de inyección.

- Para obtener concretos resistentes al ataque de sulfatos.
- Para disminuir la exudación y la segregación del concreto.
- Reducir la permeabilidad del concreto y la absorción.

❖ **VENTAJAS:**

- Reduce la exudación de las mezclas de concreto y mortero.
- Aumenta la impermeabilidad.
- Aumenta la resistencia química.
- Aumenta la adherencia del concreto al acero.
- Alta resistencia inicial y final.
- Alta resistencia a la abrasión.
- Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.

❖ **DATOS TÉCNICOS:**

- Aspecto: Polvo fino gris oscuro.
- Superficie específica (Blaine): 180000 a 200000 cm²/g.
- Gravedad específica: 2.2
- Contenido de SiO₂: mayor al 90%.
- Finura (diámetro promedio): 0.1-0.2 um.
- Porcentaje pasando 45 um: 95% a 100%.
- Partícula: Esférica.
- Forma: Amorfa.

❖ **MODO DE EMPLEO:**

Sika fume se puede mezclar con productos Sikament o ViscoCrete, para la presente tesis se diseñó con el uso del aditivo ViscoCrete 1110.

❖ **ALMACENAMIENTO:**

Se puede almacenar en su envase original cerrado durante 1 año en un lugar fresco y bajo techo.

2.8. SUPERPLASTIFICANTES

Los aditivos son sustancias que se añaden a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades, son generalmente clasificados como químicos minerales incorporadores de aire y misceláneos empleados para propósitos específicos.

Las especificaciones recomiendan emplear un aditivo superplastificante que permita reducir la demanda de agua. Manteniendo niveles aceptables de trabajabilidad en la mezcla.

Los reductores de agua de alto rango, también conocidos como superplastificantes, de los tipos ASTM C 494 tipos F y G, proporcionan una alta resistencia, especialmente en las primeras 24 horas. Mezclando el aditivo al cemento, es importante tanto el tipo como el dosaje.

2.9. NORMALIZACIÓN

Los aditivos plastificantes y superplastificantes han sido clasificados según la norma ASTM C-494, donde se encuentran combinados con la acción de aditivos reductores y aceleradores de fragua, en la siguiente tabla se muestra los diferentes tipos:

A diferencia de los plastificantes (tipos A, D y E), los superplastificantes (tipos F y G) pueden reducir el contenido de agua de una mezcla hasta un orden del 40%. En el mercado peruano se puede encontrar diferentes marcas de aditivos químicos, la elección del tipo y marca se debe realizar según los requerimientos específicos de calidad que son

de mayor importancia en estos productos dado que un mal control de calidad en la elaboración de los diferentes compuestos, puede provocar inadecuadas propiedades del concreto elaborado con este producto.

*Tabla N° 2.7a.- Tipos de aditivos químicos según la norma
ASTM C 494*

TIPO	CARACTERÍSTICAS
A	Actúan como reductores de agua.
B	Actúan como retardadores del tiempo de fraguado.
C	Actúan como acelerantes.
D	Actúan como reductores de agua y retardadores de fragua.
E	Actúan como reductores de agua y acelerantes.
F	Actúan como reductores de agua de alto rango.
G	Actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

El aditivo que se utilizó en la investigación es el EUCO 37, Cumple por completo con los requerimientos de la norma ASTM C 494; aditivos tipo A y F, que según la clasificación vendría a ser uno de tipo F.

❖ FORMAS DE USO

Los aditivos superplastificantes pueden ser usados para tres funciones principales.

➤ Incrementar la trabajabilidad (Función superplastificante)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para incrementar la trabajabilidad de la mezcla, sin cambiar otra característica del diseño de mezcla, dependiendo de la dosis y tipo de aditivo en la prueba de cono de Abrams, el Slump puede ser incrementado de manera considerable.

➤ Incrementar la resistencia (Función reductor de agua)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definidos, el aditivo se utiliza para encontrar la cantidad de agua más aditivo que producirá el Slump deseado; según la dosis y tipo de aditivo, la reducción de agua puede

llegar hasta el orden del 40%, con el consiguiente incremento de resistencia, dada la menor relación agua/cemento; esta función es empleada para producir concretos de alta resistencia.

➤ Reducir la cantidad de cemento

Dada una mezcla de concreto con una relación agua/cemento, Slump y cantidad de cemento definidos, el aditivo se usa para reducir la cantidad de agua, manteniendo constante la relación agua/cemento, con la consiguiente reducción de la cantidad de cemento; esta función ha sido muy empleada, sin embargo no es muy recomendada usarla para reducir al máximo la cantidad de cemento, dada la reducción en la durabilidad del concreto; si bien puede conseguirse ahorros de hasta el 30% del contenido del cemento, en un análisis de los costos puede ser anti-económico por el mayor uso de aditivo.

❖ **ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE USADO EN LA INVESTIGACIÓN**

Durante la investigación se utilizó el aditivo superplastificantes EUCO 37, que es un “Reductor de Agua de Alto Rango – Superplastificante” y según la norma ASTM C 494 vendría a ser uno de Tipo F.

➤ EUCO 37

Es un aditivo reductor de agua de alto rango, superplastificante y optimizador de mezclas de concreto (altas reducciones de cemento por metro cubico). Puede ser dosificado al concreto en la obra o en la planta de Concreto Premezclado. No se utilizan cloruros en su formulación; por lo tanto, se recomienda para concreto pretensado, es también compatible con agentes inclusores de aire, impermeabilizantes, acelerantes y muchos otros aditivos. Sin embargo, cada material debe ser agregado al concreto por separado.

❖ Propiedades de EUCO 37

Apariencia: Líquido

Color : Café

Densidad : 1.19 Kg/l



FIGURA N° 2.10: Aditivo Superplastificante EUCO 37. [Fotografía]. (2014)

❖ APLICACIONES PRINCIPALES

➤ Como Superplastificante

Proporciona a la mezcla de concreto un incremento en el asentamiento (SLUMP).

Sin necesidad de agregar más agua, facilitando la colocación del mismo y haciéndolo apto para el bombeo.

➤ Como Reductor de Agua de Alto Rango

Permite reducir hasta aproximadamente un 30% de agua logrando obtener un concreto con trabajabilidad, impermeabilidad y con altas resistencias en todas las edades (resistencia a la compresión).

➤ Como ahorrador Cemento

Al disminuir la cantidad de agua, relación a/c se consigue un incremento en las resistencias. Al reducir cemento manteniendo la relación a/c inicial se consiguen iguales o superiores resistencias a las diseñadas según patrón reduciendo el costo por metro cúbico de concreto.

➤ Direcciones para su uso

EUCO 37 se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando esta se encuentra mojada dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra.

El aditivo EUCO 37 se debe agregar al agua, No debe entrar en contacto con el cemento seco.

Se deben hacer ensayos previos con el fin de establecer la dosis que alcanza los efectos de fluidez o reducción de agua deseados.

2.10. ENSAYO DE ASENTAMIENTO

Para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una varilla de acero liso estándar de 5/8” (16mm) de diámetro, redondeada en el extremo y con una longitud de 60 cm, tal como se muestra.

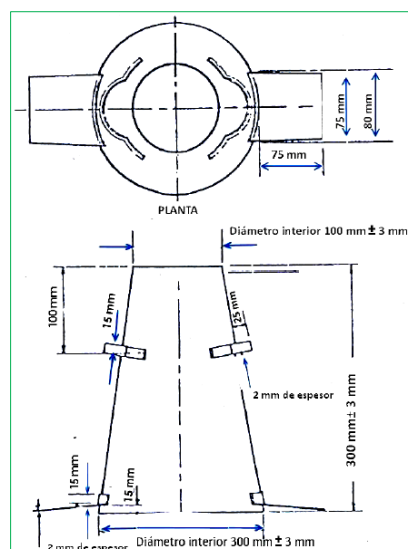


Figura 2.10: Dimensiones de equipo para prueba de asentamiento (NTP 339.035).

Técnicamente el ensayo se fundamenta en los siguientes pasos:

Llenado; El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas evitando el movimiento del molde durante el llenado, seguidamente se llena el molde en tres capas con el mismo volumen y se apisona cada una de ellas con la varilla, aplicando 25 golpes distribuidos uniformemente.

Apisonado; al apisonar la capa inferior se darán los primeros golpes con la varilla ligeramente inclinada alrededor del perímetro. Al apisonar la capa media y superior se darán los golpes con la varilla hasta la capa subyacente. Durante el apisonado de la última capa se deberá mantener permanentemente un exceso de hormigón sobre el borde superior del molde.

En la superficie superior se elimina enrasando lo que sobra haciendo rodar la misma varilla por encima. Inmediatamente después del llenado se levanta verticalmente el cono con suavidad sin perturbar el concreto.

Medición del asentamiento; una vez levantado el molde, se mide inmediatamente la disminución de la altura del concreto moldeado respecto del molde.

Si en vez de desplomarse uniformemente en todo el alrededor, como en un verdadero desplome (figura 2.14) la mitad del cono se desliza en un plano inclinado, se dice que ocurre un revenimiento cortante y la prueba debe repetirse. Si persiste el revenimiento cortante, como puede ser el caso con mezclas ásperas, será una señal de falta de cohesión de la mezcla (Neville y Brooks, 1998, p.69).

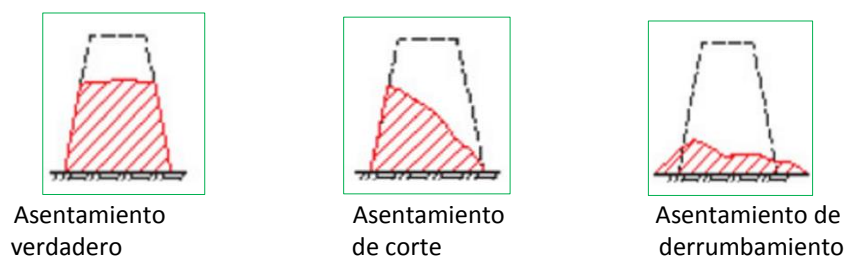


Figura 2.11 Tipos de asentamiento (Neville y Brooks)

Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.

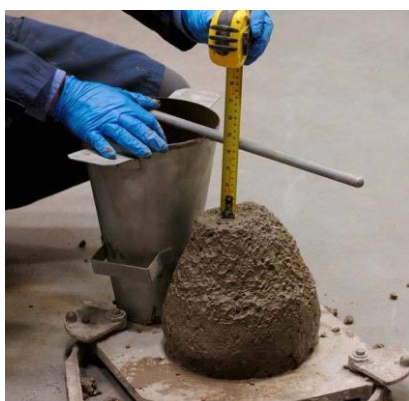


Figura 2.12: Prueba de consistencia

2.10.1. CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

A continuación, se exponen los ensayos de caracterización habituales para un concreto en estado endurecido.

2.11. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.

La resistencia de un material es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos sin fallar.

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura) (Abanto, 1994, p.50-51).

La resistencia a la compresión de la briqueta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{); } A = \frac{\pi\phi^2}{4} \dots \dots \dots (2.2.18)$$

Donde

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto.

P : Carga de Rotura (kg)

ϕ : Diámetro de la briqueta cilíndrica (cm)

Los moldes para realizar estas briquetas de concreto deben ser de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. Los moldes normalizados se construyen de acero. Eventualmente se utilizan de material plástico duro, de hojalata y de cartón parafinado.

2.11.1. DESARROLLO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento.

Tabla 2.8: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'c(t)/f'c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: (Harmsen, 1995, p.22).

2.11.2. DURABILIDAD DEL CONCRETO

La durabilidad del concreto es uno de los aspectos más importante por muchos años debido a su significancia que trasciende en el nivel de servicio del concreto, además del gran impacto económico en el sector de la construcción.

El código de diseño ACI define la durabilidad del concreto de cemento portland como “la capacidad para resistir la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión, o cualquier otro proceso que produzca deterioro del concreto”.

Tradicionalmente se asoció la durabilidad a las características resistentes del concreto y particularmente a su resistencia en compresión, pero las experiencias prácticas y el avance de la investigación en este campo han demostrado que es solo uno de los aspectos involucrados, pero no el único ni el suficiente para obtener un concreto durable. El problema de la durabilidad es sumamente complejo, en la medida en que cada situación de exposición y condición de servicio ameritan una especificación particular tanto para los materiales y diseño de mezcla, como para los aditivos, la técnica de producción y el proceso constructivo, por lo que es usual que en este campo las generalizaciones resulten nefastas. Bryant Mather, uno de los pioneros en la investigación en la tecnología del concreto y en el área de la durabilidad indica en uno de sus trabajos: “Está demostrado científicamente que las estructuras de concreto se comportan inadecuadamente debido a que las especificaciones técnicas fueron deficientes o que éstas fueron correctas pero no se siguieron en la obra”. No se debe copiar o “adaptar” especificaciones técnicas locales y foráneas para proyectos y situaciones que muestren similitudes aparentes, pero que, sin embargo, desde el punto de vista de la tecnología del Concreto y la durabilidad, se requiere una evaluación y criterios particulares.

2.12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

2.12.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Definiremos cuales son las herramientas estadísticas clásicas utilizadas en el control de calidad de materiales elaborados de manera masiva.

Se presentan algunas definiciones de términos básicas, que son las siguientes:

- ❖ **Sujeto**, es el objeto de investigación; el cual puede ser animado o inanimado. Personas, objetos, medidas, etc., son ejemplos de sujetos.
- ❖ **Población**, conjunto de sujetos que poseen una característica común observable. El investigador debe definir la población en estudio; la cual puede ser tan pequeña como se quiera.
- ❖ **Muestra**, es un conjunto de sujetos tomados de una población. Ya que la muestra es parte de una población, se debe tener cuidado que sea representativo de la población, es decir que las características esenciales de la población estén reflejadas en la muestra.
- ❖ **Variable**, característica de los sujetos que puede tomar valores diferentes. Las variables a estudiar son las variables discretas y las continuas. Las discretas tienen como caracteriza la existencia de saltos o discontinuidades entre un valor y otro; además puede tomar sólo valores enteros finitos o contables. Las continuas pueden tomar todos los valores posibles dentro de un intervalo dado.
- ❖ **Parámetro**, son valores constantes que definen una población. Los parámetros suelen notarse con letras griegas (μ , σ).
- ❖ **Estadística**, es una ciencia cuyo método consiste en recopilar, presentar, analizar e interpretar datos numéricos extraídos de hechos reales e inferir de ellos,

conclusiones lógicamente aceptables. Si el objetivo es el análisis de la información de una muestra o una población, sin que ello implique alguna relación con otras muestras o poblaciones, la estadística es descriptiva. Pero si se utiliza para inducir información referente a otra(s) muestra(s) o población(s), la estadística es inferencial.

2.12.2. DEFINICIONES DE CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

A continuación, definiremos los elementos estadísticos y empezaremos según como se desarrollará el análisis estadístico:

- **Rango de datos (R)**, es la diferencia entre el máximo y mínimo valor de un conjunto de datos.

$$R = X_{\text{máx.}} - X_{\text{mín.}}, \dots\dots\dots(2.20)$$

- **Número de intervalos clases (K)**, está relacionado con la cantidad (n) de datos de la muestra se calcula con la fórmula de Sturges definida por:

$$K = 1 + 3.322 \log (n) \dots\dots\dots(2.21)$$

Por lo general se recomienda que el número de intervalos este entre 5 y 15.

- **Tamaño de intervalo de clase (C)**, se utiliza la siguiente relación

$$C = \frac{Rx}{K} \dots\dots\dots(2.22)$$

- ❖ **Intervalos de clase**, deben cumplir la condición de que el valor más bajo de los datos es el límite inferior del intervalo, a este se agrega el valor del tamaño de intervalo de clase (C) para obtener el límite superior del intervalo, $L = [L_i, L_s >$, es decir:

$$L_i = X_{\text{min}} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$L_s = X_{\text{min}} + C \dots\dots\dots(2.24)$$

- ❖ **Las marcas de clase**, es el valor medio de cada intervalo de clase:

$$X_i = \frac{L_i + L_s}{2} \dots \dots \dots (2.25)$$

- ❖ **Frecuencia absoluta de clase (fi)**, es el número de observaciones del conjunto original que pertenecen a cada intervalo.
- ❖ **Frecuencia absoluta acumulada de clase (Fi)**, es la sumatoria de las frecuencias de clase en cada intervalo de clase.

2.12.3. MEDIDAS DE VARIACIÓN O DISPERSIÓN

Las medidas de variación o dispersión están relacionadas con las medidas de tendencia central, ya que lo que pretende es cuantificar como de concentrados o dispersos están los datos respecto a estas medidas. Nos limitaremos a dar medidas de dispersión asociadas a la media.

- ❖ **La media aritmética**, es el promedio aritmético de todos los resultados de los ensayos

$$\bar{X} = \frac{f_1 * X_1 + f_1 * X_2 + f_1 * X_3 + \dots + f_1 * X_n}{n} \dots \dots \dots (2.27)$$

- ❖ **La varianza**: cuando la población es finita y está formado por n valores, la varianza se define como:

$$\widehat{s}^2 = \frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1} \dots \dots \dots (2.28)$$

- ❖ **La desviación estándar**, es la raíz cuadrada de la varianza y nos indica que tan dispersos están los resultados de la media aritmética.

$$\hat{s} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots \dots \dots (2.29)$$

Tabla 2.9: Norma para el control del concreto con relación a la variación total

Desviación estándar para diferentes Grados de control, en (Kg/cm)				
Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Pruebas de control de campo (en obra o en planta)				
<25	De 25 a 35	De 35 a 40	De 40 a 50	>50
Mezclas de prueba en el laboratorio				
<15	De 15 a 17	De 17 a 20	De 20 a 25	>25

Fuente: ACI 704.

El Coeficiente de Variación, es la división entre la desviación estándar y la media aritmética de las muestras, expresado en porcentaje. También conocida como coeficiente de variación existente entre la desviación estándar y la media, esta medida indica que entre mayor porcentaje de variación es mayor la dispersión.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100 \% \dots\dots\dots(2.30)$$

El coeficiente de variación, es una medida de dispersión relativamente adimensional que sirve para determinar el grado de homogeneidad o heterogeneidad de un grupo o serie estadística que se analiza, y es de gran utilidad sobre todo cuando se comparan distribuciones.

Para poder determinar un grado de control en los datos obtenidos. Se recurre al empleo de valores de dispersión en pruebas de concreto, establecidas en la tabla 2.10.

Tabla 2.10: Norma para el control del concreto con relación a la variación dentro de la prueba

Coeficiente de variación para diferentes Grados de control (%)				
Excelente	Muy bueno	Bueno	Aceptable	Pobre
Pruebas de control de campo (en obra o en planta)				
<3	De 3 a 4	De 4 a 5	De 5 a 6	>6
Mezclas de prueba en el laboratorio				
<2	De 2 a 3	De 3 a 4	De 4 a 5	>5

Fuente: ACI 704

2.12.4. DISTRIBUCIÓN NORMAL

La distribución normal es la piedra angular de la teoría estadística moderna, es utilizada para describir el comportamiento aleatorio de muchos procesos que ocurren en la naturaleza y acciones de los humanos.

Si graficáramos los resultados de laboratorio de las pruebas a compresión de una cantidad significativa de muestras de concreto, los resultados numéricos de estas, formarían un patrón que se agrupan alrededor de un valor central o gráfico de distribución normal o más conocido como campana de Gauss (ver figura 2.11). Es por eso que la distribución normal encaja adecuadamente para hacer análisis de confiabilidad y control de calidad del concreto.

$$F(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-u)^2}{2s^2}} \dots \dots \dots (2.31)$$

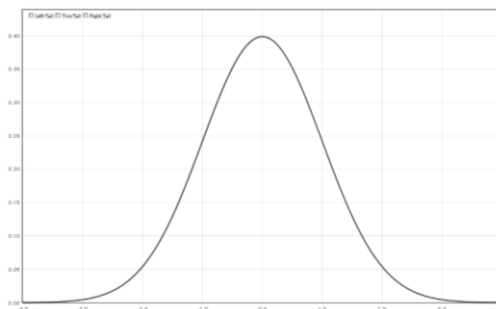


Figura 2.13: Formas típicas de distribuciones de datos
(http://www.lock5stat.com/StatKey/theoretical_distribution/theoretical_distribution.html#normal)

2.12.5. CÁLCULO DE LA DISTRIBUCIÓN F

Sirve para comparar la homogeneidad las varianzas de dos o más poblaciones.

La comparación de varianzas para dos poblaciones, cuyas hipótesis serán de la siguiente

$$\text{manera: } H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \quad \text{vs} \quad H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Las hipótesis Nula y Alternativa son:

H_0 : Todas las proporciones de la población son iguales.

H_1 : No todas las proporciones de la población son iguales.

Si S_1^2 con S_2^2 son las varianzas muestrales de dos muestras aleatorias de tamaños n_1 n_2 , tomadas de dos poblaciones distribuidas normalmente e independiente que tienen la misma varianza, entonces, el test no se basa en la diferencia entre estas varianzas sino en un cociente.

$$F_{cal} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \dots \dots \dots (2.34)$$

Si H_0 es cierta, F_{cal} tiene Distribución F de Fisher, con n_1-1 grados de libertad en el numerador y n_2-1 grados de libertad en el denominador (n_1 tamaño de la muestra de varianza mayor, similar manera poner en el numerador el S^2 más grande)

El valor estadístico de prueba resultante se debe comparar con un valor tabular de F (F_{tabla}), que indicará el valor máximo del valor estadístico de prueba que ocurriría si H_0 fuera verdadera, a un nivel de significación seleccionado. Antes de proceder a efectuar este cálculo, se debe considerar las características de la distribución F.

2.12.6. DISTRIBUCIÓN T DE STUDENT

La Distribución t (de Student) surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño es pequeño. Una población se considera pequeña cuando es menor de 30 sujetos.

Se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

Requisitos:

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo.
- Las varianzas de las dos muestras han de ser iguales.

- Muestras independientes y menores a 30.

Las hipótesis pueden ser de:

❖ **HIPÓTESIS DE DOS COLAS**

Recibe también el nombre de prueba bilateral, debido a que es importante detectar diferencias a partir del valor hipotético de la media μ_0 que se encuentre en cualquier lado de μ_0 . en una prueba de este tipo, la región crítica se separa en dos partes, con (usualmente) la misma probabilidad en cada cola de la distribución de la estadística de prueba.

$$H_0: \mu_{\bar{x}_{CV}} = \mu_{\bar{x}_C} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$H_1: \mu_{\bar{x}_{CV}} \neq \mu_{\bar{x}_C} \dots\dots\dots(2.36)$$

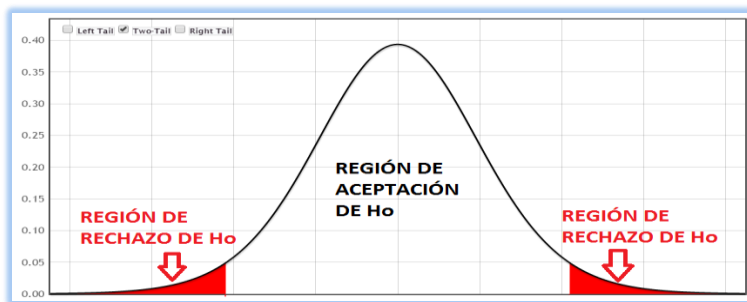


Figura 2.14: Curva de Distribución para hipótesis de dos colas
 $H_1: \mu_{\bar{x}_{CV}} \neq \mu_{\bar{x}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{x}_{CV}} = \mu_{\bar{x}_C}$

❖ **HIPÓTESIS DE UNA COLA**

La hipótesis establece que existen diferencias entre las medias de los grupos considerados, presuponiendo que una de las dos medias es mayor que la otra. La hipótesis nula establece que no existen diferencias entre dichas medias, o que las diferencias van en sentido contrario a como han sido expresadas en la hipótesis.

$$H_0: \mu_{\bar{x}_{CV}} = \mu_{\bar{x}_C} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$H_1: \mu_{\bar{x}_{CV}} > \mu_{\bar{x}_C} \quad \text{Ó}$$

$$H_0: \mu_{\bar{x}_{CV}} = \mu_{\bar{x}_C} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$H_1: \mu_{\bar{x}_{CV}} < \mu_{\bar{x}_C}$$

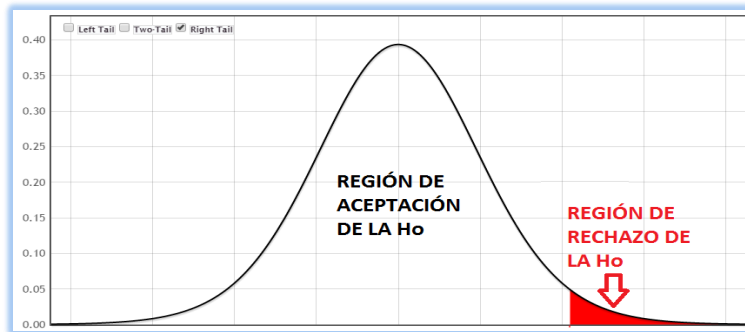


Figura 2.15: Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la derecha
 $H_1: \mu_{\bar{x}_{CV}} > \mu_{\bar{x}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{x}_{CV}} \leq \mu_{\bar{x}_C}$

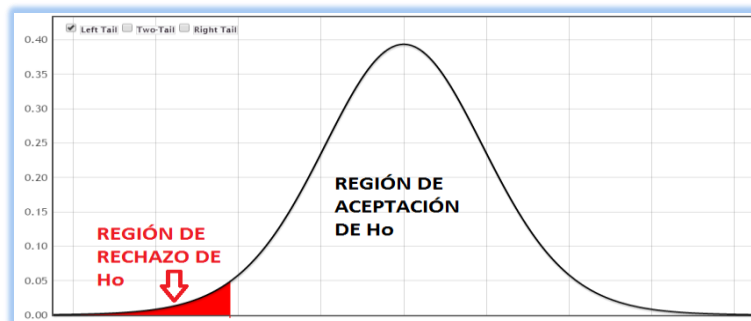


Figura 2.16: Curva de Distribución para hipótesis de una cola a la Izquierda $H_1: \mu_{\bar{x}_{CV}} < \mu_{\bar{x}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{x}_{CV}} \geq \mu_{\bar{x}_C}$

2.12.7. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El estadístico de prueba para una distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots\dots\dots(2.39)$$

Donde:

n_1 y n_2 : Tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente.

\bar{x}_1 y \bar{x}_2 : Medias de las muestras 1 y 2 respectivamente.

S_1^2 y S_2^2 : Varianzas de las muestras 1 y 2 respectivamente.

2.12.8. PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Una hipótesis es una conjetura o aseveración de una o más poblaciones. En la mayoría de procesos no es posible trabajar con toda la población y por tanto se realizan

los estudios utilizando muestras, es decir, se plantea una proposición, después con los datos obtenidos se toma una decisión entre aceptar o rechazar una proposición sobre algún parámetro. Esta proposición recibe el nombre de hipótesis, y el procedimiento de toma de decisión sobre la hipótesis se conoce como prueba de hipótesis.

Las hipótesis estadísticas que estudiaremos son: la hipótesis nula, la cual es la que se plantea, con la esperanza de ser rechazada y se denota por H_0 ; y la hipótesis alterna la cual es la que se acepta una vez rechazada la nula, y se denota por H_a . La hipótesis nula de un parámetro de una población se enuncia de manera que especifique un valor exacto del parámetro, en tanto que la alterna permite la posibilidad de muchos valores.

Para poder realizar la prueba de hipótesis se debe tener en cuenta 6 pasos:

- Identificar el parámetro de interés. Es decir en base a que parámetros se va a evaluar la hipótesis, pudiendo ser este parámetro la media “ μ ” de la Población.
- Establecer la hipótesis nula (H_0). La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad. Por ejemplo $H_0: \mu_1 = \mu_2$.
- Especificar una apropiada hipótesis alternativa (H_a). Existen dos clases de hipótesis alternativa:

❖ HIPÓTESIS BILATERALES

En casos donde sea importante comprobar diferencias con el valor μ_1 que está por la misma probabilidad tanto al lado derecho como izquierdo de la distribución T de Student. Las hipótesis bilaterales se utilizan cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica y la respuesta será “no es igual a”.

❖ HIPÓTESIS UNILATERALES:

Donde $H_a: u_1 < u_2$, que significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución T de Student o plantear $H_a: u_1 > u_2$, que significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba. Las hipótesis unilaterales se utilizan cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, “superior a”, etc.

- Seleccionar el nivel de significancia. Los niveles de significancia más recomendados son:

$\alpha = 0.05$ con 95% de probabilidad de certeza.

$\alpha = 0.01$ con 99% de probabilidad de certeza.

- Establecer un estadístico de prueba. El estadístico de prueba nos va a permitir rechazar o aceptar la hipótesis planteada en función al valor que se obtenga y al nivel de significancia, es decir si este valor del estadístico de prueba está bien ubicado en la región crítica entonces la decisión que se tome será más real.
- Para los casos en que se tienen 2 poblaciones en estudio, entonces el estadístico de prueba será:

$$Z_0 = \frac{u_1 - u_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}} \dots \dots \dots (2.40)$$

Donde:

u_1 : Media de la distribución del concreto normal.

u_2 : Media de la distribución del concreto modificado.

σ_1^2 : Varianza de la distribución del concreto normal.

σ_2^2 : Varianza de la distribución del concreto modificado.

N_1 : Total de muestras del concreto normal.

N_2 : Total de muestras del concreto modificado.

Donde se considera que si ambas poblaciones presentan una distribución T de Student entonces la distribución $u_1 - u_2$, también será una distribución T de Student.

Las puntuaciones Z nos indican la dirección y grado en que un valor individual obtenido se aleja de la media (μ) en una escala de unidades de desviación estándar.

- Establecer la región de rechazo para el estadístico. La región de rechazo se realiza en base a la puntuación T obtenido en la tabla .

Para hipótesis con alternativas unilaterales:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2; H_a: \mu_1 > \mu_2$$

Entonces se rechaza la hipótesis nula si: $Z_o < Z$

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

A continuación, se describe los materiales empleados en la fabricación de las mezclas de concreto y se ha utilizado cemento Rumi IP, nanosílice como adición, agregados de la cantera Cutimbo, microsíllice como adición, superplastificante como adición y agua.

3.2. CANTERA

Los agregados usados en este trabajo fueron traídos de la cantera Cutimbo, se optó por esta cantera porque estos agregados son los más utilizados en obras civiles en la ciudad de Puno, por ser accesibles, cercanos y de buena calidad. Son en su mayoría de origen sedimentario donde la acción erosiva de las aguas fluviales, la fuerza hidráulica y el acarreo de estos minerales nos proporcionan un agregado de forma redondeada, denominados canto rodado.



Figura 3.0: visita a cantera Cutimbo
Fecha: 10/08/17



Figura 3.1: muestreo en cantera y acumulación de partes opuestas del agregado
Fecha: 10/08/17

3.2.1. CANTERA CUTIMBO

La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Puno, y sus características son las siguientes:(MTC.)

UBICACIÓN: Km. 23+000 de la Ciudad Puno, desvió puente cutimbo salida a Moquegua.

ACCESO: Lado izquierdo del puente cutimbo

PROPIETARIO: Municipalidad distrital de Pichacani.

MATERIAL: Arena y grava de río

Tabla 3.0: Coordenadas de la cantera Cutimbo

COORDENADAS UTM : ZONA 19 South				
Nro	Nombre	Norte	Este	Altura Geoidal
1	CUTIMBO	8,226,656.00	391,755.00	3,917.00

Fuente: elaboración propia

El muestreo en cantera del agregado fino y grueso primero se procederá a sacar la muestra de la misma cantera la cual se zarandeó en un tamiz de 1”x3” con un cargador frontal y luego se sacó la muestra del zarandeado del agregado y luego se dividió en cuatro partes, cortando el montón diametralmente y luego procedemos a sacar las partes opuestas con el fin de sacar la muestra representativa y la homogeneidad del agregado

3.3. CEMENTO

Para la presente investigación se ha utilizado Cemento Portland Tipo IP, marca RUMI con peso específico 2.82 g/cm³. (Ver Anexo 01).

3.4. NANOSILICE

Se ha utilizado nanosílice como adición cementante. Sus propiedades químicas y físicas se muestran en el anexo 1.

3.5. MICROSILICE

Se ha utilizado microsílice como adición cementante. Sus propiedades químicas y físicas se muestran en el anexo 1.

3.6. AGREGADOS

❖ AGREGADO FINO

Se utilizó el tamiz N°4 (4.75mm) para separar el agregado en grueso y fino. La separación se realizó de la siguiente manera:

- Primero se realizó el extendido del material, para realizar el secado de dicho material permitiendo así que las partículas del agregado fino no se adhieran al agregado grueso.
- Luego se realizó la separación de agregado fino y agregado grueso con el material (ya seco) con ayuda de la malla N°4.

❖ GRANULOMETRÍA (NTP 400.012)

- El conocimiento de la composición granulométrica del agregado nos permite conocer la distribución de tamaños en función a sus volúmenes,

pero representados en este ensayo en función a sus pesos retenidos en mallas, cuyas aberturas difieren sucesivamente en la mitad de la anterior.

- Estas partículas deberán tener un comportamiento óptimo en la mezcla, y esto solo se obtendrá si sus volúmenes llegan a tener una buena compacidad entre ellas, conociendo que el agregado grueso aporta con su resistencia y su volumen, y el agregado fino actúa como lubricante para la suspensión de los agregados gruesos en la mezcla, aportando en mejorar la consistencia y la trabajabilidad de la mezcla. Por lo que concluimos que una granulometría óptima origina en la mezcla una alta densidad, buena trabajabilidad y un mínimo contenido de cemento.
- Normalmente la granulometría del agregado fino se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los tamices ASTM N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.

➤ EQUIPOS Y MATERIALES

- Una balanza de precisión.
- Recipientes.
- Brocha.
- Serie de tamices: N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.



Figura N° 3.2: Serie de tamices para realizar la granulometría de los agregados

Fecha: 18/08/2017

❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

1. Tomar una muestra por cuarteo no menor de 500 gr.
2. El tamizado se hace usando los tamices, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200; colocados en orden decreciente según tamaño de abertura ver Figura N° 3.13.
3. Luego se procede a colocar la muestra de agregado en la malla superior, y se imprime movimientos a la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha, y circular), no se debe forzar con la mano el paso de una partícula con la mano.
4. Se da por finalizada la operación del tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material sobre el tamiz.
5. Se procede a retirar cada tamiz con mucho cuidado y pesar el material retenido en cada una de ellas y anotar estos resultados. (Verificar que la suma total corresponda al peso inicial).
6. Luego realizar cálculos.

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en el anexo..., donde se puede observar que la granulometría del agregado fino está dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037, como se observa en la siguiente figura.

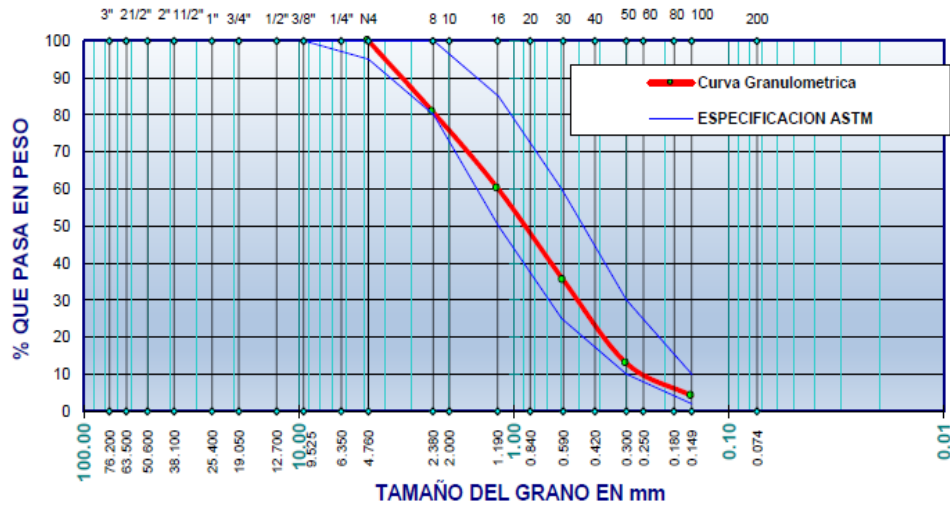


Figura 3.3: Curva granulométrica del agregado fino
Fuente: Elaboración propia.

❖ **MÓDULO DE FINEZA (NTP 400.011)**

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices 3/8”, N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

Según la norma ASTM C33, establece que el agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.30 y 3.10, donde el valor más alto indica una gradación más gruesa.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (Abanto, 1994).

El módulo de fineza del agregado fino ensayado es: 3.07

❖ **CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.016)**

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, en relación al peso de la muestra seca expresado en porcentaje. Es una característica importante porque hace

variar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

❖ EQUIPO UTILIZADO

- Balanza con precisión a 0.1% del peso de la muestra ensayada
- Taras
- Horno a 110°C+/-5°C

❖ PROCEDIMIENTO:

- Se cuartea el material para tomar una muestra representativa, se coloca la muestra en envases previamente tarados
- Se registra el peso de la tara más el material húmedo y se lleva al horno por 24 horas pasado este tiempo, y luego del enfriado, se procede a pesar el material seco.
- Se toman 3 muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea mas aproximado.
- Realizarnos los cálculos de acuerdo a la ecuación

$$\text{Contenido de Humedad del Agregado Fino} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

En el caso de la investigación se realizó el contenido de humedad 2 días antes de la elaboración de las briquetas.

Tabla 3.1: Cálculo del contenido de humedad del agregado fino.

Nro. De Tara	M-05	V-09	A-10
Peso de Tara	86.34	110.26	20.20
Peso de Tara + M. Humeda	645.02	715.17	152.89
Peso de Tara + M. Seca	630.47	698.34	149.15
Peso de Agua	14.55	16.83	3.74
Peso Muestra Seca	544.13	588.08	128.95
Contenido de humedad W%	2.67	2.86	2.90
Promedio Cont. Humedad W%	2.81		

Fuente: Elaboración propia. peso específico y absorción (ntp 400.022)

La Norma Técnica Peruana NTP 400.022, establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado fino.

❖ EQUIPOS Y MATERIALES

- Recipientes
- Cocina Eléctrica
- Cucharones
- Molde troncónico y su martillo
- Balanza de Precisión
- Pipeta
- Fiola
- Horno
- Muestra de agregado fino saturada por 24 horas



Figura 3.4: Equipos y materiales para el ensayo de peso específico y absorción Agregado fino - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



Figura 3.5: Equipos y materiales para el ensayo de peso específico y absorción - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017

❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

- Pesar una muestra aproximadamente de 3 kg, y saturarla durante 24 horas.
- Pasadas las 24 horas escurrir el agua, colocar y esparcir el material sobre una bandeja.
- Para que seque superficialmente al medio ambiente (Ver Figura N° 3.17).
- Para comprobar si la muestra se encuentra en estado saturado y superficialmente seco **S.S.S¹**, colocarla en un molde troncónico metálico.

Apisonando con 25 golpes si compactar el material (ver Figura N° 3.18), si al levantar el molde, la muestra queda exacta al molde, entonces falta secar superficialmente, si queda desmoronado parcialmente y de punta (ver Figura N° 3.19), significara que la muestra está S.S.S.

- Previamente pesar la fiola.
- Introducir la muestra obtenida en estado, saturada superficialmente seca (S.S.S) dentro de la fiola (ver Figura N° 3.20).
- Llenar con agua (fiola que contiene la muestra), hasta la medida marcada en la fiola, agitar para eliminar vacíos (ver Figura. N° 3.21).
- Eliminar las burbujas de aire agitando la fiola y Dejar reposar por 15 - 20 minutos.
- Colocar la fiola con la muestra, sobre una cocina eléctrica, dentro de un depósito con agua para eliminar los vacíos (aire), sacarlo luego de verificar de que no exista aire dentro de la muestra cuando lo agitamos (ver Figura N° 3.23).
- Dejar que se enfríe la fiola con la muestra dentro de ella a temperatura ambiente y luego proceder a pesar.
- Pesar la fiola más muestra más agua y previamente pesar la fiola vacía (ver Figura N° 3.24).



Figura 3.6: Se está haciendo escurrir el agua para que seque superficialmente al medio ambiente - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



Figura 3.7 Se está sacando la muestra luego de escurrirlo -laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 25/08/2017.



Figura 3.8: Se está calentando la muestra en una cocina eléctrica - laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 25/08/2017



Figura N° 3.9: Método del cono, para comprobar si la muestra se encuentra en estado saturado y superficialmente seco (S.S.S) - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017

Como se puede apreciar en las imágenes, cuando la muestra no se encuentra en estado saturado y superficialmente seco, prácticamente tiene la misma forma del molde por lo cual se tiene que volver a realizar el ensayo hasta que este se encuentre en estado S.S.S.



Figura N° 3.10: Muestra que no se encuentra aún en estado saturado y superficialmente seco (S.S.S) - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



Figura N° 3.11: La muestra se desmorona después del ensayo, con lo cual comprobamos que se encuentra (S.S.S) - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



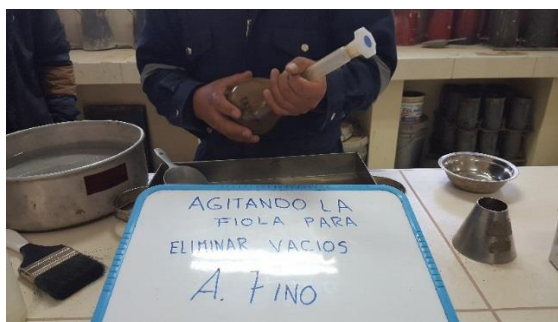
Figura N° 3.12: La muestra S.S.S se pesa - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Fecha: 25/08/2017



Figura N° 3.13: pesando la fiola más agua - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 25/08/2017



Figura N° 3.14: Colocando la muestra s.s.s en la fiola - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 25/08/2017



*Figura N° 3.15: Eliminación de burbujas de aire del agregado fino - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 25/08/2017*



*Figura N° 3.16: Colocar la fiola con la muestra, sobre una bandeja con agua a temperatura controlada - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 25/08/2017*



*Figura N° 3.17: Muestra sacada de la fiola a una tara y llevado al horno - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)
Fecha: 25/08/2017*

➤ Hallando el peso específico aparente:

$$\text{peso específico aparente} = \frac{(A)}{((B) + (D) - (C))}$$

- Hallando el peso específico aparente (s.s.s):

$$\text{peso específico aparente (s. s. s)} = \frac{(D)}{((B) + (D) - (C))}$$

- Hallando el peso específico nominal:

$$\text{peso específico nominal} = \frac{(A)}{((B) + (A) - (C))}$$

- Porcentaje de Absorción:

$$\% \text{ Absorción} = 100 * \frac{(D)-(A)}{(A)}$$

Donde:

A: Peso seco de la muestra

B: Peso del frasco + agua

C: Peso del frasco + agua+ muestra

D: Peso de la muestra saturada con superficie seca

Cálculos

Tabla 3.2: Datos de ensayo de peso específico agregado fino

I.- DATOS		
A	PESO SECO DE LA MUESTRA (Ws) (E-D)	475.27
B	PESO DE LA FIOLA + AGUA (Wm+w)	706.81
C	Wsss + PESO DE LA FIOLA + AGUA (Wm+w+a)	1000.73
D	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA (Wsss)	500
E	PESO DE LA TARA	172.97
F	PESO DE LA MUESTRA LLEVADA AL HORNO	648.24
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.31
2	PESO ESOECIFICO APARENTE S.S.S	2.43
3	PESO ESPECIFICO NOMINAL	2.62
4	PORCENTAJE DE ABSORCION :	5.2

Fuente: elaboración propia

❖ PESO UNITARIO (NTP 400.017)

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m³.

El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado, tales como su forma, granulometría y tamaño máximo asimismo depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el recipiente, la consolidación, la forma de colocación, etc. Existen 2 tipos de pesos unitarios:

Peso Unitario Suelto: (P.U.S.): Viene a ser el peso del material en forma natural por unidad de volumen conocido. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

$$P. U. S. = \frac{\text{Peso del material suelto (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \dots \dots \dots (3.5)$$

Peso Unitario Compactado: (P.U.C.): Viene a ser el peso del material por unidad de volumen conocido después de un proceso de apisonado. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

$$P. U. C. = \frac{\text{Peso del material compactado (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \dots \dots \dots (3.6)$$

El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado, tales como su forma, granulometría y tamaño máximo asimismo depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el volumen del recipiente, la consolidación, la forma de colocación, etc.

❖ EQUIPOS Y MATERIALES

- Una balanza de precisión.

- Un molde para hacer el ensayo (olla de dimensiones en cm.).
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Una brocha.
- Recipientes.

❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

❖ PESO UNITARIO SUELTO:

- El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente se hace sin causar ningún tipo de movimiento para evitar el asentamiento. El agregado sobrante se elimina con una regla o la misma varilla.
- Cuando esté lleno del molde el agregado sobrante se elimina con una regla.
- Luego procedemos a pesar el material.
- El volumen del molde cilíndrico ya lo debemos conocer, o por lo contrario lo calculamos de acuerdo al diámetro.

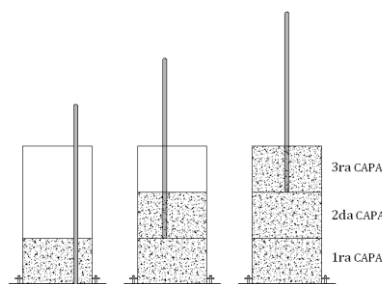


*Figura N° 3.18: Peso unitario suelto agregado fino- Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)
Fecha: 28/08/2017*

❖ PESO UNITARIO COMPACTADO:

- Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.
- Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.
- Se enrasa el molde y luego lo pesamos, para determinar la capacidad o volumen exacto de la olla se le llenará con agua y se le pesará.
- Para determinar la capacidad o volumen exacto de la olla se le llenará con agua y se le pesará. Obteniendo el peso de agua contenida se determinará el volumen.

Figura N° 3.19: Representación de compactación por capas.



Fuente: A. Torre (2010), "Tecnología de los materiales"



Figura N^o 3.20: Peso unitario compactado del agregado fino- Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 28/08/2017

Tabla 3.3: Resultados del peso unitario suelto del agregado fino.

MOLDE NUMERO	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12500.000	12505.000	12530.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7715.000	7720.000	7745.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.394	1.382	1.388
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1388		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.4: Resultados del peso unitario compactado del agregado fino.

MOLDE NUMERO	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13055.000	13050.000	13090.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8270.000	8265.000	8305.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.494	1.479	1.489
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1487		

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1. AGREGADO GRUESO

Se utilizaron los agregados provenientes de la cantera Cutimbo, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N^o 67 (ASTM C 33). Y éstos presentan características de la tabla 4. (Las mismas que se presentan en el Anexo 01):

3.6.2. AGREGADO GRUESO (NTP 400.037)

❖ GRANULOMETRÍA (NTP 400.012)

La granulometría del agregado es un factor importante en la trabajabilidad del concreto y ésta, afecta las cantidades de agua y cemento, controla la segregación, ejerce cierto efecto en el sangrado e influye en la colocación y el acabado del concreto. Esos factores representan las características importantes del concreto fresco y también afecta sus propiedades cuando ha fraguado: resistencia, contracción y durabilidad.

❖ TAMAÑO MÁXIMO (NTP 400.037)

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana, define al Tamaño Máximo del agregado grueso como aquel que “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse en presente en la selección del agregado, de su granulometría y de las proporciones de la mezcla.

❖ TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (NTP 400.037)

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana, define al Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso como aquel que “corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

De los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso se observa que el Tamaño Máximo es de 1” y el Tamaño Máximo Nominal es de 3/4”.

Procedimiento Granulometría:

- Tomamos una muestra representativa por cuarteo la cantidad de 5 Kg.

- Limpiar los tamices y verificar el orden de colocación de estas en orden decreciente.
- Colocamos varios recipientes cerca al lugar donde se hará el ensayo, esto para colocar el material acumulado en cada tamiz.
- Se procede a colocar la muestra de agregado en la malla superior, y se imprime movimientos a la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha y circular) no se debe forzar con la mano el paso de una partícula a través de los tamices.
- Cuando ya se encuentre lleno de muestras los tamices, colocamos las muestras retenidas de cada tamiz en los recipientes.
- Se da por finalizada la operación de tamizado, cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material sobre el tamiz.
- Retirar malla por malla y pesar el material retenido en cada una y anotar los resultados.
- Después de culminar el tamizado del material se procede a pesar cada retenido, para su cálculo respectivo.

Se observa en la siguiente figura, que la granulometría del agregado grueso está dentro de los límites establecidos (Huso 057) por la norma NTP 400.037.

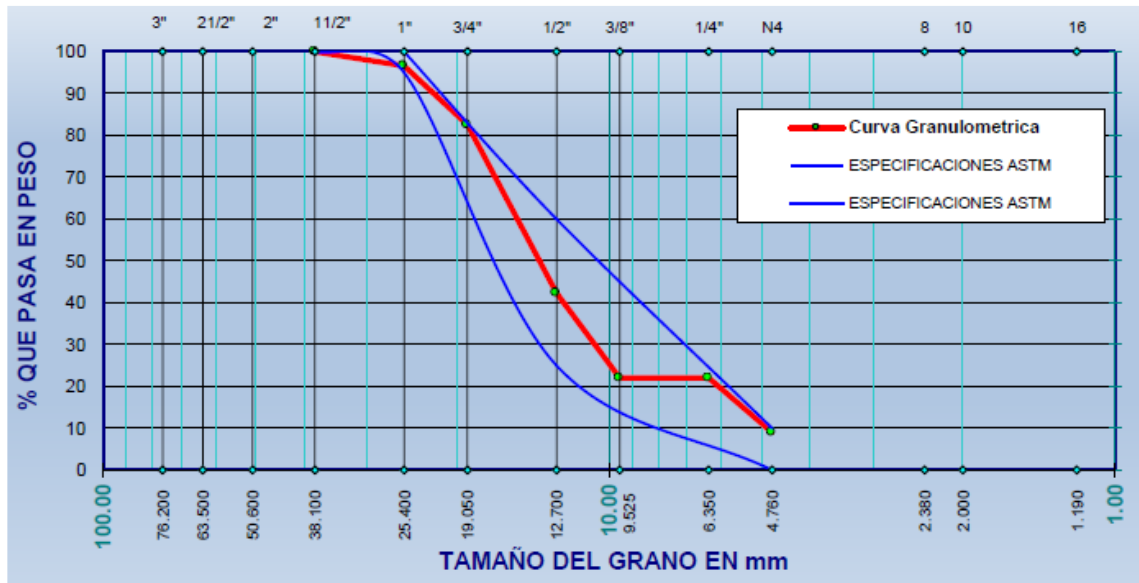


Figura N° 3.21: curva granulométrica del agregado grueso
Fuente elaboración propia

❖ **MÓDULO DE FINEZA (NTP 400.011)**

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100. El módulo de fineza es el promedio ponderado de tamaño del tamiz en el cual es retenido el material.

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

El módulo de fineza del agregado grueso ensayado es: 6.53 (Ver anexo)

❖ **CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 400.016)**

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, en relación al peso de la muestra seca expresado en porcentaje. Es una característica importante porque influye en la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

El agregado grueso retiene mucho menos agua que el agregado fino, tiene un contenido de humedad mucho menos variable y, generalmente causa menos dificultades.

El procedimiento para el cálculo es similar a lo realizado para el agregado fino.

Tabla 3.5: Cálculo del contenido de humedad del agregado grueso.

Nro. De Tara	M-01	A-3	A-11
Peso de Tara	82.54	99.6	20.4
Peso de Tara + M. Húmeda	667.34	676.01	137
Peso de Tara + M. Seca	657.61	665.5	135
Peso de Agua	9.73	10.51	2.17
Peso Muestra Seca	575.07	565.9	114
Contenido de humedad W%	1.69	1.86	1.9
Promedio Cont. Humedad W%		1.82	

Fuente: Elaboración propia

❖ PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (NTP 400.021)

La Norma Técnica Peruana NTP 400.021, establece el método de ensayo para determinar el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas en agua del agregado grueso.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Canastilla (adecuamos en este caso un tamiz)
- Balanza calibrada
- Franelas
- Agregado grueso

❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

- Lavar la muestra y eliminar todas las impurezas.
- Sumergir la muestra durante 24 horas previamente retirar a aquellas que pasan la N° 4.

- Al día siguiente escurrir el agua y esparcir el material sobre una franela y con la misma secarla a fin de tenerlo en condición saturado superficialmente seco. Pesamos aproximadamente 2 kg de este material S.S.S. anotar el peso de esta
- Calibrar la balanza con la canastilla dentro del agua.
- Luego colocar el material dentro de la canastilla sumergida y pesar .
- Colocar el material ya pesado en un recipiente y llevarlo al horno por 24 horas.
- Obtener el peso de la muestra seca al horno.



Figura N° 3.22: Muestra sumergida durante 24 horas - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 28/08/2017



Figura N° 3.23: Secando la Muestra para dejarla en S.S.S - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 29/08/2017



Figura N° 3.24: Pesando la Muestra S.S.S - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 29/08/2017



Figura N° 3.25: Material dentro de la canastilla sumergida y luego procedemos a pesarlo - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 29/08/2017



Figura N° 3.26: Colocar el material en un recipiente y llevarlo al horno - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 29/08/2017

- Hallando el peso específico aparente:

$$\text{peso específico aparente} = \frac{(A)}{((B) - (C))}$$

- Hallando el peso específico aparente (s.s.s):

$$\text{peso específico aparente (s. s. s)} = \frac{(B)}{((B) - (C))}$$

- Hallando el peso específico nominal:

$$\text{peso específico nominal} = \frac{(A)}{((A) - (C))}$$

- Porcentaje de Absorción:

$$\% \text{ Absorción} = 100 * \frac{(B)-(A)}{(A)}$$

Donde:

- A: peso de la muestra secada al horno
- B: peso de la muestra saturada superficialmente seca
- C: peso sumergido en agua de la muestra saturada superficialmente seca

Tabla 3.6: Datos para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso.

I.- DATOS	
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (6-5)	1509.67
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	1572.4
PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	934.57
PESO SUMERGIDO DE LA CANASTILLA + MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	1356.75
PESO SUMERGIDO DE LA CANASTILLA	422.18
II.- RESULTADOS	
PESO ESPECIFICO APARENTE	2.37
PESO ESPECIFICO APARENTE S.S.S	2.47
PESO ESPECIFICO NOMINAL	2.63
PORCENTAJE DE ABSORCION	4.16

Fuente: Elaboración propia.

❖ PESO UNITARIO (NTP 400.017)

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m³.

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen, generalmente, un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulometría. (Rivva, 2010)

El procedimiento para el peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso, es el mismo que se obtiene para el agregado fino, en donde:

❖ PESO UNITARIO SUELTO: (P.U.S.)

$$P. U. S. = \frac{\text{Peso del material suelto (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \dots \dots \dots (3.11)$$

❖ PESO UNITARIO COMPACTADO: (P.U.C.)

$$P. U. C. = \frac{\text{Peso del material Compactado (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \dots \dots \dots (3.12)$$

❖ EQUIPOS Y MATERIALES

- Una balanza de precisión.
- Un molde para hacer el ensayo (olla de dimensiones dadas en cm).
- Barra Compactadora: Recta, de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.

- Una brocha.
- Recipientes.

❖ PROCEDIMIENTO DE ENSAYO Y TOMA DE DATOS

Para la determinación de peso unitario suelo y compactado se procederá del mismo modo que para el Agregado Fino.

Peso unitario suelto:

- El recipiente de medida se llena con una pala o cuchara hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") por encima de la parte superior del recipiente se hace sin causar ningún tipo de movimiento para evitar el asentamiento. El agregado sobrante se elimina con una regla o la misma varilla.
- Cuando esté lleno del molde el agregado sobrante se elimina con una regla.
- Luego procedemos a pesar el material.
- El volumen del molde cilíndrico ya lo debemos conocer, o por lo contrario lo calculamos de acuerdo al diámetro.



*Figura N° 3.27: Peso unitario suelto - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Fecha: 28/08/2017*

Tabla 3.7: Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso.

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12775.000	12750.000	12770.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7990.000	7965.000	7985.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.444	1.426	1.431
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1434		

Fuente: Elaboración propia.

❖ PESO UNITARIO COMPACTADO:

Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se emplea la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente.

- Se enrasa el molde y luego lo pesamos.
- Para determinar la capacidad o volumen exacto de la olla se le llenará con agua y se le pesará. Obteniendo el peso de agua contenida se determinará el volumen.



*Figura N° 3.28: Peso unitario compactado - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Fecha: 28/08/2017*

Tabla 3.8: Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso.

MOLDE NRO.	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13240.000	13240.000	13315.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8455.000	8455.000	8530.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.528	1.513	1.529
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1523		

Fuente: Elaboración propia.

❖ 3.1.7 AGUA

Se usó agua potable de la Ciudad Universitaria (UNA-Puno).

❖ DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO

El diseño de mezclas se ha realizado por el método del Comité 211 del ACI, este método desarrolla un procedimiento de diseño de mezclas basadas en algunas tablas, las mismas que permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica del concreto.

En este método de diseño de mezclas, la estimación de los materiales requeridos para dicho diseño comprende una sección de pasos directos y lógicos en donde involucran

las características físicas de los materiales analizado en el laboratorio, los cuales se mencionan en la tabla 3.9.

Tabla 3.9: Características físicas de los materiales para el diseño.

Descripción	Unidad	Cemento	Agregados	
			Fino	Grueso
Tamaño máximo	Pulg.	---	N° 4	3/4"
Peso específico	gr/cm3	2.82	2.31	2.37
Peso unitario suelto	kg/m3	---	1388	1434
Peso unitario compactado	kg/m3	---	1487	1523
Contenido de humedad	%	---	2.81	1.82
Absorción	%	---	5.2	4.16
Módulo de fineza	---	---	3.07	6.53

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento para la selección de las proporciones que se presenta en este método es aplicable a concreto de peso normal según la guía práctica del ACI, lo cual se muestra en el siguiente procedimiento:

Selección de la resistencia promedio

Como no contamos con un registro de resultados de ensayos que nos posibilite el cálculo de desviación estándar, entonces la resistencia promedio requerida deberá ser determinada empleando los valores de la tabla 3.10.

Tabla 3.10: Resistencia a la compresión promedio.

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

Fuente: ACI 211.1

El f'_c requerido es de 350 kg/cm², sin embargo, utilizando la tabla es:

$$f'_{cr} = 350 + 84 = 434 \text{ kg/cm}^2$$

Selección del tamaño máximo nominal del agregado

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

Selección del asentamiento

Slump: 6" a 7" (Mezcla plástica)

Selección de volumen unitario de agua de diseño

Se determina el volumen unitario de agua, o agua de diseño, necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 6" a 7", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1".

Tabla 3.11: Volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua, en lt/m ³ , para los tamaños Máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos Sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos Con Aire Incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: ACI 211.1

Para nuestro diseño el agua seleccionada es de 216 litros por metro cúbico.

Selección del contenido de aire

Tabla 3.12: Contenido de aire atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: ACI 211.1

El contenido de aire atrapado para un agregado grueso de TMN de 3/4" es de 2%.

A. Selección de la relación agua-cemento

Tabla 3.13: Relación agua-cemento por resistencia.

f _{cr} (28 días)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso.	
	Concretos Sin Aire Incorporado	Concretos Con Aire Incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	---
450	0.38	---

Fuente: ACI 211.1

Para una resistencia promedio correspondiente a 434 kg/cm² en un concreto sin aire incorporado, se encuentra una relación agua-cemento por resistencia de 0.40

B. Factor cemento

Factor cemento = $216/0.40 = 540 \text{ kg/m}^3 = 12.70 \text{ bolsas/m}^3$.

C. Contenido de agregado grueso

Tabla 3.14: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño Máximo Nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos Módulos de Fineza del Agregado Fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72

Fuente: ACI 211.1

Con el módulo de fineza del agregado fino de 3.07 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4", se encuentra un valor de 0.60 metros cúbicos de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen.

Peso del agregado Grueso = $0.60 \times 1523 = 913.8 \text{ kg/m}^3$.

D. Cálculo de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de volúmenes absolutos de estos ingredientes:

Según el análisis físico químico de minerales proporcionado por el área de control de calidad de la Empresa Yura S.A. el peso específico del cemento portland IP marca Rumi es: 2.82 (Ver Anexo C-1)

Cemento:	$540/2.82 \times 1000$	$= 0.191 \text{ m}^3$
Agua:	$216/1 \times 1000$	$= 0.216 \text{ m}^3$
Aire:	$0.02/1 \times 1$	$= 0.02 \text{ m}^3$
Agregado Grueso:	$913.8/2.37 \times 1000$	$= 0.386 \text{ m}^3$
Suma de volúmenes conocidos:		$= \mathbf{0.814 \text{ m}^3}$

E. Contenido de agregado fino

$$\text{Volumen absoluto A. Fino} = 1 - 0.814 = 0.186 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del A. Fino Seco} = 0.186 \times 2.31 \times 1000 = 429.66 \text{ kg/m}^3 = 430 \text{ kg/m}^3$$

F. Cantidad de materiales por m³ en peso

Cemento:	540 kg/m^3
Agua de diseño	216.00 Lt/m^3
Agregado Fino seco:	430.00 kg/m^3
Agregado Grueso seco:	913.80 kg/m^3
Peso de la mezcla:	2099.80 kg/m^3

G. Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

$$\text{Agregado Fino} = 430 \times (1 + 0.0281) = 442.083 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 913.80 \times (1 + 0.0132) = 925.86 \text{ kg/m}^3$$

H. Contribución de agua de los agregados

- Humedad superficial de los Agregados

$$\text{Agregado Fino} = 2.81 - 5.20 = -2.39\%$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1.82 - 4.16 = 2.34\%$$

$$\text{Total} = -4.73\%$$

- Aporte de humedad de los Agregados

$$\text{Agregado Fino seco:} \quad 430.00 * (-0.00239) = -10.28 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso seco:} \quad 913.80 * (-0.0234) = -21.38 \text{ Lt/m}^3$$

Aporte de humedad de los Agregados: = -31.66 Lt/m³

Agua efectiva: $216 - (-31.66) = 247.66$ Lt/m³

I. Cantidad de materiales corregidos por m³ de concreto

Cemento: 540 kg/m³

Agua efectiva: 247.16 Lt/m³

Agregado Fino húmedo: 442.083 kg/m³

Agregado Grueso húmedo: 925.86 kg/m³

Proporciones en peso de los materiales corregidos

Cemento = $540/540$ = 1

Agregado Fino = $442.083 / 540$ = 0.819

Agregado Grueso = $925.86 / 540$ = 1.71

Agua = $247.16 / 540$ = 0.459

J. Cantidad de materiales corregidos por Bolsa

Cemento = 1.00×42.5 = 42.50 Kg/Bls

Agua efectiva = 0.459×42.5 = 19.50 Lt/Bls

Agregado Fino = 0.819×42.5 = 34.80 Kg/Bls

Agregado Grueso = 1.71×42.5 = 72.68 Kg/Bls

3.7. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE NANOSÍLICE.

De acuerdo con los datos obtenidos anteriormente en el diseño de mezclas de concreto, después de elaborar 5 muestras de prueba de concreto patrón, se realiza los ajustes en las cuantías de materiales, principalmente en función de los resultados de ensayos de asentamiento y de resistencia a compresión a los 7 días, se establecieron las dosificaciones definitivas para el CP, 0.5NS, 1.0NS y 1.5NS que corresponde a 0.5%, 1.0%, 1.5% de nanosílice con respecto al peso del cemento.

3.8. ELABORACIÓN DE CONCRETOS

La elaboración de las mezclas de concreto se realizó según el método descrito anteriormente. Se pesó los materiales de acuerdo a las cantidades de especímenes de concreto, en una mezcladora de concreto tipo trompo de 6 pies cúbicos se mezclaron los

agregados en un tercio de agua. Posteriormente se añadió el cemento, a continuación se añadió el agua restante con el aditivo nanosílice, finalmente se mezcló durante 3 minutos, tras lo cual se realizó el ensayo de asentamiento que cumpla dentro de 6 a 7 pulgadas, para que finalmente se elaboren las probetas para los ensayos en estado endurecido.

El equipo necesario

- Mezcladora de concreto tipo trompo de 6 Pie3
- Una carretilla buggy para el transporte del concreto fresco.
- Cono de Abrams.
- Varilla apisonadora con punta redondeada de 5/8” de diámetro y 60cm de longitud.

Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería



Figura 3.29: Mezclado del concreto
Fecha: 12 /09/2017

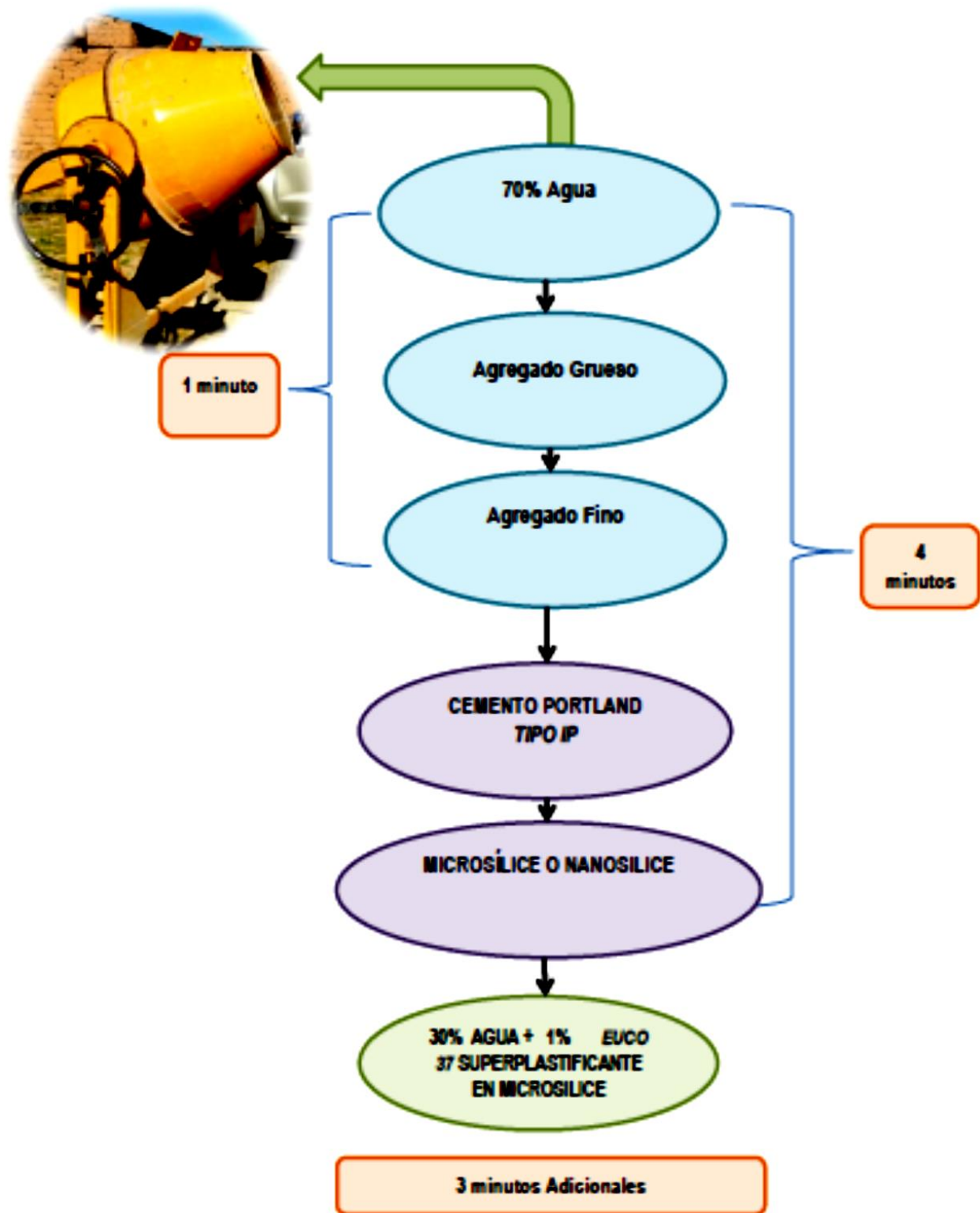


Figura 3.30: Procedimiento de mezclado del concreto
 Fuente: tesis Synddy y. Albares Ordoñez, Rances J. Condorena Teran-2014



*Figura 3.31: Comprobación del asentamiento.
Fecha: 12/09/2017*

3.8.1. PROBETAS DE CONCRETO.

Para los ensayos de caracterización mecánica y de durabilidad se utilizó probetas o briquetas de 6" x 12" (150 mm de diámetro x 300 mm de altura). Las probetas y la elaboración de especímenes de concreto cumplen la norma NTP 339.033.

Moldeado de los cilindros de prueba

- Se colocó los moldes de cilindros en una superficie nivelada.
- Se engrasó con aceite la pared y la base interior de los moldes cilíndricos.
- Se llenó el molde en tres capas iguales con la cuchara.
- Se compactó la capa apisonando, con una varilla de 5/8" en caso de los moldes de 6"x12", 25 veces uniformemente distribuidas en cada capa.
- Se enrasó la parte superior con la plancha de albañil para obtener una superficie lisa y nivelada.
- Finalmente, se le marcó en la superficie la fecha y el tipo de concreto vaciado.



Figura 3.32: Llenado de moldes y apisonado de mezcla de concreto en tres capas iguales.

Fecha: 12/08/2017



Figura 3.33: Moldes vaciados de un grupo de concreto.

Fecha: 13/08/2017

3.8.2. CURADO DEL CONCRETO.

Después de su fabricación, las probetas cilíndricas utilizadas para los ensayos de caracterización, se mantuvieron en sus respectivos moldes durante las primeras 24 horas.

Las muestras de concreto han sido extraídas de los moldes a 24 horas del vaciado, según la norma ASTM C 192 las muestras deben ser sumergidas en agua o en un ambiente con un 95% de humedad relativa y a una temperatura mínima de 23 ± 2 °C. Pero esta condición de la temperatura para efectos del presente trabajo, no se ha cumplido, se ha tomado la decisión que el agua usada en el proceso de curado sea la misma que viene de la red pública. En lo posible se ha tratado de mantener la temperatura del agua de curado a 13°C, ya que estas temperaturas son representativas de la realidad en la ciudad de Puno.



*Figura 3.34: Probetas.
Fecha: 14/09/2017*



*Figura 3.35: Colocado de las muestras a la poza.
Fecha: 14/09/2017*

3.9. ENSAYOS DE PROPIEDADES DEL CONCRETO

En este apartado se describen los métodos de los ensayos realizados a las mezclas de concreto, los ensayos para determinar las propiedades se realizan en estado fresco, endurecido y de resistencia al congelamiento y deshielo; que suman en total de 144 probetas, esta cantidad se explica en la metodología.

3.10. ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO.

3.10.1. ENSAYOS DE ASENTAMIENTO

El ensayo se realizó una vez finalizada cada tandada de concreto, utilizando el cono de Abrams y equipos necesarios, según lo descrito en la Norma Técnica Peru NTP 339.035



*Figura 3.36: Ensayo de asentamiento cono de Abrams.
Fecha: 14/08/2017*

3.11. ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO.

3.11.1. ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron según la norma del ASTM C39 y la NTP 339.034 . Se utilizaron probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y de 300 mm de altura. Para cada tipo de concreto se ensayaron 5 probetas a 7, 14 y 28 días; ya sea para probetas con nanosilice, microsilice y concreto patrón.



*Figura N° 3.37: Ensayo de resistencia a compresión.
Fecha: 12/09/2017*

3.11.2. ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES

Este es un ensayo que permite determinar la resistencia que presenta el agregado grueso frente al desgaste abrasivo empleando por la máquina de los Ángeles. Este ensayo se realiza de acuerdo al EM 2000, MTC E 207-2000; ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 ½") el cual está basado en la norma ASTM C 131.



*Figura N° 3.38: Ensayo de Abrasion Angeles
TESIS:(Jose carlos Arizapana Zamata-2015)*

❖ EQUIPOS UTILIZADOS

- Horno 105+/- 5°C
- Tamices ¾", ½", 3/8", N° 12
- Balanza.
- Bandeja y cucharón.

❖ PROCEDIMIENTO

- se selecciona el método y el material, en el caso que se escoge el método b; el total del material es 5000 gr, 2500 gr de material pasante de la malla ¾" y retenido en la malla ½" y 2500 gr de material pasante de la malla ½" y retenido en la malla ½" y retenido en la malla 3/8". en caso se trate de un método c; el total del material es 5000 gr, 2500 gr de material pasante de la malla 3/8" y retenido en la malla ¼" y 2500 gr de material pasante de la malla ¼" y retenido en la malla n° 04.
- El material a ser utilizado en el ensayo deberá estar lavado y seco.
- La norma establece que para el método de ensayo b se usan 11 esferas, estas junto con el total del material se depositan en la máquina de los ángeles y se programa según indica el manual, 500 revoluciones a 30-33 rpm.
- Para el método de ensayo c se usan 8 esferas, estos juntos con el total de material se depositan en la máquina de los ángeles y se programa, según indica el manual, 500 revoluciones a 30-33 rpm.

- Una vez culminada esta sección se retira el material y se tamiza por el tamiz n° 12 el retenido se lava y seca en el horno, y se pesa dicho material.
- El resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original.
- El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de los ángeles calculamos con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ desgaste} = \frac{100 * (P_1 - P_2)}{P_1}$$

Donde:

p1: peso de la muestra seca antes del ensayo.

p2: peso seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (n° 12).

Bueno Nosotros conseguimos el dato de esta cantera de cutimbo del agregado por medio de este proyecto de investigación en este ensayo de Abrasión los Ángeles donde indica en su tesis; (Arizapana, J) “ diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo mediante el método de filosofía de suelos y utilizando agregados de la cantera cutimbo, para pavimentos rígidos de la ciudad de puno” donde nos indica estos valores donde aplico el método B y C donde se anexa la constancia del ensayo mencionado.

Tabla 3.15: resultado del ensayo de abrasion .

ENSAYO DE LA ABRASION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (500 rev.)	DESGASTE (%)
METODO B	5002.91	3761.12	24.82
METODO C	5001.84	3860.68	22.82

Fuente: TESIS:(Jose carlos Arizapana Zamata-2015)

También contamos con otra investigación de tesis: (Flores, C; Pacompia, I) “diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de puno “donde se obtuvo estos datos:

Tabla 3.16: resultado del ensayo de abrasión .

TIPO DE AGREGADO	METODO B		METODO C		W. 100 Rev.	W. FIN 500 Rev.
	W. INICIAL	W. INICIAL	W. INICIAL	W. INICIAL		
	3/4"-1/2"	1/2"-3/8"	3/8"-1/4"	1/4"-N° 4		
A. G. Natural	2500	2500				3784
A.G.Normalizado			2500	2500	4700	3721

TESIS:(Jose carlos Arizapana Zamata-2015)

Tabla 3.17: resultado del ensayo de abrasion .

Descripcion	%
% Desgaste A. grueso Natural (100 revoluciones)	5.80
% Desgaste A. grueso Normalizado (100 revoluciones)	6.00
% Desgaste A. grueso Natural (500 revoluciones)	24.32
% Desgaste A. grueso Normalizado (500 revoluciones)	25.82

TESIS:(Jose carlos Arizapana Zamata-2015)

Basada en la normativa de las especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000) en la sección 1003 el agregado grueso de acuerdo con AASHTO M80 para la prueba de la determinación a la resistencia al desgaste por el método de la máquina de los Ángeles el máximo valor de desgaste es del 40% al 50% por lo tanto nuestra muestra se puede utilizar para la elaboración de obras civiles.

Los proyectos de tesis mencionados manejan datos que se asemejan a en el 500 revoluciones, viendo que esto entonces hallaremos un promedio de las cuales es 24.82%, 24.32 tomamos estos dos valores por que se asemejan más entonces el promedio seria un 24.57 % el desgaste del A.G. de la cantera Cutimbo.

3.11.3. POROSIDAD DEL AGREGADO

Es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregado. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, por ser representativa de la estructura interna de las partículas.

No hay un método estándar ASTM para evaluarla, sin embargo existen varias formas de determinación por lo general complejas y cuya validez es relativa. Una manera indirecta de estimarla es mediante la determinación de la absorción, que da un orden de magnitud de la porosidad normalmente un 10% menor que la real, ya que como hemos indicado en el párrafo anterior, nunca llegan a saturarse completamente todos los poros de las partículas.

Los valores usuales en agregados usuales pueden oscilar entre 0 a 15 %, aunque por lo general el rango común es del 1 al 5%. En agregados ligeros, se pueden tener porosidades del orden del 15 al 50%.

Normalmente, el concreto es una mezcla de cuatro ingredientes básicos: arena, gravilla, cemento, y agua. En el proceso de mezcla, una cierta cantidad de aire se mezcla en el concreto. El agua y el aire toman espacio dentro del concreto aún después que el concreto es derramado en el lugar y durante las primeras etapas de la fragua.

Cuando el concreto es trabajado en su lugar y comienza a "cuajarse" o endurecerse, los ingredientes más pesados tienden a asentarse en el fondo mientras los ingredientes más livianos flotan arriba. Siendo el agua el más liviano de los cuatro ingredientes básicos, flota hacia arriba donde se evapora o se exprime por los lados ó el fondo. Según se exprime, se mueve en todas direcciones. El agua, al ocupar espacio, deja millones de huecos entrecruzados en todas direcciones. Según el aire escapa, tiene el mismo efecto.

Estos espacios huecos se atan entre sí creando lo que llamamos poros. Frecuentemente los poros crean unas quebraduras finísimas dentro del concreto, debilitando el concreto. Según la acción capilar del concreto atrae el agua hacia el concreto, ó la lluvia golpea los lados de la pared de concreto, ó la hidrología del agua va contra la pared de un sótano, el agua viaja por los poros a través del concreto.

Los poros están entretejidos y entre conectados, permitiendo así el pasaje lento del agua a través del concreto. Mientras más denso el concreto, más apretados los poros y menos agua pueden pasar a través.

También Es el espacio no ocupado por el material sólido en la partícula del agregado. Siendo una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de este, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica absorción y permeabilidad.

3.11.4. IMPORTANCIA DE LA POROSIDAD

La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas, siendo todas estas propiedades menores conforme aumenta la porosidad del agregado.

Igualmente, las características de los poros determinan la capacidad y velocidad de absorción, la facilidad de drenaje, el área superficial interna de las partículas, y la porción de su volumen de masa ocupado por materia sólida.

$$PA = \frac{(P_{SSS} - P_s) * 100}{(P_{SSS} - P_m)} \dots \dots \dots (A)$$

Donde:

- PA : Porosidad abierta, en porcentaje.
P_{sss} : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.
P_s : Peso seco de la muestra.
P_m : Peso sumergido de la muestra.

aplicando la ecuación..... (A)

$$PA_G = \frac{(1574.40 - 1509.67) * 100}{(1574.40 - 934.57)}$$
$$PA_G = 10.11\%$$

$$PA_F = \frac{(500 - 475.25) * 100}{(500 - 293.92)}$$
$$PA_F = 12.00\%$$

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE CONCRETOS EN ESTADO FRESCO

❖ ASENTAMIENTO

La tabla 4.1 muestra los resultados de los ensayos de asentamiento según la ASTM C 143, manteniendo siempre entre 6-7” de slump, mediante este ensayo se logra apreciar una clara influencia del nanosílice en la mezcla de concreto, en razón de que disminuye la cantidad de agua

Tabla 4.0: Medida de asentamientos tomados en un mismo día.

Nanosílice	Slump (pulgadas)	Cantidad de agua por m ³	%
0%	6 a 7	247.16 lt	100
0.50%	6 a 7	223.67 lt	90.5
1.00%	6 a 7	170.78 lt	69.1
1.50%	6 a 7	154.23 lt	62.4

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.1: Medida de asentamientos tomados en un mismo día.

Microsilice	Slump (pulgadas)	Cantidad de agua por m ³
0%	6 a 7	247.16 lt
5.00%	6 a 7	247.16 lt
10.00%	6 a 7	247.16 lt
15.00%	6 a 7	247.16 lt

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

4.1.2.1. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN CON NANOSILICE

Se presentan los resultados promedios de la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días de edad

Tabla 4.2: Resistencia promedio a la compresión del concreto

Edad de ensayo	CP (Kg/cm ²)	0.5NS (Kg/cm ²)	1.0NS (Kg/cm ²)	1.5NS (Kg/cm ²)
7 días	227.92	290.9	276.43	393
14 días	313.44	411.06	328.22	504
28 días	357.22	506.47	537.26	541

Fuente: Elaboración propia. (Anexo B)

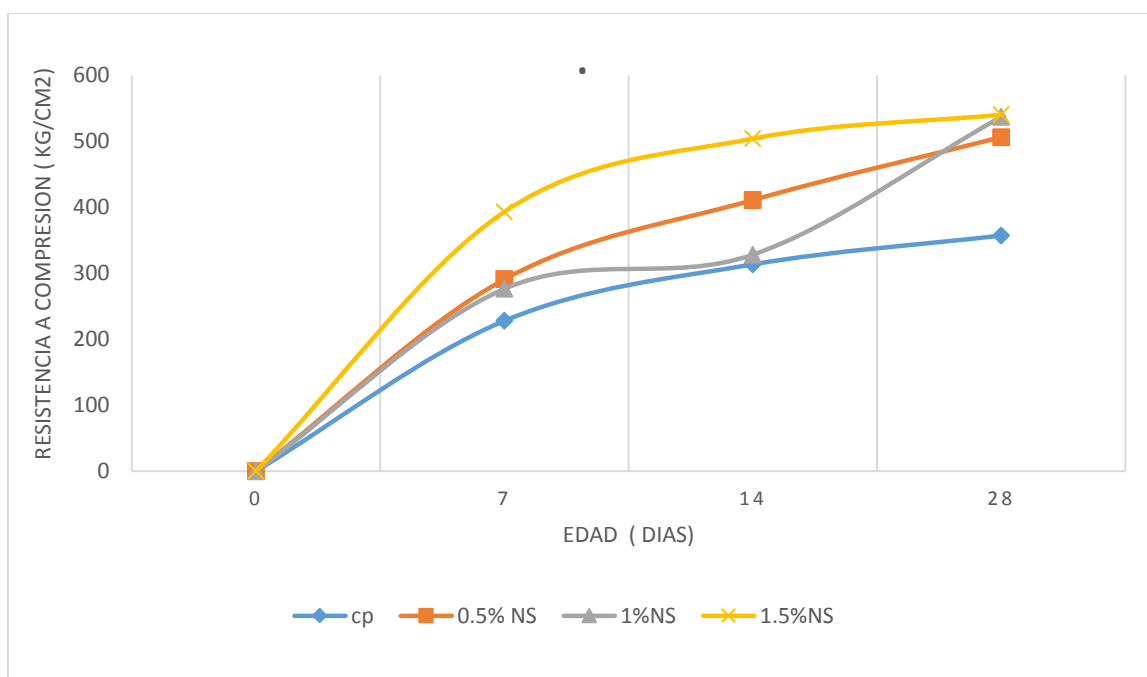


Figura N° 4.0: Resistencia a Compresión obtenidos para diferentes porcentajes de nanosilíce.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO PATRÓN CON MICROSILICE

La tabla 4.3 y figura 4.2 se presenta los resultados promedios de la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días de edad con microsilice

Tabla 4.3: Resistencia promedio a la compresión del concreto con microsilice.

Edad de ensayo	CP (Kg/cm ²)	5MS (Kg/cm ²)	10MS (Kg/cm ²)	15MS (Kg/cm ²)
7 días	227.92	342.83	364.55	344.46
14 días	313.44	479.56	486.63	483.67
28 días	357.22	520.5	570.95	552.2

Fuente: Elaboración propia.

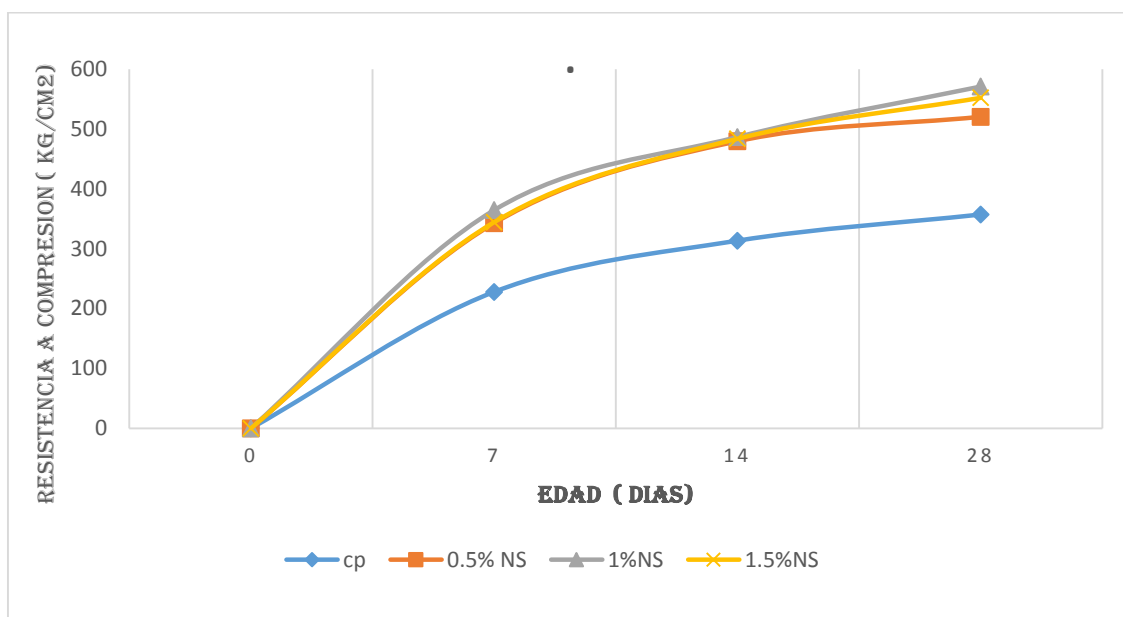


Figura N° 4.1: Resistencia a compresión obtenidos para diferentes porcentajes de microsilice.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.3. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO PATRÓN, NANOSILICE Y MICROSILICE

Tabla 4.4: Resistencia promedio a la compresión del concreto con microsíllice y nanosíllice

Edad de ensayo	CP (Kg/cm ²)	0.5NS (Kg/cm ²)	1.0NS (Kg/cm ²)	1.5NS (Kg/cm ²)	5MS (Kg/cm ²)	10MS (Kg/cm ²)	15MS (Kg/cm ²)
7 días	227.92	290.9	276.43	393	342.83	364.55	344.46
14 días	313.44	411.06	328.22	504	479.56	486.63	483.67
28 días	357.22	506.47	537.26	541	520.5	570.95	552.2

Fuente: Elaboración propia.

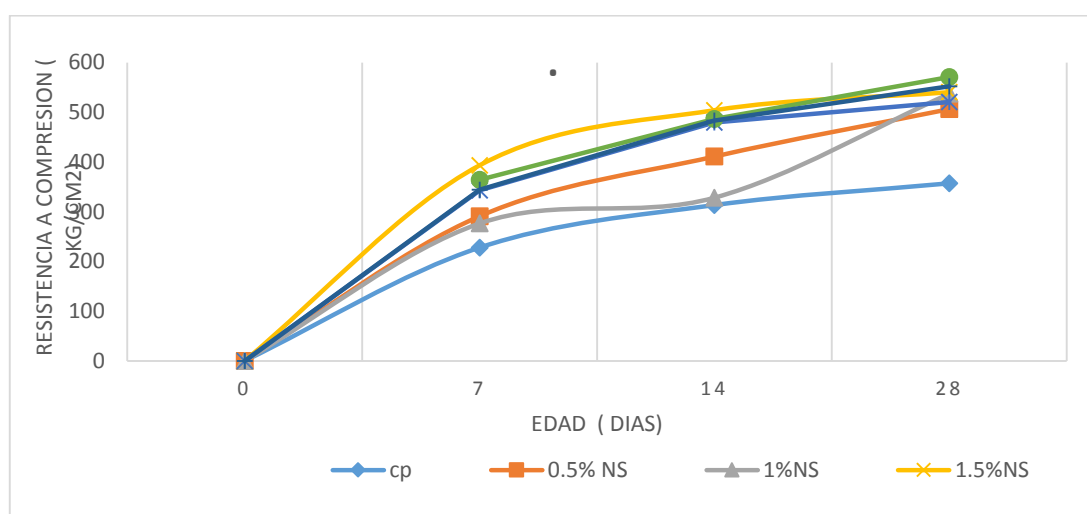


Figura N° 4.2: Resistencia a compresión obtenidos para diferentes porcentajes de nanosíllice y microsíllice

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.4. DISCUSIÓN DE MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO

Para la presentación de la investigación se realizaron ensayos a los siguientes materiales usados:

- Cemento Portland Rumi Tipo IP.
- Los agregados son de la cantera Cutimbo; en la gráfica de la curva granulométrica de agregados finos (ver Anexo) se puede apreciar que la

curva se encuentra dentro de los límites determinados por la norma NTP 400.012. y en la gráfica de la curva granulométrica de agregados gruesos (ver Anexo) se puede apreciar que la curva se encuentra dentro de los límites determinados por el Huso 57, determinado por la Norma NTP 400.037.

- Aditivo GAIA NANOSILICE, cumple con los entandares de control de calidad y de seguridad.
- ADITIVO MICROSILICE, Cumple con los estándares de control de calidad y de seguridad
- Agua potable de la red de suministro de la ciudad universitaria, al ser potable el agua es apto para la elaboración del concreto según la norma NTP 339.088

Se ensayaron los agregados finos y gruesos para poder hallar sus propiedades físicas.

Para el concreto patrón, la dosificación de cemento, agua, agregado fino y grueso se hallaron de acuerdo a las tablas indicadas en el método de diseño de mezclas del ACI 211.1., y para concretos con adiciones de nanosílice y Microsilice se utilizó el mismo diseño anterior descrito con la única diferencia que la adición de los porcentajes con respecto al peso del cemento, considerando el mismo slump para todas las muestras.

Las condiciones de curado fueron a la temperatura aproximada de 13°C.

4.1.2.5. DISCUSIÓN DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

4.1.3. Resistencia a la compresión

De acuerdo a los resultados en la tabla 4.2 obtenemos la siguiente tabla 4.5.

Tabla 4.5: Resistencia a la compresión promedio obtenido.

RESISTENCIA A COMPRESION (350 Kg/cm2)							
CONCRETO	Aditivos %	7 días		14días		28 días	
		kg/cm ²	%	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
CP	0%	227.92	100	313.44	100	357.22	100
0.5NS	0.50%	290.9	127.63	411.06	131.14	506.47	141.78
1.0NS	1.00%	276.43	121.28	328.22	104.72	537.26	150.4
1.5NS	1.50%	393.33	172.57	504.25	160.88	540.54	151.32
5MS	5%	342.83	150.42	479.56	153	520.5	145.71
10MS	10%	364.55	159.95	486.63	155.25	570.95	159.83
15MS	15%	344.46	151.13	483.67	154.31	552.2	154.58

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO PATRÓN (CP) – NANOSILICE INCORPORADA AL 0.5% CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO (0.5NS)

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con nanosilice incorporadas en 0.5% es de 290.9 kg/cm², y representa el 127.63 % respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 27.63%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con nanosilice en 0.5% es de 411.06 kg/cm², y representa el 131.14% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 31.14%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con nanosilice incorporadas en 0.5% es de 506.47kg/cm², y representa el 141.78% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 41.78%.

4.1.5. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO PATRÓN (CP) – NANOSILICE INCORPORADA AL 1% CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO (1NS)

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con nanosilice incorporadas en 1% es de 276.43 kg/cm², y representa el 121.28% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 21.28%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto nanosilice incorporadas en 1% es de 328.22 kg/cm², y representa el 104.72% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 4.72%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con nanosilice incorporadas en 1% es de 537.26 kg/cm², y representa el 150.40% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 50.40%.

4.1.6. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO PATRÓN (CP) – NANOSILICE INCORPORADA AL 1.5% CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO (1.5NS)

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con nanosilice incorporadas en 1.5% es de 393.33 kg/cm², y representa el 172.57% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 72.57%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con nanosilice incorporadas en 1.5% es de 504.25 kg/cm², y representa el 160.88% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 60.88%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con nanosilice incorporadas en 1.5% es de 540.54 kg/cm², y representa el 151.32% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 51.32%.

4.1.7. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO PATRÓN (CP) – MICROSILICE INCORPORADA AL 5% CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO (5MS)

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 5% es de 342.83 kg/cm², y representa el 150.42% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 50.42%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 5% es de 479.56 kg/cm², y representa el 153.00% respecto a la resistencia

alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 53.0%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con microsilice incorporadas en 5% es de 520.5 kg/cm², y representa el 145.71% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 45.71%.

4.1.8. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO PATRÓN (CP) – MICROSILICE INCORPORADA AL 10% CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO (10MS)

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 10% es de 364.55 kg/cm², y representa el 159.95% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 59.95%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 10% es de 486.63 kg/cm², y representa el 155.25% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 55.25%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con microsilice incorporadas en 10% es de 570.95 kg/cm², y representa el 159.83% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 59.83%.

4.1.9. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO PATRÓN (CP) – MICROSILICE INCORPORADA AL 15% CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO (15MS)

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 15% es de 344.46 kg/cm², y representa el 151.13% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 51.13%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 15% es de 483.67 kg/cm², y representa el 154.31% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 54.31%.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con microsilice incorporadas en 15% es de 552.2 kg/cm², y representa el 154.58% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión en 54.28%.

4.1.10. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO (CP) – MICROSILICE INCORPORADA AL 5% Y NANOSILICE AL 0.5% CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 5% es de 342.83 kg/cm², y representa el 150.42% y Nanosilice incorporado en 0.5% es 290.9 kg/cm², y representa el 127.63% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 50.42% y nanosilice en 27.63% por tanto microsilice al 5% y nanosilice al 0.5% vemos una diferencia de 22.79% a favor de microsilice.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 5% es de 479.56 kg/cm², y representa el 153.00% y Nanosilice incorporado en 0.5% es 411.06 kg/cm², y representa el 131.14% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 53% y nanosilice en 31.14% por tanto microsilice al 5% y nanosilice al 0.5% vemos una diferencia de 21.86% a favor de microsilice.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 5% es de 520.5 kg/cm², y representa el 145.71% y Nanosilice incorporado en 0.5% es 506.47 kg/cm², y representa el 141.78% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 45.71% y nanosilice en 41.78% por tanto microsilice al 5% y nanosilice al 0.5% vemos una diferencia de 3.93% a favor de microsilice.

4.1.11. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO (CP) – MICROSILICE INCORPORADA AL 10% Y NANOSILICE AL 1 % CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 10% es de 364.55 kg/cm², y representa el 159.95% y Nanosilice incorporado en 1 % es 276.43 kg/cm², y representa el 121.28% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 59.95% y nanosilice en 21.28% por tanto microsilice al 5% y nanosilice al 0.5% vemos una diferencia de 38.67% a favor de microsilice.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 10% es de 486.63 kg/cm², y representa el 155.25% y Nanosilice incorporado en 1% es 328.22 kg/cm², y representa el 104.72% respecto a la resistencia

alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 55.25% y nanosilice en 4.72% por tanto microsilice al 5% y nanosilice al 0.5% vemos una diferencia de 50.53% a favor de microsilice.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 10% es de 570.95 kg/cm², y representa el 159.83% y Nanosilice incorporado en 1% es 537.26 kg/cm², y representa el 150.40% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 59.83% y nanosilice en 50.40% por tanto microsilice al 10% y nanosilice al 1% vemos una diferencia de 9.43% a favor de microsilice.

4.1.12. INTERPRETACIÓN DE DATOS: CONCRETO (CP) – MICROSILICE INCORPORADA AL 15% Y NANOSILICE AL 1.5 % CON RESPECTO AL PESO DEL CEMENTO

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 7 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 15% es de 344.46 kg/cm², y representa el 151.13% y Nanosilice incorporado en 1.5 % es 393.33 kg/cm², y representa el 172.57% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 227.92 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 51.13% y nanosilice en 72.57% por tanto microsilice al 15% y nanosilice al 1.5% vemos una diferencia de 21.44% a favor de nanosilice.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 14 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 15% es de 483.67kg/cm², y representa el 154.31% y Nanosilice incorporado en 1.5% es 504.25 kg/cm², y representa el 160.88 % respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 313.44 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 54.31% y nanosilice en 60.88% por tanto microsilice al 15% y nanosilice al 1.5% vemos una diferencia de 6.57% a favor de nanosilice.

El $f'c$ promedio desarrollado (u) a los 28 días por el concreto con Microsilice incorporadas en 15% es de 552.2 kg/cm², y representa el 154.58 % y Nanosilice incorporado en 1.5% es 540.54 kg/cm², y representa el 151.32 % respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón 357.22 kg/cm². Incrementándose la resistencia a la compresión de microsilice en 54.58% y nanosilice en 51.32% por tanto microsilice al 15% y nanosilice al 1.5% vemos una diferencia de 3.26 % a favor de microsilice.

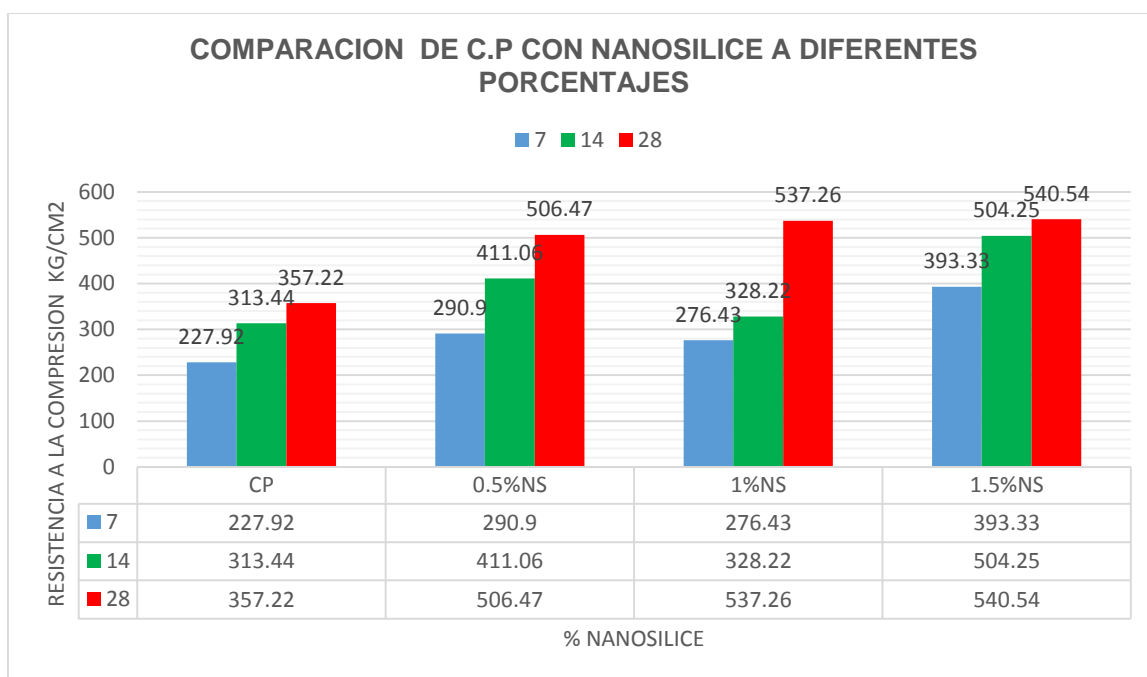


Figura N° 4.3: Evolución de la Resistencia a Compresión para diferentes porcentajes de nanosilice.

Fuente: Elaboración propia

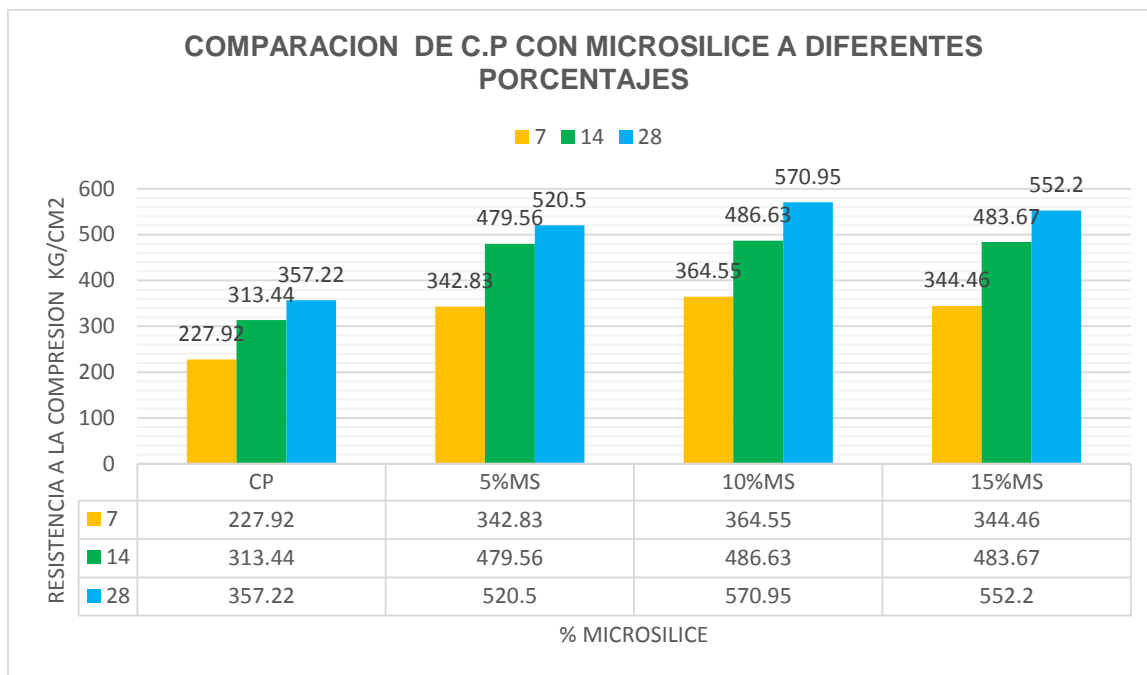


Figura N° 4.4: Evolución de la Resistencia a Compresión para diferentes porcentajes de microsilice.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.13. ANÁLISIS DE COSTO

La elección entre el concreto normal y el concreto adicionado con Microsilice y nanosilice se basa en el costo beneficio. Si una solución en particular requiere costos excesivos, se buscará una solución que proporcione costos no tan elevados.

El realizó el análisis de costos al elemento estructural columna, con las siguientes consideraciones:

- Las columnas se predimensionan con:

$$bD = \frac{P}{n f'c}$$

Donde:

D= dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna.

b= la otra dimensión de la sección de la columna.

P= carga total que soporta la columna.

n= valor que depende del tipo de columna.

$f'c$ = resistencia del concreto a la compresión simple.

- Una columna tipo C2 con área tributaria 20m², altura 2.5m, cargas total que soporta la columna 1000 Kg/m², de 10 niveles.
- Predimensionamiento de la columna con concreto normal y concreto adicionado con microsilice y nanosilice

$$P = \frac{1000kg}{m^2} * 20m^2 = 20000kg$$

$$n = 0.25$$

Predimensionamiento de la columna, concreto normal $f'c=357.22kg/cm^2$

$$bD = \frac{1.25 * 20000 * 10}{0.25 * 357.22} = 2799.39cm^2$$

Predimensionamiento de la columna, concreto con adición de nanosilice

$f'c=540.54kg/cm^2$

$$bD = \frac{1.25 * 20000 * 10}{0.25 * 540.54} = 1850.00cm^2$$

Volumen de Concreto

Volumen de concreto normal

$$V1 = 2799.39cm^2 * 2.5m = 0.6998m^3$$

Volumen de concreto adicionado fibras de vidrio

$$V1 = 1850.00cm^2 * 2.5m = 0.4625m^3$$

Tabla 4.6. Costo unitario de materiales para el concreto normal

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	2	0.5
Costo total para 1m³ de concreto			S/.	302.665
volumen del concreto m3				0.6998
costo total s/				211.8

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.7. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de nanosilice

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.03
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Nanosilice	8.1 Kg	7.63 kg	9	68.64
Agua	154.23 Lt	0.14 m ³	2	0.28
Costo total para 1m³ de concreto			S/.	371.09
volumen del concreto m3				0.4625
costo total s/				171.6

Fuente: Elaboración propia.

Predimensionamiento de la columna, concreto con adición de microsilice al 10%

$$f'c=570.95\text{kg/cm}^2$$

$$bD = \frac{1.25 * 20000 * 10}{0.25 * 570.95} = 1751.47\text{cm}^2$$

Volumen de Concreto

Volumen de concreto normal

$$V1 = 2799.39\text{cm}^2 * 2.5\text{m} = 0.6998\text{m}^3$$

Volumen de concreto adicionado de microsilice al 10%

$$V1 = 1751.47\text{cm}^2 * 2.5\text{m} = 0.4378\text{m}^3$$

Tabla 4.8. Costo unitario de materiales para el concreto normal

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	2	0.5
Costo total para 1m³ de concreto			S/. 302.67	
volumen del concreto m3			0.6998	
costo total s/			211.8	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.9. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de microsílíce

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Microsílíce	54 Kg	2.16 bls	125	270
Super plastificante	5.4 Kg	0.27 balde	250	67.5
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	2	0.5
Costo total para 1m³ de concreto			S/. 640.17	
volumen del concreto m3			0.4378	
costo total s/			280	

Fuente: Elaboración propia.

❖ ANALISIS DE COSTOS DE UNA VIGA CON SIN ADITIVO Y CON

ADITIVO:

$f'c=357.22\text{kg/cm}^2$

$f_y=4200.0\text{ kg/cm}^2$

$M_n=2200000\text{ kg-cm}$

$L = 5\text{m}$

$A_s = ?$

$a = ?$

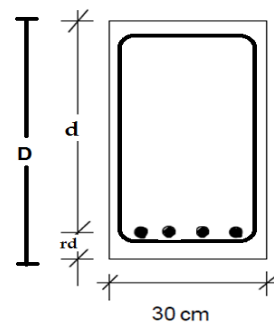


Figura N° 4.5: dimensiones de una viga

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

A_s = área del acero

b = base de la viga

D = Peralte de la viga

M_n = momento nominal

f'_c = resistencia del concreto a compresión

a = altura en compresión

SOLUCIÓN

CALCULAMOS EL PERALTE EFECTIVO

$$d = D - (4 + 0.95 + 2.54/2)$$

ÁREA DEL ACERO DE 1"

$$A_s = 4 * 5.07 = 20.28 \text{ cm}^2$$

CALCULAMOS LA ALTURA DE COMPRESION

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$$a = \frac{20.28 * 4200}{0.85 * 357.22 * 30}$$

$$a = \frac{3340.23}{f'_c}$$

CALCULAMOS EL PERALTE DE VIGA

$$M_n = A_s * f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$2200000 = 20.28 * 4200 \left(D - 6.22 - \frac{3340.23}{2f'_c} \right)$$

$$D = 32.04887 + \frac{3340.23}{2f'_c}$$

$$D = 32.04887 + \frac{3340.23}{2 * 357.22}$$

$$D = 36.72 \text{ cm}$$

CALCULAMOS EL VOLUMEN DE CONCRETO EN LA VIGA

$$\text{volumen} = (36.72 \cdot 30) \cdot 400 = 0.4406 \text{ m}^3$$

Volumen de concreto en la viga es = 0.4406 m³

CON LA RESISTENCIA DE $f'_c = 540.54$

Calculamos el peralte de viga

$$Mn = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$2200000 = 20.28 \cdot 4200 \left(D - 6.22 - \frac{3340.23}{2f'_c} \right)$$

$$D = 32.04887 + \frac{3340.23}{2f'_c}$$

$$D = 32.04887 + \frac{3340.23}{2 \cdot 540.54}$$

$$D = 35.13 \text{ cm}$$

Calculamos el volumen de concreto en la viga con nanosilice

$$\text{VOLUMEN} = (35.13 \cdot 30) \cdot 400 = 0.4215 \text{ m}^3$$

Tabla 4.10. Costo unitario de materiales para el concreto normal

Material	Cantidad usada Por m ³	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	2	0.5
Costo total para 1m³ de concreto			S/. 302.67	
volumen del concreto m³			0.4406	
			costo total s/	133.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.11. Costo unitario de materiales para el concreto normal con adición de nanosilice

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/-)	Precio (S/-)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.03
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Nanosilice	8.1 Kg	7.63 kg	9	68.64
Agua	154.23 Lt	0.14 m ³	2	0.28
Costo total para 1m³ de concreto			S/.	371.09
volumen del concreto m3			0.4215	
			costo total s/	156.41

Fuente:

Elaboración propia.

❖ **COSTO DE LOS CONCRETOS**

Tabla 4. 12: Costo del concreto patrón.

Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/-)	Precio (S/-)
540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
247.16 Lt	0.25 m ³	2	0.5
			302.67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. 13: Costo del concreto patrón + 0.5% de nanosílice.

Material	Cantidad usada por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/-)	Precio (S/-)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m3	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m3	45	17.55
Nanosilice	2.7 Kg	2.54 Kg	9	22.88
Agua	223.67 Lt	0.23 m3	2	0.46
Costo total para 1m3 de concreto			S/.	325.51

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.14: Costo del concreto patrón + 1.0% de nanosílice.

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Nanosilice	5.4 Kg	5.085 Kg	9	45.765
Agua	170.78 Lt	0.17 m ³	2	0.34
Costo total para 1m³ de concreto				S/. 348.27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.15: Costo del concreto patrón + 1.5% de nanosílice.

Material	Cantidad usada por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.03
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Nanosilice	8.1 Kg	7.63 kg	9	68.64
Agua	154.23 Lt	0.14 m ³	2	0.28
Costo total para 1m³ de concreto				S/. 371.09

Fuente: Elaboración propia.

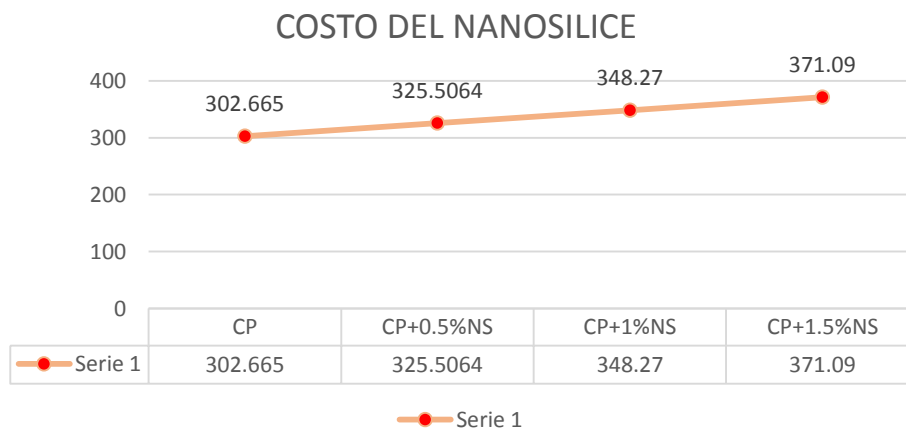


Figura 4.6: costo del nanosilice

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.16: Costo del concreto patrón + 5% Microsilice

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Microsilice	27 Kg	1.08 bls	125	135
Super plastificante	5.4 Kg	0.27 balde	250	67.5
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	2	0.5
Costo total para 1m³ de concreto				S/. 505.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.17: Costo del concreto patrón + 10% Microsilice

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Microsilice	54 Kg	2.16 bls	125	270
Super plastificante	5.4 Kg	0.27 balde	250	67.5
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	2	0.5
Costo total para 1m³ de concreto				S/. 640.17

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.18: Costo del concreto patrón + 15% de Microsilice

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	540 Kg	12.7 bls	21.7	275.59
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Microsilice	81 Kg	3.24 bls	125	405
Super plastificante	5.4 Kg	0.27 kg	250	67.5
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	5	1.25
Costo total para 1m³ de concreto				S/. 775.92

Fuente: Elaboración propia.

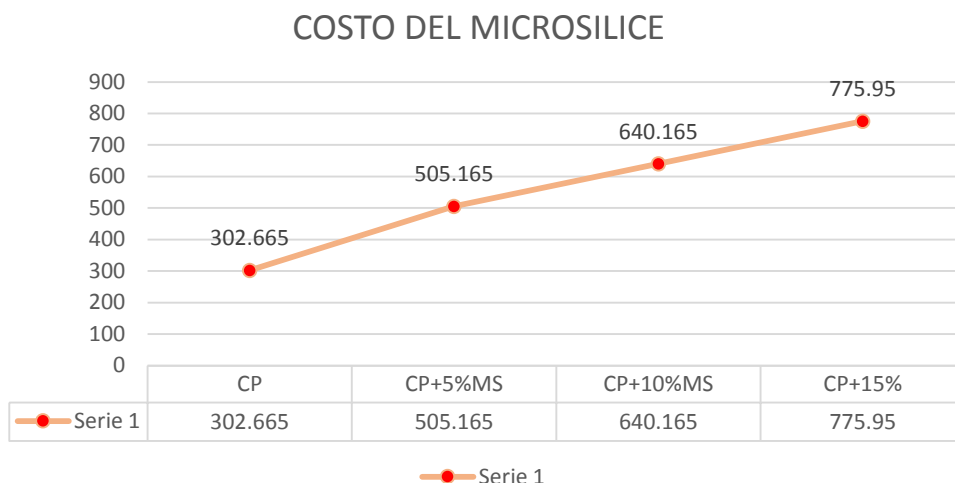


Figura 4.7: costo del microsilice
Fuente: Elaboración propia.

❖ COSTO DEL CONCRETO SIN ADITIVO

También se muestra en las siguientes tablas, las dosificaciones de concretos sin adiciones de nanosilice y microsilice de 500, 530, 540, 520, 570 y 550 kg/cm² siguiendo los pasos del capítulo 3.2 (ver página), para realizar el análisis de los costos con los resultados de concretos con adición de nanosilice y microsilice.

Tabla 4.19: Costo del concreto de 507 kg/cm².

Material	Cantidad usada Por m ³	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	960 Kg	22.6 bls	21.7	490.42
Nanosilice 0.5%	0	0	0	0
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	5	1.25
Costo total para 1m³ de concreto			S/.	518.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.20: Costo del concreto de 537 kg/cm².

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	1108 Kg	26.06 bls	21.7	565.57
Nanosilice 1%	0	0	0	0
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	5	1.25
Costo total para 1m³ de concreto S/.				593.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.21: Costo del concreto de 540 kg/cm².

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	1125 Kg	26.471 bls	21.7	574.41
Nanosilice 1.5%	0	0	0	0
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	5	1.25
Costo total para 1m³ de concreto S/.				602.24

Fuente: Elaboración propia.

COMPARACION DE COSTOS CON NANOSILICE Y SIN NANOSILICE CON LA MISMA RESISTENCIA

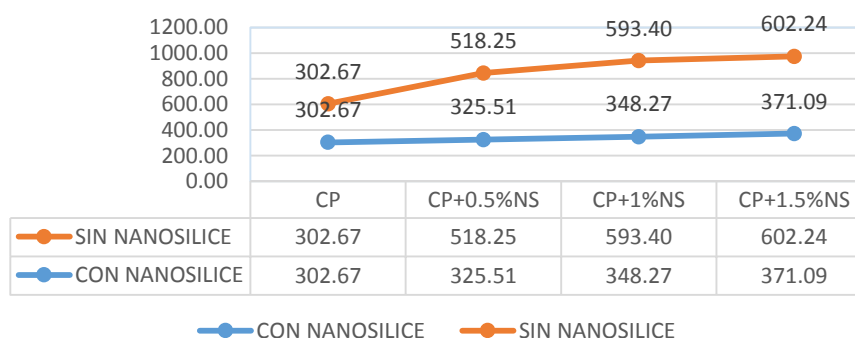


Figura N° 4.8: costo del nanosilice con aditivo y sin aditivo
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.22: Costo del concreto de 520 kg/cm².

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	1019 Kg	23.973 bls	21.7	520.22
microsilice 5%	0	0	0	0
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	5	1.25
Costo total para 1m³ de concreto S/.				548.04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.23: Costo del concreto de 570 kg/cm².

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	1333 Kg	31.372 bls	21.7	680.78
microsilice 10%	0	0	0	0
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	5	1.25
Costo total para 1m³ de concreto S/.				708.61

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.24: Costo del concreto de 552 kg/cm².

Material	Cantidad usada Por m3	Cantidad equivalente	Costo unit. (S/.)	Precio (S/.)
Cemento	1200 Kg	28.235 bls	21.7	612.71
microsilice 15%	0	0	0	0
Agregado fino	442.083 Kg	0.19 m ³	47.5	9.025
Agregado grueso	925.86 Kg	0.39 m ³	45	17.55
Agua	247.16 Lt	0.25 m ³	5	1.25
Costo total para 1m³ de concreto S/.				640.53

Fuente: Elaboración propia.

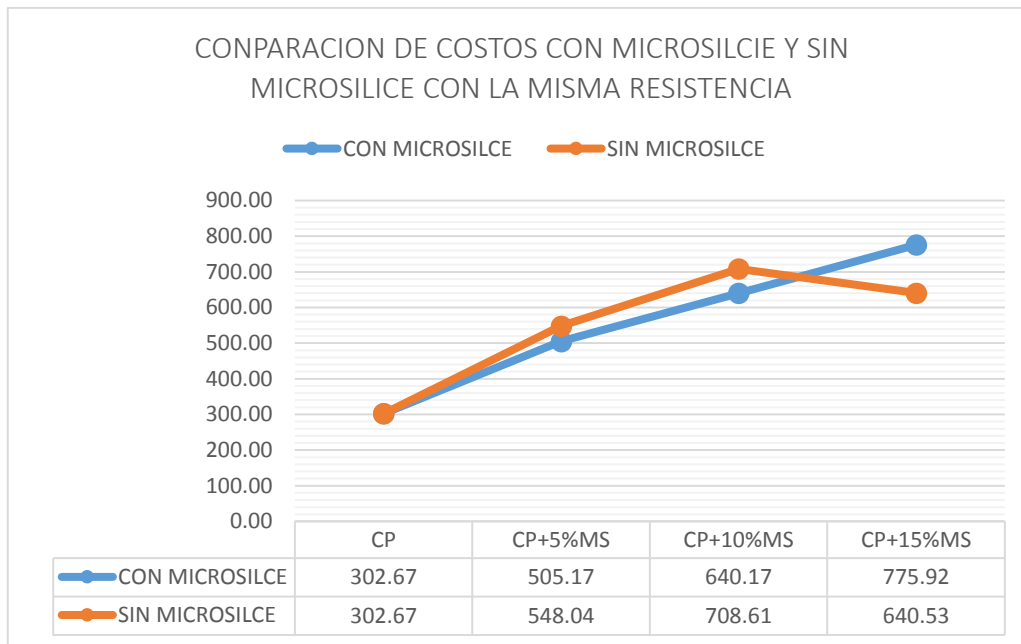


Figura N°4.9: costo del microsilice con aditivo y sin aditivo

Fuente: Elaboración propia.

❖ DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De las tablas anteriores se deduce que el costo va en aumento a medida que se aumenta el nanosilice y Microsilice, además el costo del concreto con 0.5, 1.0 y 1.5 NS es mayor en 7.55%, 15.07% y 22.71% respectivamente con respecto al concreto patrón de diseño y el concreto con 5,10 y 15% es mayor en 66.90 %, 111.50% y 156.36%.

Tabla 4.25: costos de concreto patrón con aditivo

%	costo con aditivo	concreto patrón	% costo con aditivo	diferencias %
0.5% Nanosilice	325.51	302.665	107.55	7.55
1% Nanosilice	348.27	302.665	115.07	15.07
1.5% Nanosilice	371.09	302.665	122.61	22.61
5% Microsilice	505.17	302.665	166.91	66.9
10% Microsilice	640.17	302.665	211.51	111.5
15% Microsilice	775.92	302.665	256.36	156.36

Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados de los costos obtenidos del ensayo a compresión de los concretos con adición de nanosilice y microsilice con los concretos de 507, 537 ,

540,520,570 y 552 kg/cm², notoriamente se nota su ventaja obteniendo un ahorro de 37.19%, 41.31, 38.38 , 7.82, 9.66 y -21.14 % en soles para concretos con 0.5NS, 1NS, 1.5NS , 5MS,10MS Y15MS % respectivamente.

Tabla 4.26: costos de concreto con aditivo y sin aditivo

	COSTO		DIFERENCIA EN %
	SIN ADITIVO S/.	CON ADITIVO S/.	
NS 0.5%	518.25	325.51	37.19
NS 1.0%	593.4	348.27	41.31
NS 1.5%	602.24	371.09	38.38
MS 5 %	548.04	505.17	7.82
MS 10 %	708.61	640.17	9.66
MS 15 %	640.53	775.92	-21.14

Fuente: elaboración propia

4.2. ANÁLISIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.

4.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a los estadígrafos como son: la desviación estándar, la media, etc., se obtienen parámetros que nos permiten obtener las estadísticas de una población basadas en técnicas como son: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros.

La hipótesis a probar es la siguiente: La adición del nanosilce y microsílce incrementa la resistencia en forma significativa del concreto $f'c=350$ kg/cm² del estudio comparativo.

Para esta situación lo que se va a probar es: Si las características mecánicas del concreto mejoran con la adición del nanosílce, en distintas proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% con respecto al peso del cemento, microsílce en distintas proporciones de 5%, 10% y 15% con respecto al peso del cemento frente a un concreto patrón.

Tabla 4.27. Análisis Estadístico CP– Resistencia a la Compresión - 28 días

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
353.47 - 355.21	354.34	1	1	354.338586	-3.12	9.743308005	9.743308005
355.21 - 356.94	356.07	1	2	356.072713	-1.39	1.92460405	1.92460405
356.94 - 358.67	357.81	1	3	357.806839	0.35	0.120287753	0.120287753
358.67 - 360.41	359.54	2	5	719.08193	2.08	4.330359113	8.660718227

Fuente: elaboración propia

Media: u	357.46
Varianza: σ^2	5.11
Desviación Estándar: σ	2.26
Coefficiente de Variación: cv	0.63

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar) para este grupo le desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 2.26(\text{Excelente}), \text{ ya que}$$

$$\sigma < 15$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$V = 0.63\% (\text{Excelente}), \text{ ya que}$$

$$V < 2\%$$

De acuerdo a la tabla 2.10 y 2.11 los valores de desviación estándar deben estar en el rango de 0 a 15 para el cual se obtuvo como desviación estándar 2.26, y se considera como excelente según la tabla, en el caso de coeficiente de variante debe de estar en el rango de 0 a 2 la cual se obtuvo de 0.63% y se considera como excelente.

Tabla 4.28. Análisis Estadístico CP+MICROSILE AL 5%– Resistencia a la Compresión - 28 días

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
514.48 - 518.08	516.28	2	2	1032.56393	-4.32	18.65245722	37.30491445
518.08 - 521.68	519.88	1	3	519.881007	-0.72	0.518123812	0.518123812
521.68 - 525.28	523.48	1	4	523.480048	2.88	8.289980988	8.289980988
525.28 - 528.88	527.08	1	5	527.079089	6.48	41.96802875	41.96802875

Fuente: elaboración propia

Media: u	520.60
Varianza: σ^2	22.02
Desviación Estándar: σ	4.69
Coefficiente de Variación: cv	0.90

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar) para este grupo le desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 4.69 \text{ (Excelente) }, \text{ ya que}$$

$$\sigma < 15$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$V = 0.90 \% \text{ (Excelente) }, \text{ ya que}$$

$$V < 2 \%$$

De acuerdo a la tabla 2.10 y 2.11 los valores de desviación estándar deben estar en el rango de 0 a 15 para el cual se obtuvo como desviación estándar 4.69, y se considera como excelente según la tabla excelente en el caso de coeficiente de variante debe de estar en el rango de 0 a 2 la cual se obtuvo de 0.90% y se considera como excelente

Tabla 4.29. Análisis Estadístico CP+MICROSILE AL 10%– Resistencia a la Compresión - 28 días

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
564.98 - 569.27	567.12	3	3	1701.37122	-4.29	18.41360972	55.24082917
569.27 - 573.56	571.41	0	3	0	0.00	0	0
573.56 - 577.85	575.71	1	4	575.705956	4.29	18.41360972	18.41360972
577.85 - 582.14	580.00	1	5	579.997065	8.58	73.6544389	73.6544389

Fuente: elaboración propia

Media: u	571.41
Varianza: σ^2	36.83
Desviación Estándar: σ	6.068
Coefficiente de Variación: cv	1.06

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar) para este grupo le desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 6.068 \text{ (Excelente) }, \text{ ya que}$$

$$\sigma < 15$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$V = 1.06\% \text{ (Excelente) }, \text{ ya que}$$

$$V < 2 \%$$

De acuerdo a la tabla 2.10 y 2.11 los valores de desviación estándar deben estar en el rango de 0 a 15 para el cual se obtuvo como desviación estándar 6.06, y se

considera como excelente según la tabla excelente en el caso de coeficiente de variante debe de estar en el rango de 0 a 2 la cual se obtuvo de 1.06% y se considera como excelente.

Tabla 4.30. Análisis Estadístico CP+MICROSILE AL 15%– Resistencia a la Compresión - 28 días

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
547.63 - 552.08	549.85	4	4	2199.40969	-2.67	7.141507273	28.56602909
552.08 - 556.53	554.31	0	4	0	1.78	3.174003232	0
556.53 - 560.99	558.76	0	4	0	6.24	38.8815396	0
560.99 - 565.44	563.21	1	5	563.214221	10.69	114.2641164	114.2641164

Fuente: elaboración propia

MEDIA: u	552.52
Varianza: σ^2	35.71
Desviación Estándar: σ	5.97
Coefficiente de Variación: cv	1.08

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar) para este grupo le desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 5.97(\text{Excelente}), \text{ya que}$$

$$\sigma < 15$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$V = 1.08\% (\text{Excelente}), \text{ya que}$$

$$V < 2\%$$

De acuerdo a la tabla 2.10 y 2.11 los valores de desviación estándar deben estar en el rango de 0 a 15 para el cual se obtuvo como desviación estándar 5.97, y se considera como excelente según la tabla excelente en el caso de coeficiente de variante debe de estar en el rango de 0 a 2 la cual se obtuvo de 1.08% y se considera como excelente.

Tabla 4.31. Resumen del Análisis Estadístico

ESTATIGRAFIA	0%	0.5%	1.00%	1.50%
\bar{X}	357.46	520.6	571.41	552.52
σ	2.26	4.69	6.06	5.97
cv	0.63	0.9	1.06	1.08

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla de resumen adición de microsilice a diferentes porcentajes la desviación estándar y coeficiente de variación dando resultados excelentes en su mayoría de esta manera garantizando que se siguieron los procedimientos de los ensayos según norma de manera aceptable.

Tabla 4.32. Análisis Estadístico CP+NANOSILICE AL 0.5%– Resistencia a la Compresión - 28 días

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
490.41 - 499.68	495.05	1	1	495.047638	-14.84	220.1076039	220.1076039
499.68 - 508.96	504.32	1	2	504.320153	-5.56	30.9526318	30.9526318
508.96 - 518.23	513.59	2	4	1027.18534	3.71	13.75672525	27.51345049
518.23 - 527.50	522.87	1	5	522.865183	12.98	168.5198843	168.5198843

Fuente: elaboración propia

media: u	509.88
Varianza: σ^2	111.77
Desviación Estándar: σ	10.57
Coeficiente de Variación: cv	2.07

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar) para este grupo le desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 10.57(\text{Excelente}), \text{ya que}$$

$$\sigma < 15$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$V = 2.07\% (\text{MUY BUENO}), \text{ya que}$$

$$V < 2. \%$$

De acuerdo a la tabla 2.10 y 2.11 los valores de desviación estándar deben estar en el rango de 0 a 15 para el cual se obtuvo como desviación estándar 10.57, y se considera como excelente según la tabla excelente en el caso de coeficiente de variante debe de estar en el rango de 0 a 2 la cual se obtuvo de 2.07% y se considera como muy bueno.

Tabla 4.33 Análisis Estadístico CP+NANOSILICE AL 1%– Resistencia a la Compresión - 28 días

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
532.47 - 534.95	533.71	1	1	533.708124	-3.98	15.81506678	15.81506678
534.95 - 537.44	536.19	1	2	536.193634	-1.49	2.223993767	2.223993767
537.44 - 539.92	538.68	2	4	1077.35829	0.99	0.988441674	1.976883348
539.92 - 542.41	541.16	1	5	541.164654	3.48	12.10841051	12.10841051

Fuente: elaboración propi

Media: u	537.68
Varianza: σ^2	8.03
Desviación estándar: σ	2.83
Coefficiente de Variación: cv	0.53

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar) para este grupo le desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 2.83(\text{Excelente}), \text{ya que}$$

$$\sigma < 15$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$V = 0.53\% (\text{Excelente}), \text{ya que}$$

$$V < 2. \%$$

De acuerdo a la tabla 2.10 y 2.11 los valores de desviación estándar deben estar en el rango de 0 a 15 para el cual se obtuvo como desviación estándar 2.83, y se considera como excelente según la tabla excelente en el caso de coeficiente de variante debe de estar en el rango de 0 a 2 la cual se obtuvo de 0.53% y se considera como excelente.

Tabla 4.34. Análisis Estadístico CP+NANOSILICE AL 1.5%– Resistencia a la Compresión - 28 días

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
528.18 - 534.53	531.35	1	1	531.354255	-10.16	103.2143547	103.2143547
534.53 - 540.88	537.70	1	2	537.703909	-3.81	14.51451863	14.51451863
540.88 - 547.23	544.05	2	4	1088.10713	2.54	6.45089717	12.90179434
547.23 - 553.58	550.40	1	5	550.403217	8.89	79.02349033	79.02349033

Fuente: elaboración propia

Media: u	541.51
Varianza: σ^2	52.41
Desviación Estándar: σ	7.23
Coefficiente de Variación: cv	1.34

Según la tabla (coeficiente de variación y desviación estándar) para este grupo le desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 7.23(\textit{Excelente}), \textit{ya que}$$

$$\sigma < 14$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$V = 1.34\% (\textit{Excelente}), \textit{ya que}$$

$$V < 2. \%$$

De acuerdo a la tabla 2.10 y 2.11 los valores de desviación estándar deben estar en el rango de 0 a 15 para el cual se obtuvo como desviación estándar 7.23, y se considera como excelente según la tabla excelente en el caso de coeficiente de variante debe de estar en el rango de 0 a 2 la cual se obtuvo de 1.34% y se considera como excelente.

Tabla 4.35. Resumen del Análisis Estadístico

ESTATIGRAFIA	0%	0.5%	1.00%	1.50%
\bar{X}	357.46	509.88	537.68	541.51
σ	2.26	10.57	2.83	7.23
cv	0.63	2.07	0.53	1.34

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla de resumen adición de nanosilice a diferentes porcentajes la desviación estándar y coeficiente de variación dando resultados excelentes en su mayoría de esta manera garantizando que se siguieron los procedimientos de los ensayos según norma de manera aceptable

4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS.

Se tiene en todos los casos dos poblaciones de interés; la primera de las muestras realizadas en el concreto patrón (u1) y la segunda muestra son los concretos adicionados con 0.5, 1.0 y 1.5% de nanosilice o Microsilice a 5%,10% y 15 % (u2), con medias y

varianzas calculadas, para lo cual se tiene que analizar si la adición de nanosílice y Microsilice incrementa o no la resistencia a compresión de la muestra, por lo que se considera que si existe incremento entonces los valores de la media serán iguales.

Para lo cual se considera primero la hipótesis alternativa unilateral.

Hipótesis nula $H_0: u_1 \geq u_2$

Hipótesis alternativa $H_a: u_1 < u_2$, se rechaza H_0 , si la muestra con adición aumenta la resistencia.

El estadístico de prueba para una distribución t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Donde:

n_1 y n_2 : Tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente.

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 : Medias de las muestras 1 y 2 respectivamente.

S_1^2 y S_2^2 : Varianzas de las muestras 1 y 2 respectivamente.

En resumen, se seguirán los seis pasos planteados en el capítulo anterior que a continuación se presentan las pruebas de hipótesis.

Para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ se tiene $T = 1.859$:

Tabla 4.36: Decisión de la hipótesis H_0 con el T_p para el concreto con microsilice y nanosilice con el concreto patrón a los 28 días

	0	0.5	1	1.5
tp		30.8694748	111.059656	17.3605958
α	0.05	0.05	0.05	0.05
n1+n2-2		8	8	8
z tabla		1.65	1.65	1.65

Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS DE LA TABLA

- Puesto que la expresión $(t_p < -t)$ o $(-30.86 < -1.859)$ es VERDADERA entonces se RECHAZA H_0 que es la resistencia del concreto sin aditivo : $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a que es la resistencia del concreto con aditivo del 0.5 % de nanosilice con un

nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%, se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con 0.5% de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patrón.

- Puesto que la expresión $(t_p < -t)$ o $-111.05 < -1.859$ es VERDADERA entonces se RECHAZA H_0 : que es la resistencia del concreto sin aditivo : $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a que es la resistencia del concreto con aditivo del 1 % de nanosilice con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%, se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con 1% de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patrón.

- Puesto que la expresión $(t_p < -t)$ o $-17.36 < -1.859$ es VERDADERA entonces se RECHAZA H_0 que es la resistencia del concreto sin aditivo : $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a que es la resistencia del concreto con aditivo del 1.5 % de nanosilice con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%, se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con 1.5% de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patrón

Tabla 4.37: Decisión de la hipótesis H_0 con el T_p para el concreto con Microsilice con el concreto patrón a los 28 días

	0	5	10	15
tp		-70.095	-73.796	-68.239
α	0.05	0.05	0.05	0.05
n1+n2-2		8	8	8
t tabla		1.859	1.859	1.859

Fuente: Elaboración propia.

- Puesto que la expresión $(t_p < -t)$ o $(-70.099 < -1.859)$ es VERDADERA entonces se RECHAZA H_0 que es la resistencia del concreto sin aditivo : $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a que es la resistencia del concreto con aditivo del 5 % de microsilice con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del

95%, se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patrón..

- Puesto que la expresión $(t_p < -t)$ o $(-73.796 < -1.859)$ es VERDADERA entonces se RECHAZA H_0 que es la resistencia del concreto sin aditivo : $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a que es la resistencia del concreto con aditivo del 10 % de microsilice con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%, se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con 10% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patrón..
- Puesto que la expresión $(t_p < -t)$ o $(-68.239 < -1.859)$ es VERDADERA entonces se RECHAZA H_0 que es la resistencia del concreto sin aditivo : $u_1 \geq u_2$ y se acepta H_a que es la resistencia del concreto con aditivo del 15 % de microsilice con un nivel de significancia de 0.05 y confiabilidad del 95%, se concluye que: La resistencia a la compresión a los 28 días desarrollada con 15% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patrón..

4.2.3. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON.

El coeficiente de correlación de Pearson, se ajusta al tipo de información cuantitativa, esto con la finalidad de detectar y medir la asociación entre variables. Los valores del coeficiente de correlación oscilan entre ± 1 , y se explica de la siguiente manera:

- El valor de $r=+1$, indica una correlación positiva perfecta o correlación directa, cuando al aumentar ó disminuir el valor de la variable

independiente, aumenta ó disminuye también el valor de la variable dependiente (pendiente positiva).

- El valor de $r=-1$, expresa una correlación inversa o relación negativa perfecta, cuando al aumentar ó disminuir el valor de la variable independiente, disminuye ó aumenta el valor de la variable dependiente (pendiente negativa).
- El valor $r=0$, indica ausencia absoluta de correlación, es decir las dos variables no están correlacionadas o relacionadas.
- El coeficiente de correlación está definido por:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2] \cdot [\sum_{i=1}^n Y_i^2 - n\bar{Y}^2]}} \dots \dots \dots (3.14)$$

- Los rangos del coeficiente de correlación, se puede interpretar haciendo uso de las siguientes expresiones:

$r=0.2$ a $r=0.3$ coeficiente de correlación muy bajo.

$r=0.4$ a $r=0.5$ coeficiente de correlación bajo.

$r=0.6$ a $r=0.7$ coeficiente de correlación alto.

$r=0.8$ a $r=1.0$ coeficiente de correlación muy alto.

4.2.4. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN.

El coeficiente de determinación R^2 , es el valor cuadrado del coeficiente r de Pearson y representa la proporción de la varianza explicada por una variable respecto a la varianza total, también se le conoce con el nombre de determinación porque se considera como medida del grado de influencia de una variable frente a la otra variable. El

coeficiente de determinación mide la proporción de la variación que se explica por la variable independiente en el modelo de regresión, y está definido por:

$$R^2 = r^2$$

Tabla 4.38: tabla de coeficiente de correlación y determinación del concreto con nanosilice a diferentes porcentajes

Resistencia del concreto nanosilice				
N°	X RESISTENCIA	Y %	Promedio	r
1	357.22	0	485.37	0.86373837
2	506.47	0.5		R
3	537.26	1		0.86373837
4	540.54	1.5		
n	4			

Fuente: elaboración propia

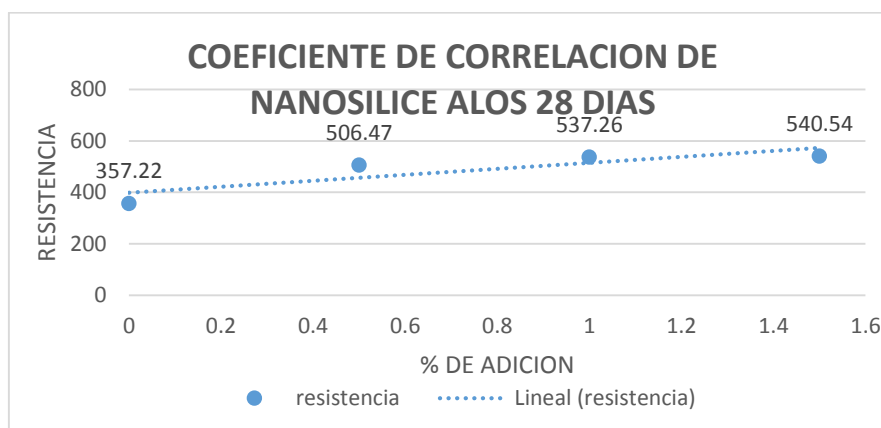


Figura 4.10: coeficiente de correlación de nanosilice

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACION: La correlación que existe entre la variable x que es la resistencia a la compresión del nanosilice a la edad de los 28 días y la variable y es el % de adición del nanosilice al concreto, el coeficiente de correlación de ambas variables es de 0.86 lo cual indica según el coeficiente de correlación Pearson que es un coeficiente de relación muy alto, esto indica que al adicionar el aditivo de nanosilice su resistencia también aumenta en forma significativa.

El valor R2 se puede interpretar que el 74.6 % de las diferencias de resistencia del concreto se debe a sus diferentes porcentajes de adición de nanosilice.

Tabla 4.39: tabla de coeficiente de correlación y determinación del concreto con microsíllice a diferentes porcentajes

Resistencia del concreto con microsíllice				
N°	X RESISTENCIA	Y %	Promedio	r
1	357.22	0	500.22	0.84063755
2	520.5	5		R
3	570.95	10		0.70667148
4	552.2	15		
n	4			

Fuente: elaboración propia

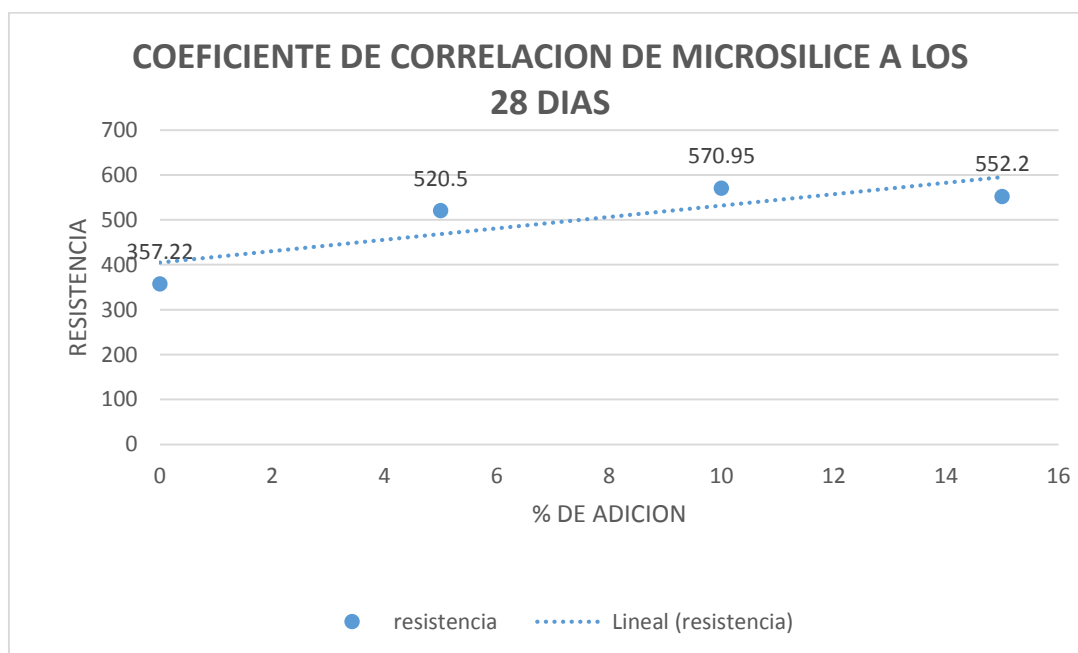


Figura 4.11: coeficiente de correlación de microsíllice
Fuente: elaboración propia

INTERPRETACION: La correlación que existe entre la variable x que es la resistencia a la compresión del microsíllice a la edad de los 28 días y la variable y es el % de adición del microsíllice al concreto, el coeficiente de correlación de ambas variables es de 0.84 lo cual indica según el coeficiente de correlación Pearson que es

un coeficiente de relación muy alto, esto indica que al adicionar el aditivo de microsilice su resistencia también aumenta en forma significativa.

El valor R^2 se puede interpretar que el 70.6 % de las diferencias de resistencia del concreto se debe a sus diferentes porcentajes de adición de microsilice

CAPITULO V

5. CONCLUSION GENERAL

De acuerdo al objetivo general el presente trabajo podemos establecer que el beneficio de la investigación radica que este es una pauta y pone en conocimiento los beneficios al aplicar los aditivos de silicio el concreto por que define claramente la comparación de la propiedad de resistencia del concreto, la cual se logró ver la realidad del microsílíce y nanosílíce así como indico en su propiedad de incrementar la resistencia a la compresión con las dosis utilizadas en esta investigación.

5.1.1. CONCLUSIONES ESPECÍFICOS

Objetivo 01:

- Los concretos con adiciones de nanosílíce reportan resistencias a la compresión superiores al concreto patrón obteniéndose mayores valores con 1.5% de nanosílíce de 540.54 kg/cm² a la edad de 28 días.
- El grado de sensibilidad de nanosílíce obteniéndose el valor más bajo $R^2=75.08\%$ para concretos con 1.0 % de nanosílíce.
- El concreto con 1.5% de nanosílíce tiene una mayor resistencia a la edad de 14 días, pero el incremento adicional a la edad de 28 días es solo del 7.2%; sin embargo, el concreto con 1.0% de nanosílíce a pesar de que tiene una menor resistencia a la edad de 14 días su incremento adicional es mucho más a la edad de 28 días de 63 %; entonces se puede concluir que a más edad del concreto las resistencias de ambas llegaron a coincidir.

Objetivo 02:

- Los concretos con adiciones de Microsilice reportan resistencias a la compresión superiores al concreto patrón obteniéndose mayores valores con 10% de Microsilice de 570.95 kg/cm² a la edad de 28 días.
- El grado de sensibilidad de microsilice obteniéndose el valor más bajo $R^2=98.24\%$ para concretos con 10 % y $R^2=98.20\%$ para concretos con 5 %
- El concreto con 10% de microsilice tiene una mayor resistencia a la edad de 14 días pero el incremento adicional a la edad de 28 días es solo del 17.32%; sin embargo, el concreto con 15% de microsilice tiene una menor resistencia a la edad de 14 días su incremento a la edad de 28 días es 14.16 %; entonces se puede concluir que a la edad de 28 días del concreto la resistencias del 10 % llega a superarlo al de 15 % en 18.72 kg/cm².

Objetivo 03:

- Se comparó el promedio de resistencia a compresión a los 28 días por el concreto con micro sílice incorporado un 10% es de 570.95 kg/cm² y representa 159.83% y el nano sílice incorporado el 1% es 537.26 kg/cm² representa el 150.40% respecto a la resistencia alcanzada por el concreto patrón de 357.22 kg/cm², incrementándose la resistencia del microsilice en 59.83% y nano sílice 50.40% por tanto microsílice al 10% y nanosilice al 1% vemos una diferencia de 9.43% a favor de microsilice.

Objetivo 04:

- El costo de producción por metro cúbico de concreto se incrementa a medida que se incrementa la adición de nanosílice y microsilice este incremento son de 7.27, 15.07 y 22.61% para 0.5, 1.0 y 1.5% de nanosílice con respecto al peso del cemento y en microsilice el incremento es de 66.9, 111.5 y 156.36 % en 5%, 10% y 15% de Microsilice con respecto al peso del cemento el análisis de costo se comparó los resultados de la resistencia a compresión de los concretos con 0.5, 1.0 y 1.5 % de nanosílice con los concretos de 507, 537 y 540 kg/cm², obteniendo un ahorro de 37.19, 41.31 y 38.38 % respectivamente y en 5, 10 y 15% de Microsilice los resultados de la resistencia a la compresión de 520, 570 y 552 kg/cm² obteniendo un ahorro de 7.82 , 9.66 y -21.14%

Otras conclusiones

- La utilidad de este trabajo nos permite conocer los costos de producción del concreto y las ganancias que se pueden dar al ser usados los aditivos silicios y se puede optar por la mejor opción, esta investigación de estudio comparativo se verá también cual es la dosis optima de porcentaje de adición al concreto con microsilice y nanosilice con respecto a su resistencia ,concluyendo y recomendando el uso del nano sílice con una dosis del 1% por tema de costo y resistencia que se puede aplicar en la construcción, ya que se logra concretos de alta resistencia se pueden diseñar o platear para obtener columnas con dimensiones más reducidas donde detallamos un ejemplo sobre las dimensiones y con menores de volúmenes de concreto de una columna en el análisis de

costos, con esto logramos reducir la carga muerta estructural, con esto se puede ver una aplicación en las edificación en la ciudad de Puno.

- Los concretos con adiciones de nanosílice reportan resistencias a la compresión superiores al concreto patrón obteniéndose mayores valores con 1.5% de nanosílice de 540.54 kg/cm² a la edad de 28 días. La cual contrastamos con los antecedentes de López, E (2017) En su tesis “Influencia del nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de puno” que dice que se obtiene mayores valores con 1.5% de nanosílice de 490.72 kg/cm² a la edad de 28 días. En la cual se contrasta que si en realidad tiene un aumento en la resistencia.
- Molina, F (2017) En sus tesis “influencia de la adición de nanosílice en las propiedades de un concreto de alta resistencia para la ciudad de Arequipa” nos dice El costo de producción de concretos de alta resistencia con microsílice en comparación con nanosílice se incrementa según la resistencia de diseño como sigue: Para $f'c = 420$ kgf/cm²: Incremento del 66.47% (S/. 214.85) del costo de producción usando microsílice en relación al uso de Nanosílice. En la cual se contrasta y si en realidad aumenta en un 66.90% al adicionar el 5% de microsílice

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda masificar su uso, porque el grado de sensibilidad más bajo para concretos con nanosilice al 1.0% es $R^2=75.08\%$; para concretos con microsilice al 10% es $R^2=98.24\%$
- Realizar investigaciones con reemplazo de nanosílice mayores al 1.5%.
- evaluar la resistencia a edades superiores a 28 días para ver la tendencia de concretos con 1.0% y 1.5% de nanosílice, y así, determinar si efectivamente llegan a coincidir.
- Evaluar la resistencia a la edad superior a los 28 días para ver la tendencia de concretos de 5% y 10% de microsilice y así determinar si llegan a coincidir
- Se recomienda usar el nanosilice por ser más bajo su costo con respecto al microsilice.
- Antes de manipular el microsilice se deben de contar con todos los equipos de protección personal mascarilla, guantes y lentes.

CAPITULO VII

7. REFERENCIAS

Abanto Castillo, F. (1994). *Tecnología del Concreto*. Lima, Perú: San Marcos.

Huincho Salvatierra, E. (2011). *Concreto de alta Resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I* (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

CEB (1996). “Durabilidad de Estructuras de Hormigon, Guía de diseño CEB”, Boletín GEHO n°12.

Alcaraz Marin, J. (2012). *Microestructura del Hormigon* (Proyecto final de Carrera). Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España.

Elias Castells, X (2012). *Reciclaje de residuos industriales* (ediciones Diaz de Santos) (1320 pag.) de Madrid, Madrid, España.

ACI 211.1-97. (1998) *Estándar Practice for Selecting Proportions for normal, Heavy Weight, Mass Concrete*.

ACI 201.2R-07. (2000). *Guide to durable concrete*. American Concrete Institute (ACI).

Al-Assadi, G. (2009). *Influencia de las Condiciones de Curado en el Comportamiento del Hormigon sometido a Ciclos Hielo-Deshielo* (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Puertos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

- Alcaraz Marin, J. (2015). *Microestructura del Hormigon con adición de Nanosilice* (Proyecto final de Carrera). Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España.
- Alizo, M.A., (2015). *Hormigones de alta resistencia con nano-adiciones y fibras de acero* (Tesis de maestría). Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Puertos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Basheer P.A.M, Chidiac S.E. y Long A.E. (1996). Predictive models for durability of concrete from its permeation properties: a review, *Construction & Building Materials*, 15, pp. 93-103.
- Becker, E. (2010). Durabilidad del hormigon. Comportamiento del hormigon estructural durante su vida de servicio, Retrieved 10/01, 2010. From <http://www.lomanegra.com.ar/pdf/trabajos/DURABILIDAD.pdf>
- Bernal Camacho, J. M. (2009). *Durabilidad en Estructuras de Concreto Armado Localizada frente a la Costa* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México.
- Calavera Ruiz, J. (2005). *Patología de Estructuras de Hormigon Armado y Pretensado* (Segunda Edición). Madrid, España: INTEMAC
- Gaynor R, D. (1985) *Understanding chloride Percentage*. Concrete International: Desing and Construction, V.7, No.9, sept.
- Henche Guijarro, C. (2011). *Analisis de la Adicion de Nano-Particulas en la Microestructura de Materiales de base cemento* (Tesis de maestría). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M.P. (2010).

Metodología de la Investigación (Quinta edición). México D.F., México:

McGraw-Hill.

ANEXOS

❖ ANEXO A-1 (ENSAYOS DE LABORATORIOS)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



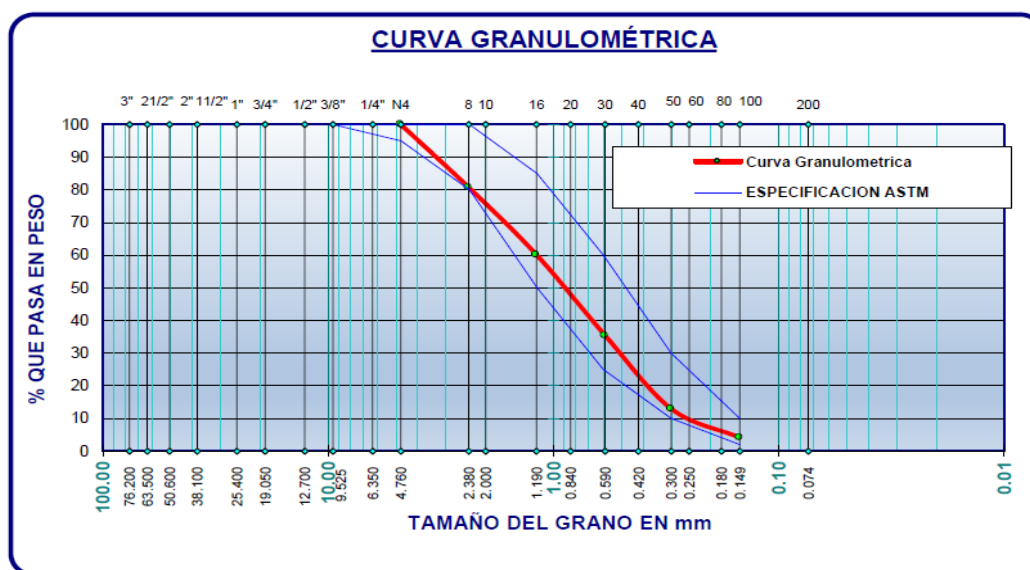
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

REALIZADO POR	:	Bach. YEHUDÉ PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR
TESIS	:	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANÓ SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO"
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	:	CUTIMBO
DISEÑO	:	F'c = 350 Kg/cm ²
FECHA	:	19 DE AGOSTO DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ASTM	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L. 1034.15 P.S. 1041.55
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525					100	
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 100	
No8	2.380	200.29	19.23	19.23	80.77	80 100	
No10	2.000						
No16	1.190	214.85	20.63	39.86	60.14	50 85	
No20	0.840						
No30	0.590	257.30	24.70	64.56	35.44	25 60	
No40	0.420						
No50	0.300	233.97	22.46	87.03	12.97	10 30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	91.94	8.83	95.85	4.15	2 10	
No200	0.074	35.80	3.44	99.29	0.71		
BASE		7.40	0.71	100.00	0.00		
TOTAL		1041.55	100.00				
% PERDIDA							

MODULO DE FINEZA 3.07

El modulo de fineza debe de estar dentro de los limites de 2.35 - 3.15, no debiendo excederse el limite en mas o menos 0.2 Max 3.35



1.1. ANEXO A-2 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO



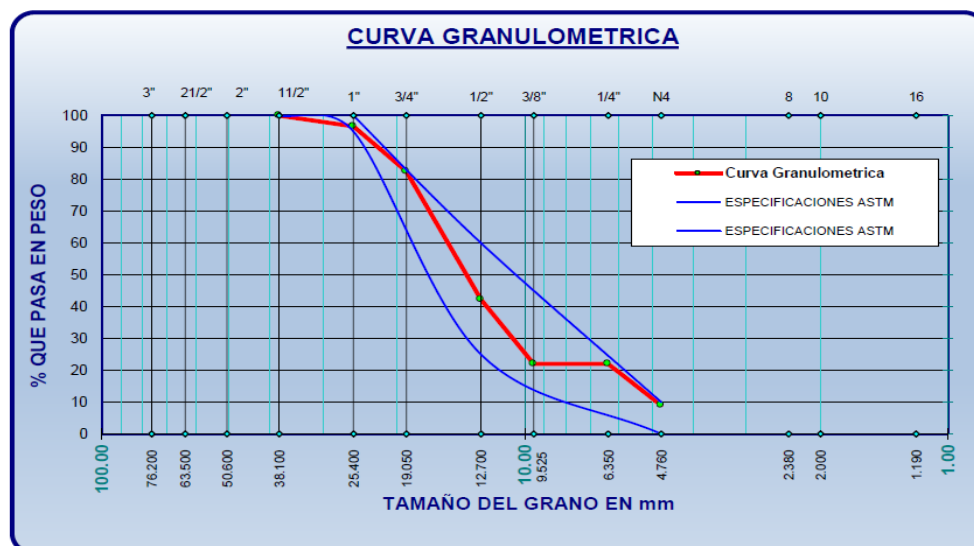
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

REALIZADO POR	:	Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR
TESIS	:	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NAÑO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO"
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	:	CUTIMBO
DISEÑO	:	F _c = 350 Kg/cm ²
FECHA	:	19 DE AGOSTO DEL 2017

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. 1" ASTM C-33-54	ESPECIFICACIONES 1" ASTM C-33
3"	76.200						P.M 1792.03
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100	-	0.00	0.00	100.00	100	
1"	25.400	60.940	3.40	3.40	96.60	95	
3/4"	19.050	252.770	14.11	17.51	82.49		
1/2"	12.700	720.820	40.22	57.73	42.27	25	
3/8"	9.525	363.390	20.28	78.01	21.99	60	
1/4"	6.350	-	0.00	78.01	21.99		
No4	4.760	393.530	21.96	99.97	9.00	0	
No8	2.380						MODULO DE FINEZA : 6.53
No10	2.000						
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						
BASE		0.58	0.03	100.00	0.00		OBS: TAMIZAR POR LA MALLA N° 4 PARA SEPARAR EL AG. GRUESO Y FINO
TOTAL		1792.030	100.00				
% PERDIDA							



1.2. ANEXO A-3 PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN AGREGADOS FINO Y GRUESO

REALIZADO POR	: Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR
TESIS	: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO"
UBICACIÓN	: FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	: CUTIMBO
DISEÑO	: F'c = 350 Kg/cm ²
FECHA	: 25 DE AGOSTO DEL 2017

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

I.- DATOS		
A	PESO SECO DE LA MUESTRA (Ws) (E-D)	475.27
B	PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (Wm+w)	706.81
C	W _{sss} + PESO DEL PICNOMETRO + AGUA (Wm+w+a)	1000.73
D	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA (W _{sss})	500.00
E	PESO DE LA TARA	172.97
F	PESO DE LA MUESTRA LLEVADA AL HORNO	648.24
II.- RESULTADOS		
1	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.31
2	PESO ESPECIFICO APARENTE S.S.S	2.43
3	PESO ESPECIFICO NOMINAL	2.62
4	PORCENTAJE DE ABSORCION :	5.20

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

I.- DATOS		
A	PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (6-5)	1509.67
B	PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	1572.40
C	PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	934.57
D	PESO SUMERGIDO DE LA CANASTILLA + MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	1356.75
E	PESO SUMERGIDO DE LA CANASTILLA	422.18
II.- RESULTADOS		
8	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.37
9	PESO ESPECIFICO APARENTE S.S.S	2.47
10	PESO ESPECIFICO NOMINAL	2.63
11	PORCENTAJE DE ABSORCION	4.16

1.3. ANEXO A-3 PESO ESPECIFICO Y UNITARIO DEL AGREGADO FINO Y



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**PESO ESPECÍFICO UNITARIO
 AGREGADOS FINO Y GRUESO**

REALIZADO POR	:	Bach. YEHUDÉ PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR
TESIS	:	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO"
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	:	CUTIMBO
DISEÑO	:	F'c = 350 Kg/cm ²
FECHA	:	26 DE AGOSTO DEL 2017

**AGREGADO FINO
 PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NUMERO	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12500.000	12505.000	12530.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7715.000	7720.000	7745.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.394	1.382	1.388
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1388		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NUMERO	I	II	III
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13055.000	13050.000	13090.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8270.000	8265.000	8305.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.494	1.479	1.489
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1487		

**AGREGADO GRUESO
 PESO UNITARIO SUELTO**

MOLDE NRO.	I	II	II
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	12775.000	12750.000	12770.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	7990.000	7965.000	7985.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.444	1.426	1.431
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1434		

PESO UNITARIO COMPACTADO

MOLDE NRO.	I	II	II
PESO DEL MOLDE gr.	4785.000	4785.000	4785.000
PESO MOLDE + MUESTRA gr.	13240.000	13240.000	13315.000
PESO DE LA MUESTRA gr.	8455.000	8455.000	8530.000
VOLUMEN DEL MOLDE cm ³ ,	5534.490	5587.410	5578.270
PESO UNITARIO Gr/Cm ³ ,	1.528	1.513	1.529
PESO UNITARIO TOTAL KG/M ³ .	1523		

GRUESO

1.4. ANEXO A-3 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO Y

GRUESO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



**CONTENIDO DE HUMEDAD
 AGREGADOS GRUESO Y FINO**

REALIZADO POR	:	Bach. YEHUDÉ PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR
TESIS	:	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO"
UBICACIÓN	:	FICA - CIUDAD UNIVERSITARIA
CANTERA	:	CUTIMBO
DISEÑO	:	$f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$
FECHA	:	18 DE AGOSTO DEL 2017

AGREGADO GRUESO

Nro. De Tara	M-01	A-3	A-11
Peso de Tara	82.54	99.60	20.41
Peso de Tara + M. Humeda	667.34	676.01	136.76
Peso de Tara + M. Seca	657.61	665.50	134.59
Peso de Agua	9.73	10.51	2.17
Peso Muestra Seca	575.07	565.90	114.18
Contenido de humedad W%	1.69	1.86	1.90
Promedio Cont. Humedad W%	1.82		

AGREGADO FINO

Nro. De Tara	M-05	V-09	A-10
Peso de Tara	86.34	110.26	20.20
Peso de Tara + M. Humeda	645.02	715.17	152.89
Peso de Tara + M. Seca	630.47	698.34	149.15
Peso de Agua	14.55	16.83	3.74
Peso Muestra Seca	544.13	588.08	128.95
Contenido de humedad W%	2.67	2.86	2.90
Promedio Cont. Humedad W%	2.81		



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECAÁNICA



INFORME 0068 – 2017-LG&G-FIM-UNA-PUNO.

***ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS
DE CONCRETO**

SOLICITADO POR:

Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROYECTO:

TESIS: “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO”

UBICACIÓN

CANTERA CUTIMBO

MUESTRA:

24 BRIQUETAS PATRÓN

FECHA:

05 DICIEMBRE, 2017

Nota:

- La empresa solicitante es responsable por la toma de muestras en campo.
- La información correspondiente a las muestras fue proporcionada por el cliente.



Edy Huanca Tito
CIP: 152122
INGENIERO DE MINAS

Ing. Edy Huanca Tito
Laboratorio de Geotecnia y Geomecánica
Facultad de Ingeniería de Minas

Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
Teléfono fijo: 051- 366193;
E-mail: unaminas@gmail.com
Web: <http://web.unap.edu.pe/web4/minas>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECÁNICA

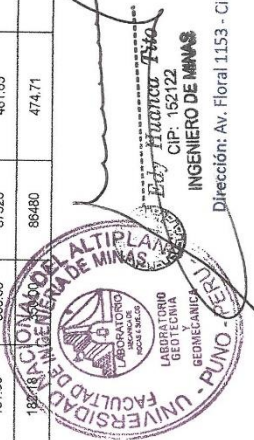
ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0068-2017-LG&G-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA DE EMISIÓN : 05/12/2017.
 SOLICITADO POR : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
 : Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR
 PROYECTO : TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO"
 UBICACIÓN : CANTERA CUTIMBO - PUNO.
 MUESTRA : 24 BRIQUETAS PATRÓN.
 TECNICO : ING. EDY HUANCA TITO & B. SC. IVAN LAURA NINA.
 RESPONSABLE : DR. E. ALFREDO CÁMAC TORRES.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	PROMEDIO ALTURA (cm)	R (H/D)	FACTOR DE CORRECCIÓN	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	RESISTENCIA CONCRETO CORREGIDA (Kg-f/cm²)	% de Resistencia	% de Resistencia CORREGIDA
1	CP+0.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.32	30.20	1.97	0.98774	184.25	350.00	76160	413.29	412.35	118.08	117.81
2	CP+0.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.30	30.50	1.99	0.98944	183.93	350.00	75920	412.76	412.53	117.93	117.86
3	CP+1 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.22	30.80	2.01	1.00081	182.02	350.00	59970	329.48	329.74	94.14	94.21
4	CP+1 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.25	30.55	2.00	1.00023	182.73	350.00	59830	327.42	327.49	93.55	93.57
5	CP+1.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.35	30.75	2.00	1.00020	184.98	350.00	90970	491.79	491.94	140.51	140.55
6	CP+1.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.34	30.10	1.98	0.98964	184.90	350.00	92140	498.33	496.81	142.38	141.95
7	CP+5MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.27	30.50	2.00	0.99976	183.21	350.00	89340	487.63	487.51	139.32	139.29
8	CP+5MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.28	30.50	2.00	0.99993	182.81	350.00	89650	490.39	490.36	140.11	140.10
9	CP+10MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.22	30.45	2.00	1.00002	182.02	350.00	85960	472.27	472.27	134.93	134.94
10	CP+10MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.09	30.52	2.02	1.00184	178.76	350.00	85710	479.46	480.34	136.99	137.24
11	CP+15MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.19	30.30	1.99	0.99954	181.30	350.00	87320	481.63	481.41	137.61	137.55
12	CP+15MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	23/10/2017	14	15.23	30.80	2.02	1.00179	182.02	350.00	86480	474.71	475.56	135.63	135.87

Observaciones:

- La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
- Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA Puno.



Dirección: Av. Floral 1153 - Ciudad Universitaria - Pab. Ing. de Minas - Puno
 Teléfono fijo: 051- 366193;
 E-mail: unaminas@gmail.com
 Web: http://web.unap.edu.pe/web4/minas



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECÁNICA

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE BRIQUETAS DE CONCRETO.

INFORME N° : 0068-2017-LG&G-FIM-UNA-PUNO.
 REFERENCIA : ASTM C 39, AASHTO T22.
 FECHA DE EMISIÓN : 05/12/2017.
 SOLICITADO POR : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
 Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR
 PROYECTO : TESIS: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO"
 UBICACIÓN : CANTERA CUTIMBO – PUNO.
 MUESTRA : 24 BRIQUETAS PATRÓN
 TECNICO : ING. EDY HUANCA TITO & B. SC. IVAN LAURA NINA.
 RESPONSABLE : DR. E. ALFREDO CÁMAC TORRES.

N° de Ensayo	REGISTRO DE PROBETA	ELEMENTO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	PROMEDIO DIAMETRO (cm)	PROMEDIO ALTURA (cm)	R (H/D)	FACTOR DE CORRECCIÓN	AREA DE BRIQUETA (cm²)	REST. DISEÑO (kg/cm²)	LECTURA DEL DIAL (Kg-f)	RESISTENCIA CONCRETO (Kg-f/cm²)	RESISTENCIA CONCRETO CORREGIDA (Kg-f/cm²)	% de Resistencia	% de Resistencia CORREGIDA
13	CP+0.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.25	30.50	2.00	1.00003	182.57	350.00	89280	488.90	488.91	139.88	139.89
14	CP+0.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.24	30.30	1.99	0.99902	182.49	350.00	89980	487.47	486.99	139.28	139.14
15	CP+1 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.32	30.45	1.99	0.99904	184.25	350.00	97410	528.67	528.16	151.05	150.90
16	CP+1 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.30	30.60	2.00	1.00000	183.65	350.00	98940	538.14	538.14	153.78	153.78
17	CP+1.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.29	30.75	2.01	1.00089	183.61	350.00	97190	529.32	528.79	151.23	151.37
18	CP+1.5 NS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.36	30.90	2.01	1.00090	185.38	350.00	98330	535.82	536.30	153.09	153.23
19	CP+5MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.25	31.05	2.04	1.00292	182.57	350.00	94470	517.43	518.94	147.84	148.27
20	CP+5MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.21	31.20	2.05	1.00407	181.78	350.00	94450	519.59	521.71	148.46	148.06
21	CP+10MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.30	31.35	2.05	1.00389	183.93	350.00	105530	573.74	575.97	163.93	164.56
22	CP+10MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.29	31.50	2.08	1.00461	183.61	350.00	106100	577.84	580.83	165.10	166.89
23	CP+15MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.28	31.65	2.07	1.00571	183.37	350.00	100770	549.53	552.87	157.01	157.91
24	CP+15MS	BRIQUETA PATRÓN	09/10/2017	08/11/2017	28	15.03	31.80	2.12	1.00922	183.00	350.00	97500	549.29	554.96	156.94	156.39

Observaciones:

- La MUESTRA ha sido identificada y entregada por el solicitante. Estos datos se aplican solo a las muestras indicadas.
- Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin la autorización del Laboratorio de la FIM UNA PUNO.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES



CERTIFICADO

El que suscribe jefe de laboratorio de construcciones de la escuela profesional de ingeniería civil
CERTIFICA:

Que los Sres. PITHER, PACHACÚTEC GUTIÉRREZ con DNI 46513148, NINGER GROVER VILCA SALAZAR con DNI 43287125, Bachilleres en ciencias de la ingeniería civil, de la facultad de ingeniería civil y arquitectura, han realizado ensayos de laboratorio para la investigación de proyecto de tesis con tema "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO – PUNO" del cual doy fe.

Dichos ensayos son los siguientes:

- ❖ 01 ensayo de contenido de humedad para agregados (grueso-fino).
- ❖ 01n ensayo de peso unitario de los agregados (grueso-fino).
- ❖ 01 ensayo de granulometría para agregado (grueso-fino).
- ❖ 01 ensayo peso específico y absorción del agregado grueso.
- ❖ 01 ensayo peso específico y absorción del agregado fino.
- ❖ Ensayo de compresión simple de briquetas de concreto.
 - 15 briquetas concreto patrón.
 - 15 briquetas concreto patrón + 0.50 % de nanosilice.
 - 15 briquetas concreto patrón + 1.00% de nanosilice.
 - 15 briquetas concreto patrón + 1.50 % de nanosilice.
 - 15 briquetas concreto patrón + 5.00 % de microsilice.
 - 15 briquetas concreto patrón + 10.00 % de microsilice.
 - 15 briquetas concreto patrón + 15.00 % de microsilice.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para lo fines que vea por conveniente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.I.C.A.

MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO

Ing. Gino F. Laque Córdova
Jefe de laboratorio de construcciones



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.I.C.

Ing. Guillermo Isidro Perca
TÉCNICO DE LABORATORIO

Ing. Guillermo Isidro Perca
Encargado del laboratorio de construcciones



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACION DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SILICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO*

TESISTA : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTECH GUTIERREZ
Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROBETA N°	DESCRIPCION	FECHA DE INICIO	FECHA DE ROTURA	EDAD [días]	DIMENSIONES			PROMEDIO	ALTURA [cm]	AREA DE PROJECCION [cm²]	PESO [g]	LECTURA DEL DIAL [kg-f]	RESISTENCIA		SUDJMP	% DE RESISTENCIA
					DIAMETRO [mm]		DIAMETRO [kg/cm²]						RESERVA [kg/cm²]			
					DIAM 1	DIAM 2										
1	CP-01	12/09/2017	18/09/2017	7	15,30	15,22	15,20	15,24	30,20	182,41	11,62	41800	350	229,148	6-7	65
2	CP-02	12/09/2017	18/09/2017	7	15,22	15,24	15,23	15,23	30,50	182,18	11,82	41980	350	230,163	6-7	66
3	CP-03	12/09/2017	18/09/2017	7	15,20	15,19	15,22	15,20	30,60	181,54	12,22	41620	350	229,263	6-7	66
4	CP-04	12/09/2017	18/09/2017	7	15,23	15,26	15,22	15,24	30,55	182,33	12,45	40870	350	224,148	6-7	64
5	CP-05	12/09/2017	18/09/2017	7	15,24	15,18	15,25	15,22	30,75	182,02	12,35	41280	350	226,793	6-7	65
6	CP-06	10/09/2017	23/09/2017	14	15,30	15,22	15,20	15,24	30,10	182,41	12,55	56400	350	309,186	6-7	88
7	CP-07	10/09/2017	23/09/2017	14	15,20	15,19	15,23	15,23	30,50	182,18	12,97	57440	350	315,301	6-7	90
8	CP-08	10/09/2017	23/09/2017	14	15,23	15,26	15,19	15,23	30,50	181,62	12,62	57920	350	318,912	6-7	91
9	CP-09	10/09/2017	23/09/2017	14	15,23	15,26	15,19	15,23	30,45	182,10	12,46	55920	350	307,091	6-7	88
10	CP-10	10/09/2017	23/09/2017	14	15,24	15,18	15,25	15,22	30,52	182,02	12,46	57630	350	316,621	6-7	90
11	CP-11	09/09/2017	06/10/2017	28	15,17	15,29	15,25	15,24	30,30	182,33	12,65	65420	350	358,79	6-7	103
12	CP-12	09/09/2017	06/10/2017	28	15,15	15,10	15,12	15,12	30,80	179,63	12,60	64520	350	359,178	6-7	103
13	CP-13	09/09/2017	06/10/2017	28	15,24	15,23	15,27	15,25	30,50	182,57	12,35	65430	350	358,375	6-7	102
14	CP-14	09/09/2017	06/10/2017	28	15,25	15,19	15,26	15,23	30,30	182,26	12,77	64420	350	353,461	6-7	101
15	CP-15	09/09/2017	06/10/2017	28	15,23	15,18	15,26	15,22	30,45	182,02	12,24	64840	350	356,233	6-7	102



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
Ing. Guillermo Pardo Perca
LABORATORIO TECNICO / DE

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-FICA
MSc. Ing. Girard-Luzette Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS : "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SILICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO"
TESISTA : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
 Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROBETA N°	DESCRIPCION	FECHA DE HOLIDO	FECHA DE ROTURA	Edad (días)	DIMENSIONES			PROMEDIO	ALTURA (cm)	AREA DE BRUQUETA (cm²)	PESO (g)	LECTURA DEL DMA (kg-c)	RESISTENCIA		SLUMP	% DE RESISTENCIA
					DIAMETRO (cm)								DISEÑO (kg/cm²)	ROTURA (kg/cm²)		
					DIAM. 1	DIAM. 2	DIAM. 3									
1	0.5 NS-01	12/09/2017	18/09/2017	7	15,24	15,25	15,30	15,26	30,20	182,97	11,35	52890	350	289,058	6-7	83
2	0.5 NS-02	12/09/2017	18/09/2017	7	15,26	15,40	15,32	15,33	30,50	184,50	12,15	53890	350	292,094	6-7	83
3	0.5 NS-03	12/09/2017	18/09/2017	7	15,27	15,30	15,25	15,27	30,60	183,21	12,03	53290	350	290,863	6-7	83
4	0.5 NS-04	12/09/2017	18/09/2017	7	15,17	15,14	15,20	15,17	30,55	180,74	11,46	51890	350	287,093	6-7	82
5	0.5 NS-05	12/09/2017	18/09/2017	7	15,30	15,25	15,20	15,25	30,75	182,65	11,23	53950	350	295,367	6-7	84
6	0.5 NS-06	11/09/2017	25/09/2017	14	15,30	15,20	15,25	15,25	30,10	182,65	12,55	76750	350	420,193	6-7	120
7	0.5 NS-07	11/09/2017	25/09/2017	14	15,32	15,25	15,20	15,26	30,50	182,81	11,57	75860	350	415,0	6-7	119
8	0.5 NS-08	11/09/2017	25/09/2017	14	15,28	15,19	15,22	15,20	30,50	181,38	12,01	75380	350	415,594	6-7	119
9	0.5 NS-09	11/09/2017	25/09/2017	14	15,23	15,25	15,19	15,22	30,45	182,02	11,46	72950	350	400,789	6-7	115
10	0.5 NS-10	11/09/2017	25/09/2017	14	15,24	15,26	15,25	15,25	30,52	182,65	11,79	73750	350	403,769	6-7	115
11	0.5 NS-11	09/09/2017	06/10/2017	28	15,28	15,24	15,30	15,27	30,30	183,21	11,56	89850	350	490,411	6-7	140
12	0.5 NS-12	09/09/2017	06/10/2017	28	15,35	15,24	15,36	15,32	30,80	184,25	11,36	92360	350	501,263	6-7	143
13	0.5 NS-13	09/09/2017	06/10/2017	28	15,27	15,30	15,25	15,27	30,50	183,21	11,79	93260	350	509,0	6-7	145
14	0.5 NS-14	09/09/2017	06/10/2017	28	15,17	15,14	15,20	15,17	30,30	180,74	11,23	94180	350	521,072	6-7	149
15	0.5 NS-15	09/09/2017	06/10/2017	28	15,30	15,25	15,20	15,25	30,45	182,65	11,57	93260	350	510,582	6-7	146



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 Ing. Giner Laque Cordova
 TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 MSc. Ing. Giner Laque Cordova
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS : "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SÍLICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO"
 TESIS : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
 Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROBETA N°	DESCRIPCION	FECHA DE MOLEDO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Años)	DIMENSIONES			PROMEDIO	ALTURA (cm)	AREA DE BRIGUETA (cm²)	PESO (g)	LECTURA DEL BAL (kg-f)	RESISTENCIA		SLUMP	% DE RESISTENCIA
					Diámetro (mm)	Diámetro 1	Diámetro 3						DESRO	ROTURA (kg-f/cm²)		
1	1 NS -01	12/09/2017	18/09/2017	7	15,24	15,25	15,30	15,26	30,20	182,97	12,62	49980	350	273,154	6-7	78
2	1 NS -02	12/09/2017	18/09/2017	7	15,26	15,40	15,32	15,33	30,50	184,50	12,82	50480	350	273,611	6-7	78
3	1 NS -03	12/09/2017	18/09/2017	7	15,27	15,30	15,25	15,27	30,60	183,21	12,82	50960	350	278,145	6-7	79
4	1 NS -04	12/09/2017	18/09/2017	7	15,17	15,25	15,20	15,21	30,55	181,62	12,45	51200	350	281,911	6-7	81
5	1 NS -05	12/09/2017	18/09/2017	7	15,30	15,25	15,20	15,25	30,75	182,65	12,35	50280	350	275,274	6-7	79
6	1 NS -06	11/09/2017	25/09/2017	14	15,18	15,22	15,20	15,20	30,10	181,46	12,55	59370	350	327,182	6-7	93
7	1 NS -07	11/09/2017	25/09/2017	14	15,23	15,24	15,23	15,23	30,50	182,26	12,47	58880	350	323,064	6-7	92
8	1 NS -08	11/09/2017	25/09/2017	14	15,20	15,19	15,22	15,20	30,50	181,54	12,68	60370	350	332,547	6-7	95
9	1 NS -09	11/09/2017	25/09/2017	14	15,23	15,26	15,19	15,23	30,45	182,10	12,46	59270	350	325,488	6-7	93
10	1 NS -10	11/09/2017	25/09/2017	14	15,24	15,18	15,25	15,22	30,52	182,02	12,46	60570	350	332,773	6-7	95
11	1 NS -11	10/09/2017	07/10/2017	28	15,21	15,20	15,25	15,22	30,30	181,94	12,65	98370	350	540,684	6-7	154
12	1 NS -12	10/09/2017	07/10/2017	28	15,18	15,26	15,20	15,21	30,80	181,78	12,57	97470	350	536,207	6-7	153
13	1 NS -13	10/09/2017	07/10/2017	28	15,24	15,23	15,26	15,24	30,50	182,49	12,35	97170	350	532,454	6-7	152
14	1 NS -14	10/09/2017	07/10/2017	28	15,24	15,19	15,26	15,23	30,30	182,18	12,77	98020	350	538,053	6-7	154
15	1 NS -15	10/09/2017	07/10/2017	28	15,23	15,19	15,26	15,23	30,45	182,10	12,24	98130	350	538,893	6-7	154



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-E.P.I.C.
 MS2 Ing. Gino Zaque Córdoba
 JEFE DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES E.P.I.C.
 Ing. GERMÁN ISIDRO PERCU
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS : "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SILICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO"

TESISTA : Bach. YEHUDE PITHHER PACHACUTEC GUTIERREZ
 Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROBETA N°	DESCRIPCION	FECHA DE MOLEDO	FECHA DE VOTILUA [Mes]	EDAD [Mes]	DIMENSIONES				ALTEURA [cm]	AREA DE SECCIONETA [cm ²]	PESO [g]	LECTURA DEL DIAL [kg-f]	RESISTENCIA		SLUMP	N. DE RESISTENCIA
					DIAMETRO [cm]		PROMEDIO	DIRECCION [kg/cm ²]					ROTURA [kg-f/cm ²]			
					DIAM 1	DIAM 2								DIAM 3		
1	1.5 NS -01	12/09/2017	18/09/2017	7	15,30	15,22	15,20	15,24	30,20	182,41	12,62	73750	350	404,299	6-7	116
2	1.5 NS -02	12/09/2017	18/09/2017	7	15,22	15,24	15,23	15,23	30,50	182,18	12,82	68520	350	376,121	6-7	107
3	1.5 NS -03	12/09/2017	18/09/2017	7	15,20	15,19	15,22	15,20	30,60	181,54	12,83	69450	350	382,565	6-7	109
4	1.5 NS -04	12/09/2017	18/09/2017	7	15,23	15,26	15,22	15,24	30,55	182,33	12,45	72150	350	395,7	6-7	113
5	1.5 NS -05	12/09/2017	18/09/2017	7	15,24	15,18	15,25	15,22	30,75	182,02	12,35	74250	350	407,951	6-7	117
6	1.5 NS -06	11/09/2017	25/09/2017	14	15,30	15,22	15,20	15,24	30,10	182,41	12,55	90940	350	498,534	6-7	142
7	1.5 NS -07	11/09/2017	25/09/2017	14	15,22	15,24	15,23	15,23	30,50	182,18	12,47	91960	350	504,788	6-7	144
8	1.5 NS -08	11/09/2017	25/09/2017	14	15,20	15,19	15,23	15,21	30,50	181,62	12,68	92940	350	511,735	6-7	146
9	1.5 NS -09	11/09/2017	25/09/2017	14	15,23	15,26	15,19	15,23	30,45	182,10	12,46	91880	350	504,295	6-7	144
10	1.5 NS -10	11/09/2017	25/09/2017	14	15,24	15,18	15,25	15,22	30,52	182,02	12,46	91340	350	501,824	6-7	143
11	1.5 NS -11	10/09/2017	07/10/2017	28	15,17	15,29	15,25	15,24	30,30	182,33	12,65	98420	350	539,776	6-7	154
12	1.5 NS -12	10/09/2017	07/10/2017	28	15,15	15,10	15,12	15,12	30,80	179,63	12,57	97350	350	541,94	6-7	155
13	1.5 NS -13	10/09/2017	07/10/2017	28	15,24	15,23	15,27	15,25	30,50	182,57	12,35	96430	350	528,168	6-7	151
14	1.5 NS -14	10/09/2017	07/10/2017	28	15,25	15,19	15,26	15,23	30,30	182,26	12,77	100090	350	549,175	6-7	157
15	1.5 NS -15	10/09/2017	07/10/2017	28	15,23	15,18	15,26	15,22	30,45	182,02	12,57	98940	350	543,579	6-7	155



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 Ing. Guillermo Isidro Perca
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - FICA
 MSc. Ing. Gino F. Zaque Córdova
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS : "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SILICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO"
TESISTA : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROBETA N°	DESCRIPCION	FECHA DE MOLEDO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIMENSIONES			PROMEDIO	ALTURA (cm)	AREA DE BRICUJETA (cm²)	PESO (kg)	LECTURA DEL DIAL (kg-f)	RESISTENCIA		SLUMP	% DE RESISTENCIA
					DIAMETRO (cm)		DISEÑO						ROTURA (kg-f/cm²)			
					DIAM. 1	DIAM. 2								DIAM. 3		
1	5 MS-01	12/09/2017	18/09/2017	7	15,23	15,32	15,32	15,29	30,20	183,61	12,34	63250	350	344,473	6-7	98
2	5 MS-02	12/09/2017	18/09/2017	7	15,22	15,26	15,36	15,28	30,50	183,37	12,50	62840	350	342,689	6-7	98
3	5 MS-03	12/09/2017	18/09/2017	7	15,22	15,40	15,34	15,32	30,60	184,33	11,90	63060	350	342,095	6-7	98
4	5 MS-04	12/09/2017	18/09/2017	7	15,28	15,32	15,34	15,31	30,55	184,17	11,46	61950	350	336,366	6-7	96
5	5 MS-05	12/09/2017	18/09/2017	7	15,40	15,28	15,24	15,31	30,75	184,01	11,89	64130	350	348,506	6-7	100
6	5 MS-06	11/09/2017	25/09/2017	14	15,27	15,25	15,30	15,27	30,10	183,21	12,45	85900	350	468,852	6-7	100
7	5 MS-07	11/09/2017	25/09/2017	14	15,27	15,30	15,20	15,26	30,50	182,81	12,23	89610	350	490,171	6-7	140
8	5 MS-08	11/09/2017	25/09/2017	14	15,25	15,19	15,24	15,23	30,50	182,10	12,34	87520	350	480,627	6-7	137
9	5 MS-09	11/09/2017	25/09/2017	14	15,23	15,23	15,22	15,23	30,45	182,10	12,67	86450	350	474,751	6-7	136
10	5 MS-10	11/09/2017	25/09/2017	14	15,26	15,20	15,25	15,24	30,52	182,33	12,34	88120	350	483,287	6-7	138
11	5 MS-11	10/09/2017	07/10/2017	28	15,28	15,20	15,26	15,25	30,30	182,57	12,34	94510	350	517,652	6-7	148
12	5 MS-12	10/09/2017	07/10/2017	28	15,18	15,26	15,20	15,21	30,80	181,78	12,38	95420	350	524,929	6-7	150
13	5 MS-13	10/09/2017	07/10/2017	28	15,22	15,23	15,20	15,22	30,50	181,86	11,95	93560	350	514,471	6-7	147
14	5 MS-14	10/09/2017	07/10/2017	28	15,24	15,25	15,26	15,25	30,30	182,65	11,45	94810	350	519,068	6-7	148
15	5 MS-15	10/09/2017	07/10/2017	28	15,20	15,28	15,24	15,24	30,45	182,41	11,34	96020	350	526,383	6-7	150



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
Ing. Guillermo Siro Percha
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
MSC. Ing. Gino F. Laque Córdova
JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.

ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS : "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SILICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO"
TESISTA : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
 Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROBETA N°	DESCRIPCION	FECHA DE MUESTRO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	DIAMETRO (cm)		PROFUNDIDAD	ALTURA (cm)	AREA DE SECCION (cm²)	PESO (kg)	LECCION DEL PISO (kg)	RESISTENCIA		SILUMP	% DE RESISTENCIA
					DIAMETRO 1	DIAMETRO 2						COMPRESION (kg/cm²)	ROTURA (kg/cm²)		
1	10 MS-01	13/09/2017	19/10/2017	7	15.24	15.25	15.30	30.20	182.97	12.62	68450	350	374.097	6-7	107
2	10 MS-02	13/09/2017	19/10/2017	7	15.26	15.40	15.32	30.50	184.50	12.82	65780	350	356.54	6-7	102
3	10 MS-03	13/09/2017	19/10/2017	7	15.27	15.30	15.25	30.60	183.21	12.82	64780	350	353.577	6-7	101
4	10 MS-04	13/09/2017	19/10/2017	7	15.17	15.14	15.20	30.55	180.74	12.45	67890	350	375.617	6-7	107
5	10 MS-05	13/09/2017	19/10/2017	7	15.30	15.25	15.20	30.75	182.65	12.35	66250	350	362.707	6-7	104
6	10 MS-06	11/09/2017	25/09/2017	14	15.30	15.20	15.25	30.10	182.65	12.55	89230	350	488.519	6-7	140
7	10 MS-07	11/09/2017	25/09/2017	14	15.32	15.25	15.20	30.50	182.81	12.47	89670	350	490.499	6-7	140
8	10 MS-08	11/09/2017	25/09/2017	14	15.18	15.19	15.22	30.50	181.38	12.68	88560	350	488.26	6-7	140
9	10 MS-09	11/09/2017	25/09/2017	14	15.23	15.25	15.19	30.45	182.02	12.46	87980	350	483.364	6-7	138
10	10 MS-10	11/09/2017	25/09/2017	14	15.24	15.26	15.25	30.52	182.65	12.46	88120	350	482.442	6-7	138
11	10 MS-11	10/09/2017	07/10/2017	28	15.21	15.20	15.25	30.30	181.94	12.65	102790	350	564.978	6-7	161
12	10 MS-12	10/09/2017	07/10/2017	28	15.18	15.26	15.20	30.80	181.78	12.57	105000	350	577.631	6-7	165
13	10 MS-13	10/09/2017	07/10/2017	28	15.24	15.23	15.26	30.50	182.49	12.35	103550	350	567.414	6-7	162
14	10 MS-14	10/09/2017	07/10/2017	28	15.24	15.19	15.26	30.30	182.18	12.77	105510	350	579.167	6-7	165
15	10 MS-15	10/09/2017	07/10/2017	28	15.23	15.19	15.26	30.45	182.10	12.24	102980	350	565.527	6-7	162



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 Ing. Guillermo Osorio Perca
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 MSC. Ing. Giertrude Córdova
 JEFE DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETA CILINDRICA DE CONCRETO (ASTM C-39)



TESIS : *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO UTILIZANDO MICRO Y NANO SILICE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO - PUNO*
 TESISISTA : Bach. YEHUDE PITHER PACHACUTEC GUTIERREZ
 Bach. NINGER GROVER VILCA SALAZAR

PROBETA N°	DESCRIPCION	FECHA DE MUESTRO	FECHA DE NOTIFIA	EDAD (Años)	DIMENSIONES				ALTIMETRIA (m)	AREA DE PROYECTA (mm²)	PESO (kg)	LECTURA DEL PDA (kg-f)	RESISTENCIA		SLUMP	% DE RESISTENCIA
					DIAM 1	DIAM 2	DIAM 3	PROMEDIADO					DISEÑO (kg/cm²)	ROTORA (kg/cm²)		
1	15 MS-01	13/09/2017	19/10/2017	7	15,28	15,24	15,30	15,27	30,20	183,21	12,62	63450	350	346,317	6-7	99
2	15 MS-02	13/09/2017	19/10/2017	7	15,35	15,24	15,36	15,32	30,50	184,25	12,82	62520	350	339,313	6-7	97
3	15 MS-03	13/09/2017	19/10/2017	7	15,27	15,30	15,25	15,27	30,60	183,21	12,82	61450	350	335,401	6-7	96
4	15 MS-04	13/09/2017	19/10/2017	7	15,17	15,14	15,20	15,17	30,55	180,74	12,45	64150	350	354,924	6-7	101
5	15 MS-05	13/09/2017	19/10/2017	7	15,30	15,25	15,20	15,25	30,75	182,65	12,35	63250	350	346,283	6-7	99
6	15 MS-06	11/09/2017	25/09/2017	14	15,30	15,22	15,20	15,24	30,10	182,41	12,55	88080	350	482,856	6-7	138
7	15 MS-07	11/09/2017	25/09/2017	14	15,22	15,24	15,23	15,23	30,50	182,18	12,47	88000	350	483,051	6-7	138
8	15 MS-08	11/09/2017	25/09/2017	14	15,20	15,19	15,22	15,20	30,50	181,54	12,68	89150	350	491,082	6-7	140
9	15 MS-09	11/09/2017	25/09/2017	14	15,23	15,26	15,19	15,23	30,45	182,10	12,46	87450	350	480,242	6-7	137
10	15 MS-10	11/09/2017	25/09/2017	14	15,24	15,18	15,25	15,22	30,52	182,02	12,46	87560	350	481,057	6-7	137
11	15 MS-11	10/09/2017	07/10/2017	28	15,30	15,29	15,25	15,28	30,30	183,37	12,65	100420	350	547,625	6-7	156
12	16 MS-12	10/09/2017	07/10/2017	28	15,00	15,10	15,12	15,07	30,80	178,45	12,57	100350	350	562,353	6-7	161
13	16 MS-13	10/09/2017	07/10/2017	28	15,24	15,23	15,26	15,24	30,50	182,49	12,35	100450	350	550,428	6-7	157
14	16 MS-14	10/09/2017	07/10/2017	28	15,24	15,19	15,26	15,23	30,30	182,18	12,77	100180	350	549,91	6-7	157
15	16 MS-15	10/09/2017	07/10/2017	28	15,23	15,19	15,26	15,23	30,45	182,10	12,24	100270	350	550,645	6-7	157



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 Ing. Guillermo Isidro Perca
 TECNICO DE LABORATORIO

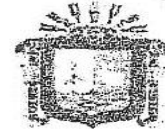
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES - E.P.I.C.
 MSc. Ing. Gino E. Laque Córdova
 JEFE DE LABORATORIO

"Diseño de mezclas de Concreto Compactado con Rodillo mediante el método de filosofía de suelos y utilizando agregados de la cantera Cutimbo, para pavimentos rígidos de la ciudad de Puno"

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

COSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA

Hace constar:

Que el tesista, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **José Carlos Arizapana Zamata**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: " **DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO MEDIANTE EL MÉTODO DE FILOSOFÍA DE SUELOS Y UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA CUTIMBO, PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS DE LA CIUDAD DE PUNO** ".

Los ensayos que realizo son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	CANTIDAD
1	Diseño de Mezclas	1
2	Proctor Modificado	3
3	Humedecimiento y Secado	3
4	Abrasión los Angeles	2
5	Congelamiento y Deshielo	3
6	Vaciado y curado de briquetas compactadas	90

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 02 de Diciembre del 2015.



[Signature]
 Mariano Roberto García Loayza
 ING. CIVIL
 Reg. CIP. 26223

"Diseño de mezclas de Concreto Compactado con Rodillo mediante el método de filosofía de suelos y utilizando agregados de la cantera Cutimbo, para pavimentos rígidos de la ciudad de Puno"

CAPÍTULO III : PROPIEDADES DEL
AGREGADO



3.2.6 ABRASIÓN LOS ÁNGELES

Ensayo que permite determinar la resistencia que presenta el agregado grueso frente al desgaste abrasivo empleando por la Máquina de los Ángeles. Se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 207 – 2000; ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5mm (1 ½"), el cual está basado en la norma ASTM C 131.

EQUIPO UTILIZADO

- Horno 105 +/- 5 °C.
- Tamices 3/4", 1/2", 3/8" y N°12.
- Balanza.
- Equipo de LOS ANGELES.
- Bandeja y Cucharón.

PROCEDIMIENTO

- Se selecciona el método y el material, en caso se trata del método B; el total del material es 5000g, 2500g de material pasante de la malla 3/4" y retenido en la malla 1/2" y 2500g de material pasante de la malla 1/2" y retenido en la malla 3/8". En caso se trata de método C; el total del material es 5000g, 2500gr de material pasante de la malla 3/8" y retenido en la malla 1/4" y 2500g de material pasante de la malla 1/4" y retenido en la malla N° 04.
- El material a ser utilizado en el ensayo deberá estar lavado y seco.
- La norma establece que para el método de ensayo B se usan 11 esferas, estas junto con el total del material se depositan en la máquina de Los Angeles y se programa, según indica el manual, 500 revoluciones a 30 – 33rpm.

"Diseño de mezclas de Concreto Compactada con Rodillo mediante el método de filosofía de suelos y utilizando agregados de la cantera Cutimbo, para pavimentos rígidos de la ciudad de Puno"

CAPÍTULO III : PROPIEDADES DEL AGREGADO

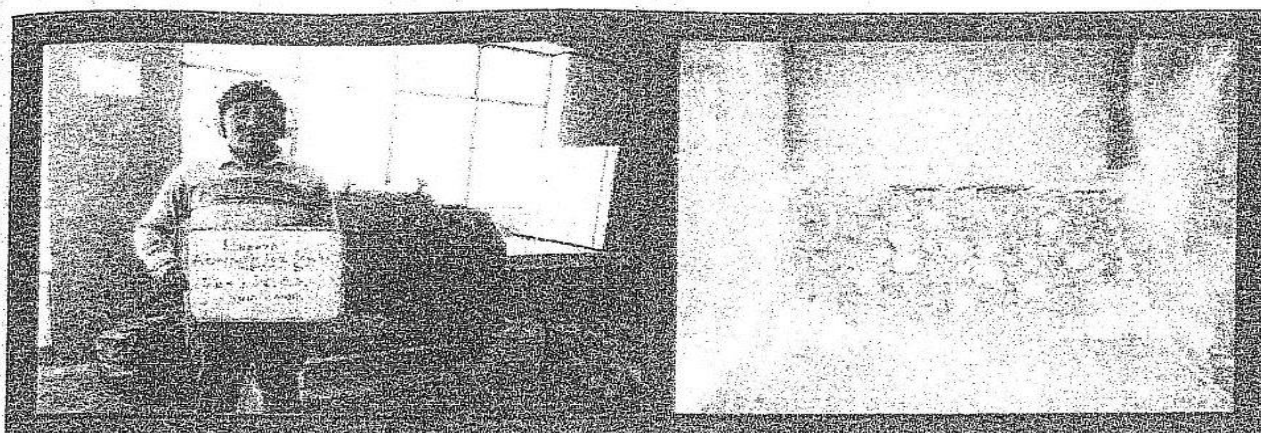


Figura 3.11. (a) Izquierda, máquina de abrasión los Ángeles. (b) Derecha, colocado de las esferas junto con el agregado para ser sometidos al ensayo de abrasión.

- Para el método de ensayo C se usan 8 esferas, estas junto con el total del material se depositan en la máquina de Los Ángeles y se programa, según indica el manual, 500 revoluciones a 30 – 33rpm.
- Una vez culminada esta sección, se retira el material y se tamiza por la malla N°12, el retenido se lava y seca en el horno, y se pesa dicho material (Flores Quispe & Pacompia Calcina, 2015).

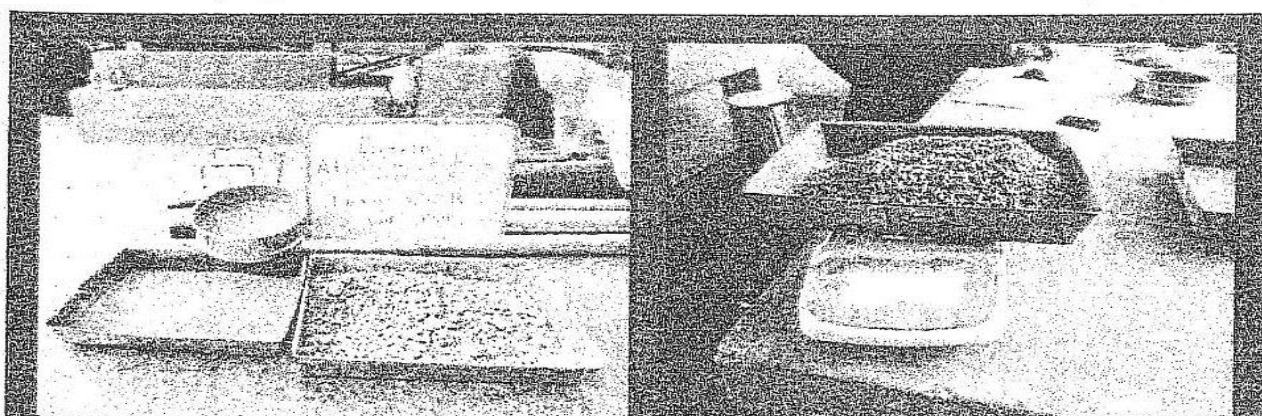


Figura 3.12. (a) Izquierda, material tamizado por la malla N°12. (b) Derecha, pesado del material retenido en la malla N°12.

"Diseño de mezclas de Concreto Compactado con Redillo mediante el método de lososías de suelos y utilizando agregados de la cantera Cutimbo, para pavimentos rígidos de la ciudad de Puno"

CAPÍTULO III : PROPIEDADES DEL AGREGADO



El resultado del ensayo es la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra ensayada, expresado como tanto por ciento del peso original.

CÁLCULOS

El resultado del ensayo (% desgaste) recibe el nombre de coeficiente de desgaste de Los Ángeles. Calculándose tal valor así:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{100 * (P_1 - P_2)}{P_1}$$

Donde:

P₁: Peso muestra seca antes del ensayo.

P₂: Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).

RESULTADOS

Tabla 3.10. Resultados del ensayo abrasión los ángeles.

ENSAYO DE ABRASIÓN	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (500 rev.)	DESGASTE (%)
Método B	5002.91	3761.12	24.82
Método C	5001.84	3860.68	22.82

Fuente: Elaboración propia

PROPIEDADES DEL MATERIALES					
RESUMEN DEL AGREGADO PARA EL CONCRETO DE CANTERA CUTIMBO					
PRODUCTO O MATERIAL	ENSAYO	UNIDAD	LUGAR DE REALIZACION	RESULTADO	NORMA
MUESTREO EN CANTERA					
			CANTERA CUTIMBO		NTP 400.010
					ASTM D-75
AGREGADO GRUESO	GRANULOMETRIA	%	Lab. De construcciones	cumple la curva	NTP 400.012, NTP 400.037
AGREGADO FINO		%	Lab. De construcciones	cumple la curva	NTP ASTM C136, ASTM C33
AGREGADO GRUESO	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	Lab. De construcciones	1.82	NTP 400.016, ASTM C566
AGREGADO FINO		%	Lab. De construcciones	2.81	NTP 400.016, ASTM C566
AGREGADO GRUESO	PESO ESPECIFICO APARENTE	gr/cm3	Lab. De construcciones	2.37	NPT 400.022
AGREGADO FINO		gr/cm3	Lab. De construcciones	2.31	NPT 400.022
AGREGADO GRUESO	PESO ESPECIFICO APARENTE S.S.S.	gr/cm3	Lab. De construcciones	2.43	NPT 400.022
AGREGADO FINO		gr/cm3	Lab. De construcciones	2.47	NPT 400.022
AGREGADO GRUESO	PESO ESPECIFICO NOMINAL	gr/cm3	Lab. De construcciones	2.63	NPT 400.022
AGREGADO FINO		gr/cm3	Lab. De construcciones	2.62	NPT 400.022
AGREGADO GRUESO	ABSORCION	%	Lab. De construcciones	4.16	NPT 400.022, ASTM C128
AGREGADO FINO		%	Lab. De construcciones	5.20	NPT 400.022, ASTM C128
AGREGADO GRUESO	PESO ESPECIFICO UNITARIO SUELTO	kg/m3	Lab. De construcciones	1434	NPT 400.017
AGREGADO FINO		kg/m3	Lab. De construcciones	1388	NPT 400.017
AGREGADO GRUESO	PESO ESPECIFICO UNITARIO COMPACTADO	kg/m3	Lab. De construcciones	1523	NPT 400.017
AGREGADO FINO		kg/m3	Lab. De construcciones	1487	NPT 400.017
AGREGADO GRUESO	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	Lab. De construcciones	2.81	ASTM C70, 127, 128, 566
AGREGADO FINO		%	Lab. De construcciones	1.82	ASTM C70, 127, 128, 566
AGREGADO GRUESO	ABRASION LOS ANGELES	%	proyecto de tesis	24.57	ASTM C 131



Fabricación y Comercialización de Aditivos para Concretos

CERTIFICADO DE CALIDAD

El departamento de Control de Calidad de Industrias ULMEN S.A., certifica que el producto identificado a continuación cumple los requisitos de uniformidad indicados en la tabla 7 de la norma NCh 2182 of 95 fact/ ASTM C494. y con nuestros estándares de calidad.

Producto : GAIA NANOSILICE
 Lote : 6140617
 Fabricado : 01/06/2017
 Vence : 01/12/2017

Los parámetros controlados se muestran a continuación

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Densidad	1,064 ± 0,02 (g/mL)	1,062
pH	5 ± 1	5.2
Viscosidad	22 ± 2 (segundos)	23,40seg

El presente aditivo tiene una vida útil de 6 meses almacenados en lugar fresco y protegido del sol, según recomendaciones por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificados bajo ISO 9001

Encargado de Control de Calidad
 Industrias Ulmen S.A.



www.ulmen.cl

ulmen@ulmen.cl



HOJA DE SEGURIDAD

Fecha de Emisión: Sept 18, 15
 Revisión:
 Fecha de Revisión:
 Página 1 de 2

GAIA NANOSILICE

SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto : **GAIA NANOSILICE**
 Clasificación : Aditivo para Concretos
 Vida útil : 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado
 Por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001
 Proveedor : INDUSTRIAS ULMEN S.A.
 E-mail : atencionalcliente@ulmen.cl
 Página Web : www.ulmen.cl
 Fono Emergencia : (56 -2) 28543667

Toda llamada de emergencia dentro y/o fuera del país será reembolsada previa revisión



SECCION 2: COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Nombre químico : Mezcla de sales de sodio y ácidos carboxílicos.
 Fórmula química : Confidencial
 N° CAS : No aplica

SECCION 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta : Rombo NFPA
 Clasificación de Salud (1) / Inflamabilidad (0)
 Reactividad (0) / Riesgo Especial (0)
 Riesgos : Ninguno
 Peligros para la salud : Ninguno



SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos : Lavar con abundante agua durante 15 min. Referir al médico
 Contacto con la piel : Lavar de inmediato con agua y jabón
 Inhalación : Dar aire fresco si fuese necesario
 Ingestión : Enjuagar boca con agua tibia. Referir al médico

SECCION 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes extintores : No inflamable ni combustible. Actuar según tipo de fuego existente
 Protección especial : Ninguna
 Proce. Especiales : No aplica
 Riesgo explosión : No aplica

SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia : Lavar con agua y trapear
 Protección personal : Antiparras y guantes
 Daños al ambiente : Ninguno, líquido inofensivo
 Métodos de eliminación : Tratar como líquido inofensivo

SECCION 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación : Usar antiparras y guantes
 Almacenamiento : Almacenar en lugar fresco y seco
 Embalajes : Almacenar sólo en envase original

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN ESPECIAL

Medidas por exposición : No se requiere
 Protección respiratoria : No se requiere
 Protección de los ojos : Antiparras

www.cognoscibletechnologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl



HOJA DE SEGURIDAD
GAIA NANOSILICE

Fecha de Emisión: Sept 18, 15
Revisión:
Fecha de Revisión:
Página 2 de 2

SECCION 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	:	Líquido
Color	:	Café Claro
Olor	:	Característico
pH	:	5 ± 1
Densidad a 20° C	:	1,064 ± 0,02 (g/mL)
Viscosidad (Copa Ford Nº4)	:	22 ± 2 seg.
Inflamación, Combustión, Explosión	:	No inflamable, No combustible, No explosivo
Solubilidad	:	Completamente soluble en agua

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	:	Estable bajo condiciones normales
Reactividad	:	Ninguna

SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	:	Por ingestión, dosis > 4000 mg/kg
Efectos peligrosos para la salud	:	Ninguno

SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad	:	Estable
Persistencia/ degradabilidad	:	Los métodos para determinación de la biodegradabilidad No son aplicables a sustancias inorgánicas
Bio-acumulación	:	No aplica

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto	:	Debe tratarse como líquido inofensivo
Eliminación de envases	:	Depositar en vertedero autorizado según Legislación vigente

SECCION 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

NCh 2190	:	No aplica
Código NFPA	:	Salud: 1/ Inflam: 0/ React: 0/ Riesgo Especial: 0
Nº UN	:	No clasificado

SECCION 15: NORMAS VIGENTES

Normas internacionales aplicables	:	ASTMC-494
Normas nacionales aplicables	:	Ley Nº 28256
Marca en etiqueta	:	Código NFPA

SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

El formato de esta hoja de seguridad cumple con ley Nº 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
La información contenida se entrega de buena fe y voluntariamente. ULMEN S.A. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información. Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, ULMEN S.A. no asume responsabilidad alguna por este concepto. Las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

www.cognoscibletechnologies.com

www.ulmen.cl

atencionalcliente@ulmen.cl

CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento presenta el Estado Permisible de las especificaciones técnicas de nuestro producto **Sika Fume®**

1. ESTADO PERMISIBLE:

Aspecto : Polvo color gris.

Análisis Químico

SiO₂ : 93.0

%mín. Fe₂O₃ :

0.80 %máx. Al₂O₃

: 0.40 %máx.

CaO : 0.60

%máx.

S : 1.00

%máx. K₂O :

1.20 %máx. C :

2.00 %máx. MgO

: 0.60 %máx. Na₂O

: 0.20 %máx. L.O.I.

: 3.50 %máx.

Características Físicas Típicas:

Sólidos por Deseccación (%) : 98.5 mín.
Superficie Específica (m²/Kg) : 18000 – 22000
Gravedad Específica : 2.2
Densidad Bulk (kg/m³) : 250 – 325
Fineza (ave. dia.) (um) : 0.1 – 0.2
Malla 45 um (%Pasante) : 95 – 100
Forma de la Partícula : esférica
% de Humedad : 1.5% máximo

Tiempo de vida : 2 años

2. REFERENCIA:

NICC : 1430120


Edición : 0

Atentamente,
Lurín, julio de 2017

Formato CC-F 12
Autorizado por: GMS
Fecha: 05/07/13
Edición: 5

SIKA PERU S.A.C.

Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz B Lotes 5 y 6 / Lurín / Lima - Perú
Telf: +51 1 618 6060 · Fax: +51 1 618 6070 · www.sika.com.pe



Pedro Luis Urbina Vega
Auxiliar de Laboratorio
Sika Perú S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIDAD



CEMENTO PORTLAND TIPO IP

	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
REQUERIMIENTOS QUIMICOS:		
Óxido de Magnesio, MgO, %	1.54	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO ₃ , %	1.80	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.33	5.00 Máximo
REQUERIMIENTOS FISICOS:		
Peso Especifico (g/cm ³)	2.82	No Especifica
Expansión en Autoclave, %	-0.03	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fraguado (Inicial)	224	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	269	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	3.59	12.00 Máximo
Superficie específica Blaine	4961	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm ²)		Mínimo :
01 día	10.22 (104)	No Especifica
03 días	20.01 (204)	13.0 (133)
07 días	24.30 (247)	20.0 (204)
28 días	32.23 (329)	25.0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Diciembre, confirmando que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 334.090

Arequipa, 02 de Enero 2017



[Signature]
Gonzalo Álvarez Cárdenas
Jefe de Control de Calidad
Yura S.A.

Planta: Carretera Yura Km. 26 - Arequipa
Oficina comercial: Av. General Díaz Canseco 527 - Arequipa
Tel: (51 54) 495000 / 229000

2. ANEXO C

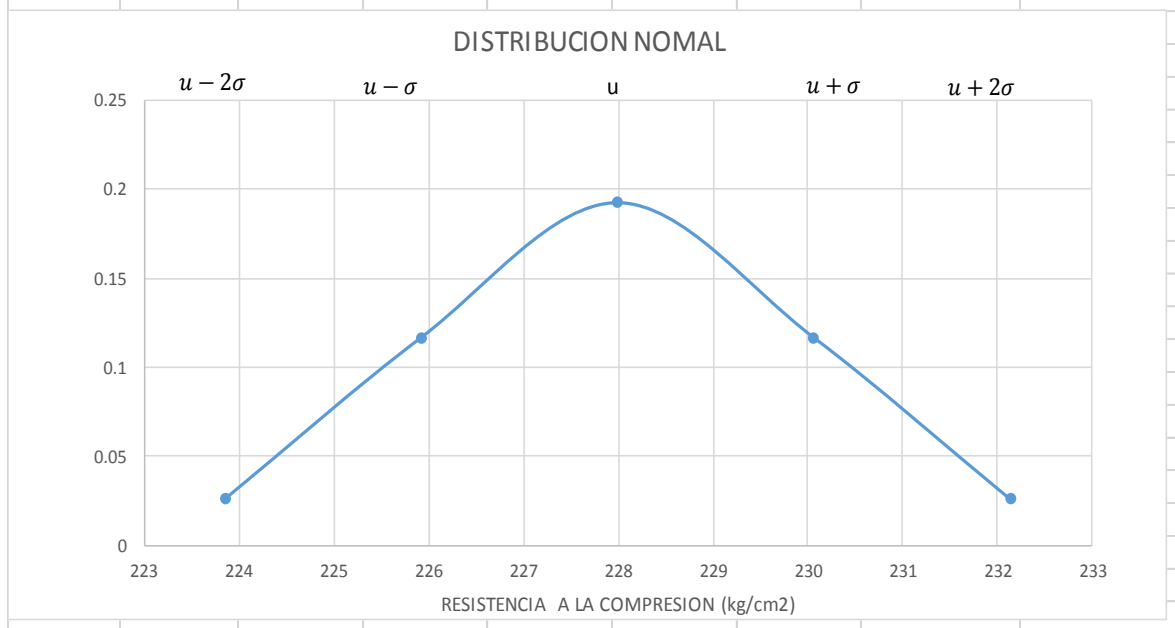
2.1. ANEXO C-1 ANALISIS ESTADISTICO

Analisis Estadistico: Concreto Normal 7 Dias

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	229.15
	CN-02	230.18
	CN-03	229.26
	CN-04	224.18
	CN-05	226.82

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
224.18 - 226.00	225.09	1	1	225.088748	-2.91	8.440004611	8.440004611
226.00 - 227.81	226.90	1	2	226.904479	-1.09	1.186875648	1.186875648
227.81 - 229.63	228.72	2	4	457.440418	0.73	0.527500288	1.055000576
229.63 - 231.44	230.54	1	5	230.53594	2.54	6.46187853	6.46187853

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 230.18 Xmin = 224.18
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	1.815730377
MEDIA: u	227.99
MEDIANA: u_m	229.15
MODA : u_o	225.09
VARIANZA : σ^2	4.29
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	2.070251154
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	0.91

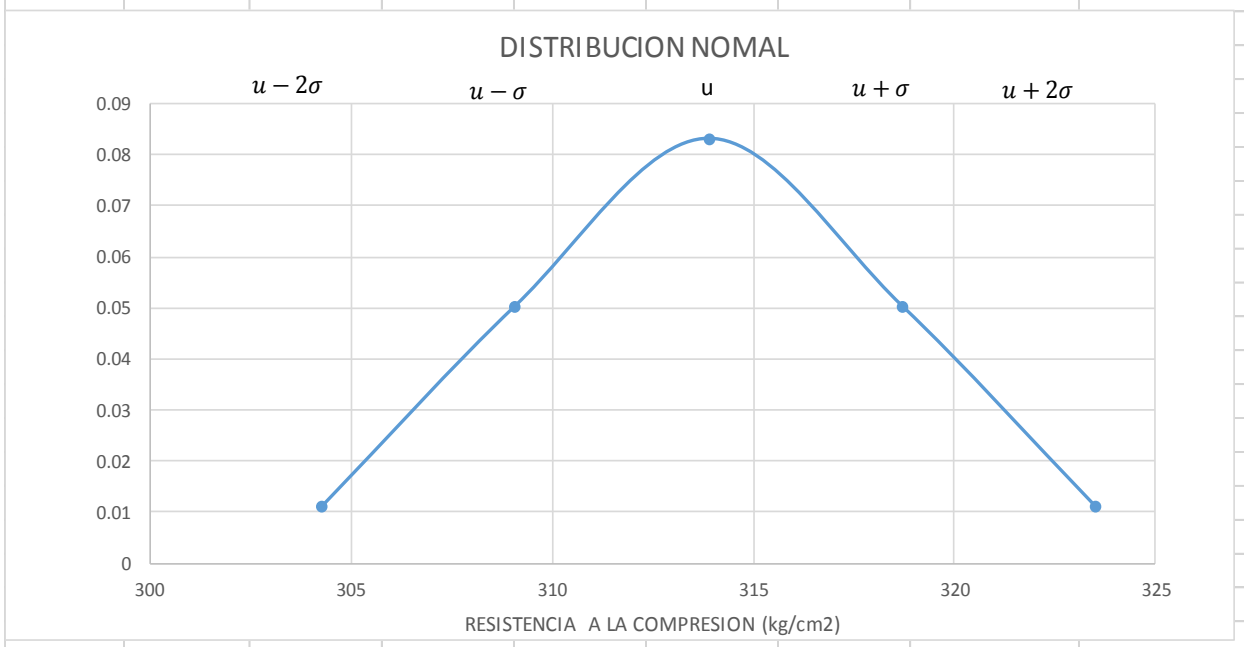


Analisis Estadistico: Concreto Normal 14 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL (14 DIAS)	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	309.19
	CN-02	315.34
	CN-03	318.93
	CN-04	307.09
	CN-05	316.67

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
307.09 - 310.67	308.88	2	2	617.762526	-5.01	25.11737365	50.2347473
310.67 - 314.25	312.46	0	2	0	-1.43	2.050397849	0
314.25 - 317.83	316.04	2	4	632.081737	2.15	4.613395161	9.226790321
317.83 - 321.41	319.62	1	5	319.620671	5.73	32.80636559	32.80636559

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx		Xmax=	318.93	Xmin =	307.09		11.84
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						3.579802586	4
MEDIA: u							313.89
MEDIANA: u_m							315.34
MODA : u_o							309.48
VARIANZA : σ^2							23.07
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							4.802809157
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							1.53

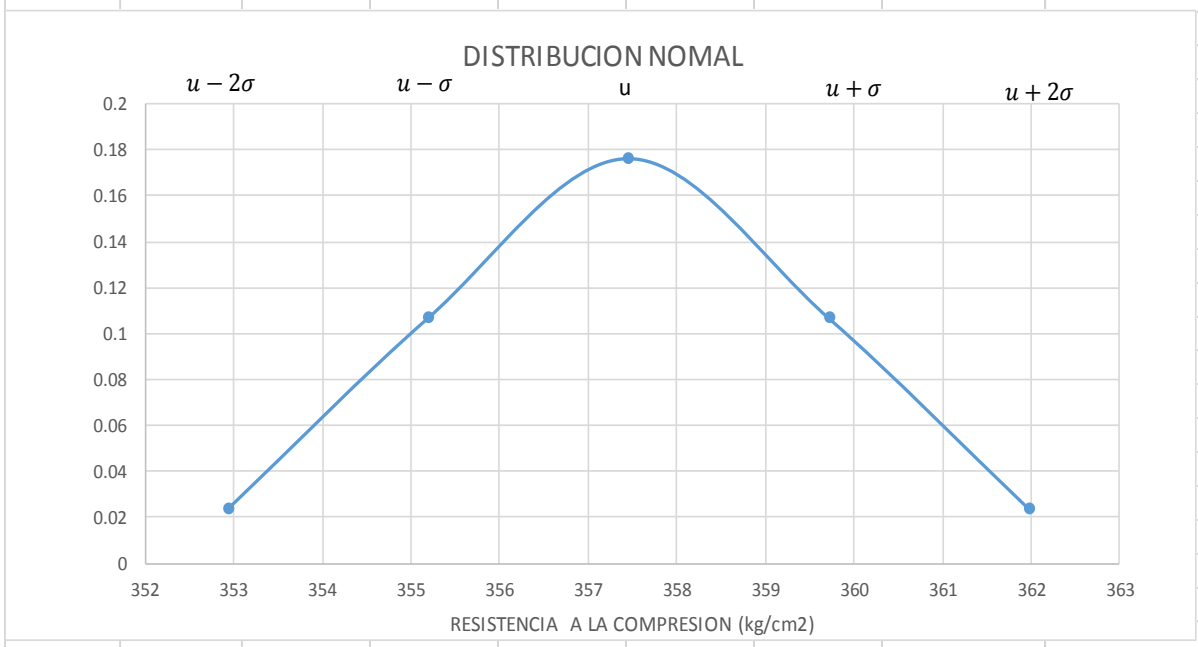


Analisis Estadistico: Concreto Normal 14 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	358.79
	CN-02	359.21
	CN-03	358.39
	CN-04	353.47
	CN-05	356.25

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
353.47 - 355.21	354.34	1	1	354.338586	-3.12	9.743308005	9.743308005
355.21 - 356.94	356.07	1	2	356.072713	-1.39	1.92460405	1.92460405
356.94 - 358.67	357.81	1	3	357.806839	0.35	0.120287753	0.120287753
358.67 - 360.41	359.54	2	5	719.08193	2.08	4.330359113	8.660718227

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 359.21 Xmin = 353.47
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	1.734126244
MEDIA: u	357.46
MEDIANA: u_m	358.39
MODA : u_o	353.47
VARIANZA : σ^2	5.11
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	2.261023996
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	0.63

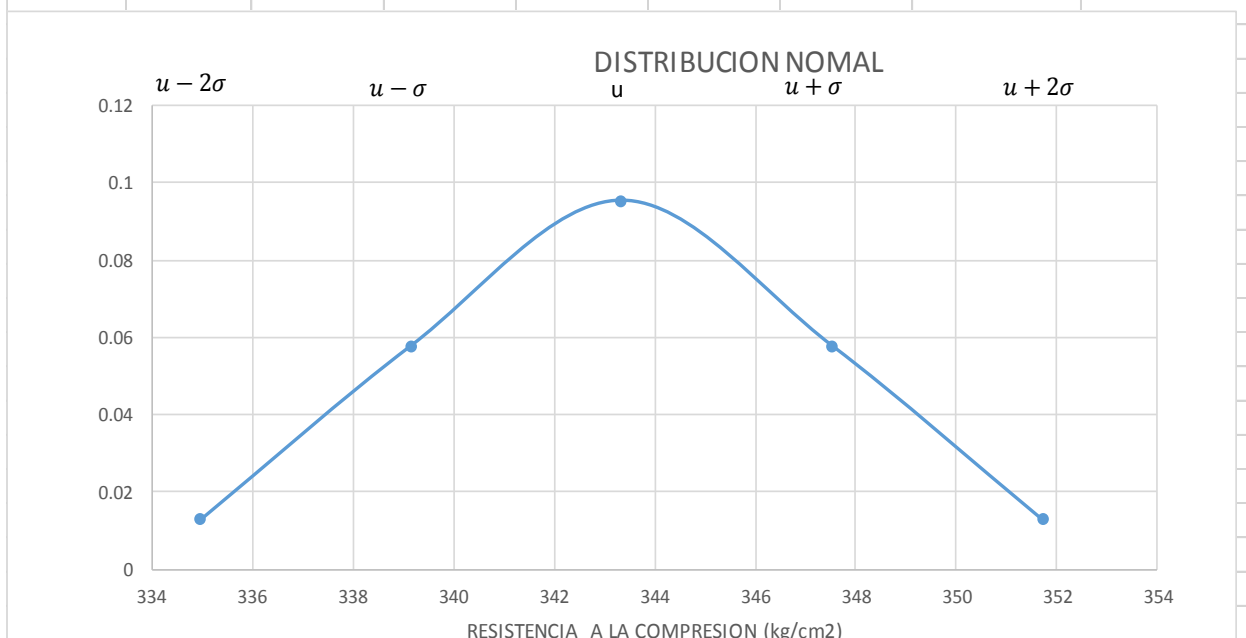


Analisis Estadistico: Concreto Normal+MS (5 %)- 7 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	344.47
	CN-02	342.69
	CN-03	342.09
	CN-04	336.37
	CN-05	348.51

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
336.37 - 340.04	338.20	1	1	338.201616	-5.14	26.41974576	26.41974576
340.04 - 343.71	341.87	2	3	683.746109	-1.47	2.156713939	4.313427878
343.71 - 347.38	345.54	1	4	345.544493	2.20	4.852606363	4.852606363
347.38 - 351.05	349.22	1	5	349.215932	5.87	34.50742303	34.50742303

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx		Xmax=	348.51	Xmin =	336.37		12.14
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						3.671438699	4
MEDIA: u							343.34
MEDIANA: u_m							342.69
MODA : u_o							338.20
VARIANZA : σ^2							17.52
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							4.186084179
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							1.22

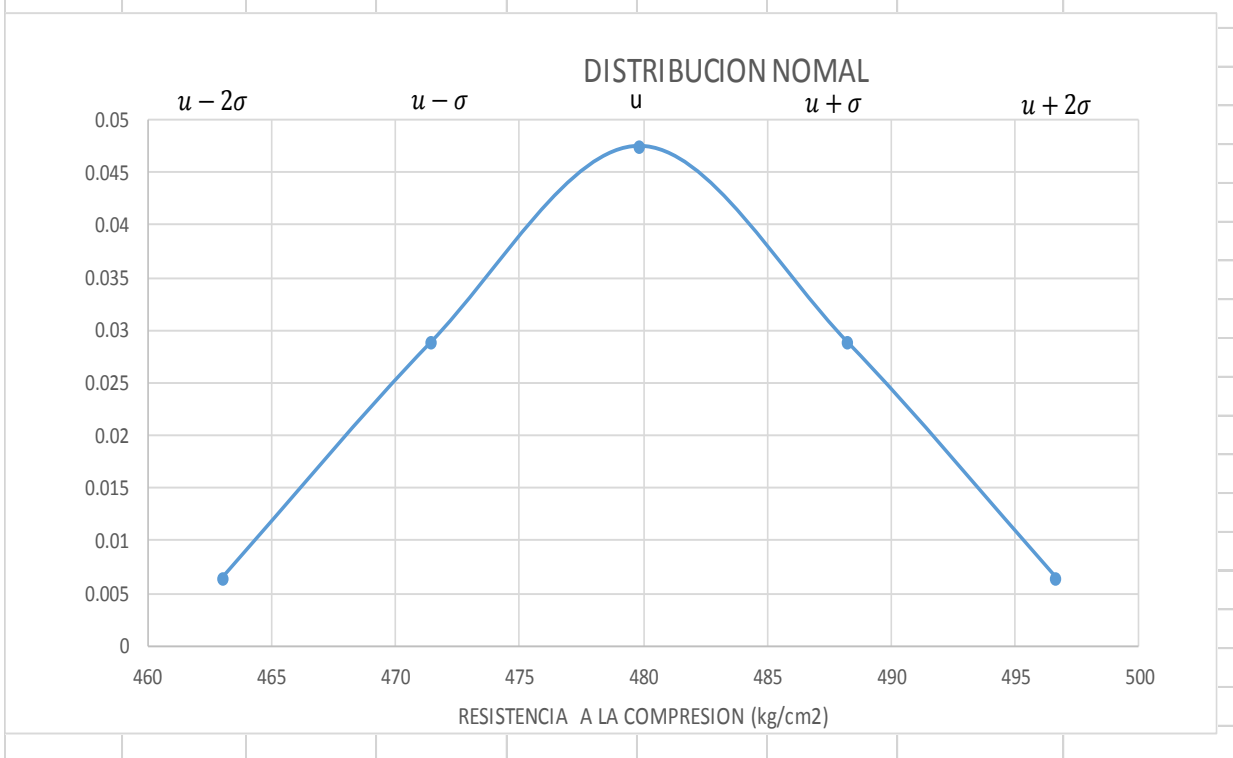


Analisis Estadistico: Concreto Normal+MS (5 %)- 14 Dias

RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	468.88
	CN-02	490.20
	CN-03	480.63
	CN-04	474.76
CN-05	483.31	

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
468.88 - 475.33	472.10	2	2	944.205615	-7.74	59.85856646	119.7171329
475.33 - 481.77	478.55	1	3	478.550168	-1.29	1.662737957	1.662737957
481.77 - 488.22	485.00	1	4	484.997527	5.16	26.60380732	26.60380732
488.22 - 494.67	491.44	1	5	491.444887	11.61	134.6817745	134.6817745

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 490.20 Xmin = 468.88 21.32
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014 3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	6.447359842 6
MEDIA: u	479.84
MEDIANA: u_m	480.63
MODA: u_o	472.10
VARIANZA : σ^2	70.67
DESVIACION ESTÁNDAR: σ	8.406328758
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	1.75

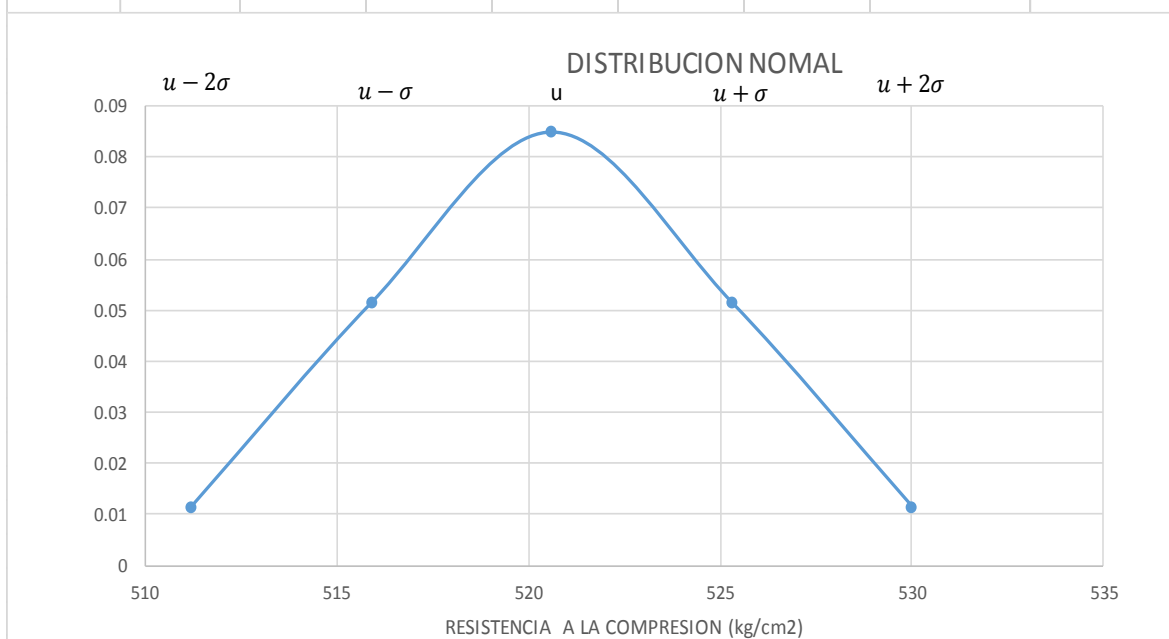


Analisis Estadistico: Concreto Normal+MS (5 %)- 28 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL+MICROSILICE AL 5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	517.65
	CN-02	524.93
	CN-03	514.48
	CN-04	519.07
	CN-05	526.38

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
514.48 - 518.08	516.28	2	2	1032.56393	-4.32	18.65245722	37.30491445
518.08 - 521.68	519.88	1	3	519.881007	-0.72	0.518123812	0.518123812
521.68 - 525.28	523.48	1	4	523.480048	2.88	8.289980988	8.289980988
525.28 - 528.88	527.08	1	5	527.079089	6.48	41.96802875	41.96802875

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 526.38 Xmin = 514.48
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	3.599040885
MEDIA: u	520.60
MEDIANA: u_m	519.07
MODA : u_o	516.28
VARIANZA : σ^2	22.02
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	4.692575199
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	0.90

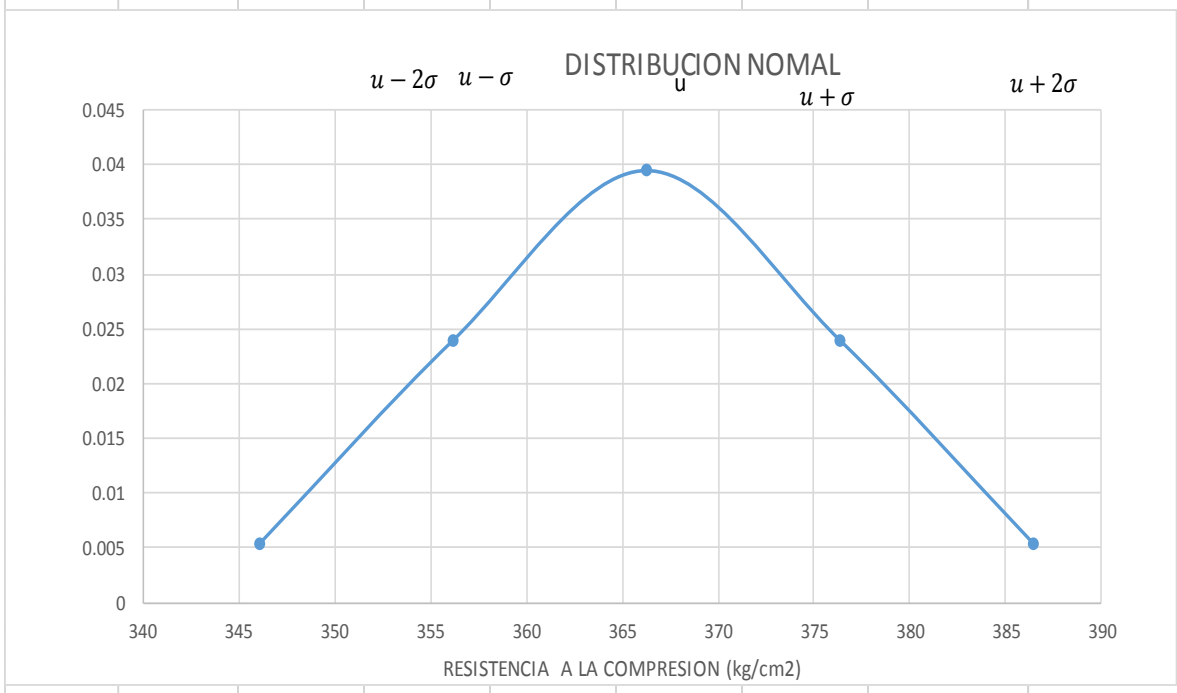


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ MS (10 %) - 7 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 10%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	374.13
	CN-02	356.59
	CN-03	353.63
	CN-04	375.64
	CN-05	362.75

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
353.63 - 360.28	356.96	2	2	713.910252	-9.32	86.91060814	173.8212163
360.28 - 366.94	363.61	1	3	363.614116	-2.66	7.094743521	7.094743521
366.94 - 373.60	370.27	0	3	0	4.00	15.96317292	0
373.60 - 380.26	376.93	2	5	753.864191	10.65	113.5158963	227.0317927

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax=	375.64	Xmin =	353.63			22.02
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						6.658989939	7
MEDIA: u							366.28
MEDIANA: u_m							362.75
MODA : u_o							355.85
VARIANZA : σ^2							101.99
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							10.09885826
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							2.76

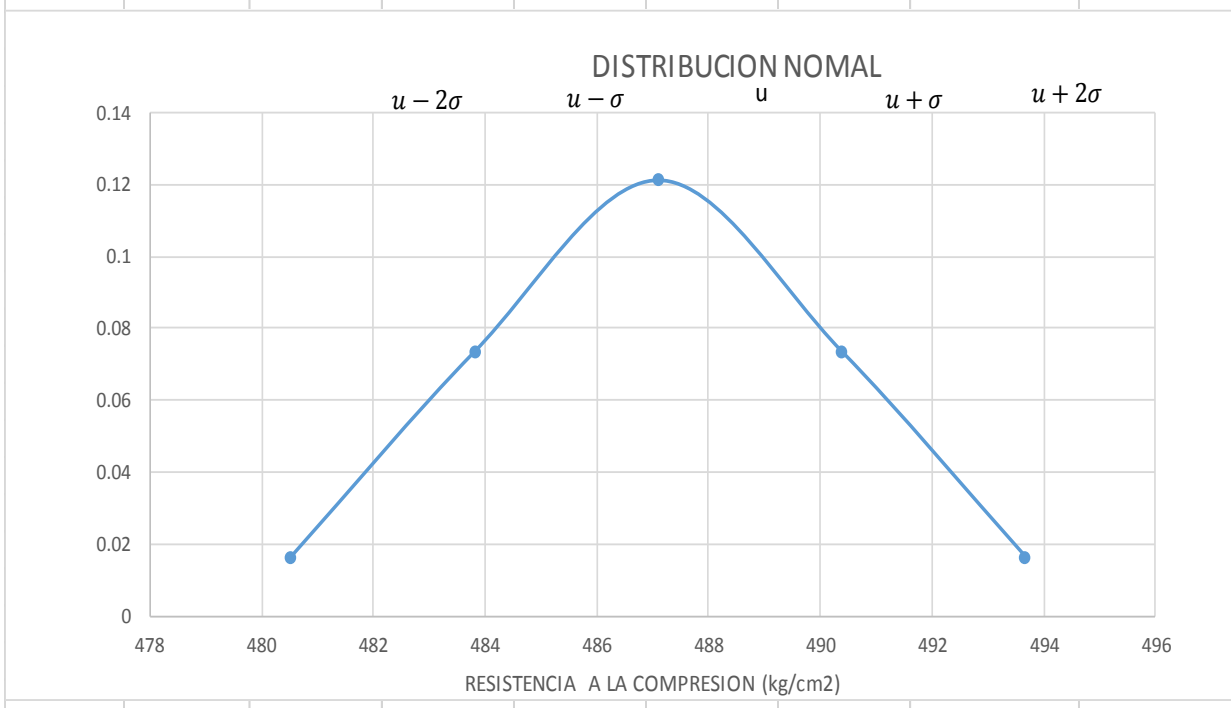


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ MS (10 %) - 14 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 10%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	488.54
	CN-02	490.54
	CN-03	488.26
	CN-04	483.36
	CN-05	482.44

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
482.44 - 484.89	483.67	2	2	967.333466	-3.43	11.76381127	23.52762254
484.89 - 487.34	486.12	0	2	0	-0.98	0.960311124	0
487.34 - 489.79	488.57	2	4	977.133012	1.47	2.160700029	4.321400058
489.79 - 492.24	491.02	1	5	491.016393	3.92	15.36497798	15.36497798

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax=	490.54	Xmin =	482.44			8.10
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						2.449886635	2
MEDIA: u							487.10
MEDIANA: u_m							488.26
MODA : u_o							484.08
VARIANZA : σ^2							10.80
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							3.286867832
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							0.67

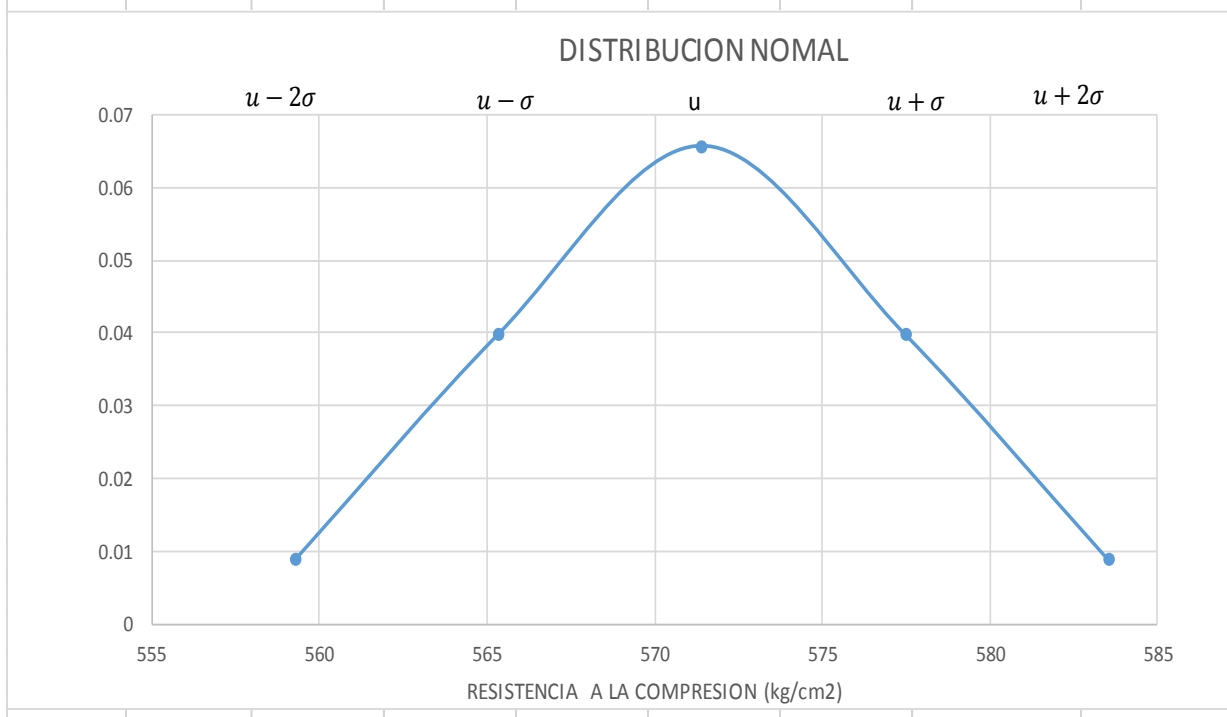


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ MS (10 %) - 28 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 10%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	564.98
	CN-02	577.63
	CN-03	567.44
	CN-04	579.17
CN-05	565.53	

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
564.98 - 569.27	567.12	3	3	1701.37122	-4.29	18.41360972	55.24082917
569.27 - 573.56	571.41	0	3	0	0.00	0	0
573.56 - 577.85	575.71	1	4	575.705956	4.29	18.41360972	18.41360972
577.85 - 582.14	580.00	1	5	579.997065	8.58	73.6544389	73.6544389

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx		Xmax=	579.17	Xmin =	564.98		14.19
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						4.291108216	4
MEDIA: u							571.41
MEDIANA: u_m							567.44
MODA : u_o							569.27
VARIANZA : σ^2							36.83
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							6.068543437
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							1.06

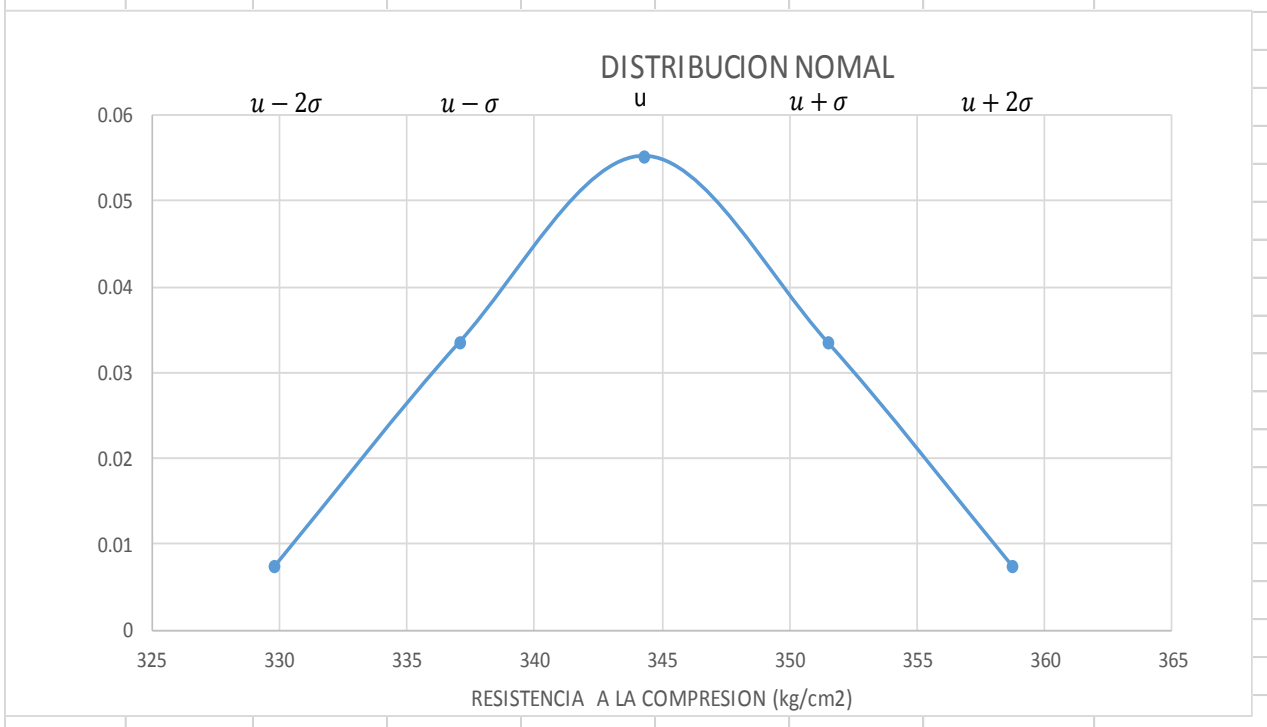


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ MS (15 %) - 7 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 10%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	346.32
	CN-02	339.33
	CN-03	335.43
	CN-04	354.92
	CN-05	346.28

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
335.43 - 341.33	338.38	2	2	676.761896	-5.89	34.74406814	69.48813629
341.33 - 347.22	344.28	2	4	688.550715	0.00	0	0
347.22 - 353.12	350.17	0	4	0	5.89	34.74406814	0
353.12 - 359.01	356.06	1	5	356.064178	11.79	138.9762726	138.9762726

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 354.92 Xmin = 335.43
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	5.894409906
MEDIA: u	344.28
MEDIANA: u_m	346.28
MODA : u_o	335.43
VARIANZA : σ^2	52.12
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	7.219148303
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	2.10

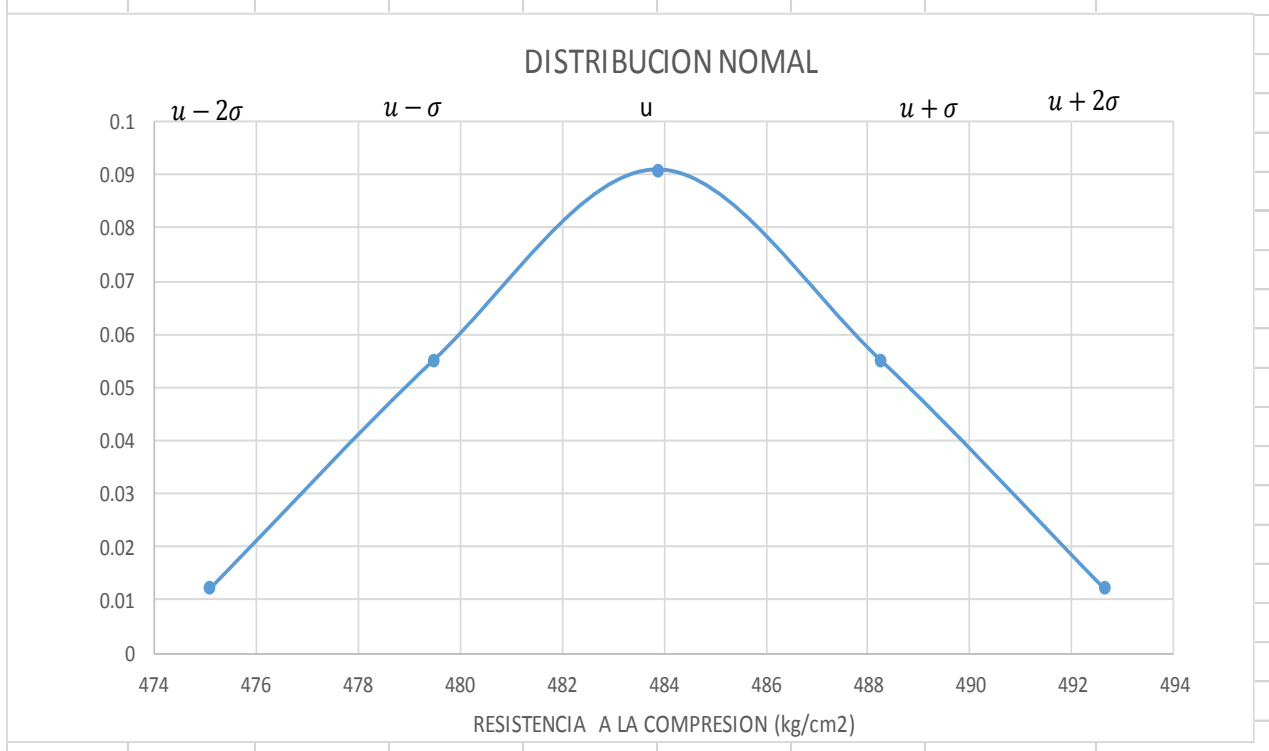


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ MS (15 %) - 14 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 10%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	482.88
	CN-02	483.05
	CN-03	491.08
	CN-04	480.28
	CN-05	481.06

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
480.28 - 483.54	481.91	4	4	1927.63675	-1.96	3.845266727	15.38106691
483.54 - 486.81	485.18	0	4	0	1.31	1.709007434	0
486.81 - 490.08	488.45	0	4	0	4.58	20.93534107	0
490.08 - 493.35	491.71	1	5	491.713862	7.84	61.52426764	61.52426764

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax=	491.08	Xmin =	480.28			10.81
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						3.268225278	3
MEDIA: u							483.87
MEDIANA: u_m							482.88
MODA : u_o							481.91
VARIANZA : σ^2							19.23
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							4.384784332
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							0.91

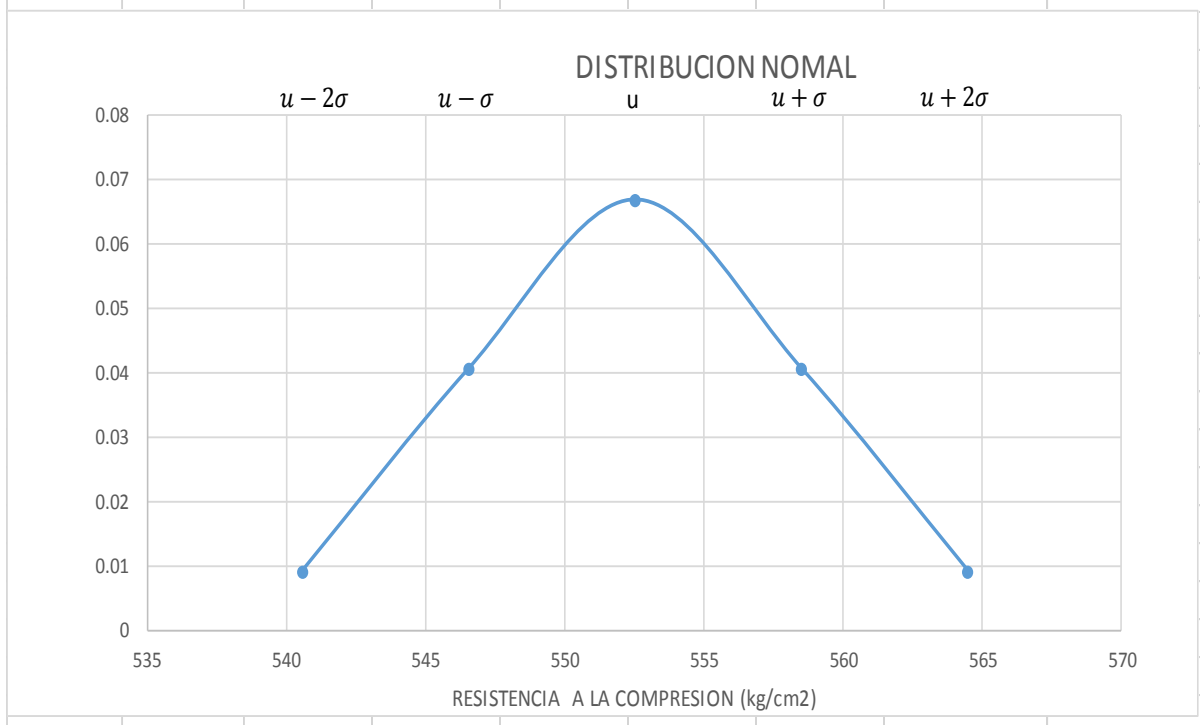


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ MS (15 %) - 28 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ MICROSILICE AL 10%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	547.63
	CN-02	562.35
	CN-03	550.43
	CN-04	549.94
CN-05	550.64	

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
547.63 - 552.08	549.85	4	4	2199.40969	-2.67	7.141507273	28.56602909
552.08 - 556.53	554.31	0	4	0	1.78	3.174003232	0
556.53 - 560.99	558.76	0	4	0	6.24	38.8815396	0
560.99 - 565.44	563.21	1	5	563.214221	10.69	114.2641164	114.2641164

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 562.35 Xmin = 547.63 14.73
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014 3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	4.453933116 4
MEDIA: u	552.52
MEDIANA: u_m	550.43
MODA : u_o	549.85
VARIANZA : σ^2	35.71
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	5.975578329
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	1.08

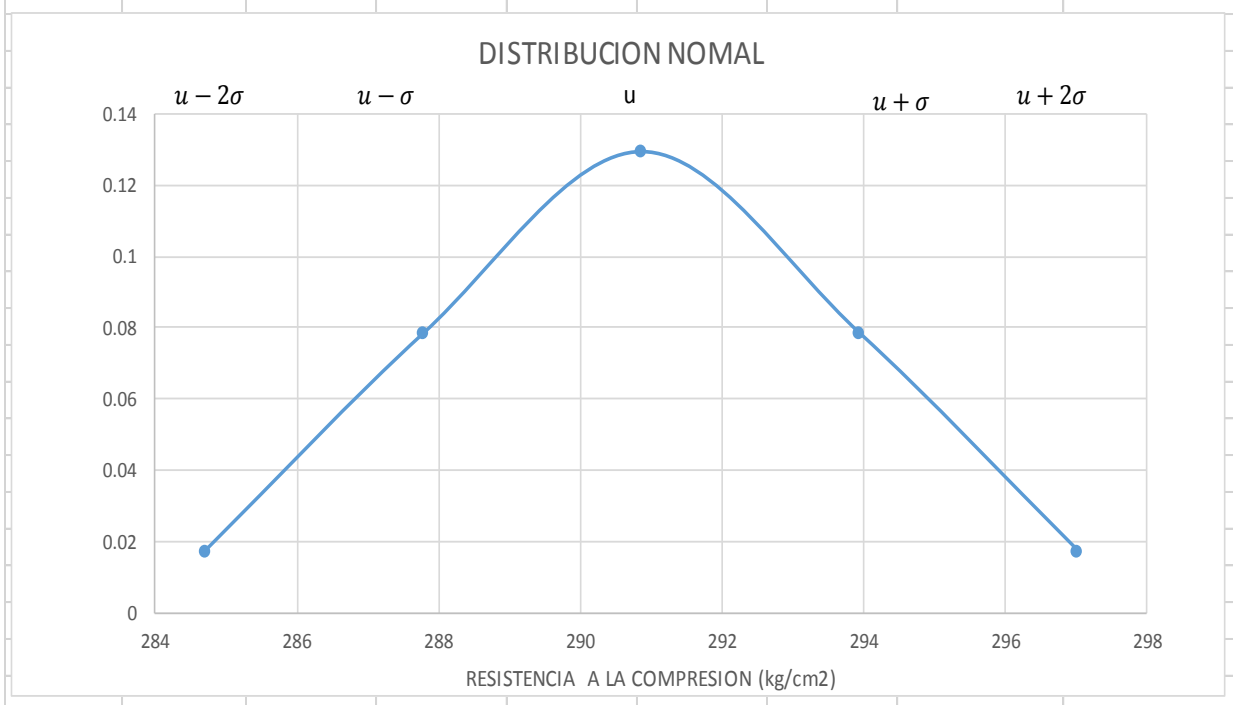


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (0.5 %) - 7 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 0.5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	289.06
	CN-02	292.09
	CN-03	290.86
	CN-04	287.09
CN-05	295.40	

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
287.09 - 289.61	288.35	2	2	576.69821	-2.51	6.311038711	12.62207742
289.61 - 292.12	290.86	2	4	581.722566	0.00	0	0
292.12 - 294.63	293.37	0	4	0	2.51	6.311038711	0
294.63 - 297.14	295.89	1	5	295.885639	5.02	25.24415485	25.24415485

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 295.40 Xmin = 287.09 8.31
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014 3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	2.512178081 3
MEDIA: u	290.86
MEDIANA: u_m	290.86
MODA : u_o	287.09
VARIANZA : σ^2	9.47
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	3.076777221
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	1.06

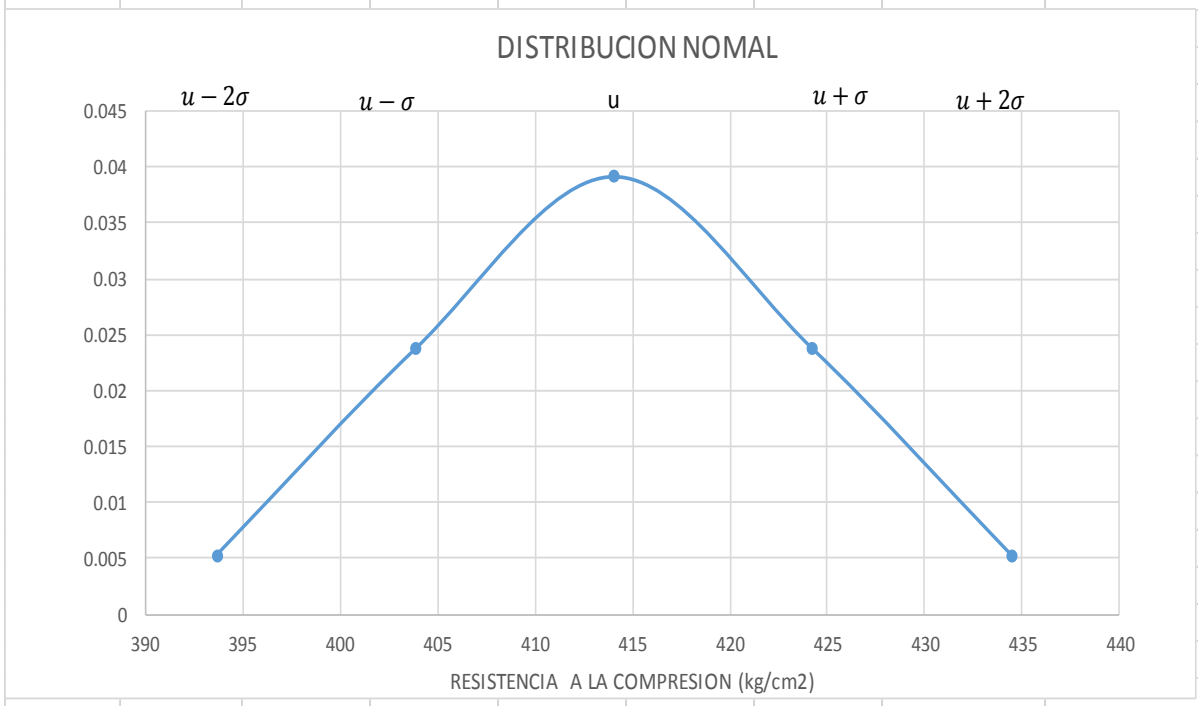


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (0.5 %) - 14 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 0.5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	420.19
	CN-02	414.96
	CN-03	426.62
	CN-04	400.79
	CN-05	403.77

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
400.79 - 408.60	404.70	2	2	809.390403	-9.37	87.88396338	175.7679268
408.60 - 416.41	412.51	1	3	412.507405	-1.56	2.441221205	2.441221205
416.41 - 424.23	420.32	1	4	420.319609	6.25	39.05953928	39.05953928
424.23 - 432.04	428.13	1	5	428.131813	14.06	197.7389176	197.7389176

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 426.62 Xmin = 400.79
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	7.812203922
MEDIA: u	414.07
MEDIANA: u_m	414.96
MODA : u_o	404.70
VARIANZA : σ^2	103.75
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	10.18586772
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	2.46

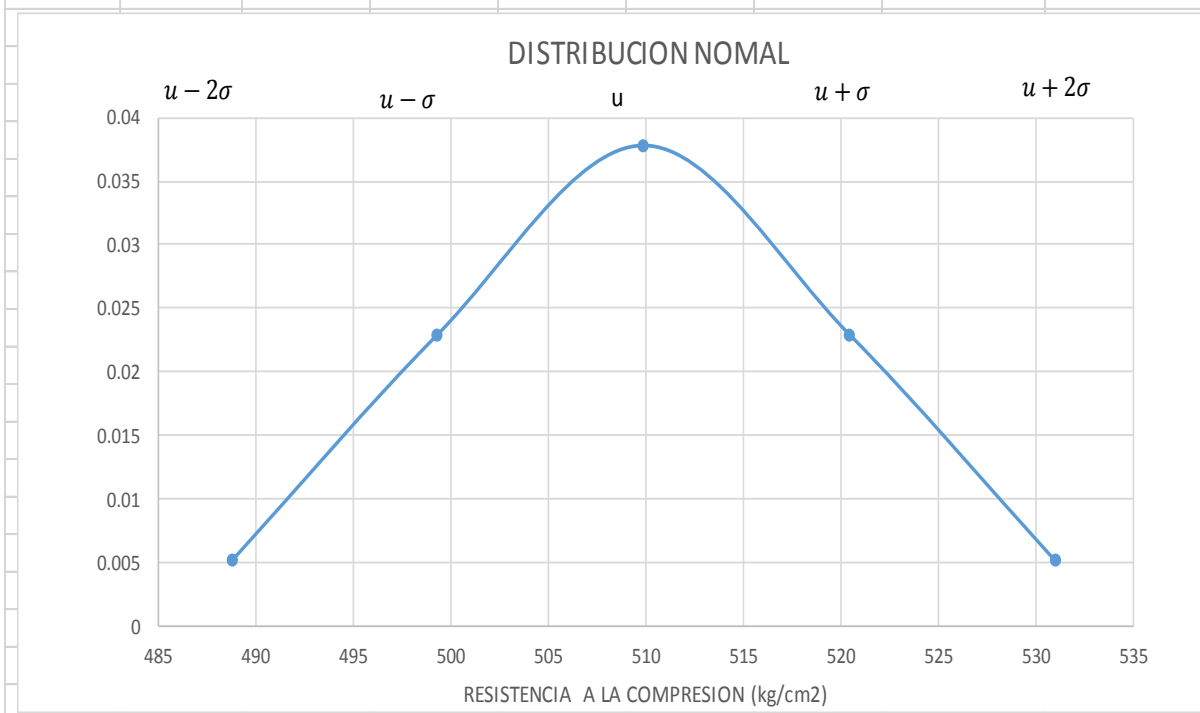


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (0.5 %) - 28 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 0.5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	490.41
	CN-02	501.26
	CN-03	509.02
	CN-04	521.07
CN-05	510.58	

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
490.41 - 499.68	495.05	1	1	495.047638	-14.84	220.1076039	220.1076039
499.68 - 508.96	504.32	1	2	504.320153	-5.56	30.9526318	30.9526318
508.96 - 518.23	513.59	2	4	1027.18534	3.71	13.75672525	27.51345049
518.23 - 527.50	522.87	1	5	522.865183	12.98	168.5198843	168.5198843

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 521.07 Xmin = 490.41
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	9.272514912
MEDIA: u	509.88
MEDIANA: u_m	509.02
MODA : u_o	495.05
VARIANZA : σ^2	111.77
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	10.57229363
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	2.07

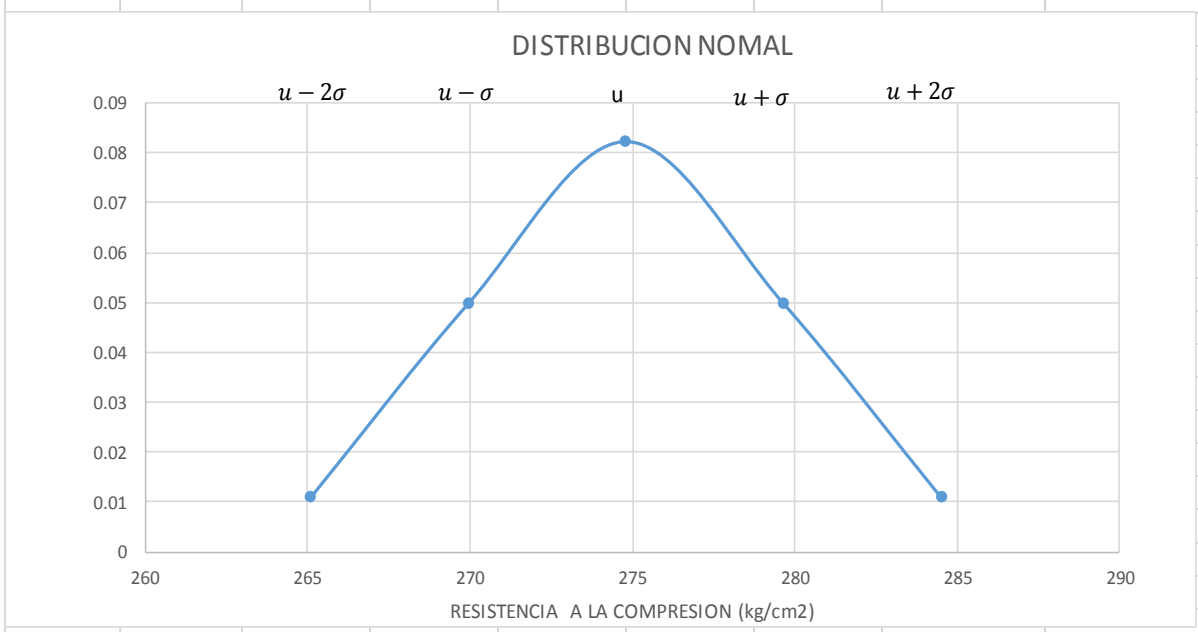


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (1 %) - 7 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 1 %	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	273.15
	CN-02	273.61
	CN-03	267.27
	CN-04	281.91
	CN-05	275.27

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
267.27 - 271.70	269.48	1	1	269.481681	-5.31	28.24203693	28.24203693
271.70 - 276.12	273.91	3	4	821.730853	-0.89	0.784501026	2.353503077
276.12 - 280.55	278.34	0	4	0	3.54	12.55201641	0
280.55 - 284.98	282.77	1	5	282.767491	7.97	63.54458309	63.54458309

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	14.64
Xmax=	281.91
Xmin =	267.27
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	4.428603126
MEDIA: u	274.80
MEDIANA: u_m	273.61
MODA : u_o	269.04
VARIANZA : σ^2	23.54
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	4.85129166
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	1.77

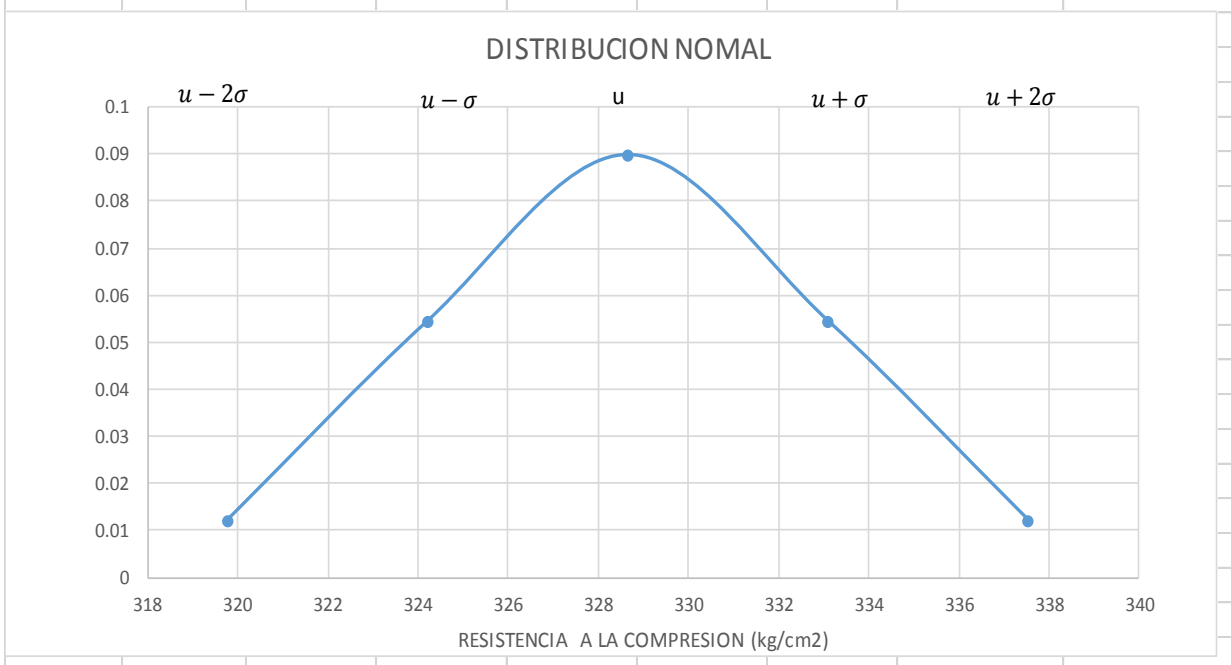


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (1 %) - 14 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 0.5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	327.18
	CN-02	323.09
	CN-03	332.55
	CN-04	325.50
CN-05	332.77	

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
323.09 - 326.02	324.55	2	2	649.10085	-4.10	16.8235732	33.6471464
326.02 - 328.95	327.48	1	3	327.480178	-1.17	1.373352914	1.373352914
328.95 - 331.87	330.41	0	3	0	1.76	3.090044057	0
331.87 - 334.80	333.34	2	5	666.679371	4.69	21.97364663	43.94729326

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax=	332.77	Xmin =	323.09			9.69
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						2.929753524	3
MEDIA: u							328.65
MEDIANA: u_m							327.18
MODA : u_o							324.06
VARIANZA : σ^2							19.74
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							4.443191212
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							1.35

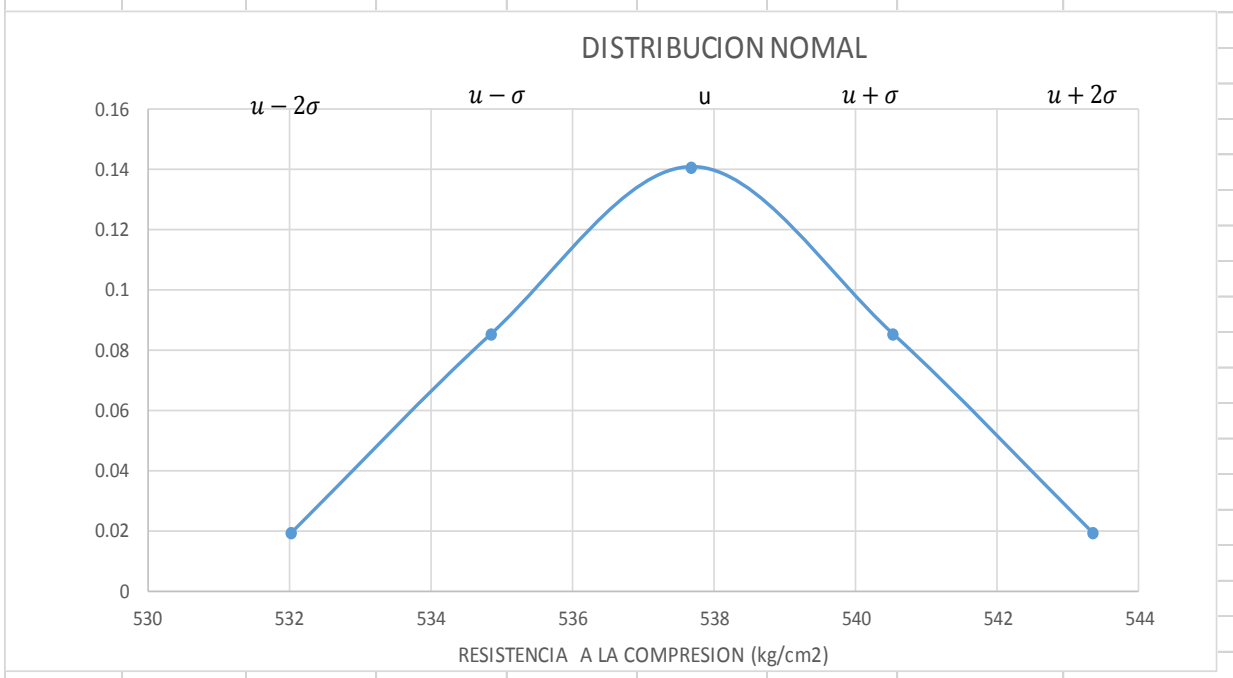


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (1 %) - 28 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 1 %	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	540.68
	CN-02	536.21
	CN-03	532.47
	CN-04	538.05
CN-05	538.90	

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
532.47 - 534.95	533.71	1	1	533.708124	-3.98	15.81506678	15.81506678
534.95 - 537.44	536.19	1	2	536.193634	-1.49	2.223993767	2.223993767
537.44 - 539.92	538.68	2	4	1077.35829	0.99	0.988441674	1.976883348
539.92 - 542.41	541.16	1	5	541.164654	3.48	12.10841051	12.10841051

NUMERO DE MUESTRAS : N	5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax= 540.68 Xmin = 532.47
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K	3.306601014
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C	2.485510101
MEDIA: u	537.68
MEDIANA: u_m	538.05
MODA : u_o	533.71
VARIANZA : σ^2	8.03
DESVIACION ESTÁNDAR : σ	2.833917536
COEFICIENTE DE VARIACION : CV	0.53

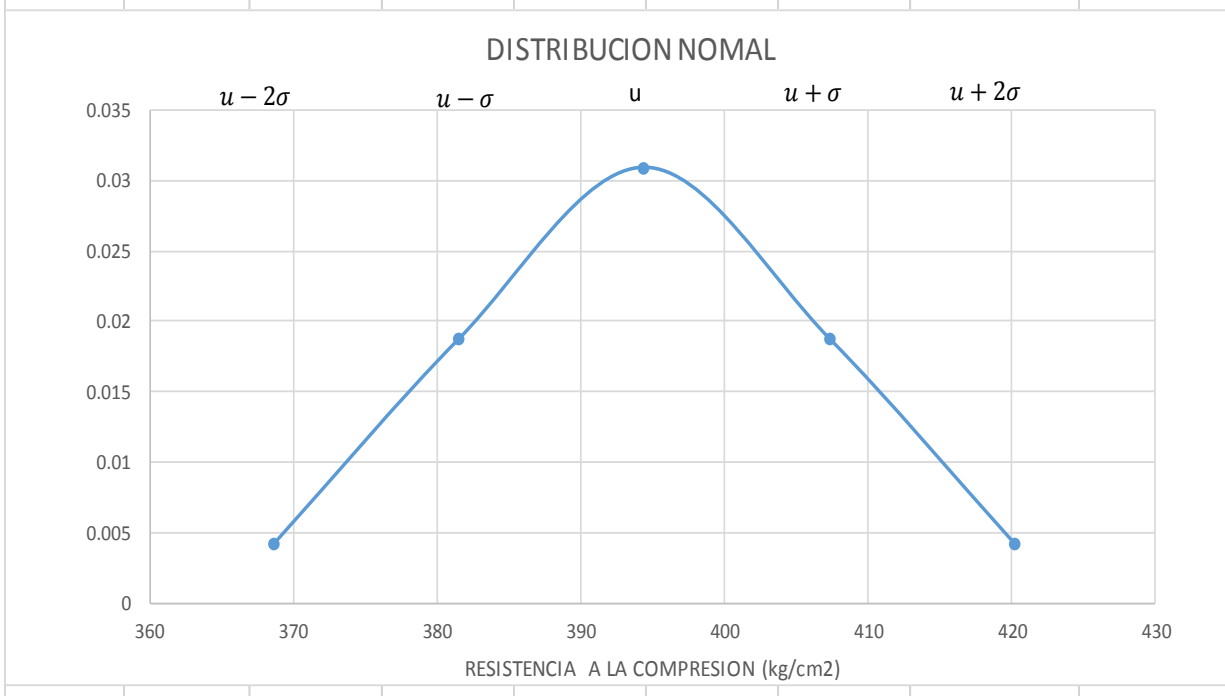


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (1.5 %) - 7 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 7 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 1.5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	404.30
	CN-02	376.14
	CN-03	382.60
	CN-04	395.70
CN-05	407.93	

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
376.14 - 385.76	380.95	2	2	761.899648	-13.46	181.1453265	362.2906529
385.76 - 395.37	390.56	0	2	0	-3.85	14.78737359	0
395.37 - 404.98	400.18	2	4	800.354002	5.77	33.27159057	66.54318115
404.98 - 414.60	409.79	1	5	409.79059	15.38	236.5979774	236.5979774

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax=	407.93	Xmin =	376.14			31.79
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						9.613588556	10
MEDIA: u							394.41
MEDIANA: u_m							395.70
MODA : u_o							380.95
VARIANZA : σ^2							166.36
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							12.89798251
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							3.27

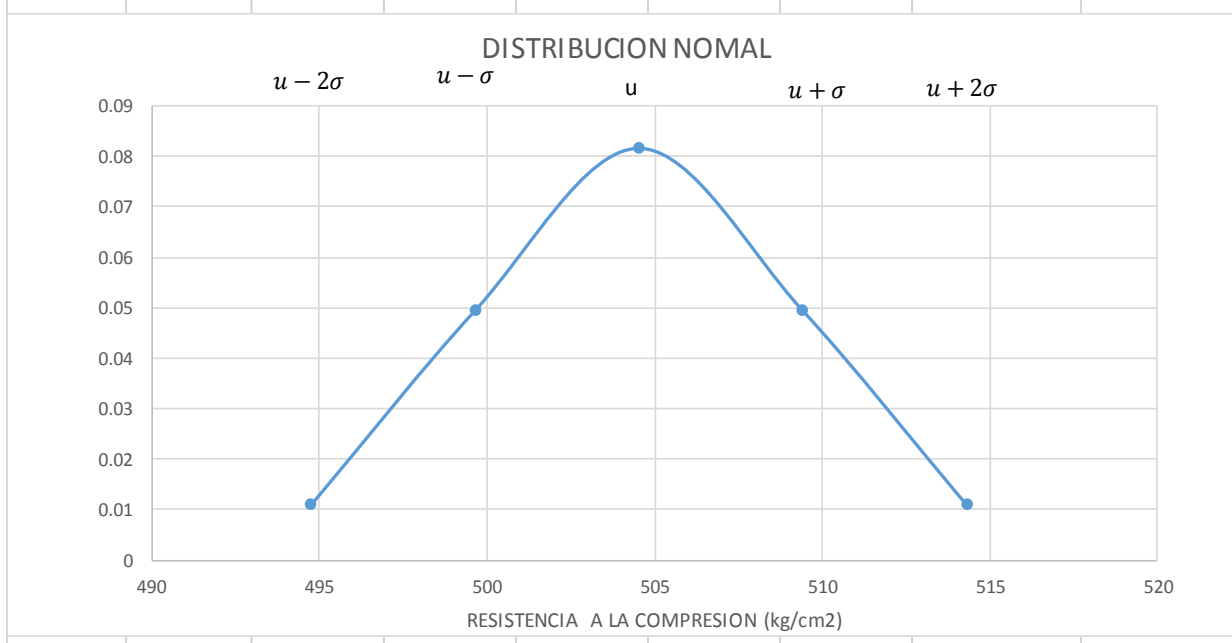


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (1.5 %) - 14 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 14 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 1.5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	498.53
	CN-02	504.80
	CN-03	511.73
	CN-04	504.33
	CN-05	501.85

Intervavalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
498.53 - 502.53	500.53	2	2	1001.06087	-3.99	15.9365193	31.87303859
502.53 - 506.52	504.52	2	4	1009.04498	0.00	0	0
506.52 - 510.51	508.51	0	4	0	3.99	15.9365193	0
510.51 - 514.50	512.51	1	5	512.506604	7.98	63.74607719	63.74607719

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx	Xmax=	511.73	Xmin =	498.53			13.20
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						3.992057026	4
MEDIA: u							504.52
MEDIANA: u_m							504.33
MODA : u_o							498.53
VARIANZA : σ^2							23.90
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							4.889251369
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							0.97

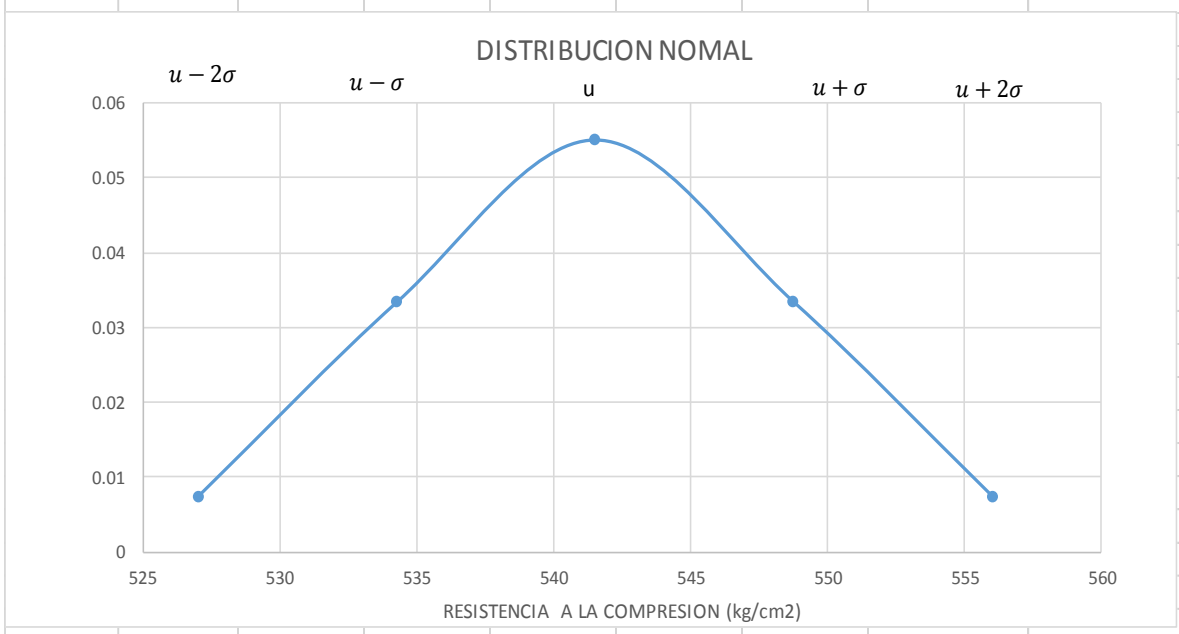


Analisis Estadistico: Concreto Normal+ NS (1.5 %) - 28 Dias

RESISTENCIA ALA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS CONCRETO NORMAL+ NANOSILICE AL 1.5%	MUESTRA	f'c (xi)
	CN-01	539.78
	CN-02	541.94
	CN-03	528.18
	CN-04	549.18
	CN-05	543.61

Intervalo de Clases	Xi	fi	Fi	fi.Xi	Xi-u	(Xi-u)^2	fi.(Xi-u)^2
528.18 - 534.53	531.35	1	1	531.354255	-10.16	103.2143547	103.2143547
534.53 - 540.88	537.70	1	2	537.703909	-3.81	14.51451863	14.51451863
540.88 - 547.23	544.05	2	4	1088.10713	2.54	6.45089717	12.90179434
547.23 - 553.58	550.40	1	5	550.403217	8.89	79.02349033	79.02349033

NUMERO DE MUESTRAS : N							5
RANGO DE DATOS: Rx		Xmax=	549.18	Xmin =	528.18		21.00
NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE :K						3.306601014	3.3
ANCHO O TAMAÑO DE INTERVALÑO DE CLASE:C						6.34965411	6
MEDIA: u							541.51
MEDIANA: u_m							541.94
MODA : u_o							528.18
VARIANZA : σ^2							52.41
DESVIACION ESTÁNDAR : σ							7.239719574
COEFICIENTE DE VARIACION : CV							1.34



3. ANEXO D

3.1. ANEXO D-1 LAS PRUEBA DE HIPOTEIS

prueba de hipotesis	CP+NS 0.5%(7 DIAS)												
Muestra patron (1)	: CP												
muestra comparada (2)	: NS (0.5%)												
1.- Parametro de interes	: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #00AEEF; color: white;">% de Nanosilice</th> <th style="background-color: #00AEEF; color: white;">CP</th> <th style="background-color: #00AEEF; color: white;">NS (0.5%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numero de muestras : N</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Media: u</td> <td style="text-align: center;">227.99</td> <td style="text-align: center;">290.86</td> </tr> <tr> <td>Varianza: σ^2</td> <td style="text-align: center;">4.29</td> <td style="text-align: center;">9.47</td> </tr> </tbody> </table>	% de Nanosilice	CP	NS (0.5%)	Numero de muestras : N	5	5	Media: u	227.99	290.86	Varianza: σ^2	4.29	9.47
% de Nanosilice	CP	NS (0.5%)											
Numero de muestras : N	5	5											
Media: u	227.99	290.86											
Varianza: σ^2	4.29	9.47											
2.- Hipotesis	: u1: f'c promedio del grupo 1 u2: f'c promedio del grupo 2												
<u>a.- Hipotesis Nula</u>	: Ho: u1>=u2 se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 0.5% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.												
<u>b.- Hipotesis alternativa</u>	: Ha: u1<=u2 si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 0.5 % nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.												
3.- Nivel de Significancia	: $\alpha =$ <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="background-color: #00AEEF; color: white;">0.05</td></tr> <tr><td style="background-color: #00AEEF; color: white;">t= 1.8595</td></tr> </table>	0.05	t= 1.8595										
0.05													
t= 1.8595													
4.- Estadistica de prueba	: El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por: <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> $t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$ </div> <div> <p>donde:</p> <p>t_p : estadistica de prueba</p> <p>x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo</p> <p>S_p :Desviacion estandar de grupo</p> <p>n_1, n_2 :grados de libertad.</p> </div> </div>												
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00AEEF; color: white;">Prueba t:tp</td> <td style="background-color: #00AEEF; color: white;">-37.977</td> </tr> </table>	Prueba t:tp	-37.977										
Prueba t:tp	-37.977												
5.- regla de decisión	: Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: Z= 1.8595. <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">Rechazar t_p si $Z_0 < -1.8595$</td> </tr> </table>	Rechazar t_p si $Z_0 < -1.8595$											
Rechazar t_p si $Z_0 < -1.8595$													
	Puesto que :												
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00AEEF; color: white;">tp=</td> <td style="background-color: #00AEEF; color: white;">-37.977</td> <td style="background-color: #00AEEF; color: white;"><-1.8595</td> </tr> </table>	tp=	-37.977	<-1.8595									
tp=	-37.977	<-1.8595											
6.- interpretacion	: Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 7 dias desarrollada con 0.5 de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido												

prueba de hipotesis

CP+NS 0.5%(14 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	NS (0.5%)

1.- Parametro de interes

% de Nanosilice	CP	NS (0.5%)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	313.89	414.07
Varianza: σ^2	23.07	103.75

2.- Hipotesis

u1: f'c promedio del grupo 1
u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula :

Ho: $u_1 >= u_2$ se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 0.5% de nanosilice, es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa :

Ha: $u_1 < u_2$ si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 0.5 % nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia

$\alpha =$	0.05
t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-19.821
-------------	---------

5.- regla de decisi3n

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: Z= 1.8595

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-19.821	<-1.8595
-----	---------	----------

6.- interpretacion

Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signicancia de 0.05 y se concluye que :
La resistencia a la compresion a los 14 dias desarrollada con 0.5 de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+NS 0.5%(28 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	NS (0.5%)

1.- Parametro de interes	:	% de Nanosilice	CP	NS (0.5%)
		Numero de muestras : N	5	5
		Media: u	357.46	509.88
		Varianza: σ^2	5.11	111.77

2.- Hipotesis :

u1: f'c promedio del grupo 1
u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho: $u1 \geq u2$ se rechaza la hipotesis nula $tp < -t$; Si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b .- Hipotesis alternativa : Ha: $u1 < u2$ si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 0.5 % nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia	:	$\alpha =$	0.05
		t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba :

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:
 t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-30.869
-------------	---------

5.- regla de decisión :

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595.

Rechazar Ho si $tp < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-30.869	<-1.8595
-----	---------	----------

6.- interpretacion :

Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que :
 La resistencia a la compresion a los 28 dias desarrollada con 0.5 de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+NS 1%(7 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	NS (1%)

1.- Parametro de interes	:	% de Nanosilice	CP	NS (1%)
		Numero de muestras : N	5	5
		Media: u	227.99	274.80
		Varianza: σ^2	4.29	23.54

2.- Hipotesis :
 u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho: u1>=u2 se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b .- Hipotesis alternativa : Ha: u1<u2 si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 0.5 % nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia	:	$\alpha =$	0.05
		t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba : El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:
 t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-19.639
-------------	---------

5.- regla de decisión : Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595.

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-19.639	<-1.8595
-----	---------	----------

6.- interpretacion : Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 7 dias desarrollada con 1% de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+NS 1%(14 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	NS (1%)

1.- Parametro de interes	:	% de Nanosilice	CP	NS (1%)
		Numero de muestras : N	5	5
		Media: u	313.89	328.65
		Varianza: σ^2	23.07	19.74

2.- Hipotesis : u1: f'c promedio del grupo 1
u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho: u1>=u2 se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 1%de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa : Ha: u1<=u2 si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 1% nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia : $\alpha = 0.05$
t= 1.8595

4.- Estadistica de prueba : El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:
 t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-5.049
-------------	--------

5.- regla de decisi3n : Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595.

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-5.049	<-1.8595
-----	--------	----------

6.- interpretacion : Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 7 dias desarrollada con 1% de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+NS 1% (28 DIAS)

Muestra patron (1) : CP
 muestra comparada (2) : NS (1%)

1.- Parametro de interes

% de Nanosilice	CP	NS (1%)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	357.46	537.68
Varianza: σ^2	5.11	8.03

2.- Hipotesis

u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula

Ho:

$u1 >= u2$ se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 1% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa

Ha:

$u1 < u2$ si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 1% nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia

$\alpha = 0.05$
 $t = 1.8595$

4.- Estadistica de prueba

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p : Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 : grados de libertad.

Prueba $t: t_p = -111.057$

5.- regla de decisi3n

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienen para un nivel de significancia de 0.05 y nivel de confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: $t = 1.8595$.

Rechazar H_0 si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

$t_p = -111.057 < -1.8595$

6.- interpretacion

Se rechaza H_0 y se acepta H_a con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 28 dias desarrollada con 1% de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis CP+NS 1.5%(7 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	NS (0.5%)

1.- Parametro de interes	:	% de Nanosilice	CP	NS (0.5%)
		Numero de muestras : N	5	5
		Media: u	227.99	394.41
		Varianza: σ^2	4.29	166.36

2.- Hipotesis :
 u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho:
 u1>=u2 se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 1.5% de nanosilice, es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa : Ha:
 u1<u2 si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 1.5% nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia	:	$\alpha =$	0.05
	:	t=	1.8595

4.- Estadística de prueba : El estadístico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:
 t_p : estadística de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p : Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 : grados de libertad.

Prueba t:tp	-28.315
-------------	---------

5.- regla de decisión : Del anexo 4 Distribucion normal, se tienen para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595.

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-28.315	<-1.8595
-----	---------	----------

6.- interpretacion : Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 7 dias desarrollada con 1.5 de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+NS 1.5 % (14 DIAS)

Muestra patron (1) : CP
 muestra comparada (2) : NS (1.5 %)

1.- Parametro de interes

% de Nanosilice	CP	NS (1.5 %)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	313.89	504.52
Varianza: σ^2	23.07	23.90

2.- Hipotesis

u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula :

Ho:

$u1 > u2$ se rechaza la hipotesis nula $tp < -t$; Si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 1.5% de nanosilice, es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa :

Ha:

$u1 < u2$ si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 1.5% nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia

$\alpha = 0.05$
 $t = 1.8595$

4.- Estadistica de prueba

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p : Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 : grados de libertad.

Prueba t:tp -62.253

5.- regla de decisi3n

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95%, corresponde un valor de: $t = 1.8595$.

Rechazar Ho si $tp < -1.8595$

Puesto que :

Zo= -62.253 < -1.8595

6.- interpretacion

Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 14 dias desarrollada con 1.5% de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+NS 1.5%(28 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	NS (1.5%)

1.- Parametro de interes

% de Nanosilice	CP	NS (1.5%)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	357.46	541.51
Varianza: σ^2	5.11	52.41

2.- Hipotesis

u1: f'c promedio del grupo 1
u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula

Ho: $u_1 = u_2$ se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 1.5 % de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa

Ha: $u_1 < u_2$ si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 1.5 % nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia

$\alpha =$	0.05
t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:
 t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-7.815
-------------	--------

5.- regla de decisión

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595.

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-7.815	<-1.8595
-----	--------	----------

6.- interpretacion

Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 28 dias desarrollada con 1.5 % de nanosilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 5% (7 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	MS (5%)

1.- Parametro de interes	:	% de Microsilice	CP	MS (5%)
		Numero de muestras : N	5	5
		Media: u	227.99	343.34
		Varianza: σ^2	4.29	17.52

2.- Hipotesis :
 u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho:
 $u1 > u2$ se rechaza la hipotesis nula $tp < -t$; Si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 5% de microsilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa : Ha:
 $u1 \leq u2$ si la resistencia a la compresion (7) dias desarrollada por el concreto con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia : $\alpha =$ **0.05**
 t= **1.8595**

4.- Estadistica de prueba : El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:
 t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-55.019
-------------	----------------

5.- regla de decisi3n : Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595

Rechazar Ho si $tp < -1.8595$

6.- interpretacion : Puesto que $tp = -55.019$ es menor < -1.8595 , se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 7 dias desarrollada con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 5%(14 DIAS)

Muestra patron (1) : CP
 muestra comparada (2) : MS (5%)

1.- Parametro de interes	% de Microsilice	CP	MS (5%)
Numero de muestras : N		5	5
Media: u		313.89	479.84
Varianza: σ^2		23.07	70.67

2.- Hipotesis :
 u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho: u1>=u2 se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa : Ha: u1<=u2 si la resistencia a la compresion (14) dias desarrollada por el concreto con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia : $\alpha = 0.05$
 t= 1.8595

4.- Estadistica de prueba : El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp -38.366

5.- regla de decisión : Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595
 Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp= -38.366 < -1.8595

6.- interpretacion : Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 14 dias desarrollada con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 5%(28 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	MS (5%)

1.- Parametro de interes	:	% de Microsilice	CP	MS (5%)
		Numero de muestras : N	5	5
		Media: u	357.46	520.60
		Varianza: σ^2	5.11	22.02

2.- Hipotesis :
 u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho: u1>=u2 se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa : Ha: u1<=u2 si la resistencia a la compresion (28) dias desarrollada por el concreto con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia	:	$\alpha =$	0.05
		t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba : El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

- t_p : estadistica de prueba
- x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
- S_p :Desviacion estandar de grupo
- n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-37.977
-------------	---------

5.- regla de decisión : Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-37.977	<-1.8595
-----	---------	----------

6.- interpretacion : Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 28 dias desarrollada con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 10% (7 DIAS)

Muestra patron (1) : CP
 muestra comparada (2) : MS (10%)

1.- Parametro de interes

% de Microsilice	CP	MS (10%)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	227.99	366.28
Varianza: σ^2	4.29	101.99

2.- Hipotesis

u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula :

Ho: $u_1 \geq u_2$ se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa :

Ha: $u_1 < u_2$ si la resistencia a la compresion (7) dias desarrollada por el concreto con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia

$\alpha = 0.05$
 $t = 1.8595$

4.- Estadistica de prueba

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

donde:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp -19.639

5.- regla de decisión

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: $t = 1.8595$.

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

$t_p = -19.639 < -1.8595$

6.- interpretacion

Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 7 dias desarrollada con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 10% (14 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	MS (10%)

1.- Parametro de interes :

% de Microsilice	CP	MS (10%)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	313.89	366.28
Varianza: σ^2	23.07	19.23

2.- Hipotesis :

u1: f'c promedio del grupo 1
u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula :

Ho: $u_1 \geq u_2$ se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa :

Ha: $u_1 < u_2$ si la resistencia a la compresion (7) dias desarrollada por el concreto con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia :

$\alpha =$	0.05
t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba :

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

- t_p : estadistica de prueba
- x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
- S_p :Desviacion estandar de grupo
- n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-66.541
-------------	---------

5.- regla de decisión :

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: t= 1.8595

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-66.541	<-1.8595
-----	---------	----------

6.- interpretacion :

Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signicancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 14 dias desarrollada con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 10% (28 DIAS)

Muestra patron (1) : CP
 muestra comparada (2) : MS (10%)

1.- Parametro de interes	% de Microsilice	CP	MS (10%)
Numero de muestras : N		5	5
Media: u		357.46	571.41
Varianza: σ^2		5.11	36.83

2.- Hipotesis :
 u1: f'c promedio del grupo 1
 u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula : Ho: u1>=u2 se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa : Ha: u1<=u2 si la resistencia a la compresion (28 dias) desarrollada por el concreto con 10% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia : $\alpha = 0.05$
 $t = 1.8595$

4.- Estadistica de prueba : El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:
 t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t: $t_p = -12.867$

5.- regla de decisión : Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: $t = 1.8595$
 Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

$t_p = -12.867 < -1.8595$

6.- interpretacion : Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de signigancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 28 dias desarrollada con 10% microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 15%(7 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	MS (15%)

1.- Parametro de interes

% de Microsilice	CP	MS (15%)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	227.99	344.28
Varianza: σ^2	4.29	52.12

2.- Hipotesis

u1: f'c promedio del grupo 1
u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula :

Ho: $u_1 \geq u_2$ se rechaza la hipotesis nula $t_p < -t$; Si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice , es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa :

Ha: $u_1 < u_2$ si la resistencia a la compresion (7 dias) desarrollada por el concreto con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia

$\alpha =$	0.05
t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p :Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 :grados de libertad.

Prueba t:tp	-34.699
-------------	---------

5.- regla de decisión

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienes para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: $t = 1.8595$.

Rechazar Ho si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

tp=	-34.699	<-1.8595
-----	---------	----------

6.- interpretacion

Se rechaza Ho y se acepta Ha con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 14 dias desarrollada con 15% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

prueba de hipotesis

CP+MS 15%(14 DIAS)

Muestra patron (1)	:	CP
muestra comparada (2)	:	MS (15%)

1.- Parametro de interes

% de Microsilice	CP	MS (15%)
Numero de muestras : N	5	5
Media: u	313.89	483.87
Varianza: σ^2	23.07	19.23

2.- Hipotesis

u1: f'c promedio del grupo 1
u2: f'c promedio del grupo 2

a.- Hipotesis Nula :

Ho:

$u1 > u2$ se rechaza la hipotesis nula $tp < -t$; Si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 10% de nanosilice, es menor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

b.- Hipotesis alternativa :

Ha:

$u1 < u2$ si la resistencia a la compresion (14 dias) desarrollada por el concreto con 5% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada por el concreto patron.

3.- Nivel de Significancia

$\alpha =$	0.05
t=	1.8595

4.- Estadistica de prueba

El estadistico de prueba usado en la prueba de hipotesis de dos poblaciones con medias y varianzas conocidas se denota por:

$$t_p = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

donde:

t_p : estadistica de prueba
 x_1, x_2 : resistencia promedio de grupo
 S_p : Desviacion estandar de grupo
 n_1, n_2 : grados de libertad.

Prueba t: t_p	-12.657
-----------------	---------

5.- regla de decisión

Del anexo 4 Distribucion normal, se tienen para un nivel de significancia de 0.05 y nivel confiabilidad del 95 %, corresponde un valor de: $t = 1.8595$

Rechazar H_0 si $t_p < -1.8595$

Puesto que :

$t_p = -12.657 < -1.8595$

6.- interpretacion

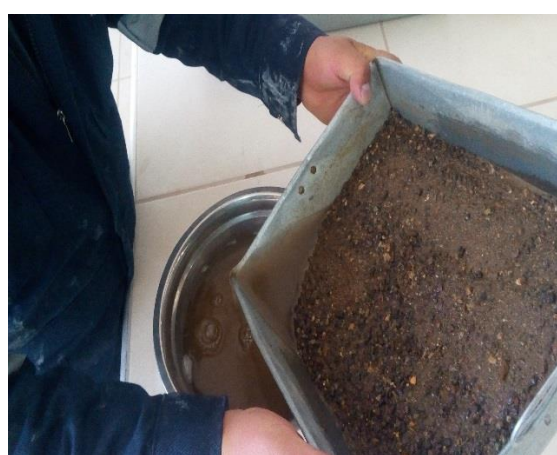
Se rechaza H_0 y se acepta H_a con un nivel de significancia de 0.05 y se concluye que : La resistencia a la compresion a los 14 dias desarrollada con 15% de microsilice es mayor que la resistencia desarrollada con el concreto patron sometido

IMAGENES



Muestreo en cantera y acumulación de partes opuestas del agregado

Fecha: 10/08/17



Se está haciendo escurrir el agua para que seque superficialmente al medio ambiente - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



Se está sacando la muestra luego de escurrirlo -laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 25/08/2017.



Se está calentando la muestra en una cocina eléctrica -laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 25/08/2017



Método del cono, para comprobar si la muestra se encuentra en estado saturado y superficialmente seco (S.S.S) - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



Muestra que no se encuentra aún en estado saturado y superficialmente seco (S.S.S) - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



La muestra se desmorona después del ensayo, con lo cual comprobamos que se encuentra (S.S.S) - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



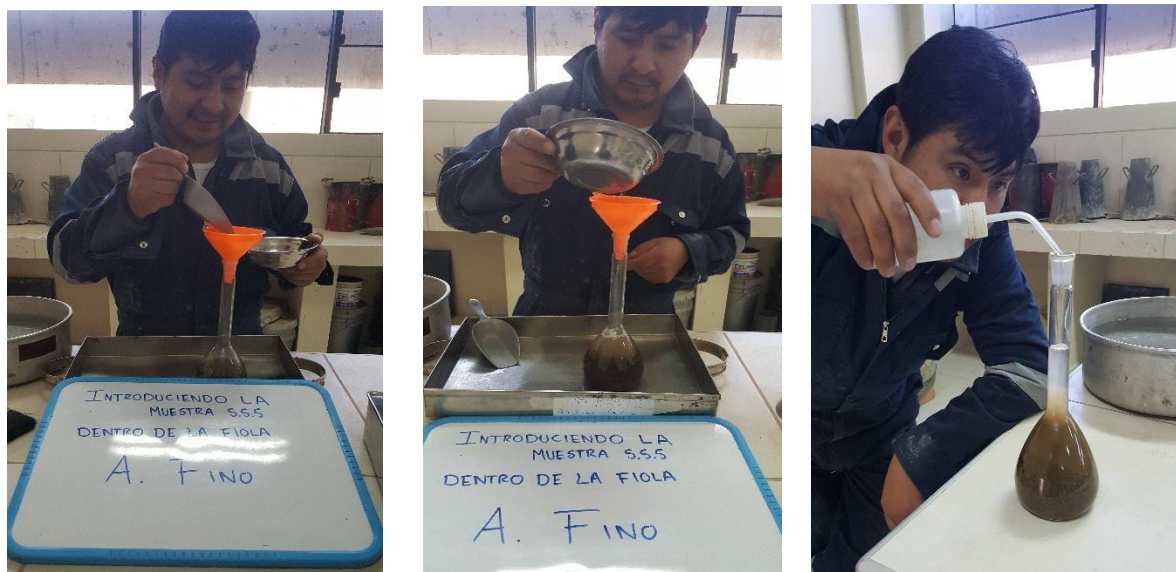
La muestra S.S.S se pesa - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Fecha: 25/08/2017

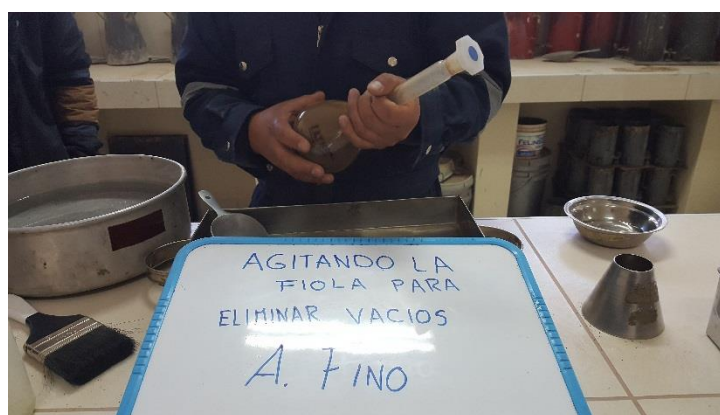


pesando la fiola más agua - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



Colocando la muestra s.s.s en la fiola - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 25/08/2017



Eliminación de burbujas de aire del agregado fino - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 25/08/2017





Colocar la fiola con la muestra, sobre una bandeja con agua a temperatura controlada - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 25/08/2017



Muestra sacada de la fiola a una tara y llevado al horno- Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 25/08/2017



Peso unitario suelto agregado fino- Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 28/08/2017



Peso unitario compactado del agregado fino- Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)
Fecha: 28/08/2017



Secando la Muestra para dejarla en S.S.S - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 29/08/2017

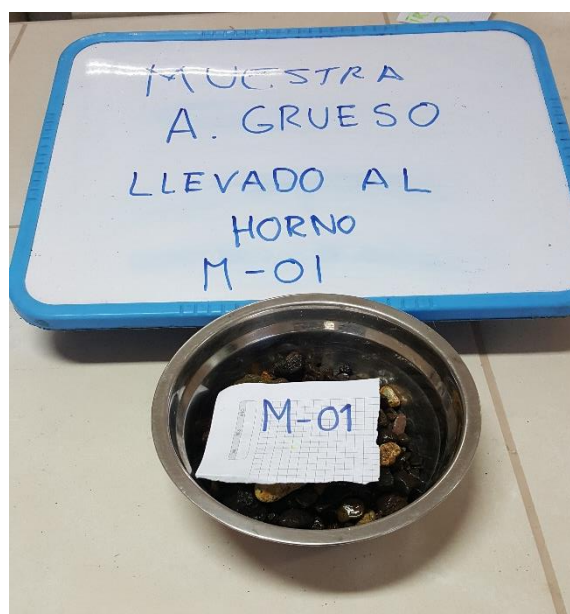


Pesando la Muestra S.S.S - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).
Fecha: 29/08/2017



Material dentro de la canastilla sumergida y luego procedemos a pesarlo - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO).

Fecha: 29/08/2017



Colocar el material en un recipiente y llevarlo al horno - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC – UNA PUNO)

Fecha: 29/08/2017



Peso unitario suelto - Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Fecha: 28/08/2017



Mezclado del concreto
Fecha: 12 /09/2017



Comprobación del asentamiento.
Fecha: 12/09/2017



Llenado de moldes y apisonado de mezcla de concreto en tres capas iguales.
Fecha: 12/08/2017



Moldes vaciados de un grupo de concreto.
Fecha: 13/08/2017