

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ADICIONANDO
SIKA VISCOCRETE SC-50 Y GAIA**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURAS Y MATERIALES

AUTORES: Br. ROLDAN LOPEZ LIDMER MAURILIO

Br. VARGAS CHAVEZ, JOEL DANIEL

ASESOR: Ing. OSWALDO HURTADO ZAMORA

TRUJILLO - PERÚ

2018

Nº DE REGISTRO:

ACREDITACIONES

TÍTULO: “Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando Sika
Viscocrete sc-50 y GAIA”

AUTORES:

Br. Roldán López Lidmer Maurilio

Br. Vargas Chavez Joel Daniel

APROBADO POR:

Ing. Rolando Ochoa Zevallos

PRESIDENTE

N° CIP 9133

Ing. Fidel German Sagastegui Plasencia

SECRETARIO

N° CIP 32720

Ing. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz

VOCAL

N° CIP 17902

Ing. Oswaldo Hurtado Zamora

ASESOR

N° CIP 63712

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado **“Diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando Sika Viscocrete sc-50 y GAIA”**, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Trujillo, de Agosto del 2017.

Br. Lidmer Maurilio Roldán López.

Br. Vargas Chavez Joel Daniel.

DEDICATORIA

Este presente y especial tesis les dedico a mis viejitos Alejandro y Lily que estuvieron siempre a mi lado brindándome su apoyo, son la razón de estar hoy en día dedicándole estas palabras por intermedio de mi esfuerzo hacia lo profesional.

Gracias al fruto de su amor, son un gran ejemplo a seguir; a mis padres que siempre me apoyaron desde que nací a ellos también les debo todo, a toda mi familia porque en cada uno de ellos he logrado obtener conocimientos diferentes.

A mis tíos que son como hermanos gracias por sus buenos consejos que yo sé que me servirán en la vida, y a toda mi familia López gracias por ser mi fuerza esa fuerza que me motiva todos los días.

Br. Lidmer Maurilio Roldan López

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mi madre, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí, porque siempre me apoyó y la razón por el cual soy hoy en día. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti y a tu esfuerzo incondicional para superarme profesionalmente.

Finalmente, a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de mi tesis.

Br. Joel Daniel Vargas Chávez

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS:

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

PADRES:

Por todo su apoyo en cada momento de nuestra vida y en especial en nuestra formación profesional, por su apoyo moral y económico que nos permitió alcanzar esta meta.

DOCENTES:

A nuestros docentes que con sus enseñanzas y conocimiento aportaron al desarrollo de mi formación profesional y personal.

ING. ROCIO DEL PILAR DURAND ORELLANA:

A nuestra asesora ing. Rocío del Pilar Durand Orellana por su valiosa asesoría, colaboración y aporte brindado en el presente trabajo de investigación.

RESUMEN

“DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ADICIONANDO SIKA VISCOCRETE SC-50 Y GAIA”

Por: Br. LIDMER MAURILIO ROLDAN LOPEZ

Br. VARGAS CHAVEZ JOEL DANIEL

En la presente investigación se estudia los concretos de alta resistencia preparados con diferentes porcentajes de Nanosílice (GAIA NANOSILICE) (0.3%; 0.5%; 0.7%), en base a un concreto patrón (C.P) diseñada con un Superplastificante (viscocrete sc-50), en una dosis del 0.1% respecto al peso del cemento, el objetivo principal fue determinar en cuanto incrementa la resistencia mecánica a la compresión en diferentes dosis de Nanosílice adicionadas en base al Concreto Patrón.

Para esto, se propuso diseñar mezclas de concreto según la metodología propuesta por el ACI 211.4 para las resistencias a la compresión de 420 y 600 kg/cm², utilizando tres dosificaciones de aditivo nanosílice de 0.3%, 0.5% y 0.7% en peso de cemento para cada resistencia, y tomando en cuenta parámetros para los concretos con aditivo de 1 a 2 pulgadas según el ACI 211.4 para los concretos patrón (sin aditivo), que sirvan para establecer propiedades del concreto como su trabajabilidad y consistencia.

Después de tener las dosificaciones adecuadas, se procedió al preparado de cada una de estas, realizando los siguientes ensayos al concreto en estado fresco: asentamiento (Slump), temperatura, peso unitario volumétrico y porcentaje de aire; posteriormente se realizaron ensayos al concreto en estado endurecido: resistencia a la compresión a 3, 7 y 28 días de edad, como resultado del proceso de análisis de resistencia a la compresión se logró conocer la más óptima de aditivo Nanosílice la cual es de 0.5%.

Para definir las dosificaciones de aditivo nanosílice y de Superplastificante se usó la recomendación del fabricante que establecía un rango de 0.5% a 3.0% y 0.5% a 1.8% respectivamente, las dosificaciones de los agregados se partieron según la metodología de diseño del comité ACI 211.4.

Para 420 kgf/cm² el contenido óptimo es 0.50% logrando resistencia de 448.10 kgf/cm²

Para 600 kgf/cm² el contenido óptimo es 0.50% logrando resistencia de 637.60 kgf/cm²

ABSTRACT

In the present investigation, high strength concretes prepared with different percentages of Nanosilicate (GAIA NANOSILICE) (0.3%, 0.5%, 0.7%) are studied, based on a concrete pattern (CP) designed with a Superplasticizer (viscocrete sc-50), in a dose of 0.1% with respect to the weight of the cement, the main objective was to determine as it increases the mechanical resistance to compression in different doses of Nanosilica added on the basis of the Standard Concrete.

For this, it was proposed to design concrete mixtures according to the methodology proposed by the ACI 211.4 for the compressive strengths of 420 and 600 kg / cm², using three dosages of nanosilicate additive of 0.3%, 0.5% and 0.7% by weight of cement for each resistance, and taking into account parameters for concrete with additive of 1 to 2 inches according to the ACI 211.4 for the concrete pattern (without additive), which serve to establish concrete properties such as its workability and consistency.

After having the appropriate dosages, we proceeded to the preparation of each one of these, performing the following tests on the concrete in fresh state: settlement (Slump), temperature, volumetric unit weight and percentage of air; Subsequently tests were performed on concrete in hardened state: resistance to compression at 3, 7 and 28 days of age, as a result of the compression resistance analysis process it was possible to know the most optimal Nanosilice additive which is 0.5%.

To define the dosages of nanosilica additive and superplasticizer, the manufacturer's recommendation was used, which established a range of 0.5% to 3.0% and 0.5% to 1.8% respectively, the dosages of the aggregates were split according to the design methodology of the ACI 211.4 committee.

For 420 kgf / cm² the optimum content is 0.80% achieving resistance of 448.10 kgf / cm².

For 600 kgf / cm² the optimum content is 0.80% achieving resistance of 637.60 kgf / cm².

INDICE

ACREDITACIONES.....	I
PRESENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT.....	VII
INDICE.....	VIII
INDICE DE TABLAS	XIV
INDICE DE FIGURA.....	XV
CAPITULO I.....	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Formulación de la Hipótesis	3
1.5. Objetivos de Estudio.....	3
1.5.1. Objetivo General	3
1.5.2. Objetivos Específicos	4
1.6. Justificación del Estudio	4
1.6.1. Importancia de la investigación	4
1.6.2. Académica.....	5
1.6.3. Técnicamente	5
1.7. Viabilidad de la Investigación.....	5
1.7.1. Limitaciones del estudio.....	5
CAPITULO II.....	6
2. MARCO TEORICO.....	7
2.2. 2.1. Antecedentes de la Investigación	7

2.3.	<i>Definiciones Conceptuales</i>	9
2.3.1.	Concreto	9
3.1.1.1.	Características generales.....	10
3.1.1.2.	Propiedades.....	10
3.1.1.3.	Homogeneidad y Uniformidad:	11
3.1.1.4.	En estado endurecido	11
2.3.1.1.1.	Características físicas – químicas.....	11
2.3.1.1.2.	Características mecánicas:	12
3.1.1.5.	Concreto de alta resistencia	12
3.1.1.6.	Ventajas de su uso:	13
3.1.1.7.	Tipos.....	13
2.3.1.1.3.	Concreto de alta resistencia Final.....	13
2.3.1.1.4.	Concreto de alta resistencia Inicial.....	13
2.3.2.	Agregados (Norma Técnica Peruana 400.037; Norma ASTM C- 33).....	13
3.1.1.8.	Requerimientos de los agregados (NTP 400.037).....	14
3.1.1.9.	Agregado grueso (NTP 400.012).....	14
3.1.1.10.	Agregado Fino (NTP 400.012).....	15
3.1.1.11.	Propiedades físicas de los agregados	15
2.3.2.1.1.	Análisis granulométrico (NTP 400.037, ASTM E-136).....	15
2.3.2.1.2.	Módulo de finura (NTP 334.045, ASTM e 136, ASTM e 125).....	15
2.3.2.1.3.	Peso específico (NTP 400.021-400.022, ASTM C 127-C 128)	16
2.3.2.1.4.	Absorción (NTP 400.022).....	18
2.3.2.1.5.	Contenido De Humedad (NTP 339.185, ASTM e 566)	19
2.3.2.1.6.	Peso Unitario (NTP 400.017, ASTM e 29).....	19
2.3.2.1.7.	Porcentaje de Vacíos (ASTM C 29.).....	20
2.3.3.	Cemento	20
3.1.1.12.	Cemento portland.....	20
3.1.1.13.	Cemento Portland (Pacasmayo).....	20
3.1.1.14.	El agua en el concreto	21
2.3.3.1.1.	Agua de mezclado (NTP 339.088).....	21
2.3.3.1.2.	Agua de curado	22
2.3.3.1.3.	Agua de lavado	22
3.1.1.15.	Relación agua material cementante A/C	22
3.1.1.16.	Moldes	23

2.3.3.1.4.	Moldes cilíndricos.....	23
2.3.3.1.5.	Vigas y moldes primaticos	23
3.1.1.17.	Varillas de compactación.....	24
2.3.3.1.6.	Varilla larga	24
2.3.3.1.7.	Varilla corta	24
2.3.3.1.8.	Martillo de goma.....	24
2.3.4.	Vibradores	24
3.1.1.18.	Vibradores externos	24
3.1.1.19.	Vibradores externos	24
2.3.5.	Herramientas pequeñas.....	25
3.1.1.20.	Cono de Abrams	25
3.1.1.21.	Recipiente de muestreo y mezclado.....	25
3.1.1.22.	Equipo de tamizado húmedo.....	25
3.1.1.23.	Aparato contenido de aire	25
3.1.1.24.	Balanzas.....	25
3.1.1.25.	Dispositivo para medición de temperatura.....	26
3.1.1.26.	Mescladora de hormigón (trompo).....	26
2.3.6.	Especímenes	26
3.1.1.27.	Especímenes cilíndricos.....	26
3.1.1.28.	Especímenes prismáticos	26
3.1.1.29.	Otros especímenes	27
2.3.6.1.1.	Tamaño del espécimen versus tamaño del agregado.....	27
2.3.6.1.2.	Numero de especímenes.....	27
2.4.	<i>Bases Teóricas</i>	28
2.4.1.	Aditivos	28
3.1.1.30.	Características y propiedades de los aditivos	28
2.4.1.1.1.	Nanosilice GAIA	28
2.4.1.1.2.	Superplastificante Viscocrete sc-50	30
3.1.1.31.	Consideraciones básicas para el diseño de una mezcla de concreto.....	32
2.4.1.1.3.	Economía	32
2.4.1.1.4.	Trabajabilidad	32
2.4.1.1.5.	Resistencia y Durabilidad	32
3.1.1.32.	Diseño de mezcla y proporciones	33
2.4.1.1.6.	Información requerida para el diseño de mezclas	33

2.4.1.1.7.	Pasos para el Proporcionamiento	33
2.4.1.1.8.	Proporcionamiento en base a experiencia de campo y/o mezclas de prueba	34
CAPITULO III.....	39
3. MATERIALES Y METODOS.....	40
3.2.	<i>Recolección De Materiales</i>	40
3.3.	<i>Ensayos De Laboratorio A Los Agregados</i>	41
3.3.1.	Análisis Granulométrico.....	41
3.3.1.1.	Descripción.....	41
3.3.1.2.	Procedimiento	41
3.3.1.3.	Materiales	43
3.3.1.4.	Usos	44
3.4.	<i>Ensayo De Peso Específico Y Absorción (NTP 400.021)</i>	46
3.4.1.	Descripción.....	46
3.4.2.	Procedimiento.....	46
3.4.2.1.	Agregado Grueso	46
3.4.2.2.	Agregado Fino	47
3.4.2.3.	Materiales	48
3.4.3.	Peso Unitario (NTP 400.017)	49
3.4.3.1.	Descripción.....	49
3.4.3.2.	Procedimiento	49
3.4.3.3.	Materiales	52
3.4.4.	Diseño De Mezcla	52
3.4.5.	Determinación Del Asentamiento Del Concreto Fresco Ntp (339.035).....	53
3.4.5.1.	Descripción.....	53
3.4.5.2.	Procedimiento	53
3.4.5.3.	Materiales	56
3.4.6.	Elaboración De Los Cilindros De Concreto	56
3.4.6.1.	Descripción.....	56
3.4.6.2.	Procedimiento	57
3.4.6.3.	Materiales	58
3.4.7.	Desmoldación De Probetas (Norma ASTM C-31)	60
3.4.7.1.	Procedimiento	60
3.4.8.	Curado (Norma ASTM C 31).....	61

3.4.8.1. Procedimiento	61
3.5. <i>Ensayo De La Resistencia A La Compresión (NTP 339.034)</i>	62
3.5.1. Descripción.....	62
3.5.2. Procedimiento.....	62
3.5.3. Materiales	63
3.6. <i>Ensayo De Resistencia Al Desgaste (NTP 400.019 - NTP 400.019)</i>	63
3.6.1. Descripción.....	63
3.6.2. Procedimiento.....	65
CAPITULO IV	66
4. RESULTADOS	67
4.1. <i>De Los Agregados</i>	67
4.1.1. Análisis Granulométrico.....	67
4.1.1.1. Agregado Grueso	67
4.1.1.2. Agregado Fino	73
4.1.2. Peso Unitario Suelto Y Compactado De Los Agregados.....	78
4.1.2.1. Agregado Fino	78
4.1.2.2. Agregado Grueso	80
4.1.3. Peso Unitario Suelto y Compactado De Los Agregados	81
4.1.3.1. Agregado Fino	81
4.1.3.2. Agregado Grueso	82
4.1.3.2.1. Resultado En Estado Fresco Para $F'c=420 \text{ Kgf/Cm}^2$	82
4.1.3.2.2. Resultado En Estado Fresco Para $F'c=600 \text{ Kg/Cm}^2$	84
4.1.3.2.3. Cronograma Del Proceso De Curado Y Rompimiento De Las Probetas	85
4.1.4. Resultado De Los Ensayos En Estado Endurecido	88
4.1.4.1. Resistencia A La Compresión $F'c=420 \text{ Kg/cm}^2$	88
4.1.4.2. Resistencia A La Compresión $F'c=600 \text{ Kg/Cm}^2$	92
4.1.5. Resultados Del Ensayo De Abrasión Del Agregado Grueso	96
CAPITULO V	97
CONCLUSIONES.....	98
CAPITULO VI.....	100
RECOMENDACIONES	101

CAPITULO VII	102
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	103
ANEXOS.....	106

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: RESUMEN PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA NANOSÍLICE SEGÚN EL FABRICANTE	29
TABLA 2: DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO REQUERIDA (KG/CM ²)	34
TABLA 3: CUADRO PARA HALLAR EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO (FUENTE ACI).	35
TABLA 4: SLUMP RECOMENDADO PARA CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA CON Y SIN SUPERPLASTIFICANTE (FUENTE ACI).	35
TABLA 5: CUADRO DE VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO SEGÚN TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO (FUENTE ACI)	36
TABLA 6: DE REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS.	36
TABLA 7: DE RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.	37
TABLA 8: DE VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO	38
TABLA 9: LÍMITES GRANULOMÉTRICOS PARA EL AGREGADO FINO	44
TABLA 10: LÍMITES GRANULOMÉTRICOS PARA EL AGREGADO GRUESO	45
TABLA 11: CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	50
TABLA 12: MODELO DE DATOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA	53
TABLA 13: CONSISTENCIA Y ASENTAMIENTOS	54
TABLA 14: CARGA ABRASIVA PARA EL AGREGADO GRUESO	64
TABLA 15: CÁLCULOS DEL AGREGADO GRUESO	67
TABLA 16: CÁLCULOS DEL AGREGADO GRUESO – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	69
TABLA 17: CÁLCULOS DEL AGREGADO FINO	73
TABLA 18: CÁLCULOS DEL AGREGADO FINO	75
TABLA 19: CÁLCULOS DEL AGREGADO GRUESO - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO	77
TABLA 20: PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS – A. FINO	79
TABLA 21: PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS – A. GRUESO	81
TABLA 22: PESOS INICIALES Y PESOS SECOS DEL A. FINO	81
TABLA 23: PESOS INICIALES Y PESOS SECOS DEL AGREGADO GRUESO	82
TABLA 24: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS F ['] c=420KG/CM ²	88
TABLA 25: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS F ['] c=600KG/CM ²	92
TABLA 26: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABRASIÓN	96

INDICE DE FIGURA

FIGURA 1: GAIA NANOSILICE	28
FIGURA 2: DE LA CANTERA EL MILAGRO (MAPA GOOGLE MAPS)	40
FIGURA 3: ILUSTRACIÓN DE LA ENTRADA DE LA CANTERA	40
FIGURA 4: ILUSTRACIÓN DEL TAMIZADO DE LOS AGREGADOS.....	43
FIGURA 5: ILUSTRACIÓN DE LA BALANZA HIDROSTÁTICA	47
FIGURA 6: ILUSTRACIÓN DEL MÉTODO DEL CONO DE ARENA	48
FIGURA 7: ILUSTRACIÓN DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO	49
FIGURA 8: ILUSTRACIÓN DEL ENSAYO PESO (AGREGADO FINO – AGREGADO GRUESO).....	51
FIGURA 9: ENSAYO DEL CONO DE ABRAMS PRIMERA PARTE.....	55
FIGURA 10: ENSAYO DEL CONO DE ABRAMS SEGUNDA PARTE.....	55
FIGURA 11: ILUSTRACIÓN DEL ASENTAMIENTO – SLUMP.....	56
FIGURA 12: ILUSTRACIÓN DE LOS CILINDROS DE PLÁSTICO	58
FIGURA 13: CONTENIDO DE PORCENTAJE DE AIRE.....	59
FIGURA 14: TEMPERATURA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	59
FIGURA 15: • PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO FRESCO.....	60
FIGURA 16: ILUSTRACIÓN DE DESMOLDACIÓN DE PROBETAS.....	61
FIGURA 17: POZA DE CURADO.....	61
FIGURA 18: MAQUINA DE ENSAYO.....	63
FIGURA 19: COLOCACIÓN DEL AGREGADO GRUESO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES.....	65
FIGURA 20: NÚMERO DE VUELTAS DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES Y SEPARACIÓN DE AGREGADOS CON EL TAMIZ #10.....	65
FIGURA 21: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.....	70
FIGURA 22: GRAFICO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO A. GRUESO	72
FIGURA 23: GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.....	77
FIGURA 24: GRAFICO DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO A. FINO.....	78

CAPITULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.Planteamiento del Problema

En el mundo del concreto es el material más ampliamente utilizado en la industria de la construcción debido a su versatilidad para adoptar prácticamente cualquier forma, bajo las condiciones normales, los concretos de hoy requieren en su composición la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar la calidad del concreto sin alterar el producto de este.

Hasta hace unos 20 años, y desde la irrupción de los rascacielos dentro del paisaje urbano, la estructura metálica ha sido la tipología fundamental por lo que se refiere al material constituyente de la misma. Sin embargo, el empleo del concreto como material base en las estructuras de los edificios altos se ha incrementado notablemente en los últimos años.

El principal factor que ha permitido esta evolución ha sido el incremento producido en las características mecánicas del mismo. Valores entre 60 (600kg/cm²) y 80 MPa (800kg/cm²) son actualmente fáciles de obtener, y con una dosificación aún más estudiada, junto a las adiciones de humo de sílice, se pueden alcanzar valores superiores a los 80 o 100 MPa (800 o 1000 kg/cm²).

En el caso que nos compete, en su aplicación a las estructuras de edificios altos son, sin embargo, su mayor resistencia y las consecuencias que de ella se derivan el parámetro más significativo, es por ello por lo que en el presente artículo nos referiremos siempre al primero (CAR), aunque también lleva implícita la mejora de otras características propias de este material. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2000).

El avance acelerado en la tecnología de nuevas materias primas en la elaboración de aditivos y adiciones hace posible la producción de aditivos de alta resistencia, hace unos años se hablaba de la microsílíce como componente indispensable para lograr concretos de alta resistencia, la microsílíce es un polvo muy fino que posee propiedades físicas y químicas increíbles, resumidas en su alta reactividad puzolánica, pero su uso tiene impacto en el medio ambiente.

Es así que en la actualidad se ha desarrollado un material mil veces más pequeño, la nanosílíce que se presenta en estado líquido y se supone que tiene mejores propiedades que la microsílíce, teniendo un impacto nulo en el medio ambiente debido a su estado. Los concretos de hoy requieren en su composición la incorporación de aditivos y adiciones con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad. (Huincho, 2011)

La mezcla de agregado fino, agregado grueso, agua y cemento forma un concreto convencional, el cual es empleado en La Libertad para las edificaciones civiles y viales, la gran mayoría de estas demandan propiedades de alta resistencia en especial resistencia a la compresión; así mismo podemos decir que estas edificaciones no muestran deterioro o imperfecciones tempranas; por la utilización del agregado triturado de la ciudad de Trujillo. (GENOVEZ, 2016)

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo lograr un diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia?

1.3. Formulación de la Hipótesis

Si añado nanosílice (GAIA); 0.3%, 0.5% y 0.7% con relación agua- cemento menores a 0.40, se obtendrá una resistencia a la compresión: Con 0.3% de nanosílice (428.00 kg/cm²), con 0.5% de nanosílice (448.10 kg/cm²), y con 0.7% de nanosílice (432.8 kg/cm²) a la edad de 3,7 y 28 días.

1.4. Variables y Definición Operacional

1.4.1. Variable Independiente (V1):

- Porcentaje de Nanosilice en 0.3%, 0.5%, 0.7%.
- Dosificación

1.4.2. Variable Dependiente (V2):

- Determinación de las características mecánicas (resistencia a la compresión F'c).

1.5. Objetivos de Estudio

1.5.1. Objetivo General

Determinar el diseño de mezcla para un concreto de alta resistencia adicionando Sika Viscocrete sc-50 y GAIA.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características de mis agregados (A. Fino y A. Grueso), para el diseño de mezcla.
- Obtener la dosificación adecuada de Nanosilice para diferentes resistencias de diseños de mezcla.
- Analizar la nanosílice en porcentajes adecuados para el concreto a diseñar.
- Determinar las dosificaciones correctas de Superplastificante y nanosílice para diferentes resistencias a la compresión del concreto.
- Determinar el incremento de la resistencia a la compresión del concreto con las adiciones de nanosílice.
- Determinar el tipo de cemento a diseñar.

1.6. Justificación del Estudio

1.6.1. Importancia de la investigación

Debido a los problemas que tenemos en el país de realizar construcciones con un concreto más resistente, tenemos la necesidad de indagar nuevos materiales de construcción que sean útiles y sobre todo económicos, por eso realizamos esta investigación sobre **“DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ADICIONANDO SIKA VISCOCRETE SC-50 Y GAIA”**.

En el Perú contamos con diversos materiales de construcción algunos que cumplen nuestras expectativas y otros que no; en nuestro caso usamos los más conocidos como el cemento Pacasmayo ya que sus pruebas realizadas indican que es más resistente y económico. Pero no buscamos más recursos que puedan mejorar su calidad o investigar a otros materiales no tan conocidos que pueden ser mejores.

1.6.2. Académica

Se justifica académicamente porque permitirá averiguar y realizar un análisis de las propiedades físicas y mecánicas que posee el concreto, determinando así las características específicas del concreto, en esta parte nos hemos basado en diferentes libros y tesis para así realizar un óptimo proyecto.

1.6.3. Técnicamente

Este proyecto se justifica técnicamente porque se utilizará la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones, así como también los reglamentos de la Norma técnica peruana (NTP) necesarios para la caracterización del concreto.

1.6.4. Social

Se justifica socialmente porque el presente proyecto beneficiará al avance tecnológico del concreto, ya que al realizar un estudio de suelos y analizar su comportamiento de este y de los aditivos, se podrá clasificar cada zona y podremos saber sus características, cabe mencionar que servirá de apoyo para mejorar la fundación de una evolución estructural de grandes edificaciones, para superestructuras de puentes de amplia luz, etc.

1.7. Viabilidad de la Investigación

Se cuenta con información técnica de la NTP, ASTM, ACI, también a la vez se cuenta con los recursos financieros y el tiempo, contamos con los conocimientos adquiridos durante nuestra carrera universitaria, así como también el asesoramiento adecuado para desarrollar la investigación de nuestro proyecto de la manera más óptima.

1.7.1. Limitaciones del estudio

- Analizar la $f'c$ (resistencia a la compresión).
- El estudio estará en base a los agregados de Trujillo
- Analizar el tipo de cemento que se utilizará (que cemento tiene más sílice).
- No se usará la microsílíce por el impacto al medio ambiente.
- Para el desarrollo de la presente investigación solo se ha considerado que se usara un aditivo reductor de alto rango y nanosílíce.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.2. 2.1. Antecedentes de la Investigación

Se realizaron investigaciones previas para poder realizar este proyecto de investigación tomando como antecedentes tesis locales, nacionales e internacionales.

- LUÍS ROCHA CHIU (2009- COLOMBIA) en su investigación titulada “**Concreto de Alta Resistencia**” **propuso** como objetivo obtener la mayor resistencia a la compresión en concretos elaborados con materiales y equipo convencional, tal como se dispone en un laboratorio universitario, tratando de reflejar condiciones semejantes a las de una obra de construcción. El propósito original fue economizar en el costo del concreto y de hacer accesible el procedimiento de mezclado en este tipo de circunstancias. En primer término, se realizaron las pruebas a los materiales de cada uno de los componentes del concreto que cumplieran con las características deseadas y la verificación del valor de sus propiedades mediante las pruebas correspondientes en laboratorio o en las especificaciones del fabricante. Se usó aditivo como la microsílíce, El empleo de la dosificación base, de la técnica de mezclado y el control de la granulometría y lavado del agregado grueso permitió incrementar la resistencia a la compresión en 25 por ciento sobre la mezcla base original. Segunda etapa. En esta fase del proyecto se decidió emplear cemento Portland puzolana y cemento blanco, grava y arena de origen basáltico, microsílíce y aditivo químico reductor de alto rango. se aprecian de manera sintetizada los progresos alcanzados en la resistencia conforme se fueron variando los procedimientos de mezclado y la composición de la mezcla.

- CARLOS EDUARDO MORATAYA CÓRDOVA (2005 – GUATEMALA) En su investigación titulada “**Concreto de alta resistencia – Experimentación en Guatemala**” **propuso** como objetivo presentarlo concerniente a un concreto que, aunque no es muy aplicado en forma tradicional, es de suma importancia para la evolución estructural de grandes edificaciones como edificios, puentes, y otros. Se presentaron las normas y especificaciones que deben de regirse para cada uno de los materiales utilizados. Además, se presentaron distintas mezclas para 1 m³ de concreto, utilizando la realizada por Master Builders como base, pero sin la utilización de ceniza volante. En la parte práctica, se realizaron distintas mezclas de comparación entre las que tenemos las comparaciones entre cantidades y tipos de cementos y otras, comparando las distintas arenas, de las cuales se ensayaron cilindros a 7, 28 y 56 días donde se obtuvieron resultados muy favorables. El concreto de alta resistencia se obtiene en mayor escala, teniendo en cuenta que la relación de agua/cemento utilizada sea considerablemente baja.

- EDHER HUINCHO SALVATIERRA (2011) en su investigación titulada **“Concreto de Alta Resistencia Usando Aditivo Superplastificante, Microsílice y Nanosilice con Cemento Portland Tipo I”** se propuso como objetivo realizar el estudio de los concretos de alta resistencia preparados con microsílice (Sika fume), nanosílice (Sika stabilizer 100) y Superplastificante (viscocrete 20he) usando cemento Portland tipo I, relaciones agua-cementante menores a 0.25, usando por primera vez agregado grueso HUSO 89. Los asentamientos obtenidos son del orden de 8 a 10 pulgadas y una extensibilidad entre 56 y 70 centímetros, considerándose concretos de alta resistencia y a la vez autocompactantes. El diseño se basa en el Peso Unitario Compactado Máximo de la combinación de los agregados y un bajo contenido de cemento (560 kg/m³). La más alta resistencia a la compresión obtenida fue de 1423 kg/cm² a la edad de 90 días. Se desarrolla un concreto Patrón (CPO) con relación agua-cemento igual 0.40 y se comparan sus propiedades con cada una de las mezclas diseñadas. A la mezcla patrón se le adicionó 3% de aditivo Superplastificante (CPA), luego 10, 15 y 20% de microsílice en peso del cemento SF10, SF15 y SF20 respectivamente; se usó nanosílice en dosis de 1.0, 1.5 y 2.0% en peso del cemento NS1.0, NS1.5 y NS2.0 respectivamente; también se usó microsílice y nanosílice a la vez en dosis de 5% de microsílice más 0.5% de nanosílice, 7.5% de microsílice más 1.0% de nanosílice y 10% de microsílice más 1.5% de nanosílice. Se presentan también el diseño de los diferentes tipos de mezcla, y la determinación de sus propiedades al estado fresco y endurecido, así como también un análisis de resultados. Finalmente se realiza un análisis de costos de estos tipos de concretos que incluyen los insumos.

- GIOCONDA ESCOBEDO (2014) En su investigación titulada **“INCIDENCIA DE LA NANOSÍLICE EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DE UN CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON CEMENTO PORTLAND TIPO 1”** La presente investigación estudia los concretos de alta resistencia preparados con diferentes tratamientos de Nanosílice (GAIA NANOSILICE) (0.5%; 1.5%; 3.0%), en base a un concreto patrón (C.P) diseñada con un Superplastificante (SIKAMENT 290N) en una dosis del 1% en peso de cemento, el objetivo principal fue determinar en cuanto incrementa la resistencia mecánica a la compresión las diferentes dosis de Nanosílice adicionadas con base al Concreto Patrón. Los resultados obtenidos fueron que a la edad de 7 días el concreto con adición de 1.5% de Nanosílice alcanzó la resistencia máxima de $f'_c=619.97\text{kg/cm}^2$ y a los 28 días un $f'_c=785.30\text{kg/cm}^2$ siendo el incremento con respecto al C.P de un 15%, la resistencia seguirá incrementándose hasta los 90 días por ser un concreto de alta resistencia. Se concluye que la dosis óptima de Nanosílice es de 1.5%, ya que con el 0.5% no hubo aumento de la resistencia y con el 3.0% hubo un aumento, pero significativo, esto debido

a la segregación en la mezcla por ser muy fluida. Se presentan también el diseño con las adiciones de Nanosílice (0.5%, 1.5%, 3.0%) y la determinación de las propiedades del concreto en estado fresco como endurecido.

- SÁNCHEZ MUÑOZ, FERNANDO LORENZO (2015) En su investigación titulada **“Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días”** se propuso como objetivo determinar la relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días, logrando expresar mediante una ecuación el comportamiento del concreto en su etapa de fraguado. Para llegar a cumplir con este objetivo, se tomó como material de esta investigación las probetas cilíndricas, cuyas dimensiones son de 15 cm. x 30 cm. Se llevó a cabo la mezcla de los concreto utilizando 3 tipos de cementos comercializados en el medio (cementos Pacasmayo): Cemento portland Tipo ICo, Cemento portland Tipo V y Cemento portland Tipo Ms. Se efectuó tres (3) muestras de probetas o testigos de concreto a diferentes relaciones de agua- cemento en las cuales se ensayaron a las edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días. Se llevó diferentes diseños de mezcla de concreto para cada tipo de cemento portland, ya que cada uno presenta diferentes condiciones químicas y físicas, pero manteniendo la misma relación de agua- cemento y conservando un Slump constante para cada tipo de concreto (Slump: 3” – 4”). Como resultado del proceso de análisis se obtuvieron las funciones que nos muestran una variación de la resistencia del concreto de acuerdo a cada tipo de cemento ensayado, encontrando así para el cemento portland tipo ICo tres ecuaciones; para el cemento portland tipo MS se encontraron una ecuación; para el cemento portland tipo V se encontraron tres ecuaciones, todas estas ecuaciones en función de: $R_{28} = R / (aT^b \pm c)$ DONDE: R : Resistencia obtenida a los T días de edad T : Edad en días del concreto y R₂₈ : Resistencia obtenida a los 28 días de edad.

2.3. Definiciones Conceptuales

2.3.1. Concreto

“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”. (Sensico, 2009, pág. 26)

El concreto se constituye aproximadamente de entre 70-80% de agregados (grava y arena) en volumen, el resto es pasta de cemento. La pasta de cemento a

su vez se compone de un 30-50% de cemento en volumen y el resto es agua. El cemento, es sin lugar a dudas el ingrediente más caro con el que se elabora el concreto, gran parte de los conocimientos que contiene la tecnología del concreto va encaminado hacia el uso racional de este ingrediente, el cemento se debe emplear solo en las cantidades adecuadas para cumplir con la resistencia y durabilidad. (Jorge & Dominguez, 2013)

CONCRETO = CEMENTO + AGREGADO + AIRE + AGUA

3.1.1.1. Características generales

- Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua. (Rivera Quio, 2014, pág. 1)

3.1.1.2. Propiedades

En estado fresco

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto hasta que fragua el cemento. El Comportamiento del concreto fresco depende de:

✓ **Trabajabilidad:**

Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga

✓ **Consistencia:**

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica.

La consistencia depende de:

- Tamaño máximo del agregado
- Granulometría.
- Agua de amasado.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación. (Rivera Quio, 2014)

3.1.1.3.Homogeneidad y Uniformidad:

Homogeneidad

Es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa.

Uniformidad

Se le llama cuando es en varias amasadas. Esta característica depende de:

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

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

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

A todo esto provoca:

- Decantación: los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.
- Segregación: separación de los áridos gruesos y finos. (Rivera Quio, 2014, pág. 2)

3.1.1.4.En estado endurecido

2.3.1.1.1. Características físicas – químicas

- **Impermeabilidad:**

El concreto es un sistema poroso y nunca va a ser totalmente impermeable. Se entiende por permeabilidad como la capacidad que tiene un material de dejar pasar a través de sus poros un fluido.

La permeabilidad depende de:

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

○ **Durabilidad**

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente incluso de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (Rivera Quio, 2014, pág. 3)

2.3.1.1.2. Características mecánicas:

➤ **Resistencia:**

La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo $f'c$. Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas de mortero o de concreto.

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación a/c y la edad, o el grado a que haya progresado la hidratación. (Rivera Quio, 2014)

3.1.1.5. Concreto de alta resistencia

Según National Ready Mixed Concrete Association (US) el concreto de alta resistencia es un tipo de concreto (hormigón) de alto desempeño, que comúnmente tiene una resistencia a la compresión especificada de 40 Mpa (400kg/cm²) o más. La resistencia a la compresión se mide en cilindros de prueba de 6" x 12" (150 x 300 mm) o de 4" x 8" (100 x 200 mm), a los 56 o 90 días por lo general, o alguna otra edad especificada dependiendo de su aplicación.

La producción de concreto de alta resistencia requiere un mayor estudio, así como un control de calidad más exigente en comparación con el concreto convencional. (Association Concrete National Ready Mixed, pág. 1)

3.1.1.6. Ventajas de su uso:

- Permite una mayor rotación de encofrados y menos tiempo de uso.
 - Se pueden diseñar menos secciones estructurales, con ahorro en áreas de construcción.
 - Mayor rendimiento en ejecución de obras.
 - Permite disminuir cuantías de refuerzo en los diseños.
 - Ideal para sistemas industrializados.
 - Mayor resistencia a la erosión.
 - La estructura tiene un menor costo versus otros diseños en acero.
- (Association Concrete National Ready Mixed)

3.1.1.7. Tipos

Existen dos tipos de Concretos de Alta Resistencia:

2.3.1.1.3. Concreto de alta resistencia Final

Según National Ready Mixed Concrete Association (US) cuando se necesita una resistencia a la compresión, medida en probetas cúbicas o cilíndricas normalizadas, de acuerdo a normas correspondientes a cada país, ensayadas a 28 días, superior a 500 kg/cm².

2.3.1.1.4. Concreto de alta resistencia Inicial

Cuando se necesita una resistencia temprana mayor a la normal, en edades inferiores a 28 días. (Association Concrete National Ready Mixed)

2.3.2. Agregados (Norma Técnica Peruana 400.037; Norma ASTM C- 33)

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados pueden constituir hasta las tres cuartas partes en volumen, de una mezcla típica de concreto; razón por la cual haremos un análisis minucioso y detenido de los agregados utilizados en la zona.

3.1.1.8.Requerimientos de los agregados (NTP 400.037)

Los agregados empleados en la preparación de los concretos de peso normal (2200 a 2500 kg/m³) deberán cumplir con los requisitos de la NTP 400.037 o de la Norma ASTM e 33, así como los de las especificaciones del proyecto. Los agregados finos y gruesos deberán ser manejados como materiales independientes. Si se emplea con autorización del Proyectista, el 7 agregado integral denominado "hormigón" deberá cumplir como lo indica la Norma E.060.

Los agregados seleccionados deberán ser procesados, transportados manipulados, almacenados y dosificados de manera tal de garantizar:

- Que la pérdida de finos sea mínima
- Se mantendrá la uniformidad del agregado
- No se producirá contaminación con sustancias extrañas
- No se producirá rotura o segregación importante en ellos. (Norma Técnica Peruana, 2002)

3.1.1.9.Agregado grueso (NTP 400.012)

Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

Cabe recalcar que para la elaboración de concretos de alta resistencia es necesario utilizar solamente un rango de esos valores ya que con ello obtendremos resistencias adecuadas. El agregado grueso podrá consistir de grava o piedra partida de origen natural o artificial deberá estar conformada por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

Las partículas deberán ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla ¼ y no más del 6% del agregado que pasa la malla 1/4. El agregado grueso debería estar graduado dentro de los límites especificados en la NTP 400. (Norma Técnica Peruana, 2001, pág. 5)

3.1.1.10. Agregado Fino (NTP 400.012)

Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8").

El contenido del agregado fino normalmente del 35% al 45% por masa o volumen total del agregado. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro compacto y resistente. El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

- La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua, con valores retenidos en las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100 de la serie de Tyler.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera. (Norma Técnica Peruana, 2002, pág. 4)

3.1.1.11. Propiedades físicas de los agregados

2.3.2.1.1. Análisis granulométrico (NTP 400.037, ASTM E-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. (Norma Técnica Peruana, 2002)

2.3.2.1.2. Módulo de finura (NTP 334.045, ASTM e 136, ASTM e 125)

Indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado.

Para el caso del agregado fino:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. en los tamices } (\#4; \#8; \#16; \#30; \#50; \#100)}{100}$$

El módulo de finura del agregado fino se mantendrá dentro del límite de +- 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10

Para el caso del agregado grueso:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. en los tamices (1"; 3/4"; 3/8"; \#4; + 500)}}{100}$$

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. (Norma Técnica Peruana, 2001)

2.3.2.1.3. Peso específico (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.

a) Peso específico de masa

Relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de igual densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas. (Norma Técnica Peruana, 2002, pág. 3)

➤ **Para agregado fino:**

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

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

V: Volumen del frasco (cm³)

Va: Peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadido al frasco.

➤ **Para agregado grueso:**

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B - C}$$

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

B: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie Seca (gr)

C: peso del agua de la muestra saturada (g)

El peso específico puede ser un indicador de la porosidad, pero no necesariamente de su calidad intrínseca; es utilizado en el diseño de mezclas para convertir el volumen de los agregados a pesos de estos. (Norma Técnica Peruana, 2002, pág. 7)

b) Peso específico de masa saturada superficialmente seca

Lo mismo que en el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

➤ **Para agregado fino:**

$$Pe,s = \frac{500}{V - Va}$$

Pe,s: peso específico de masa del material saturado Con superficie seca (gr/cm³)

V: volumen del frasco (cm³)

Va: peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadido al Frasco.

➤ **Para el agregado grueso:**

$$\text{Peso específico de masa saturado (con superficie)} = \frac{B}{B - C}$$

B: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie Seca (gr).

C: peso del agua de la muestra saturada (gr) (Norma Técnica Peruana, 2002, pág. 7)

c) Peso específico nominal o aparente

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

➤ **Para el agregado fino:**

$$\text{Pes} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_a)}$$

V: Volumen del frasco (cm³)

Va: Peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadido a Frasco

➤ **Para agregado grueso:**

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

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

C: Peso del agua de la muestra saturada (gr) (Norma Técnica Peruana, 2002, pág. 7)

2.3.2.1.4. Absorción (NTP 400.022)

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

➤ **Para el agregado fino:**

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

Ab: porcentaje de absorción (%)

WO: peso en el aire de la muestra secada al horno (gr) Para el agregado grueso.

➤ **Para el agregado grueso:**

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

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

B: peso en el aire de la muestra saturada de superficie Seca (gr). (Norma Técnica Peruana , 2002, pág. 15)

2.3.2.1.5. Contenido De Humedad (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, está 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 (Norma Técnica Peruana, 2002, pág. 1)

2.3.2.1.6. Peso Unitario (NTP 400.017, ASTM e 29)

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.

- **a) 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.

- **b) 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. (Norma Técnica Peruana , 1999, pág. 2)

2.3.2.1.7. Porcentaje de Vacíos (ASTM C 29.)

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

$$\%Vacios = \frac{(S * W - P.U.C)}{S * W} * 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C = Peso Unitario Compactado seco del agregado (Norma Técnica Peruana, 1999, pág. 6)

2.3.3. Cemento

“El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua” (Cadrozo, (25 de Julio de 2014))

3.1.1.12. Cemento portland

Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2009, pág. 26)

3.1.1.13. Cemento Portland (Pacasmayo)

Cemento Tipo I

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.

Propiedades:

- Mayores resistencias iniciales
- Menores tiempos de fraguado

Aplicaciones:

- Obras de concreto y concreto armado en general
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado
- Concreto en clima frío
- Productos prefabricados
- Pavimentos y cimentaciones (Cementos Pacasmayo, 2017)

3.1.1.14. El agua en el concreto

“El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante”. (Bernal, 2009)

2.3.3.1.1. Agua de mezclado (NTP 339.088)

Cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado del mismo en el lugar de la colocación en el estado fresco.

Funciones:

- Contribuir a la trabajabilidad de la mezcla actuando como lubricante.
- Reaccionar con el cemento produciendo su calor de hidratación.
- Asegura el espacio de la pasta para el desarrollo de los productos. (Osorio, Agua de mezclado , 2017)

2.3.3.1.2. Agua de curado

Es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado. Este proceso adicional es muy importante en vista de que, una vez colocado, el concreto pierde agua por diversas situaciones como: altas temperaturas por estar expuesto al sol o por el calor reinante en los alrededores, alta absorción donde se encuentra colocado el 26 concreto, fuertes vientos que incrementan la velocidad de evaporación.

2.3.3.1.3. Agua de lavado

El agua para lavado de los agregados, no debe contener materiales, en cantidades tales que produzcan una película o revestimiento dañino sobre las partículas de agregados. (Osorio, Agua de curado - Agua de lavado, 2017)

3.1.1.15. Relación agua material cementante A/C

La relación agua cemento forman el gel de cemento cuya reacción química va a ligar los componentes gruesos y finos durante el endurecimiento del hormigón hasta que todas las partículas de cemento se hidraten o bien hasta que ya no halla agua para hidratarlas. Por ello la resistencia depende de la relación agua cemento cualquiera sea el tipo y cantidad de agregados.

A menor agua en relación al cemento, mayor su resistencia a la compresión, menor fluidez o trabajabilidad y mayor durabilidad, pues al poseer menos agua tiene también menor cantidad de poros y vasos capilares que se forman durante su evaporación.

- Para A/C alta: sobra agua de hidratación y todo el cemento se hidrata.
- Para A/C =0.42: no sobra agua de hidratación.
- Para A/C <0.42, queda cemento sin hidratar Aparatos (NTP 339.183)

(Fernando A. DIAZ, 2012)

3.1.1.16. Moldes

Los moldes para los especímenes de hormigón (concreto) deberán ser hechos de acero, fierro fundido u otro material no absorbente, no reactivo con el hormigón (concreto) que contiene cemento portland u otros cementos hidráulicos. Los moldes cumplirán con las dimensiones y tolerancias especificadas en cada norma utilizada.

2.3.3.1.4. Moldes cilíndricos

Los moldes para vaciar especímenes verticalmente deberán cumplir con los requisitos del aparato y la especificación ASTM C 470.

2.3.3.1.5. Vigas y moldes primaticos

Deberán ser de forma rectangular y de dimensiones requeridas para producir el espécimen del tamaño deseado.

Las superficies interiores de los moldes deberán ser lisas y libres de hendiduras. Los costados, fondo y extremo deberán estar en ángulo recto entre si y deben de ser rectos y libres de alabeo. La máxima variación de la sección transversal nominal no debe exceder 3 mm para moldes con profundidad o ancho de 150 mm o más, o 2 mm para moldes de dimensiones menores. Los moldes para flexión no deberán ser menores en 2 mm que la longitud requerida. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2000, pág. 1)

3.1.1.17. Varillas de compactación

Podrán emplearse dos tamaños de varilla en función del método de ensayo. Estas serán de acero, de sección circular recta y con el extremo del compactado redondeado a una punta semiesférica del mismo diámetro que la varilla.

2.3.3.1.6. Varilla larga

16 mm (5/8 pulg) de diámetro y aproximadamente 600 mm (24 pulg) de largo.

2.3.3.1.7. Varilla corta

10 mm (3/8 pulg) de diámetro y aproximadamente 300 mm (12 pulg) de largo.

2.3.3.1.8. Martillo de goma

Pesará 0,6 kg + 0.20 kg + (1,25 lb + 0,50 lb); podrá usarse también de cuero.

2.3.4. Vibradores

3.1.1.18. Vibradores externos

La frecuencia será de al menos 7000 vibraciones o ciclos por minuto (115 Hz) mientras estén operando en el hormigón (concreto). El diámetro de un vibrador de sección circular no deberá ser mayor de la cuarta parte del diámetro del molde cilíndrico o del ancho del molde prismático o viga.

3.1.1.19. Vibradores externos

Los dos tipos de vibradores externos permitidos son lo de mesa o de encofrado. La frecuencia será por menos de 3600 vibraciones por minuto (60 Hz). (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2000, pág. 2)

2.3.5. Herramientas pequeñas

Se deberán proveer herramientas y artículos tales como lampas, baldes, planchas, frotachos de madera, escuadra, medidor de holgura, cucharas, reglas, guantes de goma, y tazones metálicos.

3.1.1.20. Cono de Abrams

El cono para medir el asentamiento deberá cumplir con los requerimientos de la NTP 339.035.

3.1.1.21. Recipiente de muestreo y mezclado

El recipiente debe ser de fondo plano, y de metal grueso, impermeable, de profundidad conveniente, y de suficiente capacidad para medir un mezclado fácil de la tanda completa con un cucharón o lampa, o si el mezclado es con mezcladora, para recibir la tanda completa de descarga y permitir un remezclado en el recipiente con cucharón o lampa.

3.1.1.22. Equipo de tamizado húmedo

Si se requiere tamizado húmedo, el equipo debe cumplir con los requerimientos de la NTP 339.036.

3.1.1.23. Aparato contenido de aire

El aparato para medir el contenido de aire deberá cumplir con los requerimientos de la NTP 339.083 o la NTP 339.081.

3.1.1.24. Balanzas

Las balanzas para determinar el peso de las tandas de materiales y hormigón (concreto) deberán tener una exactitud del 0.3 % de la carga de prueba en cualquier punto de rango de uso.

3.1.1.25. Dispositivo para medición de temperatura

Deberá cumplir con los requerimientos de la NTP 339.184

3.1.1.26. Mezcladora de hormigón (trompo)

Deberá ser asociada a motor y constar de un tambor giratorio, mezclador vertical o inclinado o un recipiente para mezclado adecuado o una mezcladora con paleta giratoria. Mezclar correctamente tandas de volúmenes especificados a los asentamientos requeridos. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2000, pág. 2)

2.3.6. Especímenes

3.1.1.27. Especímenes cilíndricos

Pueden ser de varios tamaños con un mínimo de 50 mm (2pulg) de diámetro por 100 mm (4pulg) de largo. Cuando se requiera comparar o correlacionar con cilindros elaborados en obra (NTP 339.033) estos serán de 150 mm por 300 mm (6 pulg por 12 pulg). De otro modo las dimensiones deberían de estar de acuerdo con lo indicado en el aparato y los métodos de ensayos respectivos.

Los especímenes cilíndricos para otros ensayos que no sean los de escurrimiento plástico, deberán ser moldeados permitiéndose que endurezcan con el eje del cilindro vertical.

Los especímenes cilíndricos para el ensayo de escurrimiento plástico podrán ser vaciados con el eje axial horizontal o vertical y se permitirá que endurezcan en la posición en las que fueron vaciados.

3.1.1.28. Especímenes prismáticos

Serán moldeados con sus ejes mayores horizontales, a menos que se requiera de otra manera para un determinado método de ensayo en particular, y deberán cumplir con las dimensiones establecidas en dicho método.

3.1.1.29. Otros especímenes

Otras formas y tamaños de especímenes para ensayos particulares podrán ser moldeados siguiendo los procedimientos generales establecidos en esta NTP.

2.3.6.1.1. Tamaño del espécimen versus tamaño del agregado

Deberá ser por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso en el hormigón (concreto) como está definido en la NTP 339.047.

Cuando el hormigón (concreto) contenga agregado más grande que el apropiado para el tamaño de los moldes o para el equipo a ser utilizado, se deberá tamizar la muestra fresca tal como se indica en la NTP 339.036.

2.3.6.1.2. Numero de especímenes

Usualmente tres o más especímenes deberán ser moldeados para cada edad y condiciones de prueba a menos que se especifique lo contrario.

NOTA: Las edades de ensayo generalmente son 7 días y 28 días para la resistencia a la compresión, o 14 y 28 días para la resistencia a la flexión.

(Gastañaduí Ruiz, 2017, págs. 15-21)

2.4. Bases Teóricas

2.4.1. Aditivos

3.1.1.30. Características y propiedades de los aditivos

2.4.1.1.1. Nanosilice GAIA

2.4.1.1.1.1. Definición

La nanosilice está constituida por partículas de tamaño manométricos (decenas de nanómetros) compuestas mayoritariamente por SiO₂.

- Estas actúan como núcleos durante el proceso de hidratación gracias a su alta energía superficial y a la actividad de los átomos en su superficie que le permiten generar muchos más sitios de nucleación para la formación de los productos de hidratación. Lo cual se traduce en una mejora de la adherencia del cemento hidratado y aumento de la cinética de hidratación del cemento, lo cual es favorable para la resistencia. (TOBÓN, 2005)
- A través de la reacción de las partículas de nanosilice con el Ca(OH)₂ (portlandita o CH) y del aceleramiento del proceso de hidratación, este C-S-H (gel) llena los espacios vacíos para mejorar la densidad, la cohesión y la impermeabilidad, mejorando la integración y estabilidad de los productos de hidratación, esto a su vez incrementa la resistencia. (Li, 2006)



Figura 1: Gaia Nanosilice

- “El desarrollo de la nanosílice se hace posible gracias a la estabilización y refuerzo de propiedades de la materia a un nivel mil veces más pequeño que el nivel micro (nanotecnología) ” (Hortelano, 2013)

2.4.1.1.1.2. Propiedades Físicas de la Nanosílice

Estas propiedades son diametralmente opuestas a las estudiadas anteriormente en la microsílice, se presentan entre ellas diferencias como el color del material, el tamaño de las partículas, estado del material (la microsílice se presenta en polvo y la nanosílice como un líquido levemente viscoso).

2.4.1.1.1.3. Propiedades Químicas de la Nanosílice

La composición química específica de este producto ha sido guardada con recelo por sus creadores, pero considerando que la nanosílice es sílice amorfa y participa en las reacciones puzolánicas, se puede deducir que al igual que la microsílice que la nanosílice está formada principalmente de dióxido de silicio. (Ríos López, Nanosílice, 2013)

Tabla 1: Resumen Propiedades Físicas Y Químicas De La Nanosílice Según El Fabricante

PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICAS DE LA NANOSILICE	
ASPECTO	LIQUIDO LEVAMENTE VISCOSO
COLOR	BLANCO CLARO
TAMAÑO DE PARTICULA	3 - 150 nm
SUPERFICIE ESPECIFICA	20 - 1000 m ² /g
DENSIDAD	1.030 ± 20 kg/m ³
VISCOSIDAD (C. FORD)	5 ± 1
VIDA UTIL	6 MESES EN ENVASE CERRADO Y LUGAR FRESCO

2.4.1.1.1.4. Beneficios obtenidos usando Nanosilice

La nanosilice gracias a sus características físicas y químicas mejora significativamente las propiedades del hormigón fresco como endurecido, además de beneficios medioambientales. (Ríos López, Nanosilice, 2013, pág. 10)

2.4.1.1.2. Superplastificante Viscocrete sc-50

2.4.1.1.2.1. Definición

Es un aditivo para concreto lanzado, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.

2.4.1.1.2.2. Usos

- Transporte del concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.
- Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
- Para concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.
- Transporte y colocación del concreto y mortero en condiciones medio ambiental es muy rigurosas, baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- Para elevar la permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo.
- Con el uso de cementos de elevada reactividad inicial, como por ejemplo ricos en aluminato tricálcico (C3A), de elevada finura o de alta resistencia.

2.4.1.1.2.3. Características y ventajas

El Sika Viscocrete SC-50 es un aditivo que basa su accionar en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y de repulsión estérica, de tal manera que las partículas sólidas son efectivamente dispersadas y un alto nivel de fluidificación puede mantenerse en el tiempo con menor contenido de agua

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- El uso de Sika Viscocrete SC-50 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.
- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.
- Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.
- No es necesario recurrir a un acelerante para activar la hidratación ya que no modifica sustancialmente el desarrollo del fraguado (una vez que pasa el efecto de retención de trabajabilidad). (Sika, 2017)

3.1.1.31. Consideraciones básicas para el diseño de una mezcla de concreto

2.4.1.1.3. Economía

Los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto. En general, esto puede ser echo del siguiente modo

- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino
- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente. (Pucllas Quispe, 2013)

2.4.1.1.4. Trabajabilidad

El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos al frecuente pedido, en obra.

2.4.1.1.5. Resistencia y Durabilidad

Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles. Como veremos en otros capítulos, no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño.

Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo ó ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos.

Finalmente debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se lleva a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado. (Pucllas Quispe, 2013, págs. 2-3)

3.1.1.32. Diseño de mezcla y proporciones

2.4.1.1.6. Información requerida para el diseño de mezclas

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Perfil y textura de los agregados.
- Tipo y marca del cemento.
- Peso específico del cemento.
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

2.4.1.1.7. Pasos para el Proporcionamiento

- 1) Estudio detallado de las especificaciones normativas.
- 2) Elección de la resistencia promedio (f'_{cr}).

- 3) Elección del Asentamiento (Slump).
- 4) Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- 5) Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- 6) Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- 7) Cálculo del contenido de cemento.
- 8) Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- 9) Ajustes por humedad y absorción.
- 10) Cálculo de proporciones en peso (Puellas Quispe, 2013, pág. 3)

2.4.1.1.8. Proporcionamiento en base a experiencia de campo y/o mezclas de prueba

2.4.1.1.8.1. Elección de la resistencia promedio (f'_{cr})

$$f'_{cr} = \frac{F'c + 98}{0.9}$$

Tabla 2: De Resistencia A La Compresión Promedio Requerida (Kg/Cm²)

- f'_{cr} = Resistencia Requerida Promedio.
- $F'c$ = resistencia estimada o elegida a diseñar. (Ticona, 2016, págs. 2-3)

2.4.1.1.8.2. Tamaño Máximo Nominal del Agregado

Seleccionar el tamaño máximo del agregado, basado en los requerimientos de resistencia, el tamaño máximo del agregado grueso es dato en el cuadro.

Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto (Para Ag. Fino con Modulo de Finura entre 2.5 - 3.2)				
Tamaño Nominal Maximo	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Fraccion Volumetrica Psag.	0.65	0.68	0.72	0.75

Tabla 3: Cuadro para hallar el Tamaño Máximo Nominal del Agregado (Fuente ACI).

2.4.1.1.8.3. Slump

El seleccionar el slump y la resistencia del concreto requeridos, valores recomendados para el slump se muestran en el cuadro 3. A pesar que un concreto de alta resistencia es producido exitosamente con la adición de un superplastificante sin una medida inicial del slump, es recomendado un slump de 1 a 2" antes de adicionar el superplastificante. Esto asegurara una adecuada cantidad de agua para la mezcla y permitirá que el superplastificante sea efectivo.

Para un concreto elaborado sin superplastificante un slump de 2 a 4", este puede ser escogido de acuerdo al trabajo a realizarse. Concretos con menos de 2" de slump son difíciles de consolidar dado el alto contenido de agregado grueso y materiales cementicios.

Slump con Superplastificante	Slump sin Superplastificante
1" - 2"	2" - 4"

Tabla 4: Slump recomendado para concretos de Alta resistencia con y sin Superplastificante (Fuente ACI).

2.4.1.1.8.4. Selección de tamaño máximo del agregado

Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto (Para Ag. Fino con Modulo de Finura entre 2.5 - 3.2)				
Tamaño Nominal Maximo	3/8"	1/2"	3/4"	1"
Fraccion Volumetrica Psag.	0.65	0.68	0.72	0.75

Tabla 5: Cuadro de Volumen de Agregado Grueso según tamaño máximo nominal del agregado grueso (Fuente ACI)

Para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas se realiza el ensayo el respectivo de granulometría a los agregados de una determinada cantera según la norma técnica peruana 400.012. (Ticona, 2016, pág. 4)

2.4.1.1.8.5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

Valores máximos recomendados para la relación agua/materiales cementicios son mostrados en función del tamaño máximo del agregado para alcanzar diferentes resistencias a compresión en 28 días.

Slump	Agua de Mezclado en Kg/m ³ para los Tamaños Maximos de Agregados Gruesos Indicados			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1" - 2"	183	174	168	165
2" - 3"	189	183	174	171
3" - 4"	195	189	180	177
	Aire Atrapado			
Sin Superplastificante	3.00%	2.50%	2.00%	1.50%
Con Superplastificante	2.50%	2.00%	1.50%	1.00%

Tabla 6: De Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.

2.4.1.1.8.6. Elección de la relación agua/cemento (a/c)

Para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el valor con el cual el concreto logre un estado plástico para una mejor resistencia, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones

Resistencia Promedio F'cr*Kgf/cm2	Edad (días)	Relacion a/mc para los Tamaños Mínimos de Agregados Grosos Indicados			
		3/8"	1/2"	3/4"	1"
500	28	0.49	0.47	0.45	0.42
550	28	0.44	0.42	0.4	0.39
600	28	0.4	0.38	0.36	0.35
650	28	0.36	0.35	0.33	0.32
700	28	0.33	0.32	0.31	0.3
750	28	0.31	0.3	0.28	0.28
800	28	0.29	0.28	0.26	0.26
850	28	0.27	0.26	0.25	0.25

Tabla 7: De Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto.

2.4.1.1.8.7. Cálculo del contenido de cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación agua/cemento han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada dividiendo la cantidad de agua por la relación agua/cemento. Sin embargo, es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima.

2.4.1.1.8.8. Estimación del contenido del agregado grueso y agregado fino

Contenido de agregado fino se calcula después de determinar los pesos por m³ de agregado grueso, cemento, agua, y contenido de aire atrapado, el contenido de agregado fino puede ser calculado usando el método de volúmenes absolutos.

- Ya habiendo hallado el diseño de mezclas en estado seco, se procedió a realizar la corrección por humedad utilizando el contenido de humedad y la absorción del agregado grueso y fino
- Ya teniendo la corrección por humedad, ya tenemos el diseño final para emplear en el respectivo vaciado.
- La cantidad del aditivo Nanosilice a utilizarse es un porcentaje entre 0.3% hasta 0.7% del peso del cemento a utilizarse, según indican sus respectivas fichas de cada marca de aditivo. (Ticona, 2016).

Cuadro de las propiedades físicas del cemento, agua y agregados para los diseños del ACI 211.4.

CARACTERÍSTICAS	AGREGADO FINO	und.	AGREGADO GRUESO	und.
Cantera	EL MILAGRO			
Perfil	0	-	3/4"	-
Módulo de Fineza	2.62	-	6.76	-
T.M.N	Nº4	"	3/4	"
P.U.S	1529.89	kg/m3	1564.91	kg/m3
P.U.C.	1733.45	kg/m3	1592.79	kg/m3
Cont. de Humedad	0.97	%	0.48	%
Peso específico seco	2.65	-	2.70	-
% Absorción	1.30	%	3.13	%
CEMENTO PACASMAYO TIPO 1		3.11		gr/cm3

Tabla 8: De Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

2.4.1.1.8.9. Ajuste por humedad y absorción

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado, si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportaran algo de esta agua a la pasta aumentando la relación agua/cemento, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a la compresión.

2.4.1.1.8.10. Cálculo de proporciones en peso

Se dosifica en peso para un volumen de 1 m³. (Ticona, 2016)

CEMENTO: AGREGADO FINO: AGREGADO GRUESO: AGUA:
--

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.2.Recolección De Materiales

Los agregados utilizados fueron extraídos de la cantera ‘‘El Milagro’’ de donde extrae piedra de $\frac{3}{4}$ ”, arena gruesa y fina entre otros. La cantera está ubicada en el distrito de Huanchaco - Trujillo. El acceso a dicha cantera es de una trocha carrozable teniendo un espacio de un solo carril.



Figura 2: De La Cantera El Milagro (Mapa Google Maps)



Figura 3: Ilustración De La Entrada De La Cantera

3.3.Ensayos De Laboratorio A Los Agregados

3.3.1. Análisis Granulométrico

3.3.1.1.Descripción

- El ensayo de Análisis Granulométrico es una representación estadística de un grupo de partículas de diferentes tamaños, formas y composiciones químicas. Este grupo de partículas al encontrarse en un mismo lugar, en este caso en la cantera Figura N^a 02 Ilustración de Entrada de la Cantera Figura N^a 01 la Cantera ‘‘EL MILAGRO’’ necesitan homogenizarse y para homogenizarse recurrimos al muestreo. Según el tamaño de partículas se puede ver el tipo de análisis granulométrico, en nuestro caso tenemos partículas intermedias entre milímetros y micrones donde se puede realizar ensayo granulométrico por el tipo de malla y tamices. El ensayo granulométrico por tipo malla y tamices, consistió en tener tamices con diferentes aberturas de malla, se utilizó también un fondo que es un recipiente sin malla que nos ayudó a contener lo último de la muestra (agregado fino, agregado grueso y global) Se usa una muestra de agregado en seco que es separada en diferentes aberturas de tamices.

3.3.1.2.Procedimiento

- El procedimiento del análisis granulométrico es sencillo se empezó secando la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. En nuestro caso elegimos nuestra muestra del grupo de partículas de la cantera EL MILAGRO cual fue transportada desde Huanchaco hacia la Universidad Privada Antenor Orrego cuidando tanto el agregado grueso con el agregado fino que no tenga contacto con alguna clase de humedad, poniéndose 24 horas en el horno. Luego se seleccionaron tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones según la Norma Técnica Peruana 400.012.
- Antes de empezar a agitar los tamices junto con la muestra es necesario pesar toda muestra a ensayar para luego representarlo mediante cuadros estadísticos. Los tamices tienen la capacidad de colar debido a que tienen

diferentes dimensiones de aberturas de malla lo que hará que al agitar la muestra, el agregado quede atrapado en cada tamiz.

- Continuando con el ensayo, se encajan los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo colocando la muestra en el tamiz superior. Por último, paso se pasa a agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un tiempo dado aproximadamente de 2 minutos, limitando la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas puedan alcanzar la abertura del tamiz.
- En este ensayo se realizó el agitado manualmente lo que es recomendable agitar en forma de círculo y luego recto para que de esta manera toda la muestra logre distribuirse uniformemente por los tamices, ya que nuestro laboratorio no cuenta con máquinas especiales de tamizado.
- Al cumplirse el tiempo de agitado de tamices procedemos a colocar la serie de tamices en un lugar firme para luego ir sacando tamiz por tamiz.
- Al sacar el primer tamiz es el que tiene la abertura más grande debido a que es el que estuvo en la primera fila, procedemos a apuntar el número de malla y pesar la muestra obtenida tarando el recipiente, es recomendable sacudir hasta las últimas partículas del tamiz debido a que pueden quedar pegadas en los bordes del tamiz, se utiliza un cepillo para retirar todas estas partículas, esto es frecuente en las ultimas mallas debido a que tienen la abertura más pequeña especialmente cuando realizamos el agitado del agregado fino tenemos que tener cuidado en la malla N^o200.
- Este ensayo de Análisis Granulométrico nos ayudó a obtener los módulos de fineza tanto para el agregado grueso como el agregado fino. En el agregado grueso se obtuvo piedra de $\frac{3}{4}$ y en el agregado fino se obtuvo un módulo de fineza de 2.16.

3.3.1.3. Materiales

- Balanza
- Tamices 1" – 3/4" – 1/2" – 3/8" - 1/4" - N°4 (muestra de la piedra de 3/4")
- Tamices N°4 - N°8 - N°16 - N°30 - N°50 – N°80 - N°100 - N° 200 (muestra de la arena gruesa)
- Recipientes
- Agua
- Horno
- Brocha pequeña



Figura 4: Ilustración del tamizado de los agregados

3.3.1.4. Usos

- AGREGADO FINO: (NTP 400.037)

Tamiz estandar (abertura cuadrada)	Porcentaje que pasa
3/8" (9.51 mm)	100
N°4 (4.75 mm)	95 a 100
N°8 (2.38 mm)	80 a 100
N°16 (1.19 mm)	50 a 85
N°30 (0.595 mm)	25 a 60
N°50 (0.297 mm)	5 a 30
N°100 (0.148 mm)	0 a 10

Tabla 9: Límites granulométricos para el agregado fino

HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 1/2 pulg)	25.0 mm (1/2 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)	4.75 µm (N°50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 a 1 1/2 pulg)	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50 mm a 25.0 mm (2 a 1 pulg)	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg a N°4)	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	0 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	37.5 mm a 19.0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg)	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 pulg a N°4)	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25.0 mm a 12.5 mm (1 a 1/2 pulg)	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---	---
56	25.0 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 pulg)	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---	---
57	25.0 mm a 4.75 mm (1 pulg a N°4)	---	---	---	---	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---	---
6	19.0 mm a 9.5 mm (3/4 a 3/8 pulg)	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	1.0 mm a 4.75 mm (3/4 pulg a N°4)	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pulg a N°4)	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 pulg a N°8)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 pulg a N°16)	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N°4 a N°16)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

FUENTE: Norma Tecnica Peruana NTP 400.037

Tabla 10: Límites granulométricos para el agregado grueso

3.4. Ensayo De Peso Específico Y Absorción (NTP 400.021)

3.4.1. Descripción

- **Peso Específico:** Es la relación a temperatura estable entre una fuerza de gravedad (peso) sujeta a una unidad de volumen en un cuerpo establecido. La unidad del peso específico es N/m^3 (Newton / m^3).
- **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seco:** Es lo mismo que el peso específico de masa, solo que varía en que la masa incluye el agua en los poros permeables.
- **Peso Específico Aparente:** Es el peso reducido por consecuencia del empuje hidrostático debido a que todo cuerpo puesto en un líquido presentará un llamado peso aparente. Para que sea un peso aparente el cuerpo tiene que tener más densidad que el líquido.
- **Absorción:** Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en este, y se expresa como porcentaje del peso.

3.4.2. Procedimiento

3.4.2.1. Agregado Grueso

- El primer paso a realizar es el cuarteo del material se extiende todo el material en el suelo y luego se procede a dividir en cuatro el material con una palana, seleccionando solo dos partes del cuarteo, cantidad necesaria para el ensayo.
- Procedemos a tamizar el agregado grueso al tamiz N^o 4 eliminando todo el material que pase por ese tamiz.
- Se debe lavar la muestra seca eliminando el polvo e impurezas colocándolo en el horno por 24 horas, pasado este tiempo dejamos enfriar la muestra por 2 horas.

- Sumergir la muestra en agua por 24 ± 4 horas a temperatura ambiente.
- Después de haber esperado las 24 horas secamos la muestra con una franela superficialmente las partículas. Al secar la muestra tuvimos que desplazar toda la muestra en la franela y con otro secador empezar a quitarle el brillo a las piedras para así obtener la muestra saturada superficialmente seca(A). Luego colocar la muestra en la canastilla metálica procediendo a pesar dicho agregado en la balanza hidrostática.
- Colocamos la muestra saturada con superficie seca en la canastilla d alambre de la balanza hidrostática para determinar su peso sumergido en agua a temperatura de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ (B). Por último, dejar enfriar a temperatura ambiente durante 1 hora y pesar la muestra ubicando de manera adecuada las pesas en la balanza hidrostática.



Figura 5: Ilustración de la Balanza Hidrostática

3.4.2.2. Agregado Fino

- Primero se procedió a cuartear el agregado fino, el cuarteo consta en dividir el material en cuatro partes y quedarnos solo con un 1 kg de muestra, se procedió a secarla en el horno para luego dejarla enfriar a una temperatura ambiente.

- Saturar la muestra mayor a los 500 gramos, colocando 500 gramos de muestra saturada superficialmente seca (Método del cono). El método del cono consistió en llenar un pequeño cono de metal de arena llenarlo del material hasta el final del cono para así luego compactarlo mediante 25 golpes, luego de terminar los 25 golpes procedimos a levantar el cono metálico, si se derrumba es porque la muestra ya está seca sin embargo si el cono metálico al sacarlo no se derrumba quiere decir que aún está húmedo. El objetivo del método del Cono es que la muestra logre estar seca completamente.



Figura 6: Ilustración del Método del Cono de arena

3.4.2.3. Materiales

AGREGADO GRUESO PIEDRA DE ¾"

- Canastilla
- Balanza Hidrostática
- Franela
- Recipientes
- Brocha

AGREGADO FINO

- Fiola
- Horno Pipeta
- Secadora
- Recipiente
- Estufa
- Embudo



Figura 7: Ilustración del Ensayo de Peso Específico

3.4.3. Peso Unitario (NTP 400.017)

3.4.3.1.Descripción

- En este ensayo se requiere determinar el peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos tanto para el agregado fino como el agregado grueso. Este método se utiliza para conocer el valor del peso unitario por métodos de diseño de mezclas de concreto.

3.4.3.2.Procedimiento

- Primero, se procede a elegir el recipiente adecuado según nuestro tamaño máximo del agregado. En la tabla N^a 8 se logra apreciar las diferentes capacidades del recipiente.
- El procedimiento de este ensayo es primero llenar la tercera parte del recipiente con una pala nivelando la superficie.

- 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, por último, se tuvo que pesar el recipiente con el agregado compactado.
- Para calcular el peso unitario suelto simplemente se tiene que colocar el agregado en el recipiente hasta el borde y con una barra compactadora se logró mantener uniforme la superficie, se procedió a pesar el recipiente más el agregado y eso llamaríamos lo que el peso unitario suelto.

CAPACIDAD DEL RECIPIENTE (PIE 3)	TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO (PULG)
1/10	1/2
1/3	1
1/2	3/4
1	4

Tabla 11: Capacidad del Recipiente

FUENTES: NTP 400.017

- Llenar la tercera parte del recipiente con la muestra seca y bien muestreada (Método del cuarteo). Luego, se apisona con la varilla

compactadora de 5/8", de 60 cm de longitud mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las 2/3 partes y compactar nuevamente con 25 golpes, llenar la última capa y golpear nuevamente.

- Lo que queda sobrando eliminarlo con la ayuda de la varilla compactadora de forma longitudinal



Figura 8: Ilustración del Ensayo Peso (agregado fino – agregado grueso)

3.4.3.3.Materiales

- Recipiente de 1/10 pie³.
- Varilla de acero.
- Muestra del agregado fino y grueso
- Pala de acero

3.4.4. Diseño De Mezcla

Para el diseño de mezcla realizamos dos diferentes diseños con respecto a la relación de agua cemento 0.40 con la marca del cemento tipo I Pacasmayo. Para lograr obtener un diseño de mezcla adecuado necesitamos diferentes datos tales como:

- Resistencia del Diseño
- Peso específico de los cementos Pacasmayo tipo I
- Tamaño Máximo Nominal
- Módulo de fineza
- Peso Específico de los agregados
- Contenido de Humedad %
- Contenido de Absorción
- Peso Unitario suelto y compactado de los agregados
- Relación Agua/Cemento
- Asentamiento
- Volumen por m³ de la cantidad de probetas utilizadas

AGREGADOS		
AGREGADO	GRUESO	FINO
CANTERA	EL MILAGRO	
RELACION AGUA/CEMENTO	0.4	
T.M.N	3/4"	N°4
M. DE FINEZA	6.76	2.62
PESO ESPECIFICO	2.07	2.65
CONTENIDO DE HUMEDAD %	0.48	0.97
% DE ABSORCION	3.13	1.3
PESO UNITARIO SUELTO kg/m3	1564.91	1529.89
PESO UNITARIO COMPACTADO kg/m3	1592.79	1733.45

Tabla 12: Modelo de Datos para el Diseño de Mezcla

FUENTE PROPIA

3.4.5. Determinación Del Asentamiento Del Concreto Fresco NTP

(339.035)

3.4.5.1.Descripción

- Este ensayo sirve para hallar el asentamiento del concreto lo que nos ayuda a conocer cuál es su consistencia debido a que el concreto tiene diferentes consistencias ya sea seca, plástica y fluida.
- La consistencia del concreto varía según las cantidades de agua de amasado, la forma de los áridos y su análisis granulométrico.

3.4.5.2.Procedimiento

- Primero se tiene que colocar todos los materiales en el lugar de ensayo, se colocó una base de plástico para no dañar de material el piso.

- Se tuvo la mezcla de concreta lista, el cono de Abrams tiene que estar sujetado por ambos lados presionando con los pies para que de esta manera evitemos la salida del concreto por donde no debe.
- Se procedió a rellenar la tercera parte del cono de Abrams de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla o pisón penetrando la varilla en el espesor de la capa, pero sin golpear la base del molde. Luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior.
- Para tener una mayor precisión de la medida del derrumbamiento se coloca el cono de Abrams girado en el otro sentido contrario al ensayo elaborado, colocando la barra compactadora de 5/8 “al nivel del cono.
- Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
PASTICA	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
FLUIDA	≥ 5" (125 mm)

Tabla 13: Consistencia y asentamientos



Figura 9: Ensayo del Cono de Abrams Primera Parte



Figura 10: Ensayo del Cono de Abrams Segunda Parte

3.4.5.3. Materiales

- Molde / Cono de Abrams
- Diámetro de la base inferior: 20 cm.
- Varilla Compacto
- Diámetro de la base superior: 10 cm.
- Pala de Acero



Figura 11: Ilustración del Asentamiento – Slump

3.4.6. Elaboración De Los Cilindros De Concreto

3.4.6.1. Descripción

- La elaboración de los cilindros de concreto está bajo la norma NTP 339.033 donde están especificadas las características de las probetas las cuales serán utilizadas en el ensayo de resistencia a la compresión.
- Las probetas de concreto son un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizan 72 especímenes en moldes metálicos cilíndricos de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura rígidos.

- Es la manera práctica de evaluar la resistencia y uniformidad del concreto en las edificaciones o en diferentes tipos de obra.
- Para obtener una resistencia representativa, la norma INTINTEC determina los procedimientos a seguir en cada etapa de la preparación de las probetas; y el reglamento nacional de construcciones señala el tamaño y número de la muestra de ensayo

3.4.6.2.Procedimiento

- Lo primero que hicimos fue lavar los cilindros con agua del laboratorio y colocarles lubricante con una esponja por donde los bordes de los cilindros de concreto especialmente más por las bases de concreto y la base, tener cuidado con el lubricante al colocarlo en la base del cilindro debido a que no puede combinarse con el concreto.
- Antes de colocar el concreto, ubicar de manera correcta el cilindro de agua en un lugar plano para no tener inconvenientes a la hora de compactar. Teniendo la mezcla lista procedimos a llenar a un 1/3 del cilindro compactando con 25 golpes desde el borde hacia adentro para que el concreto logre estar uniformemente por todo el cilindro, la manera correcta es en forma espiral dando golpes desde los bordes del cilindro hacia adentro sin tocar el cilindro.
- Luego llenar el concreto a 2/3 nuevamente con 25 golpes y al finalizar de la misma manera logrando tener en la cara final una uniformidad de material, es decir que este lisa al borde del molde cilíndrico para eso podemos usar una regla o un badilejo que nos ayudara a darle uniformidad a esta cara, tipo un tarrajeo.
- Esto es recomendable debido a que cuando el concreto endurezca podamos desencofrar de manera adecuada y al colocarlo en la máquina de ensayo pueda encajar correctamente en los apoyos.

- Por último, se esperan 24 horas para que el concreto pueda endurecer y se procede a la poza de curado que significa colocarlos en agua hasta el día de rotura.
- **NOTA:** Se debe tener en cuenta que el agua debe estar limpia con una temperatura inicial entre 20C ° y 26 C°

3.4.6.3. Materiales

- Varilla Compacta.
- Molde Cilíndrico.
- Badilejo.
- Pala pequeña.
- Lubricante.



Figura 12: Ilustración de los cilindros de plástico

- **Contenido de aire en el concreto fresco (ASTM C-231)**

El contenido de aire se verifica especialmente en los concretos donde intencionalmente se ha introducido aire para proteger al concreto contra el intemperismo. El contenido de aire se puede verificar de una manera rápida con el método de presión, según la norma (ASTM C-231), en la prueba se emplea un recipiente con tapa hermética como el mostrado en la Figura



Figura 13: Contenido de porcentaje de aire

- **Temperatura de concreto fresco (ASTM C 1064)**

Este método de prueba permite medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con cemento pórtland. Puede usarse para verificar que el hormigón satisfaga requerimientos específicos de temperatura.



Figura 14: Temperatura del concreto en estado fresco.

- **Peso unitario volumétrico (ASTM C-231)**

La prueba del peso unitario es una herramienta importante utilizada para controlar la calidad del concreto recién mezclado. Después de que se ha establecido un proporcionamiento para la mezcla de concreto, un cambio en el peso unitario indicará un cambio en uno o más de los otros requisitos del desempeño del concreto.

Un peso unitario más baja puede indicar:

- 1) que los materiales han cambiado
- 2) un mayor contenido de aire
- 3) un mayor contenido de agua
- 4) un cambio en las proporciones de los ingredientes
- 5) un menor contenido de cemento.

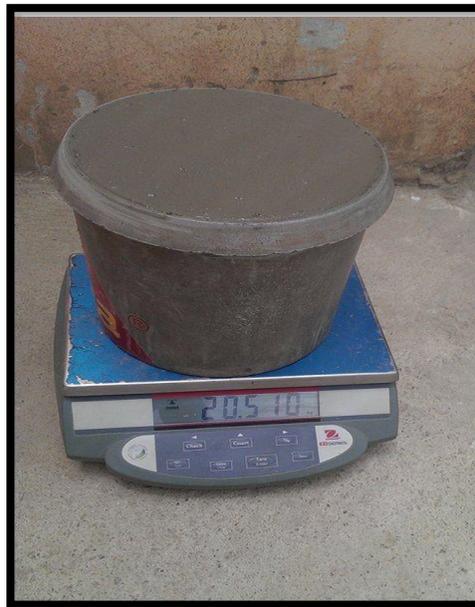


Figura 15: • Peso unitario volumétrico del concreto fresco

3.4.7. Desmoldación De Probetas (Norma ASTM C-31)

3.4.7.1. Procedimiento

- Las probetas lo retiramos de los moldes entre las 18 y 24 horas después de moldeadas, con ayuda de una pequeña compresora. Luego de haber hecho esto marcamos en la cara circular de la probeta las anotaciones de la tarjeta de identificación del molde. Luego de esto pasamos a curado.



Figura 16: Ilustración de Desmoldación de probetas

3.4.8. Curado (Norma ASTM C 31)

3.4.8.1.Procedimiento

- Después de desmoldar las probetas y antes de que transcurran 30 minutos después de haber removido los moldes, almacenamos las probetas en condiciones adecuadas de humedad, siempre cubiertas por agua a una temperatura de entre 23 y 25°C. Deben mantenerse las probetas en las mismas condiciones de la estructura origen.



Figura 17: Poza de curado

3.5. Ensayo De La Resistencia A La Compresión (NTP 339.034)

3.5.1. Descripción

- En el ensayo de Resistencia a la compresión se quiere obtener la máxima carga que logra soportar el cilindro de concreto de manera axial o aplastamiento. La forma de expresar esta carga es del kg/cm². Los ensayos de resistencia se dieron a diferentes edades 3, 7 y 28 días por medio de la máquina de compresión ubicada en las instalaciones de la Universidad Privada Antenor Orrego.
- Es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.
- La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.
- Los resultados de prueba de resistencia a la compresión se emplean fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto.

3.5.2. Procedimiento

- El periodo del curado se cuenta desde el primer día que el cilindro ha sido vaciado, esperamos 24 horas para poder desencofrar todos los especímenes. (NTP 339.033.)
- Para continuar con la protección de las probetas en el proceso de curado, nuestros recipientes estaban forrados de plástico para que de esta manera el agua no se contamine con ninguna sustancia.
- Después se procede a colocar la probeta de concreto en la máquina de compresión ubicando el bloque de carga inferior sobre la plataforma circular.
- La velocidad de carga se debe aplicar continuamente y sin detenimiento.

- La máquina de ensayo ELE es de tipo tornillo, la velocidad de la cabeza móvil debe tener un desplazamiento de 1.3 mm/min

3.5.3. Materiales

- Máquina de Ensayo Modelo ELE tipo tornillo

Figura 18: Maquina de Ensayo



3.6. Ensayo De Resistencia Al Desgaste (NTP 400.019 - NTP 400.019)

3.6.1. Descripción

- En la mayoría de las normas sobre agregados a nivel internacional se establecen pruebas de desgaste o abrasión con el fin de probar la dureza de las partículas del agregado grueso que es la resistencia a la erosión, abrasión, o en general el desgaste de sus componentes.
- El método más conocido es el ensayo en la Máquina de los Ángeles, la cual consiste básicamente en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente, donde se añade una carga de bolas de acero y se le aplica

un número determinado de revoluciones. El choque entre el agregado y las bolas da por resultado la abrasión, los efectos se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.

FORMULA:
$$\% \text{ DE DESGASTE} = \frac{P_o - P_f}{P_o} * 100$$

Donde:

- Po: Peso Inicial de la muestra seca
- Pf: Peso final de la muestra después del ensayo lavada– sobre el tamiz #10.

Para el ensayo se considerará una carga abrasiva la cual consiste en una esfera de fundición o de acero de unos 48 mm de diámetro y entre 390 y 445 gramos de masa, cuya cantidad depende del material a ensayar.

Tal como se indica en la siguiente tabla:

GRADACION	NUMERO DE ESFERAS	PESO DE LA CARGA (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Tabla 14: Carga Abrasiva para el Agregado Grueso

3.6.2. Procedimiento

- Realizamos el muestreo y cuarteo del material.
- Secamos el material.
- Pesamos 5000 gr de muestra seca con una aproximación de 1 gramo de error y se coloca junto con la carga abrasiva dentro del cilindro; haciéndolo girar con una velocidad entre 30 y 33 rpm, hasta completar 500 vueltas teniendo en cuenta la velocidad angular es constante.
- Después del tiempo determinado retiramos el material del cilindro y se hizo pasar por el tamiz # 10 según lo establecido en la Norma NTP 400.019. El material retenido en el tamiz #10 se lavó y secó en el horno a una temperatura comprendida entre 105 °C y 110 °C. El pesado final se realizó 24 horas después eliminando los finos.



Figura 19: Colocación del Agregado Grueso en la Máquina de los Ángeles



Figura 20: Número de vueltas de la máquina de los ángeles y separación de agregados con el tamiz #10

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. De Los Agregados

4.1.1. Análisis Granulométrico

4.1.1.1. Agregado Grueso

GRANULOMETRIA DE MATERIAL GRUESO 3/4" - CANTERA EL MILAGRO									
No.TAMIZ	DIAMETRO (mm)	MASA DEL SUELO RETENIDO (g)				PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ERROR
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO				
1"	25	20.6	25.3	18.2	21.4	0.42	0.42	99.58	0.17%
3/4"	19	300.5	280.6	310.9	297.3	5.90	6.32	93.68	
1/2"	12.5	1723.6	1688.2	1702.5	1704.8	33.82	40.14	59.86	
3/8"	9.5	1525.6	1540.8	1498.7	1521.7	30.18	70.32	29.68	
N°4	4.75	1425.8	1400.1	1502.3	1442.7	28.62	98.94	1.06	
	FONDO	52.1	47.5	60.9	53.5	1.06	100.00	0.00	
	Σ	5048.2	4982.5	5093.5	5041.4	100.00			

Tabla 15: Cálculos del agregado grueso

MASA INICIAL = 5050 kg

MASA FINAL = 5041.4 kg

NUMERO DE TAMICES = 5

Se obtuvo un error de 8.6 gramos lo que corresponde a un 0.17% de error.

$$\text{ERROR} = \frac{5050 - 5041.4}{5010} \times 100\% = 0.17\%$$

Como tanto en la granulometría de agregado fino como de agregado grueso se obtuvieron errores se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual a:

$$\text{CORRECCIÓN} = \frac{\text{ERROR EN GRAMOS}}{\# \text{ DE TAMICES EN DONDE SE RETUBO LA MASA}} = \frac{5050 - 5041.4}{5} = 1.72$$

TM	1 1/2"
TMN	3/4"
MF	6.25

GRANULOMETRIA DE MATERIAL GRUESO 3/4" - CANTERA EL MILAGRO					
MASA INICIAL 5050.0 KG					
No.TAMIZ	DIAMETRO (mm)	MASA DEL SUELO RETENIDO CORREGIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1"	25	23.09	0.46	0.46	99.71
3/4"	19	299.05	5.93	6.39	93.78
1/2"	12.5	1706.49	33.84	40.23	59.94
3/8"	9.5	1523.42	30.21	70.43	29.74
N°4	4.75	1444.45	28.64	99.08	1.09
	FONDO	55.22	1.09	100.17	0.00
	Σ	5043.12	100.00		

Tabla 16: Cálculos del agregado grueso – Análisis granulométrico

Calculo del módulo de finura (MF):

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Ret. Acum. en los tamices (1 1/2"; 3/4"; 3/8"; #4; #8; #16; #30; #50; #100)}}{100}$$

$$MF = \frac{93.78 + 29.74 + 1.09 + 5 \times 100}{100} = 6.76$$

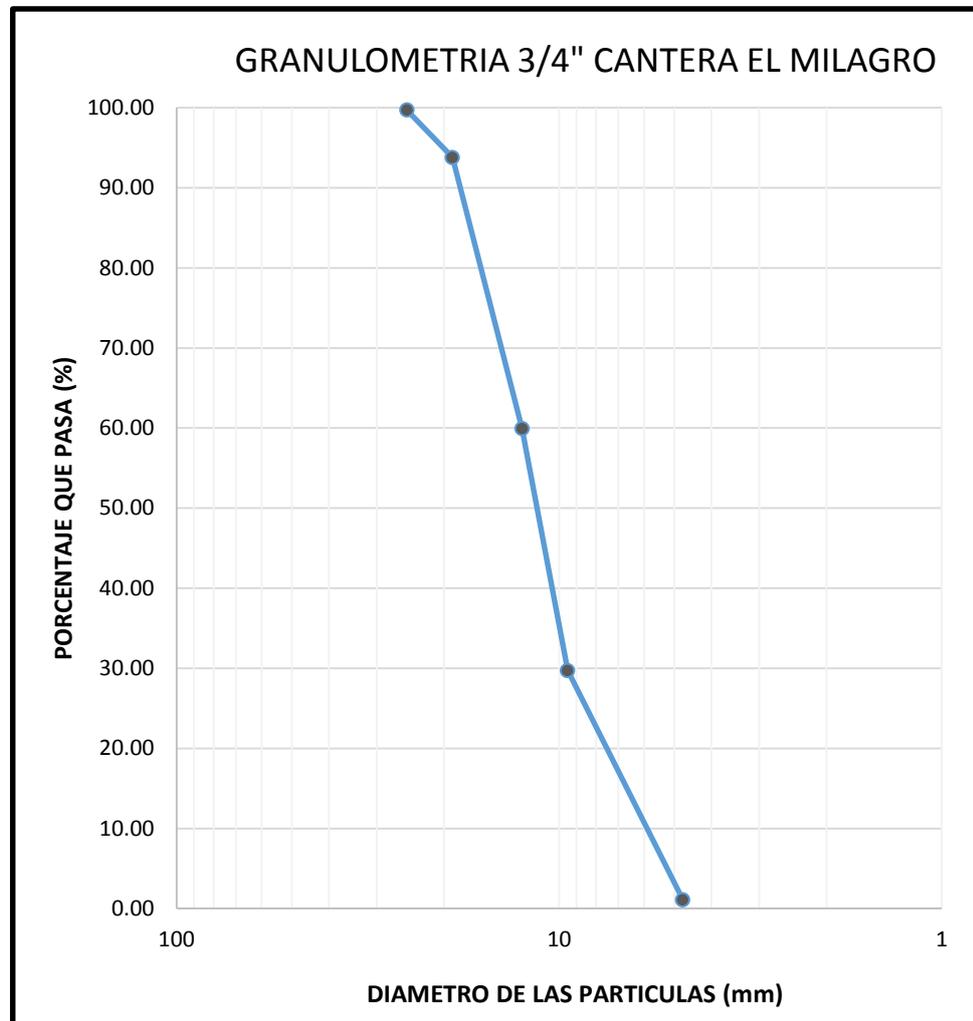


Figura 21: Granulometría del agregado grueso

La norma NTP 400.012 brinda el siguiente análisis granulométrico para agregado grueso. El cual significa que la granulometría de agregados gruesos adecuada para el concreto tiene que estar dentro de los dos límites. Por lo que utilizaremos la tabla correspondiente escogiendo el USO 67.

# TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	PORCENTAJE QUE PASA
1"	25	100	100	99.71
3/4"	19	100	90	93.78
3/8"	9.5	55	20	29.74
N°4	4.75	10	0	1.09
N°8	2.36	5	0	0.00

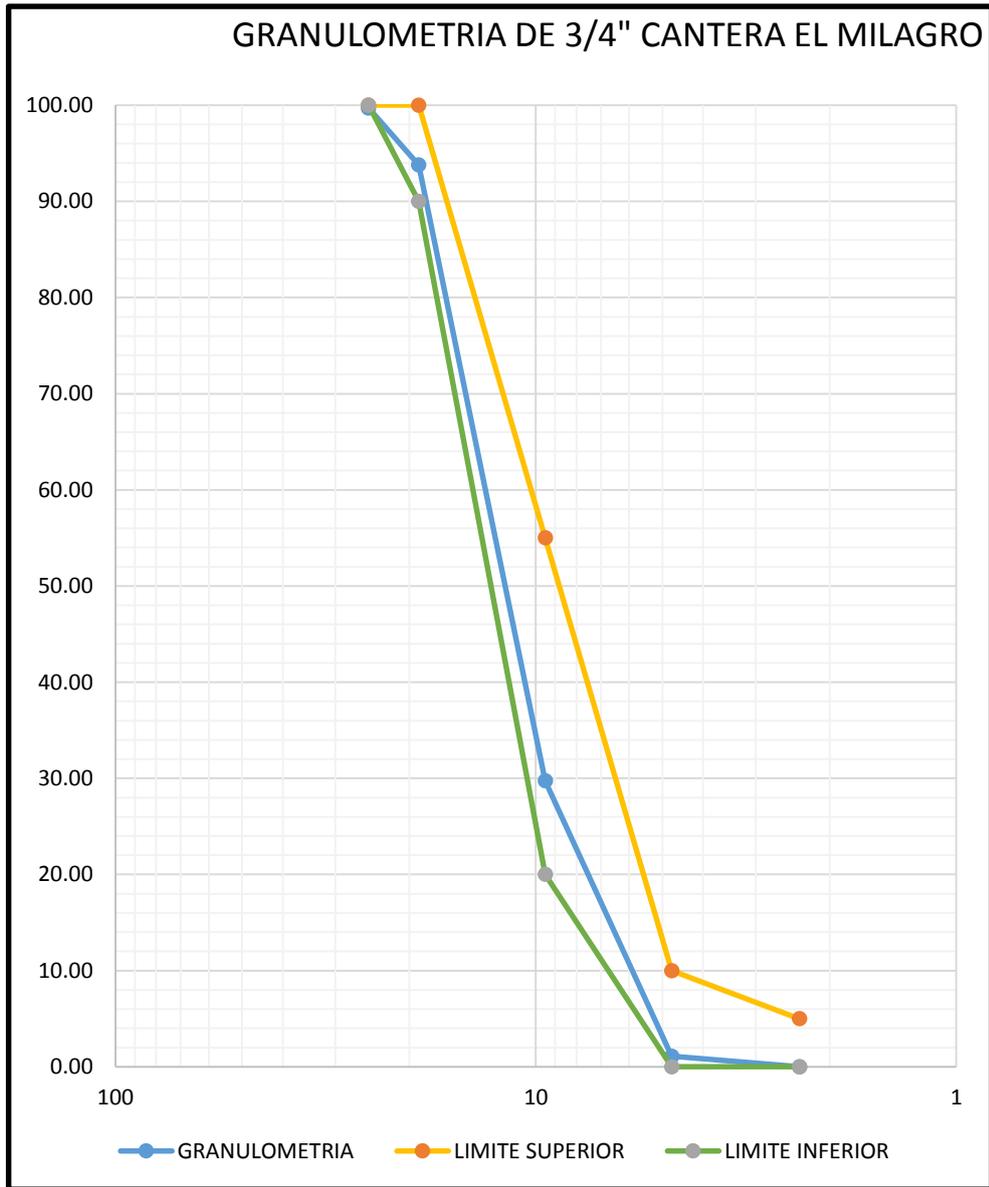


Figura 22: Grafico del análisis granulométrico A. grueso

La granulometría del agregado grueso si cumple con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana NTP 400.012.

4.1.1.2. Agregado Fino

GRANULOMETRIA DE MATERIAL FINO - CANTERA EL MILAGRO									
No. TAMIZ	DIAMETRO (mm)	MASA DEL SUELO RETENIDO (g)				PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE	ERROR
		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	(%)	ACUMULADO (%)	QUE PASA (%)	
3/8"	9.5	1.9	1.2	2.4	1.8	0.18	0.18	99.82	1.04%
N°4	4.75	51.8	50	48.5	50.1	5.01	5.19	94.81	
N°8	2.36	125.7	110.6	118.9	118.4	11.83	17.02	82.98	
N°16	1.18	118.4	126.8	121.6	122.3	12.22	29.24	70.76	
N°30	0.6	162.6	164.8	169.3	165.6	16.54	45.78	54.22	
N°50	0.3	283.1	275	279.8	279.3	27.91	73.69	26.31	
N°80	0.18	125.3	122.8	118.5	122.2	12.21	85.90	14.10	
N°100	0.15	48.2	50.7	43.3	47.4	4.74	90.63	9.37	
N°200	0.075	66.8	74.2	68.1	69.7	6.96	97.60	2.40	
	FONDO	17.4	24.1	30.7	24.1	2.40	100.00	0.00	
	Σ	1001.2	1000.2	1001.1	1000.8	100.00			

Tabla 17: Cálculos del agregado fino

Masa inicial = 1011.4 kg

Masa final = 1000.8 kg

de tamices = 9

Se obtuvo un error de 8.6 gramos lo que corresponde a un 0.17% de error.

$$\text{ERROR} = \frac{1011.4 - 1000.8}{1011.4} \times 100\% = 0.17\%$$

Como tanto en la granulometría de agregado fino como de agregado grueso se obtuvieron errores se tiene que hacer una corrección, dicha corrección es igual

$$\text{CORRECCIÓN} = \frac{\text{ERROR EN GRAMOS}}{\# \text{ DE TAMICES DONDE SE RETUBO LA MASA}} = \frac{1011.4 - 1000.8}{9} = 1.17$$

TM	1/2"
TMN	N°4
MF	2.62

GRANULOMETRIA DE MATERIAL GRUESO 1/2" - CANTERA EL MILAGRO					
MASA INICIAL 1011.4 KG					
No.TAMIZ	DIAMETRO (mm)	MASA DEL SUELO RETENIDO CORREGIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9.5	3.01	0.30	0.30	99.70
N°4	4.75	51.27	5.06	5.36	94.64
N°8	2.36	119.57	11.81	17.17	82.83
N°16	1.18	123.44	12.19	29.36	70.64
N°30	0.6	166.74	16.47	45.83	54.17
N°50	0.3	280.47	27.70	73.53	26.47
N°80	0.18	123.37	12.18	85.71	14.29
N°100	0.15	48.57	4.80	90.51	9.49
N°200	0.075	70.87	7.00	97.51	2.49
	FONDO	25.24	2.49	100.00	0.00
	Σ	1012.57	100.00		

Tabla 18: Cálculos del agregado fino

Calculo de módulo de finura (MF):

$$MF = \frac{\sum \% Ret. Acum. enlostamicez (1\ 1/2"; 3/4"; 3/8"; \#4; \#8; \#16; \#30; \#50; \#100)}{100}$$

La Norma NTP 400.012 brinda el siguiente análisis granulométrico para agregado fino:

$$MF = \frac{92.62 + 94.54 + 83.72 + 72.00 + 76.38 + 46.53 + 11.21}{100} = 2.62$$

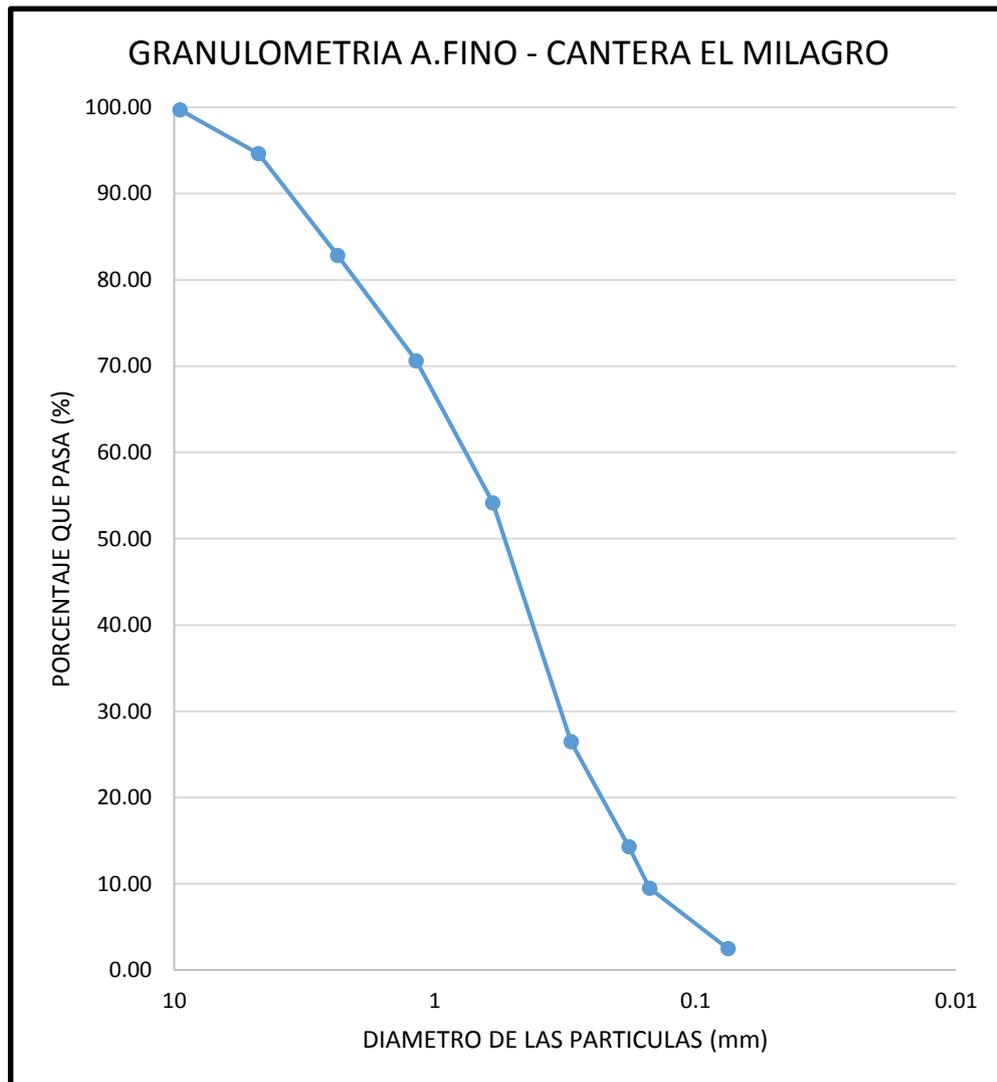


Figura 23: Granulometría del agregado fino

# TAMIZ	ABERTURA DEL TAMIZ (mm)	LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR	PORCENTAJE QUE PASA
3/8"	9.5	100	100	99.70
N°4	4.75	100	95	94.64
N°8	2.36	100	80	82.83
N°16	1.18	85	50	70.64
N°30	0.6	60	25	54.17
N°50	0.3	30	5	26.47
N°100	0.15	10	0	9.49

Tabla 19: Cálculos del agregado grueso - Análisis granulométrico del agregado fino

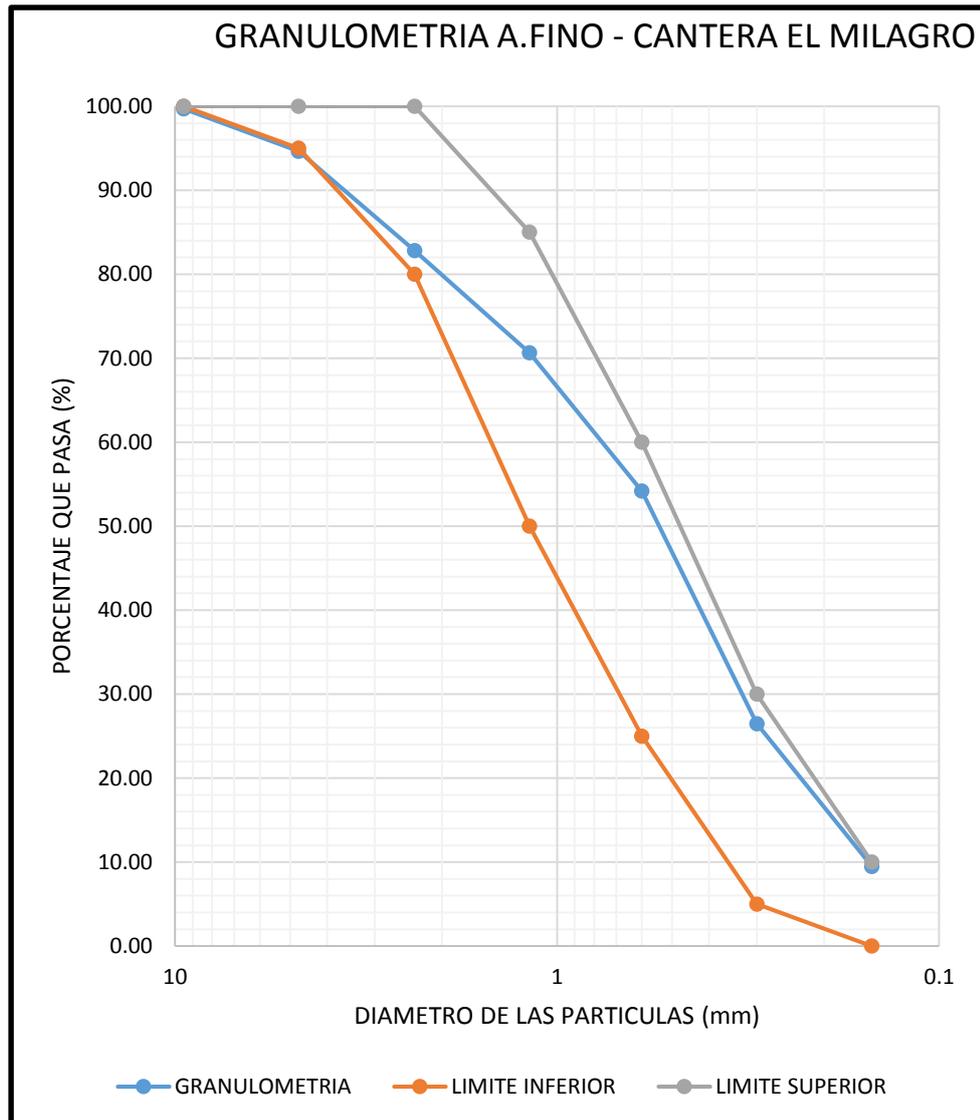


Figura 24: Grafico del análisis granulométrico A. fino

La granulometría del agregado fino si cumple con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana NTP 400.012

4.1.2. Peso Unitario Suelto Y Compactado De Los Agregados

4.1.2.1. Agregado Fino

Volumen del molde = 2810 cm³

Peso del molde vacío = 2739 gr

Peso inicial del agregado = 4634.4 gr

Peso del molde + la muestra suelta = 7038 gr

Peso del molde + la muestra compactada = 7610 gr

$$P.U.C = \frac{(\text{PESO DEL MOLDE} + \text{LA MUESTRA COMPACTADA}) - \text{PESO DEL MOLDE}}{\text{VOLUMEN DEL MOLDE}}$$

$$P.U.C = \frac{7281 - 2739}{2810} = 1.733452 \text{ gr/cm}^3 = 1733.452 \text{ kg/m}^3$$

$$P.U.S = \frac{(\text{PESO DEL MOLDE} + \text{LA MUESTRA SUELTA}) - \text{PESO DEL MOLDE VACIO}}{\text{VOLUMEN DEL MOLDE}}$$

$$P.U.S = \frac{7129 - 2739}{2810} = 1.529893 \text{ gr/cm}^3 = 1529.893 \text{ kg/m}^3$$

MOLDE PARA LA ARENA:

$$h = 15.3 \text{ cm} \quad d = 15.3 \text{ cm} \quad v = \frac{\pi}{4} d^2 h \quad v = 0.00281 \text{ m}^3$$

AGREGADO FINO - CANTERA EL MILAGRO	MUESTRA - 1	MUESTRA - 2	MUESTRA - 3	UNIDADES
PESO DEL RECIPIENTE	2.74			Kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (1/10 pie ³)	0.00281			m ³
PESO INICIAL DEL AGREGADO	4.63	4.67	4.65	Kg
PESO CON MI MUESTRA SUELTA	7.04	7.06	7.07	Kg
PESO CON MI MUESTRA COMPACTADA	7.61	7.65	7.66	Kg
PESO UNITARIO SUELTO	1529.893			Kg/cm³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1733.452			Kg/cm³

Tabla 20: Peso Unitario Suelto Y Compactado De Los Agregados – A. Fino

4.1.2.2. Agregado Grueso

Volumen del molde = 9290 cm³

Peso del molde vacío = 7284 gr

Peso inicial del agregado = 15368 gr

Peso del molde + la muestra suelta = 21822 gr

Peso del molde + la muestra compactada = 22081 gr

$$P.U.C = \frac{(\text{PESO DEL MOLDE} + \text{LA MUESTRA COMPACTADA}) - \text{PESO DEL MOLDE VACIO}}{\text{VOLUMEN DEL MOLDE}}$$

$$P.U.C = \frac{22081 - 7284}{9290} = 1.733452 \text{ gr/cm}^3 = 1733.452 \text{ kg/m}^3$$

$$P.U.S = \frac{(\text{PESO DEL MOLDE} + \text{LA MUESTRA SUELTA}) - \text{PESO DEL MOLDE VACIO}}{\text{VOLUMEN DEL MOLDE}}$$

$$P.U.S = \frac{21822 - 7284}{9290} = 1.564909 \text{ gr/cm}^3 = 1564.909 \text{ kg/m}^3$$

MOLDE PARA LA GRAVA:

$$h = 29.0 \text{ cm} \quad d = 20.2 \text{ cm} \quad v = \frac{\pi}{4} d^2 h \quad v = 0.00929 \text{ m}^3$$

4.1.3. Peso Unitario Suelto y Compactado De Los Agregados

AGREGADO GRUESO - CANTERA EL MILAGRO	MUESTRA - 1	MUESTRA - 2	MUESTRA - 3	UNIDADES
PESO DEL RECIPIENTE	7.28			Kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (1/10 pie ³)	0.00929			m ³
PESO INICIAL DEL AGREGADO	15.37	15.38	15.39	Kg
PESO CON MI MUESTRA SUELTA	21.82	21.84	21.85	Kg
PESO CON MI MUESTRA COMPACTADA	22.08	23	22.09	Kg
PESO UNITARIO SUELTO	1564.909			Kg/cm ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1592.788			Kg/cm ³

Tabla 21: Peso Unitario Suelto Y Compactado De Los Agregados – A. Grueso

4.1.3.1. Agregado Fino

W saturado = 1374.4 gr

W saturado superficialmente seco = 500 gr = **B**

W agua + probeta = 1315.6 gr

W agua + probeta + muestra = 1629.6 gr

W muestra seca = 493.6 gr = **A**

W muestra sumergida = 314 gr = **C**

AGREGADO FINO:	
% DE ABSORCION = 1.296	PESO ESPECIFICO = 2.653

$$P. E. Masa = \frac{A}{B-C}$$

$$P. E. Aparente = \frac{A}{A-C}$$

$$P. E. Masa = \frac{A}{B-C}$$

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

AGREGADO FINO - CANTERA EL MILAGRO					
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	%HUMEDAD
PESO INICIAL	1015.3	1089	1047.3	1050.53333	0.970749367
PESO SECO	1005.6	1078.7	1037	1040.43333	

Tabla 22: Pesos Iniciales Y Pesos Secos Del A. Fino

4.1.3.2. Agregado Grueso

W saturado = 2984.6 gr ; W recipiente = 173.4 gr

W saturado superficialmente seco = 3405.6 gr = **B**; W recipiente = 397.2

W sumergido = 2178gr = **C**

W muestra seca = 3314.2 gr = **A**; W recipiente = recipiente = 397.2

AGREGADO GRUESO:	
% DE ABSORCION = 3.133	PESO ESPECIFICO = 2.699

$$P. E. Masa = \frac{A}{B-C}$$

$$P. E. Aparente = \frac{A}{A-C}$$

$$P. E. Masa = \frac{A}{B-C}$$

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

4.1.3.2.1. Resultado En Estado Fresco Para F'c=420 Kgf/Cm2.

AGREGADO GRUESO - CANTERA EL MILAGRO					
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO	%HUMEDAD
PESO INICIAL	3111.5	3197.2	3145.8	3151.5	0.484647515
PESO SECO	3096.2	3182.1	3130.6	3136.3	

Tabla 23: Pesos Iniciales Y Pesos Secos Del Agregado Grueso

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA					
ENSAYO 1: F'C 420 Kg/cm ²					
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO		
			SLUMP	1 3/4	in
NANOSILICE	NO		TEMPERATURA	22.5	C°
Cantidad	NO	Kgf	PESO UNITARIO	20.431	Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	1.5	%
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO	PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO	PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.43	

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA					
ENSAYO 2: NS 0.3 - F'C 420 Kg/cm ²					
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO		
			SLUMP	6 1/2	in
NANOSILICE	0.30%		TEMPERATURA	24.1	C°
Cantidad	1.17	Kgf	PESO UNITARIO	20.427	Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	2	%
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO	PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO	PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.43	

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA					
ENSAYO 3: NS 0.5 - F'C 420 Kg/cm ²					
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO		
			SLUMP	7 1/2	in
NANOSILICE	0.50%		TEMPERATURA	24	C°
Cantidad	1.94	Kgf	PESO UNITARIO	20.416	Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	1.9	%
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO	PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO	PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.42	

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA				
ENSAYO 3: NS 0.5 - F'C 600 Kg/cm ²				
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO	
			SLUMP	8 1/2 in
NANOSILICE	0.50%		TEMPERATURA	23.5 C°
Cantidad	2.70	Kgf	PESO UNITARIO	20.345 Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	1.5 %
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.30

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA				
ENSAYO 4: NS 0.7 - F'C 420 Kg/cm ²				
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO	
			SLUMP	8 3/4 in
NANOSILICE	0.70%		TEMPERATURA	24.5 C°
Cantidad	2.72	Kgf	PESO UNITARIO	20.422 Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	2 %
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.42

4.1.3.2.2. Resultado En Estado Fresco Para F'c=600Kgf/Cm².

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA				
ENSAYO 1: F'C 600 Kg/cm ²				
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO	
			SLUMP	1 1/2 in
NANOSILICE	NO		TEMPERATURA	21 8/9 C°
Cantidad	NO	Kgf	PESO UNITARIO	20.547 Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	1.9 %
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.31

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA				
ENSAYO 2: NS 0.3 - F'C 600 Kg/cm ²				
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO	
			SLUMP	7 3/4 in
NANOSILICE	0.30%		TEMPERATURA	22.5 C°
Cantidad	1.62	Kgf	PESO UNITARIO	20.506 Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	1.4 %
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.31

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA				
ENSAYO 4: NS 0.7 - F'C 600 Kg/cm ²				
ADITIVOS PARA 1 m ³ DE CONCRETO			ENSAYOS EN ESTADO FRESCO	
			SLUMP	9 in
NANOSILICE	0.70%		TEMPERATURA	24.5 C°
Cantidad	3.78	Kgf	PESO UNITARIO	20.35 Kg/m ³
			CONTENIDO DE AIRE	1.5 %
SUPERPLASTIFICANTE	NO		SEGREGACION	NO PRESENTA
Cantidad	NO	Kgf	EXUDACION	NO PRESENTA
			RELACION A/C DE ENSAYO	0.30

4.1.3.2.3. Cronograma Del Proceso De Curado Y Rompimiento De Las Probetas.

CONCRETO PATRON = 420 Kg/cm² - FECHA: SABADO 10/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 5:21 P.M



CONCRETO PATRON + 0.3 % DE NANOSILICE - FECHA: LUNES 12/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 4:06 P.M

MUESTRA 2	3 DIAS	15/11/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO
	7 DIAS	19/11/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO
	28 DIAS	10/12/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO

CONCRETO PATRON + 0.5 % DE NANOSILICE - FECHA: LUNES 12/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 11:06 A.M

MUESTRA 3	3 DIAS	15/11/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO
	7 DIAS	19/11/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO
	28 DIAS	10/12/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO

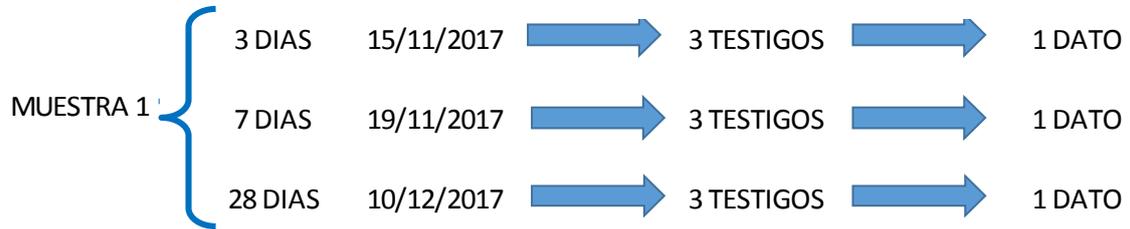
CONCRETO PATRON + 0.7 % DE NANOSILICE - FECHA: LUNES 12/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 5:14 P.M

MUESTRA 4	3 DIAS	15/11/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO
	7 DIAS	19/11/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO
	28 DIAS	10/12/2017	→	3 TESTIGOS	→	1 DATO

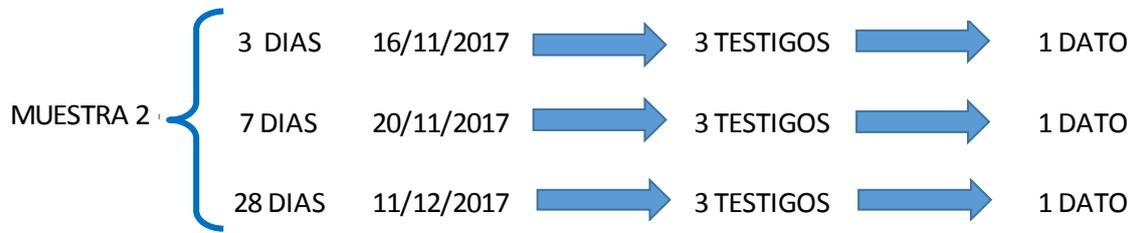
CONCRETO PATRON = 600 Kg/cm² - FECHA: LUNES 12/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 5:18 P.M



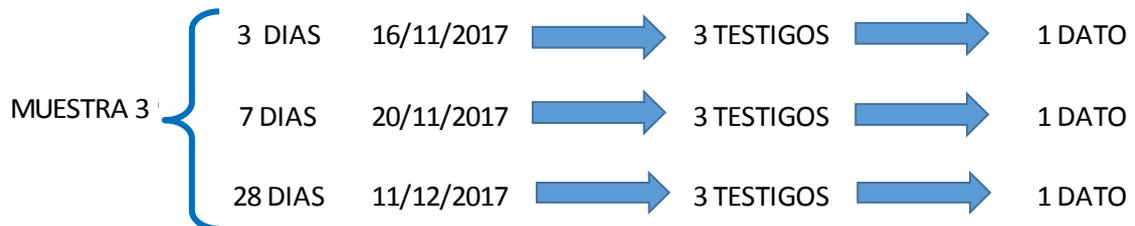
CONCRETO PATRON + 0.3% DE NANOSILICE - FECHA: MARTES 13/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 11:49 A.M



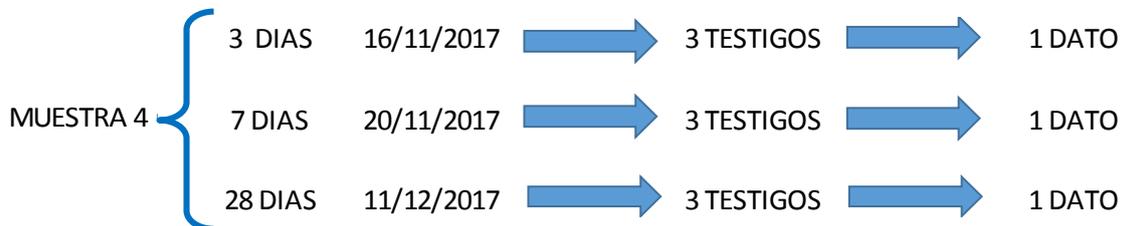
CONCRETO PATRON + 0.5 % DE NANOSILICE - FECHA: MARTES 13/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 12:46 P.M



CONCRETO PATRON + 0.7% DE NANOSILICE - FECHA: MARTES 13/11/2017

HORA DE INICIO DE LA PREPARACION DE LA MUESTRA 3:15 P.M



4.1.4. Resultado De Los Ensayos En Estado Endurecido

- En las siguientes tablas se presentan los resultados promedio de la resistencia a la compresión del concreto obtenidas a 3, 7 y a 28 días de edad.
- Se indica que las resistencias a la compresión obtenidas de los concretos sin adición de nanosílice no llegan a la resistencia indicada en el diseño ya que fue necesario incluir un porcentaje mínimo de aditivo Superplastificante 0.1% (viscocrete sc-50), con fines de lograr una mezcla homogénea, cohesiva, trabajable y además para que le ayude a hidratar al concreto.

4.1.4.1. Resistencia A La Compresión $F'c=420 \text{ Kg/cm}^2$.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO							
RESISTENCIA DE ESTUDIO	$F'c = 420 \text{ Kg/cm}^2$						
CODIGO	0 DIAS	3 DIAS		7 DIAS		28 DIAS	
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	% ALCANZADO	Kg/cm ²	% ALCANZADO	Kg/cm ²	% ALCANZADO
C.P.O 420	0	279.0	66.42%	323.8	77.10%	408.6	97.29%
N.S 0.3 - F'C 420	0	200.6	47.75%	341.4	81.29%	428.0	101.90%
N.S 0.5 - F'C 420	0	287.5	68.46%	351.3	83.64%	448.1	106.68%
N.S 0.7 - F'C 420	0	361.6	86.10%	384.4	91.52%	432.8	103.04%

Tabla 24: Resultados De Los Ensayos $F'c=420\text{kg/Cm}^2$

RESISTENCIA DE 420 Kg/cm² A LOS 3 DIAS

420		TESTIGO 001	275.4	Kg/cm ²	PROMEDIO	279.0	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	279.2	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	282.3	Kg/cm ²			

420+N.S.0.3		TESTIGO 001	196.5	Kg/cm ²	PROMEDIO	200.6	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	201.3	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	203.9	Kg/cm ²			

420+N.S.0.5		TESTIGO 001	284.6	Kg/cm ²	PROMEDIO	287.5	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	286.4	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	291.6	Kg/cm ²			

420+N.S.0.7		TESTIGO 001	366.1	Kg/cm ²	PROMEDIO	361.6	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	357.6	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	361.2	Kg/cm ²			

RESISTENCIA DE 420 Kg/cm² A LOS 7 DIAS

420		TESTIGO 001	323.3	Kg/cm ²	PROMEDIO	323.8	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	319.8	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	328.4	Kg/cm ²			

420 + N.S 0.3		TESTIGO 001	341.8	Kg/cm ²	PROMEDIO	341.4	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	344.4	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	338.0	Kg/cm ²			

420 + N.S 0.5		TESTIGO 001	351.2	Kg/cm ²	PROMEDIO	351.3	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	349.9	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	352.8	Kg/cm ²			

420 + N.S 0.7		TESTIGO 001	435.5	Kg/cm ²	PROMEDIO	432.8	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	430.1	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	432.7	Kg/cm ²			

RESISTENCIA DE 420 Kg/cm² A LOS 28 DIAS

420		TESTIGO 001	407.7	Kg/cm ²	PROMEDIO	408.6	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	405.6	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	412.6	Kg/cm ²			

420 + N.S 0.3		TESTIGO 001	425.5	Kg/cm ²	PROMEDIO	428.0	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	428.1	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	430.3	Kg/cm ²			

420 + N.S 0.5		TESTIGO 001	450.2	Kg/cm ²	PROMEDIO	448.1	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	445.9	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	448.1	Kg/cm ²			

420 + N.S 0.7		TESTIGO 001	366.1	Kg/cm ²	PROMEDIO	361.6	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	357.6	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	361.2	Kg/cm ²			

4.1.4.2. Resistencia A La Compresión $F'c=600$ Kg/Cm².

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO							
RESISTENCIA DE ESTUDIO	$F'c = 600 \text{ Kg/cm}^2$						
CODIGO	0 DIAS	3 DIAS		7 DIAS		28 DIAS	
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	% ALCANZADO	Kg/cm ²	% ALCANZADO	Kg/cm ²	% ALCANZADO
C.P.O 600	0	336.2	56.03%	411.8	68.64%	553.6	92.27%
N.S 0.3 - F'c 600	0	354.5	59.09%	498.8	83.13%	612.3	102.06%
N.S 0.5 - F'c 600	0	447.5	74.59%	511.3	85.22%	637.6	106.27%
N.S 0.7 - F'c 600	0	462.0	77.00%	527.4	87.89%	622.8	103.81%

Tabla 25: Resultados De Los Ensayos $F'c=600$ kg/Cm²

RESISTENCIA DE 600 Kg/cm² A LOS 3 DIAS

600		TESTIGO 001	330.8	Kg/cm ²	PROMEDIO	336.2	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	341.4	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	336.4	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.3		TESTIGO 001	352.7	Kg/cm ²	PROMEDIO	354.5	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	359.0	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	351.9	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.5		TESTIGO 001	447.6	Kg/cm ²	PROMEDIO	447.5	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	449.4	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	445.6	Kg/cm ²			

420 + N.S 0.7		TESTIGO 001	460.6	Kg/cm ²	PROMEDIO	462.0	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	463.5	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	461.9	Kg/cm ²			

RESISTENCIA DE 600 Kg/cm² A LOS 7 DIAS

600		TESTIGO 001	411.6	Kg/cm ²	PROMEDIO	411.8	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	409.9	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	414.0	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.3		TESTIGO 001	497.9	Kg/cm ²	PROMEDIO	498.8	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	502.3	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	496.2	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.5		TESTIGO 001	511.4	Kg/cm ²	PROMEDIO	511.3	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	513.2	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	509.4	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.7		TESTIGO 001	528.1	Kg/cm ²	PROMEDIO	527.4	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	526.5	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	527.5	Kg/cm ²			

RESISTENCIA DE 600 Kg/cm² A LOS 28 DIAS

600		TESTIGO 001	550.1	Kg/cm ²	PROMEDIO	553.6	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	554.3	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	556.4	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.3		TESTIGO 001	606.3	Kg/cm ²	PROMEDIO	612.3	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	614.7	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	616.0	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.5		TESTIGO 001	637.8	Kg/cm ²	PROMEDIO	637.6	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	640.0	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	635.1	Kg/cm ²			

600 + N.S 0.7		TESTIGO 001	620.3	Kg/cm ²	PROMEDIO	622.8	Kg/cm ²
		TESTIGO 002	622.4	Kg/cm ²			
		TESTIGO 003	625.8	Kg/cm ²			

4.1.5. Resultados Del Ensayo De Abrasión Del Agregado Grueso

CANTERA EL MILAGRO		
DESCRIPCION	UNID.	M1
PESO DE LA MUESTRA SECA INICIAL	gr	5000
PESO DE LA MUESTRA SECA RETENIDO EN EL TAMIZ N° 10	gr	1709.6
DESGASTE	%	34%

Tabla 26: Resultados del ensayo de abrasión

FORMULA:

$$\% \text{ DE DESGASTE} = \frac{Pa - Pb}{Pa} * 100$$

$$\% \text{ DE DESGASTE} = \frac{5000 - 1709.6}{5000} * 100$$

$$\% \text{ DE DESGASTE} = 34\%$$

La norma ASTM muestra como límite admisible máximo para los agregados un índice del 50 %, para lo cual el agregado utilizado en la investigación cumple con esta exigencia por estar debajo del límite; se puede concluir que el Agregado Grueso es óptimo según las condiciones exigidas en la Norma Técnica Peruana, por consiguiente, se podrá utilizar el desarrollo de la Presente investigación

CON EL 34% NUESTRO AGREGADO SI CUMPLE POR ESTAR DEBAJO DEL LIMITE.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- 1) Se realizó el diseño de mezclas para un concreto de alta resistencia de 420 kg/cm² y 600 kg/cm² adicionando los aditivos Sika Viscocrete sc-50 y GAIA, con las tablas del ACI 211.4
- 2) Los ensayos de granulometría al agregado grueso y fino muestran que estos cumplen con los usos granulométricos. Sin embargo, los tamaños máximos nominales de la cantera El MILAGRO de donde se extrajo los agregados, para una mejor dosificación no son confiables.
- 3) Se ha preparado 72 probetas cilíndricas de concreto con a/c 0.40, y un asentamiento de 2 - 4", en concordancia con la norma ASTM C 192 y la NTP 339.0.34.
 - Se han realizado los diseños de mezclas para un concreto de 420 kg/cm² y 600 kg/cm², considerando como única variante los porcentajes de aditivos; teniendo como resultados:

- Para $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$ con relación a/c 0.40:

CODIGO	RESISTENCIA FINAL
Concreto Patron F'C = 420 kg/cm ²	408.60 kg/cm ²
Nanosilice 0.3% - F'C = 420 kg/cm ²	428.00 kg/cm ²
Nanosilice 0.5% - F'C = 420 kg/cm ²	448.10 kg/cm ²
Nanosilice 0.7% - F'C = 420 kg/cm ²	432.80 kg/cm ²

- Para $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$ con relación a/c 0.40:

CODIGO	RESISTENCIA FINAL
Concreto Patron F'C = 600 kg/cm ²	553.60 kg/cm ²
Nanosilice 0.3% - F'C = 600 kg/cm ²	621.60 kg/cm ²
Nanosilice 0.5% - F'C = 600 kg/cm ²	637.60 kg/cm ²
Nanosilice 0.7% - F'C = 600 kg/cm ²	622.80 kg/cm ²

- 4) Se encontró que el contenido adecuado de aditivo que logra los mejores resultados a la compresión para los diferentes diseños de mezclas fueron:
- Para $f'c = 420 \text{ kg/cm}^2$: El contenido óptimo de aditivo nanosílice es el de 0.5% del peso del cemento logrando 448.10 kgf/cm^2 de resistencia a la compresión.
 - Para $f'c = 600 \text{ kg/cm}^2$: El contenido óptimo de aditivo nanosílice es el de 0.5% del peso del cemento logrando 637.60 kgf/cm^2 de resistencia a la compresión.
- 5) El incremento de la resistencia a la compresión encontrado es de un 10% mayor en base al Concreto Patrón, a la edad de 28 días, lo cual se asume seguirá incrementándose hasta los 90 días por ser concreto de alta resistencia.
- 6) La Nanosílice mejora las características tanto al estado fresco como endurecido del concreto en comparación al Concreto Patrón, esto es beneficioso ya que al encontrarse en estado líquido su impacto ambiental es nulo.
- 7) La empresa Ulmen (el que nos donó el Nanosilice GAIA) hizo una comparación y pruebas con los diferentes tipos de cementos, en la cual comprobaron que el cemento tipo I es el óptimo para concretos de alta resistencia y también para el diseño de mezclas con Nanosilice, es por eso que utilizamos el cemento tipo I Pacasmayo

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda el uso de nanosílices en la fabricación de concretos de alta resistencia, ya que se obtuvieron buenos resultados en estado fresco y endurecido.
- 2) Realizar un estudio utilizando agregados de diferentes canteras que se encuentran en la ciudad de Trujillo, tal como hicimos con la cantera del milagro y la cantera de huanchaco, teniendo en consideración la variación de las propiedades físicas y mecánicas de cada uno de los agregados.
- 3) Se recomienda tener un estricto control en la cantidad de nanosílice a utilizarse en los diseños de mezclas del concreto de alta resistencia, ya que al tratarse de contenidos en el orden de 0.3% a 0.7% su alteración modificará los resultados esperados.
- 4) Se recomienda no usar el aditivo del proyecto (GAIA Nanosílice de Ulmen Perú) conjuntamente con el superplastificante (Viscocrete sc-50), ya que no reacciona favorablemente para el incremento de la resistencia a compresión, y si no se usa los adecuados porcentajes de aditivo la mezcla segregará.
- 5) Se debe mantener el curado bajo agua a una misma temperatura ($23\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2$) hasta la fecha de ensayo (NTP 339.183), los concretos de alta resistencia son muy susceptibles a cambios de temperatura.
- 6) Se recomienda realizar los ensayos a compresión del concreto de alta resistencia a la edad de 90 días, que es cuando alcanza su máxima resistencia.
- 7) Investigar el comportamiento del concreto con otros aditivos de Nanosílice y Plastificantes.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gastañadú Ruiz, F. (2017). Elaboración y curado de probetas cilíndricas . *Control de la calidad del concreto*, 15-21.
- Association Concrete National Ready Mixed. (n.d.). Concreto de alta resistencia. *National Ready Mixed*, 1.
- Bernal, J. A. (2009). El agua del concreto. *El concreto*, 1-2 .
- Cadrozo, J. ((25 de Julio de 2014)). *Concepto, Historia y Produccion del Cemneto*.
Lima: works.
- Cementos Pacasmayo. (2017). Cemento Portland tipo I. *Cementos Pacasmayo*.
- Fernando A. DIAZ. (2012). Relación agua material cementante . *Estructuras de hormigon armado*.
- GENOVEZ, L. (2016). *RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y EL ASENTAMIENTO DE UN* . Trujillo .
- Gerencia, I. d. (2017). *Reglamento Nacional de Edificaciones* . Lima: Fondo editorial icg .
- Hortelano, J. (2013). Nanocemento y aplicación de nanopartículas de sílice .
Nanotecnología , 1-2 .
- Huincho. (2011). *Concretos de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce*. Lima.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2000). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Fondo Editorial.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. (2000). El concreto de alta resistencia en la edificación. *Revista 2000*, 1-2.
- Jorge, & Dominguez, G. (2013). *Materiales de la construcción*. México: Jorge Gómez

- Gastañadú Ruiz, F. (2017). Elaboración y curado de probetas cilíndricas . *Control de la calidad del concreto*, 15-21.
- Association Concrete National Ready Mixed. (s.f.). Concreto de alta resistencia. *National Ready Mixed*, 1.
- Bernal, J. A. (2009). El agua del concreto. *El concreto*, 1-2 .
- Cadrozo, J. ((25 de Julio de 2014)). *Cocepto, Historia y Produccion del Cemneto*. Lima: works.
- Cementos Pacasmayo. (2017). Cemento Portland tipo I. *Cementos Pacasmayo*.
- Fernando A. DIAZ. (2012). Relación agua material cementante . *Estructuras de hormigon armado*.
- GENOVEZ, L. (2016). *RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y EL ASENTAMIENTO DE UN* . Trujillo .
- Gerencia, I. d. (2017). *Reglamento Nacional de Edificaciones* . Lima: Fondo editorial icg .
- Hortelano, J. (2013). Nanocemento y aplicación de nanopartículas de sílice . *Nanotecnología* , 1-2 .
- Huincho. (2011). *Concretos de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce*. Lima.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2000). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Fondo Editorial.
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. (2000). El concreto de alta resistencia en la edificación. *Revista 2000*, 1-2.
- Jorge, & Dominguez, G. (2013). *Materiales de la construccioón*. México: Jorge Gómez .

- Li, S. C. (2006). INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES FISICAS. *Restrepo et al*, 280-281.
- Macro. (2017). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima : e-book.
- Norma Técnica Peruana . (1999). *Norma Técnica Peruana 400.017*. Lima: Indecopi.
- Norma Técnica Peruana . (2002). *Norma Técnica Peruana 400.022*. Lima: Indecopi.
- Norma Técnica Peruana. (2001). *Norma Técnica Peruana 334.045*. Lima: Indecopi.
- Norma Técnica Peruana. (2002). *Norma Técnica Peruana 330.185*. Lima: Indecopi.
- Norma Técnica Peruana. (2002). *Norma Técnica Peruana 400.021*. Lima: Indecopi.
- Norma Técnica Peruana. (2002). *Norma Técnica Peruana 400.021*. Lima: Indecopi.
- Osorio, J. D. (2017). Agua de curado - Agua de lavado. *Hidratación del concreto*, 2.
- Osorio, J. D. (2017). Agua de mezclado . *Hidratación del concreto* , 1-2.
- Puellas Quispe, J. (2013). Diseños de Mezclas para el concreto 1era ed. En Puellas, *Diseños de Mezclas para el concreto* (págs. 2-3). Lima.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2009). *Cemento Portland* . Lima: Sencico .
- Ríos López, R. (2013). *Nanosílice*. Lima: Slideshare.
- Ríos López, R. (2013). *Nanosílice*. Lima: Slideshare.
- Rivera Quio, T. (2014). *Concreto* . Lima : Slideshare.
- Sensico. (2009). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: DIGIGRAF CORP. SA.
- Sika. (2017). Sika Viscocrete sc - 50 . *Sika* , 1-3.
- Ticona, I. (2016). *ACI 211.4*. Juliaca: Follow.
- TOBÓN, J. I. (2005). ADICIÓN DE NANOPARTÍCULAS AL CEMENTO PORTLAND . *Scielo*, 279-280.

ANEXOS

ANEXO 01. DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO DE ALTAS RESISTENCIAS

- Para determinar el comportamiento de las mezclas de concreto en estado fresco, se estudiaron las propiedades de trabajabilidad y consistencia de estas, utilizando ensayos de laboratorio que sirvan como parámetro para determinarlas, los ensayos realizados al concreto en estado fresco fueron los de: Asentamiento, Temperatura, Peso Unitario, Contenido de aire y el Control de Segregación y Exudación.
- Los resultados de estos se presentan en fichas de investigación agrupadas según las resistencias de estudio (420 Y 600 kgf/cm²).
- Se incluye los resultados obtenidos para los concretos patrones (sin aditivos), así como los resultados para los diseños de mezclas incluyendo Nanosilice en combinación con aditivo Superplastificante.
- Dentro de estos resultados se pone en observación la cantidad de agua de mezclado que se tuvo que utilizar ya que tuvimos que adicionarle un porcentaje de Superplastificante; con la finalidad de lograr una mezcla trabajable y a la vez no se tenga problemas con la segregación o exudación.

- **DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ACI 211.4 F'C= 420 KGF/CM2**

DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ACI 211.4 F'C = 420 KGF/CM2

A) Resistencia Promedio Requerida:

F'C	420	Kgf/cm2
-----	-----	---------

$$F'cr = \frac{F'c + 98}{0.9}$$

F'cr	575.56	Kgf/cm2
------	--------	---------

B) Asentamiento:

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
SLUMP CON SUPERPLASTIFICANTE	1"	2"
SLUMP SIN SUPERPLASTIFICANTE	2"	4"

RESISTENCIA REQUERIDA DEL CONCRETO (kg/cm2)	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO
RESISTENCIA MENOR A < 630	3/4" - 1"
RESISTENCIA MAYOR A > 630	3/8" - 1/2"

C) VERIFICACION Y SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:

TMN	0.75	in.
-----	------	-----

D) SELECCIÓN DEL CONTENIDO OPTIMO DEL AGREGADO GRUESO:

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (PARA Ag.FINO CON MODULO DE FINURA ENTRE 2.5 - 3.2)			
TAMAÑO NOMINAL MAXIMO	3/8"	1/2"	3/4"
FRACCION VOLUMETRICA Psag.	0.65	0.68	0.72

PESO DEL Agr.GRUESO (VOL*P.U.VARILLADO COMPACTADO)	1146.81	kgf
--	---------	-----

E) ESTIMACION DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE BASADO EN EL USO DE UNA ARENA CON 35% DE VACIOS				
SLUMP	AGUA DE MEZCLADO EN kgf/m3 PARA			
	TAMAÑOS MAXIMOS DE AGREGADOS GRUESOS INDICADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1" - 2"	183	174	168	165
2" - 3"	189	183	174	171
AIRE ATRAPADO %				
SIN SUPERPLASTIFICANTE	3.00	2.50	2.00	1.50
CON SUPERPLASTIFICANTE	2.50	2.00	1.50	1.00

CALCULAMOS EL CONTENIDO DE VACIOS DE LA ARENA

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C}{PESO ESPECIFICO} \right) * 100$$

V=	35	%
----	----	---

CONTENIDO DE AGUA FINAL	168	kgf/m3
AIRE ATRAPADO %	1.5	%

F) SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA/MATERIALES CEMENTICIOS

RELACION AGUA/MATERIALES CEMENTICIOS CON SUPERPLASTIFICANTE				
RESISTENCIA PROMEDIO F'cr kg/cm ²	EDAD (DIAS)	RELACION A/mc PARA LOS TAMAÑOS MAXIMOS DE AGREGADOS GRUESOS INDICADOS		
		3/8"	1/2"	3/4"
500	28	0.49	0.47	0.45
550	28	0.44	0.42	0.40
600	28	0.40	0.38	0.36

F'cr =	575.56	F'cr ^Λ =	518	kgf/cm ²
--------	--------	---------------------	-----	---------------------

F'cr =	a/mc
500	0.45
518	0.432
550	0.40

NOTA: LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA DEBERA SER REAJUSTADA PARA USAR LA TABLA CON 0.9 (F'cr^Λ)

G) CONTENIDO DE MATERIALES CEMENTICIOS

CONTENIDO DE AGUA	168	L/m ³
RELACION AGUA/MATERIALES CEMENTICIOS (a/mc)	0.432	
CONTENIDO DE CEMENTO	388.89	Kgf.

H) VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES SIN CONTAR EL AGREGADO FINO

MATERIAL	PESOS (kg.)	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN(m ³)	VOLUMEN TOTAL
CEMENTO	388.89	3110	0.125	0.733
AGREGADO GRUESO	1146.81	2700	0.425	
AGUA	168	1000	0.168	
AIRE	1.5		0.015	

I) VOLUMEN DEL AGREGADO FINO Y PESO

VOLUMEN AGREGADO FINO (1-VOLUMEN)	0.267	m ³
PESO DEL AGREGADO FIINO (VOLUMEN*P.E.masa)	709.12	kgf.

J) PRESENTACION DEL DISEÑO EN ESTADO SECO

MATERIAL	PESO SECO	PROPORCION
CEMENTO	388.89	1.00
AGREGADO FINO	709.12	1.82
AGREGADO GRUESO	1146.81	2.95
AGUA	168	0.43

PARA UN TROMPADA DE 30 LITROS

11.67	Kgf/m ³
21.48	Kgf/m ³
34.57	Kgf/m ³
6.02	L/m ³

K) DISEÑO FINAL POR CORRECCION POR HUMEDAD

MATERIAL	PESO/m ³	UNIDAD	PESO/BOLSA	UNIDAD
CEMENTO	388.89	Kgf/m ³	42.50	Kgf/m ³
AGREGADO FINO	716.00	Kgf/m ³	78.25	Kgf/m ³
AGREGADO GRUESO	1152.37	Kgf/m ³	125.94	Kgf/m ³
AGUA EFECTIVA	200.65	L/m ³	21.93	L/m ³
AIRE%	1.50	%	1.50	%

- **DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ACI 211.4 F'C=600 KGF/CM2**

DISEÑO DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA ACI 211.4 F'C = 600 KGF/CM2

A) Resistencia Promedio Requerida:

$$F'_{cr} = \frac{F'c + 98}{0.9}$$

F'C	600	Kgf/cm2
-----	-----	---------

B) Asentamiento:

SLUMP RECOMENDADO PARA C.A.R	SLUMP MIN.	SLUMP MAX.
SLUMP CON SUPERPLASTIFICANTE	1"	2"
SLUMP SIN SUPERPLASTIFICANTE	2"	4"

RESISTENCIA REQUERIDA DEL CONCRETO (kg/cm2)	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO
RESISTENCIA MENOR A < 630	3/4" - 1"
RESISTENCIA MAYOR A > 630	3/8" - 1/2"

C) VERIFICACION Y SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:

TMN	0.75	in.
-----	------	-----

D) SELECCIÓN DEL CONTENIDO OPTIMO DEL AGREGADO GRUESO:

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO (PARA Ag.FINO CON MODULO DE FINURA ENTRE 2.5 - 3.2)			
TAMAÑO NOMINAL MAXIMO	3/8"	1/2"	3/4"
FRACCION VOLUMETRICA Psag.	0.65	0.68	0.72

PESO DEL Agr.GRUESO (VOL*P.U.VARILLADO COMPACTADO)	1146.81	kgf
--	---------	-----

E) ESTIMACION DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE BASADO EN EL USO DE UNA ARENA CON 35% DE VACIOS				
SLUMP	AGUA DE MEZCLADO EN kgf/m3 PARA			
	TAMAÑOS MAXIMOS DE AGREGADOS GRUESOS INDICADOS			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
1" - 2"	183	174	168	165
2" - 3"	189	183	174	171
AIRE ATRAPADO %				
SIN SUPERPLASTIFICANTE	3.00	2.50	2.00	1.50
CON SUPERPLASTIFICANTE	2.50	2.00	1.50	1.00

CALCULAMOS EL CONTENIDO DE VACIOS DE LA ARENA

$$V\% = \left(1 - \frac{P.U.C}{PESO ESPECIFICO} \right) * 100$$

V=	35	%
----	----	---

CONTENIDO DE AGUA FINAL	168	kgf/m3
AIRE ATRAPADO %	1.5	%

F) SELECCIÓN DE LA RELACION AGUA/MATERIALES CEMENTICIOS

RELACION AGUA/MATERIALES CEMENTICIOS CON SUPERPLASTIFICANTE				
RESISTENCIA PROMEDIO F'cr kg/cm2	EDAD (DIAS)	RELACION A/mc PARA LOS TAMAÑOS MAXIMOS DE AGREGADOS GRUESOS INDICADOS		
		3/8"	1/2"	3/4"
650	28	0.36	0.35	0.33
700	28	0.33	0.32	0.31
750	28	0.31	0.30	0.28

F'cr =	775.56	F'cr^=	698	kgf/cm2
--------	--------	--------	-----	---------

F'cr =	a/mc
650	0.33
698	0.31
700	0.31

NOTA: LA RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA DEBERA SER REAJUSTADA PARA USAR LA TABLA CON 0.9 (F'cr^)

G) CONTENIDO DE MATERIALES CEMENTICIOS

CONTENIDO DE AGUA	168	L/m3
RELACION AGUA/MATERIALES CEMENTICIOS (a/mc)	0.311	
CONTENIDO DE CEMENTO	540.54	Kgf.

H) VOLUMEN ABSOLUTO DE MATERIALES SIN CONTAR EL AGREGADO FINO

MATERIAL	PESOS (kg.)	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN(m3)	VOLUMEN TOTAL
CEMENTO	540.54	3110	0.174	0.782
AGREGADO GRUESO	1146.81	2700	0.425	
AGUA	168	1000	0.168	
AIRE	1.5		0.015	

I) VOLUMEN DEL AGREGADO FINO Y PESO

VOLUMEN AGREGADO FINO (1-VOLUMEN)	0.218	m ³
PESO DEL AGREGADO FINO (VOLUMEN*P.E.masa)	579.71	kgf.

J) PRESENTACION DEL DISEÑO EN ESTADO SECO

MATERIAL	PESO SECO	PROPORCION
CEMENTO	540.54	1.00
AGREGADO FINO	579.71	1.07
AGREGADO GRUESO	1146.81	2.12
AGUA	168	0.31

K) DISEÑO FINAL POR CORRECCION POR HUMEDAD

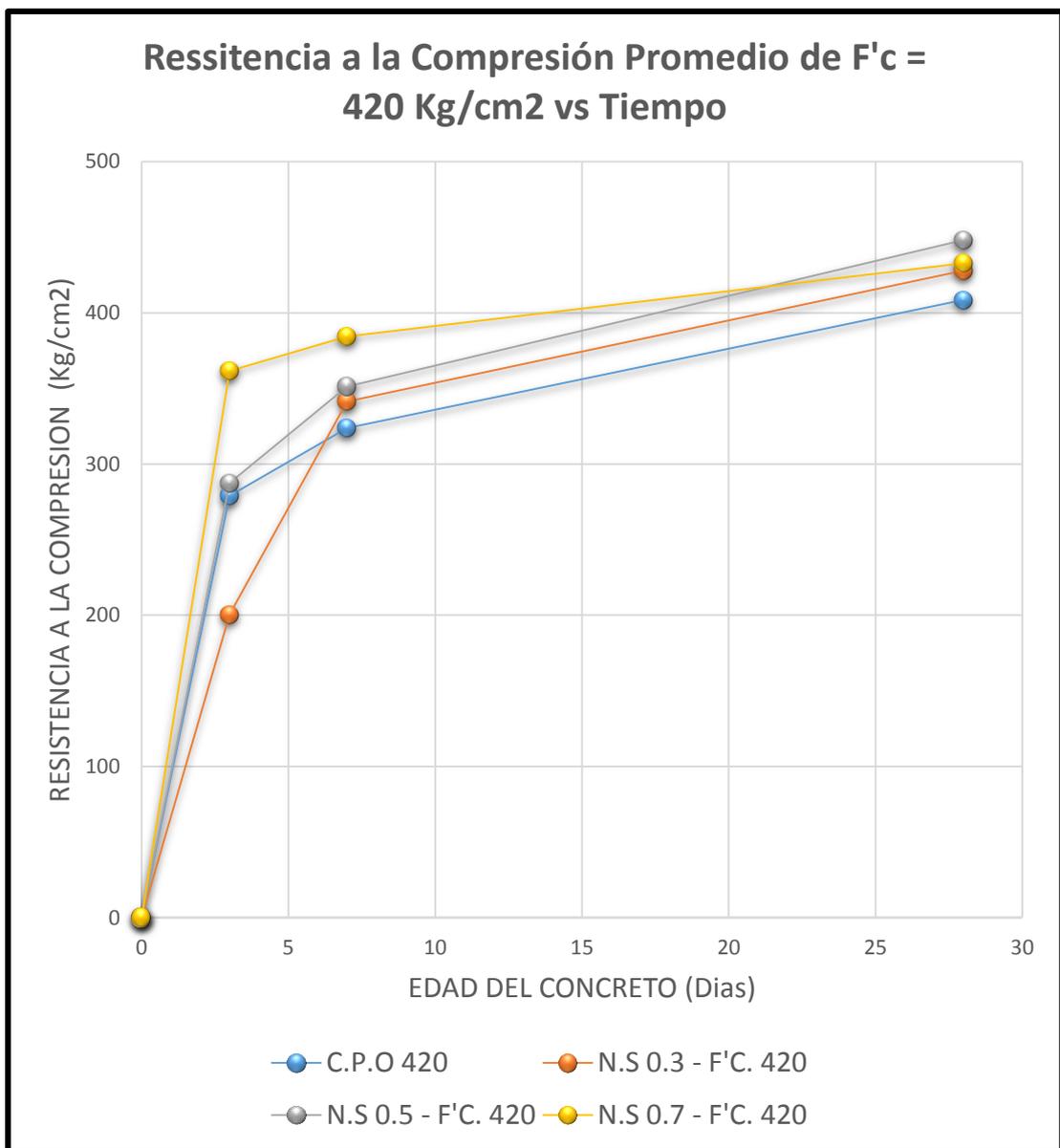
MATERIAL	PESO/m ³	UNIDAD	PESO/BOLSA	UNIDAD
CEMENTO	540.54	Kgf/m ³	42.50	Kgf/m ³
AGREGADO FINO	585.34	Kgf/m ³	46.02	Kgf/m ³
AGREGADO GRUESO	1152.37	Kgf/m ³	90.60	Kgf/m ³
AGUA EFECTIVA	200.23	L/m ³	15.74	L/m ³
AIRE %	1.50	%	1.50	%

PARA UN TROMPADA DE 30 LITROS

16.22	Kgf/m ³
17.56	Kgf/m ³
34.57	Kgf/m ³
6.01	L/m ³

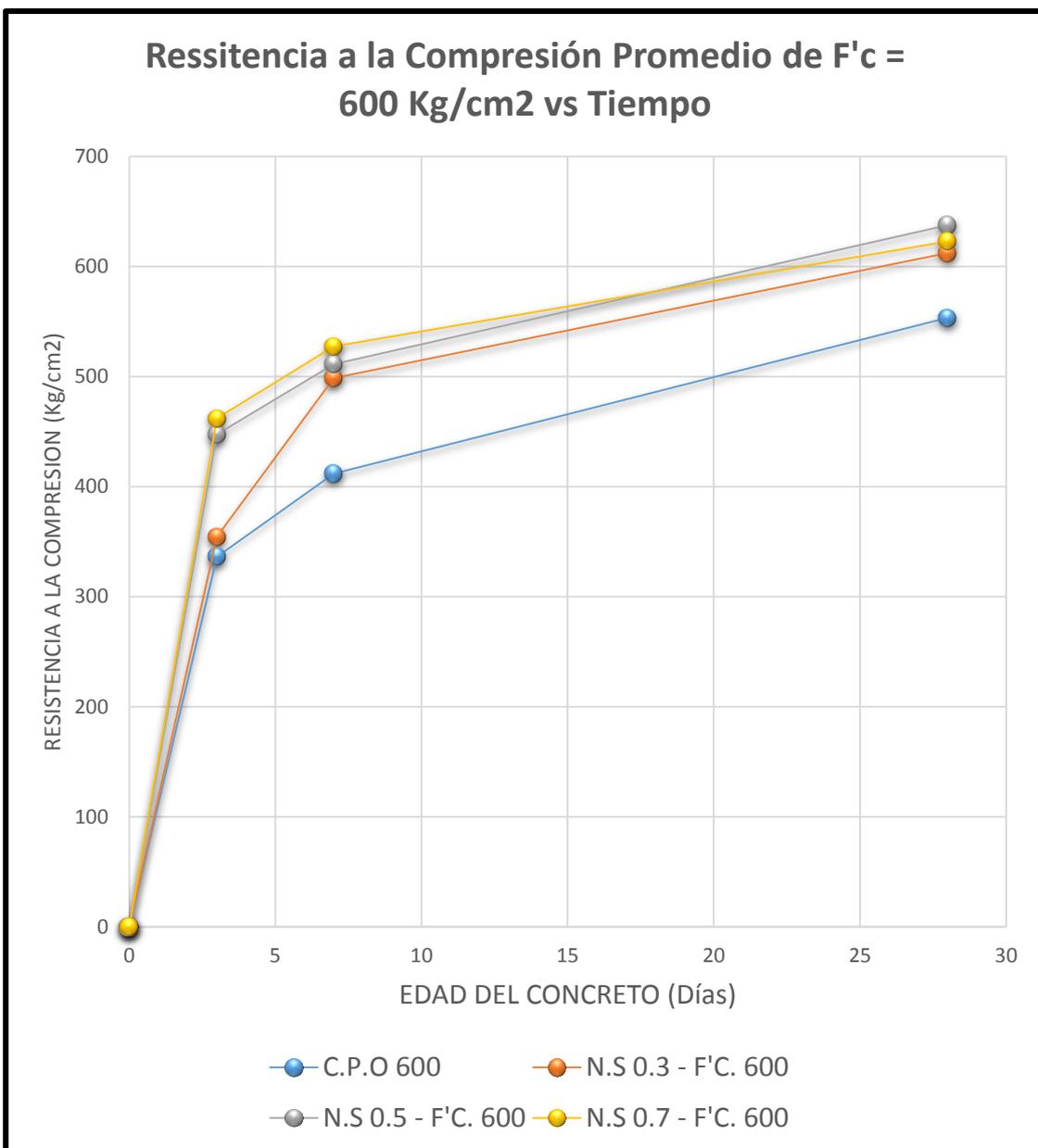
ANEXO 02. RESULTADO DEL ENSAYO A F'C = 420 KG/CM2

RESISTENCIA DE ESTUDIO	F'C = 420 Kg/cm2						
CODIGO	0 DIAS	3 DIAS		7 DIAS		28 DIAS	
	Kg/cm2	Kg/cm2	% ALCANZADO	Kg/cm2	% ALCANZADO	Kg/cm2	% ALCANZADO
C.P.O 420	0	279.0	66.42%	323.8	77.10%	408.6	97.29%
N.S.O.3 - F'C 420	0	200.6	47.75%	341.4	81.29%	428.0	101.90%
N.S.O.5 - F'C 420	0	287.5	68.46%	351.3	83.64%	448.1	106.68%
N.S.O.7 - F'C 420	0	361.6	86.10%	384.4	91.52%	432.8	103.04%



ANEXO 03. RESULTADO DEL ENSAYO A F'C = 600 KG/CM2

RESISTENCIA DE ESTUDIO	F'C = 600 Kg/cm2						
CODIGO	0 DIAS	3 DIAS		7 DIAS		28 DIAS	
	Kg/cm2	Kg/cm2	% ALCANZADO	Kg/cm2	% ALCANZADO	Kg/cm2	% ALCANZADO
C.P.O 600	0	336.2	56.03%	411.8	68.64%	553.6	92.27%
N.S 0.3 - F'C 600	0	354.5	59.09%	498.8	83.13%	612.3	102.06%
N.S 0.5 - F'C 600	0	447.5	74.59%	511.3	85.22%	637.6	106.27%
N.S 0.7 - F'C 600	0	462.0	77.00%	527.4	87.89%	622.8	103.81%



ANEXO 04. FICHAS TECNICAS DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

HOJA TÉCNICA

Sika® ViscoCrete® SC-50

Aditivo súper-plastificante de alto desempeño y retenedor de trabajabilidad para concreto.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® ViscoCrete® SC-50 es un aditivo para concreto lanzado, concreto convencional y mortero específicamente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad. Está diseñado para producir concretos que necesitan mantener la fluidez por varias horas.

No contiene cloruros.

USOS

Sika® ViscoCrete® SC-50 puede usarse para:

- Transporte del concreto y mortero a lo largo de grandes distancias.
- Procesos constructivos que requieran mucho tiempo para la colocación y compactación del concreto.
- Para concretos y morteros a suministrarse en obras ubicadas en lugares remotos o de elevado congestionamiento de tránsito.
- Transporte y colocación del concreto y mortero en condiciones medio ambiental es muy rigurosas, baja humedad relativa, muy alta velocidad de viento y temperaturas extremas en el concreto.
- Para elevar la permanencia del concreto y mortero en tuberías y cañerías durante el bombeo.
- Con el uso de cementos de elevada reactividad inicial, como por ejemplo ricos en aluminato tricálcico (C3A), de elevada finura o de alta resistencia.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

El Sika® ViscoCrete® SC-50 es un aditivo que basa su accionar en una combinación de efectos: eléctricos, de adsorción y de repulsión estérica, de tal manera que las partículas sólidas son efectivamente dispersadas y un alto nivel de fluidificación puede mantenerse en el tiempo con menor contenido de agua.

- Es un reductor de agua de alto rango por lo que no es necesario utilizar fluidificantes adicionales.
- El uso de Sika ViscoCrete® SC-50 permite la producción de concretos y morteros de alto desempeño.
- Efectividad en concretos y morteros con un amplio rango de relaciones agua/cemento (a/c) y temperaturas.
- Provee concretos y morteros de mayor estabilidad y tiempo de trabajabilidad que aquellos elaborados con dispersantes y reductores de agua convencionales.

- Compatibilidad con otros aditivos Sika.
- Retiene la trabajabilidad por más tiempo manteniendo el desarrollo de las resistencias iniciales.
- Se puede aplicar a cementos de alta reactividad, los cuales pueden conducir a una elevada rigidez inicial.
- No es necesario recurrir a un acelerante para activar la hidratación ya que no modifica sustancialmente el desarrollo del fraguado (una vez que pasa el efecto de retención de trabajabilidad).

NORMAS

ESTÁNDARES

Cumple con la Norma ASTM C 494 Tipo F y ASTM C 1017.

DATOS BÁSICOS

FORMA

COLORES

Gris a gris oscuro

PRESENTACIÓN

- Cilindro x 200 L
- Dispenser x 1,000 L
- Granel x 1 L

ALMACENAMIENTO

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL

1 año en su envase original bien cerrado y bajo techo.

DATOS TÉCNICOS

DENSIDAD

1,10 +/- 0,01 Kg/L

Información del Sistema

DETALLES DE APLICACIÓN

CONSUMO / DOSIS

Para aplicaciones típicas 0.5% al 1.8% del peso del material cementante.

MÉTODO DE APLICACIÓN

MODO DE EMPLEO

Sika® ViscoCrete® SC-50 se añade en el agua de mezcla o sobre la masa del concreto.

Para asegurar la máxima eficacia se recomienda ampliar el tiempo de mezclado medio minuto más por cada metro cúbico de concreto.

Sika® ViscoCrete® SC-50 puede usarse en sinergia con otros aditivos Sika, se recomienda apoyarse en el equipo técnico Sika.

No debe agregarse al cemento seco.

PRECAUCIONES

Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.

BASES

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

**INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E
HIGIENE**

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® ViscoCrete® SC-50 :

1.- SIKa PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKa CIUDAD VIRTUAL



ANEXO 05. FICHAS TECNICAS DEL ADITIVO NANOSILICE

	HOJA DE SEGURIDAD GAIA Nanosilice	Fecha de Emisión: Nov 22, 04 Revisión: 10 Fecha de Revisión: Ago 26,16 Página 1 de 2	
SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR			
Nombre del producto :	GAIA Nanosilice		
Código del producto :	760-04		
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 9001:2008		
Proveedor :	INDUSTRIAS ULMEN S.A.		
E-mail :	atencionalcliente@ulmen.cl		
Página Web :	www.ulmen.cl		
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 polimeros, ácidos carboxílicos y sílice en solución		
Fórmula química :	Confidencial		
Nº 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		
Proced. 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		
Guantes de protección :	de PVC		



HOJA DE SEGURIDAD

GAIA Nanosílíce

Fecha de Emisión: Nov 22, 04
Revisión: 10
Fecha de Revisión: Ago 26, 16
Página: 2 de 2

SECCION 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	:	Líquido
Color	:	Blanco
Olor	:	Característico
PH	:	5 ± 1
Densidad a 20° C	:	1,032 ± 0,004 (g/mL)
Viscosidad (Copa Ford Nº4)	:	14 ± 1 (seg)
Sólidos ILQ 4	:	15 ± 1 %
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	:	NCh 2182
Marca en etiqueta	:	Código NFPA

SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

El formato de esta hoja de seguridad cumple con la NCh 2245 of 03.

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.

ANEXO 06: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia No.150 Urb. El Vivero de Montecito Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 866 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 15 de Agosto del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.1	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.66	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3650	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.08	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.5 (271)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	34.3 (350)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.8 (406)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

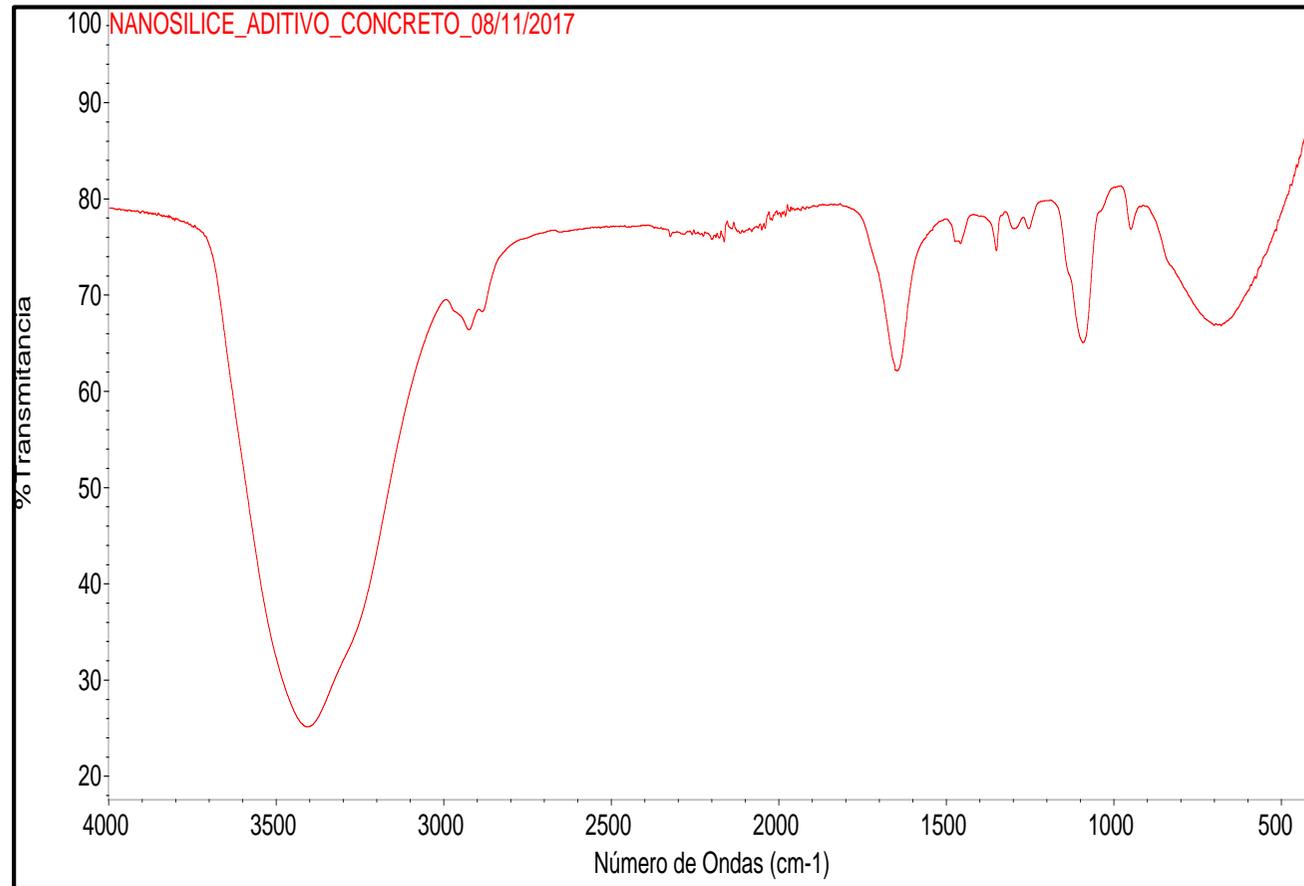
Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	261	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-07-2017 al 31-07-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Junio 2017.

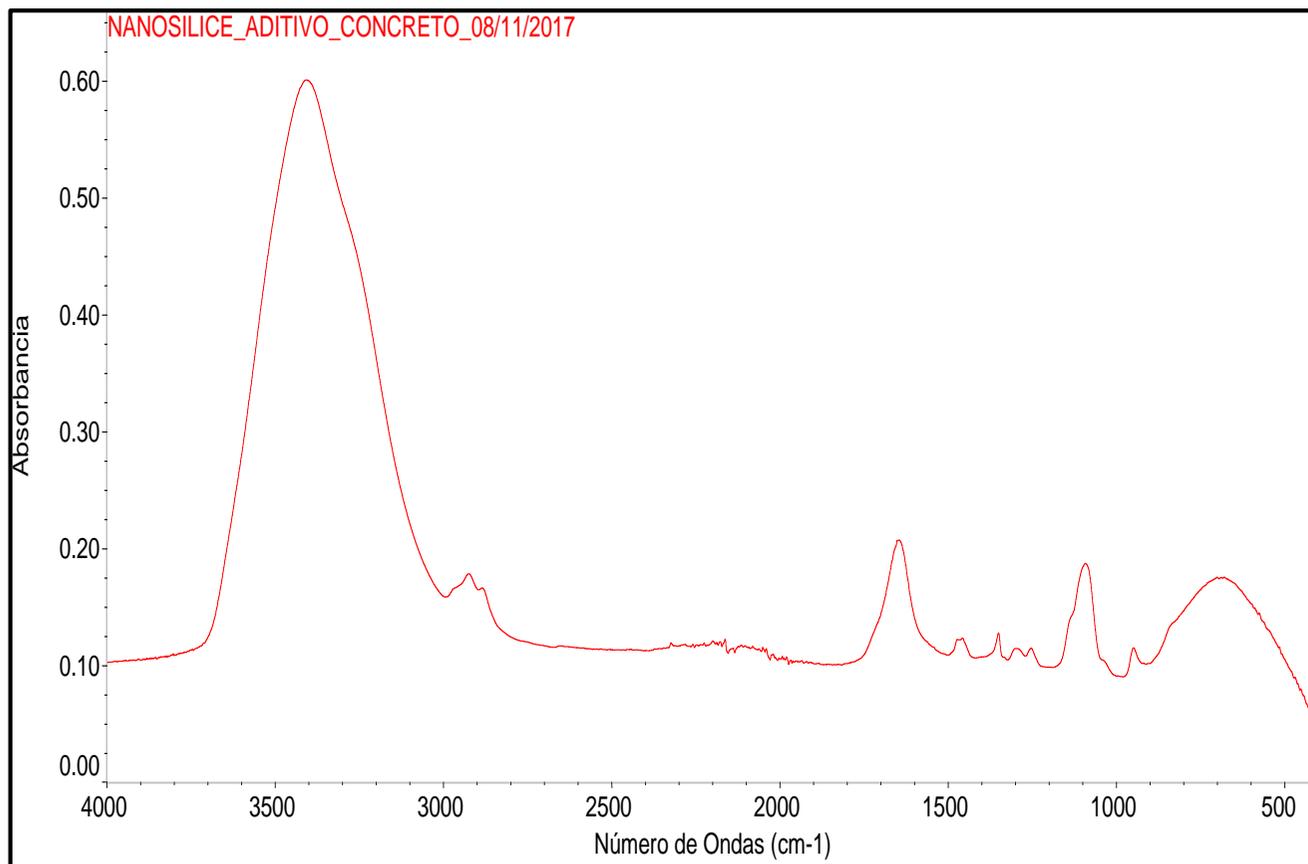
(*) Requisito opcional.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

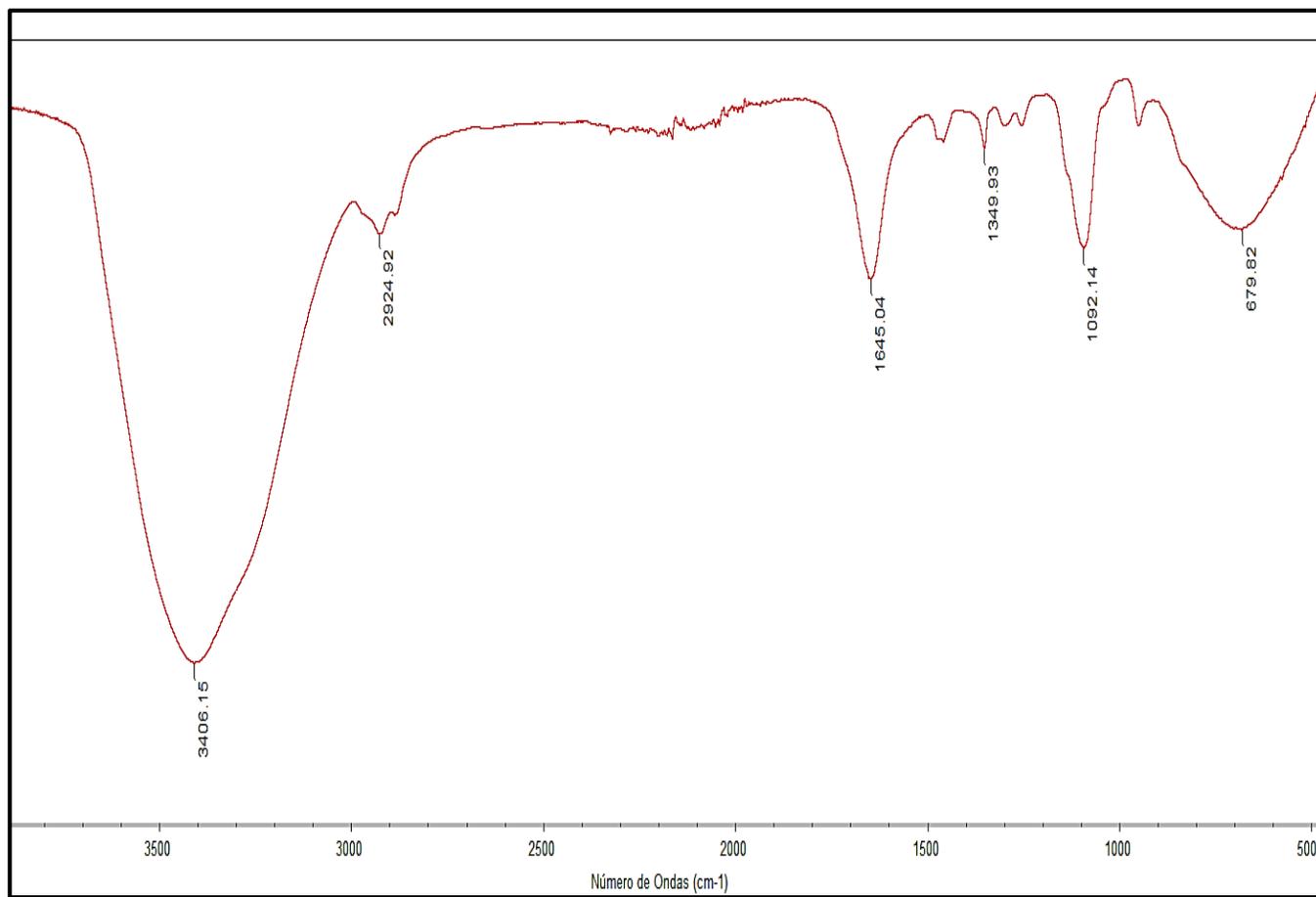
ANEXO 07: Componentes Químicos de Nanosilice

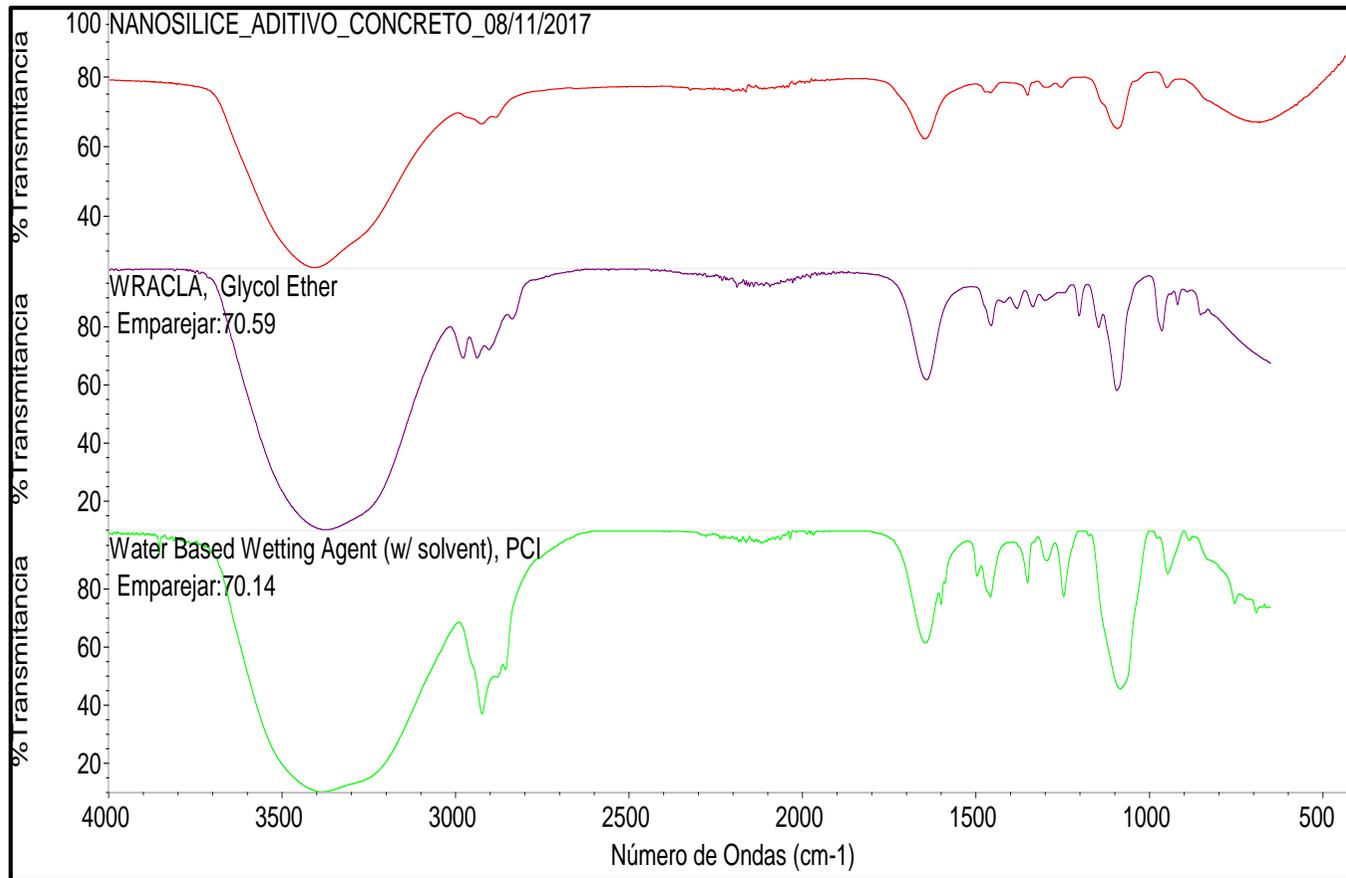


NANOSILICE_ADITIVO_CONCRETO_08/11/201

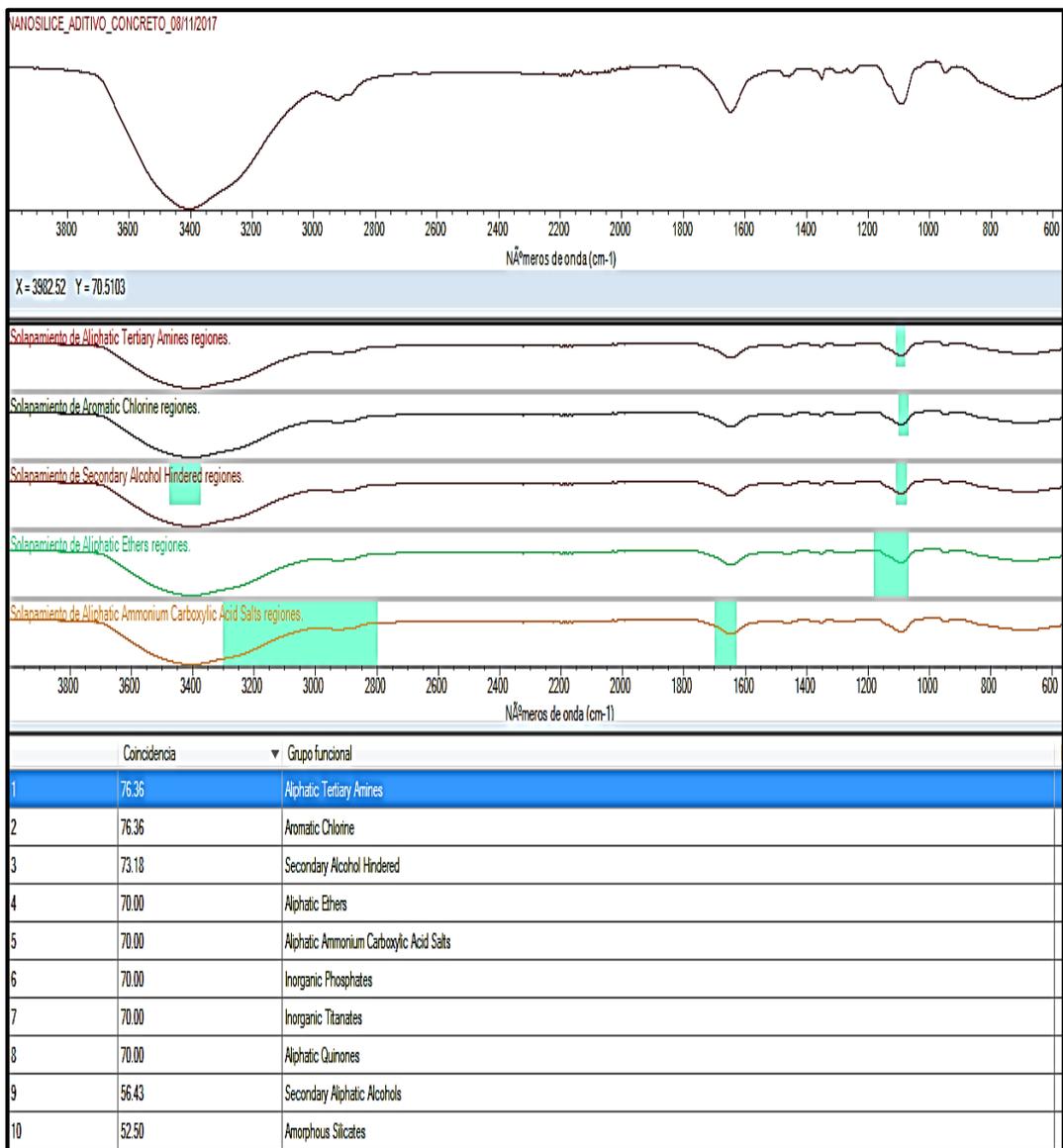


NANOSILICE_ADITIVO_CONCRETO_08/11/2017





NANOSILICE_ADITIVO_CONCRETO_08/11/2017



Mie Nov 08 12:37:59 2017

Componentes Químicos de la Nanosilice

- Tipo de muestra: Nanosilice GAIA
- Fecha de recepción: 8/11/2017
- Fecha de ensayo: 9/11/2017
- Fecha de emisión: 11/11/2017
- Encargado: José Guillermo Gonzales Cabeza
- Método: Coincidencia de porcentajes de grupos.
- Lugar: Laboratorio de Química – UPAO

La coincidencia en Porcentaje de cada grupo funcional, presentes en la muestra de aditivo de NANOSILICE, el cual esta absorbanca y transmitancia.

Estos compuestos están presentes en la muestra de aditivo de NANOSILICE.

ANEXO 08: Solicitud para el Uso del Laboratorio de Materiales - UPAO

**SOLICITO: ESPACIO EN EL INTERIOR DEL
LABORATORIO DE INGENIERIA PARA
MIS RESPECTIVOS ENSAYOS DE TESIS.**

Señor

Ing. Antero López Vera

Coordinador del Programa Padt - Ingeniería

Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo

Br. VARGAS CHAVEZ JOEL DANIEL Y Br. ROLDAN LOPEZ LIDMER MAURILLO,
Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, ante usted nos presentamos y
exponemos.

Que por motivo de concluir con la parte experimental de nuestra tesis solicitamos un espacio para
realizar nuestros ensayos correspondientes como: granulometría, peso unitario suelto y
compactado, peso específico y absorción, ensayo de abrasión con la máquina de los ángeles de
los agregados, como también la máquina para ensayar la resistencia a la compresión de nuestras
probetas.

Responsable del Laboratorio de Materiales – Ingeniería Civil UPAO solicito vuestro trámite para
la expedición de la resolución respectiva.

Trujillo, 12 de octubre del 2017

Br. VARGAS CHAVEZ JOEL DANIEL

Br. ROLDAN LOPEZ LIDMER MAURILLO

Ing. ANTERO LOPEZ VERA

ANEXO 09: Carta Elaboración de mezclas de prueba y ensayos.



Carta N° 030-2017-QCE-TRJ

Fecha de emisión: 13/12/2017

Sr.:

Ing. Roció Durand Orellana

Universidad Privada Antenor Orrego

Trujillo

Asunto : Elaboración de mezclas de prueba y ensayos.
Referencia : Proyecto de Tesis - Concreto de alta resistencia.

De nuestra mayor consideración;

Es grato dirigirme a usted para saludarle muy cordialmente, y seguidamente hacer de su conocimiento que los señores Lidmer Maurilio Roldan López y Daniel Joel Vargas Chávez, estudiantes de la carrera profesional de Ingeniería Civil de su distinguida representada, han realizado mezclas de prueba de concreto y sus respectivos ensayos en estado fresco, en nuestras instalaciones y bajo la supervisión y apoyo de nuestro personal técnico, entre los días 10/11/2017 y 11/11/2017.

Es pertinente indicar además que los resultados de dichos ensayos han sido directamente registrados y administrados por los mencionados estudiantes.

Sin otro particular quedamos de usted,

Atentamente,


Alfonso Vega Farjan
GERENTE GENERAL
QUALITY CONTROL EXPRESS SAC

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

Av. América Sur N° 4138 Urb. San Andrés, Trujillo // (044) 705879, 951441959 // alfonso.vega@qce.com.pe