



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Análisis de resistencia a la compresión del concreto  $F'_c = 175$   
kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo vidrio molido y viruta de acero, Chimbote,  
2022

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

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Casahuaman Padilla, Katherin Corina ([orcid.org/0000-0002-7795-6444](https://orcid.org/0000-0002-7795-6444))

Leyva Bazan, Esther ([orcid.org/0000-0002-9161-6358](https://orcid.org/0000-0002-9161-6358))

**ASESOR:**

Mgtr. Muñoz Arana, José Pepe ([orcid.org/0000-0002-9488-9650](https://orcid.org/0000-0002-9488-9650))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

Con un gran sentir en mi corazón, dedico mi tesis a mis padres Jeremías Padilla y Marcos Casahuaman, por la motivación constante para lograr llegar hasta aquí, a mis hermanas Estefani y Guadalupe por ser mi fortaleza y mis compañeras de vida, ya que sin su ayuda no habría llegado tan lejos.

Así mismo a mis abuelitos Simón y Maura, por acompañarme en este largo camino, dando aliento para nunca rendirme ante las adversidades que se presentaran. Esto es para ustedes.

Katherin Corina Casahuaman Padilla

Dedico mi tesis con todo mi amor y cariño a mis padres María Bazán y Pepe Leyva así mismo a mis familiares por ser el pilar fundamental en mi vida. Por su sacrificio y esfuerzo, su incondicional apoyo tanto económico y emocional para poder cumplir con todas mis metas y sueños.

Esther Leyva Bazán

## **AGRADECIMIENTO**

Damos gracias a Dios por darnos la vida y salud, para poder terminar nuestra carrera universitaria, así mismo agradecemos a la Universidad César Vallejo por ser la casa de estudios quien nos preparó para llegar hasta aquí. A nuestro asesor el Ing. Pepe Muñoz por apoyarnos y brindarnos la información necesaria para el desarrollo de nuestra tesis.

Esther Leyva y Katherin Casahuaman

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MUÑOZ ARANA JOSE PEPE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis de resistencia a la compresión del concreto  $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo vidrio molido y viruta de acero, Chimbote, 2022", cuyos autores son LEYVA BAZAN ESTHER, CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

CHIMBOTE, 06 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MUÑOZ ARANA JOSE PEPE DNI: 32960000 ORCID: 0000-0002-9488-9650	Firmado electrónicamente por: JMUNOZA el 12-07- 2023 22:44:23

Código documento Trilce: TRI - 0574559



## Índice de Contenidos

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	11
3.2. Variable y operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra y muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	16
3.5. Procedimientos .....	18
3.6. Método de análisis de datos .....	19
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS .....	20
V. DISCUSIÓN.....	35
VI. CONCLUSIONES .....	39
VII. RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los agregados finos y gruesos.....	20
Tabla 2: Composición química del vidrio sódico cálcico .....	20
Tabla 3: Composición química de la viruta de acero.....	21
Tabla 4: Análisis granulométrico del agregado grueso .....	22
Tabla 5: Análisis granulométrico del agregado fino .....	23
Tabla 6: Diseño de mezcla del concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	24
Tabla 7: Diseño de mezcla del concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20%.....	25
Tabla 8: Ensayo de revenimiento .....	26
Tabla 9: Contenido de humedad del agregado grueso .....	26
Tabla 10: Contenido de humedad del agregado fino .....	27
Tabla 11: Resistencia a la compresión del concreto patrón $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	27
Tabla 12: Resistencia a la compresión del concreto con sustitución 5%de vidrio molido y viruta de acero $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	28
Tabla 13: Resistencia a la compresión del concreto con sustitución 10%de vidrio molido y viruta de acero $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	28
Tabla 14: La resistencia a la compresión del hormigón tras una sustitución del 20% de vidrio pulverizado y virutas de acero $F'c$ es igual a $175 \text{ kg/cm}^2$ .....	29
Figura 15: Comparación económica del hormigón de control con el hormigón que sustituye el vidrio molido y las virutas de acero al 5%, 10% y 20% del volumen. ....	30
Tabla 16: Análisis Comparativo de especímenes realizadas a los 7 días por el método (ANOVA).....	31
Tabla 17: Análisis Comparativo de especímenes realizadas a los 7 días con el método (TUNKEY).....	32
Tabla 18: Análisis Comparativo (ANOVA) de los especímenes a los 14 días.....	32
Tabla 19: Análisis Comparativo (TUNKEY) de los especímenes a los 14 días.....	33
Tabla 20: Análisis Comparativo (ANOVA) de los especímenes a los 28 días.....	33
Tabla 21: Análisis Comparativo (TUNKEY) de los especímenes a los 28 días.....	34

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Gráfico 1: Curva granulométrica del agregado grueso .....	23
Gráfico 2: curva granulométrica del agregado fino .....	24
Gráfico 3: Promedio de la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	30

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar la resistencia a la compresión del concreto  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$  al sustituir al agregado fino al 5%; 10%, 20% de vidrio molido y viruta de acero. La metodológica fue de tipo aplica con un diseño experimental de corte transversal; donde se tomó como muestra 36 especímenes cilíndricos de concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ , de las cuales 9 correspondieron al concreto patrón y 27 al concreto con sustitución del agregado fino por vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20%. Se estableció como variables independientes: vidrio molido y viruta de acero y como variable dependiente: resistencia a la compresión. Al ejecutar los ensayos convenientes para la presente investigación, se obtuvo resultados óptimos concerniente al objetivo general, obteniendo resultados los 28 días del concreto con sustitución  $137 \text{ kg/cm}^2$ ,  $112 \text{ kg/cm}^2$  y  $95 \text{ kg/cm}^2$  al 5%, 10% y 20%. Finalmente se concluye que, la sustitución de vidrio molido y viruta de acero en porcentajes de 5%, 10% y 20% no aportan a la resistencia a la compresión del concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ , demostrado que acepta la hipótesis nula planteada en la investigación.

**Palabras clave:** Vidrio molido, viruta de acero, resistencia a la compresión



## ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the compressive strength of concrete  $F'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  by substituting the fine aggregate at 5%, 10%, 20% of ground glass and steel chips. The methodology was applied with a cross-sectional experimental design, where 36 cylindrical specimens of concrete  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  were sampled, of which 9 corresponded to the standard concrete and 27 to the concrete with substitution of the fine aggregate by ground glass and steel chips at 5%, 10% and 20%. The independent variables were: ground glass and steel chips, and the dependent variable: compressive strength. When carrying out the convenient tests for the present investigation, optimal results were obtained concerning the general objective, obtaining results at 28 days of the concrete with substitution  $137 \text{ kg/cm}^2$ ,  $112 \text{ kg/cm}^2$  and  $95 \text{ kg/cm}^2$  at 5%, 10% and 20%. Finally, it is concluded that the substitution of ground glass and steel chips in percentages of 5%, 10% and 20% do not contribute to the compressive strength of the concrete  $F'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , demonstrated that accepts the null hypothesis raised in the research.

**Keywords:** Ground glass, steel chips, compressive strength.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La realidad problemática en la ciudad de Chimbote se refleja, en el poco conocimiento que tiene la población respecto al reciclaje de materiales inorgánicos los cuales pueden ser utilizados en proyectos de construcción civil u obras de arte. Por otro lado, el problema también se presenta en las viviendas ya que, por los malos procesos constructivos, las estructuras tienden a sufrir daños y corrosiones esto hace que sean más vulnerables a los movimientos telúricos e incendios (Lockuan y La Peña, 2020, p.9).

El sector construcción forma considerables números de trabajos, pero a su vez genera un elevado nivel de contaminación, a causa de la extracción de los recursos naturales como los agregados, debido a ello para reducir la contaminación y la explotación se puede usar vidrio y viruta de acero, entre otros (cordero, 2017, p.2).

En la actualidad, se han desarrollado diversas obras de ingeniería, en donde se estudian diferentes materiales, para sustituir e incrementar la resistencia a la compresión, entre ellos se utilizan el vidrio y la viruta de acero. Una parte de estos materiales inorgánicos se utilizan en las mezclas tradicionales en proporciones considerables, la otra parte se desecha debido a que la mayoría dañan y contaminan el medio ambiente y no son recomendables para utilizar en la mezcla del concreto (Rivera, 2018, p.18).

Del mismo modo, la utilización de adhesivos como el hormigón o la argamasa se utilizan en la construcción de edificaciones debido a que poseen buenas propiedades adherentes. Si no se utiliza el diseño de mezcla adecuado las estructuras pueden sufrir daños, ejemplo de ello es que la durabilidad tiende a perderse a lo largo del proceso. (Poma, 2019, p.10).

En relación con la problemática, se han utilizado métodos para mejorar o transformar materias primas para producir nuevos productos. Así mismo, Rahman y Uddin (2018, p.1) mencionan diferentes estudios sobre el concreto debido a que es el más empleado en el rubro de construcción, ya que estos

materiales se producen en forma masiva en todos los países, aumentando el impacto ambiental. (Moran y Rodríguez, 2020, p.5).

Por lo expuesto anteriormente, se debe tener una alternativa de solución a los peligros ambientales, causados por las grandes cantidades de estos residuos producidos a lo largo del tiempo, en este estudio se tiene como alternativa de solución sustituir el vidrio y la viruta de acero al agregado fino , es decir, usando estos materiales en su estado fundamental para incrementar el desempeño del hormigón, en Chimbote el crecimiento urbano ha ido en aumento y esto genera mayor contaminación (Cáceres, 2018, p. 25)

Para la ejecución de la investigación se planteó el siguiente problema general: ¿Cómo determinar la resistencia a la compresión del concreto  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$  al sustituir al agregado fino al 5%; 10%, 20% de vidrio molido y viruta de acero? y como problemas específicos: 1) ¿Identificar las características físico – mecánicas de los agregados y la dosificación del vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% mejora la permeabilidad en las propiedades del concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .? 2) ¿Cómo identificar la trabajabilidad óptima del concreto  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$  con la prueba de SLUMP sustituyendo al 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero? 3) ¿cómo determinar la resistencia a la compresión del concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días al sustituir 5%, 10% y 20%? 4) ¿Qué tan rentable será el concreto con sustitución de vidrio molido y viruta de acero a diferencia del concreto tradicional  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ ?

Teniendo en cuenta la información presentada, la investigación se justifica metodológicamente debido a que se emplean fichas de observación con el fin de conocer la importancia de la dosificación del concreto sustituyendo vidrio molido y viruta de acero. En el aspecto social, el objetivo es lograr la máxima cooperación para otorgar mejor calidad de vida a los usuarios que no tienen acceso a los materiales tradicionales para la fabricación del concreto.

Así mismo, la justificación técnica de esta investigación ayudará a demostrar que el vidrio molido reutilizado y viruta de acero se pueden utilizar para sustituir los agregados finos en su producción de concreto y cumplir con las especificaciones correspondientes para dar nuevos usos a los residuos de vidrio y viruta de acero.

Finalmente, en términos de economía, la posibilidad de obtener los materiales tradicionales a un costo cómodo no es posible, por lo tanto, el requisito de este trabajo es reducir el costo de los agregados en la construcción mediante el uso de residuos sólidos como el vidrio.

Para dar respuesta al problema general se planteó el objetivo general, determinar la resistencia a la compresión del hormigón  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$  al sustituir al agregado fino al 5%; 10%, 20% de vidrio molido y viruta de acero.

Así mismo se determinó los siguientes objetivos específicos: a) Identificar las características físico – mecánicas de los agregados y la dosificación del vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% mejora la permeabilidad en las propiedades del hormigón  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ . b) Identificar la trabajabilidad óptima del hormigón  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$  con la prueba del SLUMP al sustituir vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20%. C) Determinar la resistencia a la compresión del hormigón  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días al sustituir 5%, 10% y 20%. d) Identificar el hormigón con sustitución de vidrio molido y la viruta de acero es más rentable que el hormigón patrón  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$ .

Así mismo, la hipótesis general de la investigación es:  $H_i$ : La sustitución de vidrio molido y viruta de acero en porcentajes 5%, 10% y 20% al total de árido fino aumenta sustancialmente en la resistencia a la compresión del hormigón  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .  $H_o$ : La sustitución del árido fino por 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero disminuye la resistencia a la compresión del hormigón  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .

En cuanto a las hipótesis específicas tenemos:  $H_1$ : El vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% mejora la permeabilidad en las propiedades del hormigón  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .  $H_{1o}$ : El vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% no mejora la permeabilidad en las propiedades del concreto  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .  $H_2$ : El vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% aporta a la trabajabilidad del hormigón.  $H_{2o}$ : El vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% no aporta a la trabajabilidad del hormigón.  $H_3$ : La sustitución del 5%, 10% y 20% a los 7, 14 y 28 días aporta a la compresión del hormigón  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .

H3o: La sustitución del 5%, 10% y 20% a los 7, 14 y 28 días no aporta a la compresión del hormigón  $F'_c=175 \text{ Kg/cm}^2$ .

## II. MARCO TEÓRICO

Tomando en cuenta las referencias internacionales: Sarta y Silva (2017), comparan el hormigón clásico y con sustitución de fibras de hierro al 4% y 6% para incrementar la resistencia de los esfuerzos. Así mismo establecer los resultados que pueda generar el concreto adicionando fibra de acero al momento de ser elaborado. Como resultado se determinó que los testigos elaborados dieron en 17.54 % a los 28 días de edad; de igual manera aportó a las propiedades mecánicas del hormigón dando como resultado en un 42.26% en comparación del concreto convencional.

Así mismo, Condori y Palomares (2019), en su investigación analizaron el comportamiento mecánico del hormigón con adición de virutas de hierro reutilizadas para la fabricación de pavimentos rígidos  $f_c=280\text{kg/cm}^2$ , en los resultados mostraron respuestas optimas en el concreto adicionando viruta de acero de  $\frac{1}{2}$ " al 3%, alcanzando una resistencia de  $315\text{ kg/cm}^2$  para compresión. En conclusión, la viruta de acero si mejora la resistencia a la compresión del hormigón.

Por otro lado, Díaz y Mogollón (2020), mencionan que, al evaluar la ductilidad, la flexión y la compresión del hormigón a 3000 PSI con proporciones de placas de acero al 8%, 10% y 12%, los ensayos mostraron que con el 10% de adición de viruta se verifico que existe un crecimiento en la resistencia a la compresión de 10,35% y un incremento en el módulo de elasticidad de 38,3%. De esta manera, se llega a la conclusión que las virutas de acero tienden afectar a los hormigones en un 10%, con lo que se observó un incremento significativo en las propiedades de módulo, fractura y fragilidad, haciendo que la deformación sea controlable y el hormigón más eficaz.

Por otra parte, Valencia, Gonzales y Arbeláez (2019), mencionan que, al diseñar mezclas de hormigón patrón con adición de residuos de neumáticos y microesferas de vidrio, a raíz de las combinaciones se elaboran probetas cilíndricas 150 mm x 300 mm para la evaluación de las propiedades físico - mecánicas del concreto. Finalmente se concluye que los ensayos realizados con mayor porcentaje de restos de neumáticos mostraron una densidad menor, a diferencia de los de mayor porcentaje de microesferas de vidrio mostraron una

mayor resistencia a la compresión de 22.4 y 19.1 MPa en mezclas de 0:1 y 1:3 respectivamente.

Por su parte, Sounthararajan y Rajarajeswari (2020) proporcionan ideas para construcciones sostenibles de materiales reciclados, tales como vidrio blanco triturado, en sus ensayos se observó que el vidrio es un material que sustituye parcialmente a la arena del río. Por otro lado, se ha determinado que la sílice alcalina no tiene reacción.

Por otro lado, Gonzales y Montenegro (2020), proponen verificar el análisis de la resistencia a la compresión del hormigón  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , al adicionar vidrio molido en 15%, 20% y 25%, para poder determinar un análisis del concreto patrón y los demás adicionando vidrio. Finalmente se concluye que adicionando el 15% de vidrio molido incrementa la resistencia a la compresión  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .

Inclusive, León y Rázuri (2020) mencionan que, al determinar la influencia que causa el vidrio molido sobre el concreto y sus propiedades mecánicas, elaborando un total de 48 muestras de concreto al 10%, 15% y 20% de vidrio molido fino en lugar de árido fino. Se concluyó que el vidrio molido incrementó la resistencia del hormigón, obteniéndose el valor más alto al 15% de adición.

Así mismo, Rivera y Sandivar (2021), en su investigación proponen emplear vidrio molido como reemplazo del árido fino al 20%, 30% y 40%, para mejorar la resistencia del hormigón. Se elaboraron 36 especímenes de concreto luego fueron sometidos al ensayo de resistencia a la compresión. Se llega a la conclusión que al reemplazar el vidrio molido en porcentajes de 20%, 30% y 40% aumenta la resistencia del hormigón en relación al  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , en un 20% alcanzó  $248 \text{ kg/cm}^2$ , en un 30% alcanzó  $264 \text{ kg/cm}^2$  y en un 40% alcanzó  $291 \text{ kg/cm}^2$ , debido a ellos se puede afirmar que, a mayor cantidad de vidrio molido mejor es la resistencia.

Del mismo modo, Rivas (2020), en su investigación adicionó vidrio molido para aumentar la resistencia a la compresión del hormigón  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . En cuanto a su objetivo propone identificar la influencia del vidrio molido en la resistencia a compresión del hormigón. Se llega a la conclusión que evaluando ciertos porcentajes como son 10%, 20% y 30%, constatando con los resultados que la

adición en los porcentajes mencionados si aportan resistencia al hormigón, cumpliendo así la resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> para la que se proyectó.

Mientras tanto, León (2020), investigó el comportamiento mecánico del concreto agregando vidrio molido y viruta de acero, el cual se sustituye al 12% y 40% de vidrio molido del 100% del agregado fino, así como el 5% y 11% de viruta de acero del 100% del agregado grueso. Se concluyó que agregando vidrio molido y viruta de hierro a diferentes proporciones de mezclas reemplazo en porcentajes mejora sus propiedades, se obtuvo el porcentaje de 12 % de vidrio molido con 11 % viruta de hierro y 12 % de vidrio molido con 5 % viruta de hierro, lograron sobrepasar la resistencia del hormigón tradicional.

Por otro lado, Jara y Montenegro (2022), analizan la sustitución de virutas de acero al concreto  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ , asegurando que los concretos cumplan con los especímenes requeridos, el cual van a evaluar las propiedades de los materiales, así mismo se ejecutaron todos los estudios necesarios, entre ellos: granulométrica, peso específico, peso unitario, contenidos de humedad. Finalmente se concluye que es posible obtener concreto con suficiente durabilidad para la construcción, el porcentaje óptimo de residuos metálicos en este estudio es de 4% de materiales metálicos y la resistencia a los 7 días de curado es  $F'c = 175.9 \text{ kg/cm}^2$ , a los 14 días de curado es  $F'c = 190.2 \text{ kg/cm}^2$ , a los 28 días de curado es  $F'c = 199.8 \text{ kg/cm}^2$ , debido a esto es recomendable el uso para una mejor durabilidad y trabajabilidad.

De la misma manera, Espinoza (2018) determinó que, la sustitución del 10% de árido fino por viruta de hierro aporta a la resistencia del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Los resultados demostraron que las virutas no absorben agua durante la creación del hormigón, aumentando la relación  $a/c$ , es decir la probeta de control  $a/c = 0.684$  mientras que la probeta con adición de viruta  $a/c = 0.760$ . Las muestras con adición de viruta de hierro tuvieron un aumento significativo de 5.68%, 8.63% y 5.62% en la resistencia a la compresión.

Además, Angarita y Rincón (2017), para identificar las propiedades mecánicas del hormigón agregado con virutas de hierro en porcentajes de 10% y 12%, analizar las cualidades de los agregados mientras se continúa realizando el plan de mezclado. Los resultados mostraron un mejor comportamiento mecánico para



el porcentaje de inclusión de 10% en comparación con la inclusión de 12% y la muestra estándar, finalmente se concluyó que el 10% es el porcentaje de inclusión óptimo.

De igual manera, Durand y Leiva (2018), analizan con la ayuda de experimentos el comportamiento del concreto con respecto a sus propiedades mecánicas al reemplazar virutas de acero con agregado fino; desarrollando tres porcentajes (7%, 8% y 9%) los cuales van a sustituir al agregado fino prescrito por el método ACI. Los resultados determinaron que la adición de virutas de acero lo hace más resistente a la tensión y presión, ya que aumentan sus valores de resistencia. Por lo tanto, se llega a la conclusión que la durabilidad se incrementa al agregar virutas de acero.

En este sentido, Galloza y Palacios (2021), analizan el efecto de las propiedades del concreto agregando vidrio molido y virutas de acero, en donde se toman muestras a una proporción estándar de hormigón convencional mediante el método ACI, que fue sustituyendo gradualmente el árido fino por acero y vidrio molido. El análisis de las características mecánicas del hormigón endurecido conlleva a la conclusión que la hipótesis es nula.

Para alcanzar los objetivos de la investigación, es vital concebir características fundamentales a medida que avanza el estudio. Con este fin, se debe conocer los materiales inorgánicos con los que se está trabajando, Bernal (2018, p. 21) en su investigación define al vidrio residuos que tardan más en descomponerse, provocando contaminación en la extracción, producción y distribución, lo que provoca contaminación, pero es un material que no tiene restricciones de reciclaje, lo que ayuda a ahorrar energía.

Así mismo, Figueroa (2020, p. 20) menciona que el uso del vidrio ha creado una mayor demanda en el rubro de la construcción, y en la actualidad se reciclan miles de toneladas y se utilizan en las mezclas de hormigón para carreteras, morteros, aceras, pilares, entre otros. Por otro lado, Capristan e Iglesias (2021, p. 8) mencionan que el vidrio es uno de los elementos más desperdiciados que se utilizan en las construcciones debido a que son desechados sin haberse utilizado ni conocido sus propiedades mecánicas.

Por otro lado, la viruta de acero es un material inorgánico que es obtenido de los diversos talleres y siderúrgicas, en donde se realizan trabajos de torno, cepillados, perforaciones entre otros. Hoy en día este material se desecha como chatarra, sin tener el conocimiento de que dicho material. puede tener diversos usos, ya sea en el rubro de la construcción civil u otros. (Guzmán y Garate, 2019, p. 8)

Continuando con las definiciones, las propiedades mecánicas de las virutas de acero varían según la composición química, el proceso de laminación, el método de enfriamiento y el tratamiento térmico utilizado para fabricar el acero. Sin embargo, hay tres características que no son diferentes para las virutas de acero. Elasticidad, Módulo de corte, Coeficiente de Poisson. Las propiedades mecánicas generalmente describen la resistencia de las piezas de acero a las tensiones estáticas aplicadas, que se obtienen del diagrama de tensión y deformación (Manrique, 2018, p. 35).

Así mismo, el concreto está compuesto por agua, agregado fino y grueso, puede clasificarse en concreto armado o concreto simple según la función que cumpla. Hoy en día es considerado uno de los principales materiales de obra ya que cuenta con diversas propiedades mecánicas, tales como resistencia, durabilidad, trabajabilidad y consistencia (Guzmán y Garate, 2019, p. 9).

Sin embargo, al diseñar estructuras o edificios, los ingenieros utilizan sobre todo el ensayo de resistencia a la compresión, que se realiza en un laboratorio de mecánica de suelos utilizando equipos de compresión, donde se colocan los especímenes cilíndricos de concreto los cuales se someten a cargas para ver su resistencia, seguidamente se hacen los cálculos en plantillas. Los resultados son empleados para verificar que el diseño de mezcla determinada cumpla con los requerimientos de la resistencia específica, además debe cumplir con la Norma Técnica Peruana 339.034 y ASTM C39 (García, 2019, p.9).

Así mismo, la resistencia a la compresión ( $F'_c$ ) representa la capacidad que tiene el hormigón en su estado endurecido para soportar cargas axiales que se ejercen sobre el concreto. Para todas las formas de diseño de mezcla, la resistencia a la compresión se calcula de acuerdo con los criterios del ACI 211, además se verifica mediante especímenes cilíndricos de concreto de 15x30cm a 28 días. El

curado de probetas consiste en sumergirlas en agua para que no pierda la humedad, por ende, no perder resistencia (Guzmán y Garate, 2019, p. 11)

Continuando con las propiedades mecánicas del hormigón tenemos el método de Análisis Granulométrico consiste en hacer pasar los agregados por una serie de mallas de diferentes números y diámetros llamados comúnmente columna de tamices los cuales actúan como filtros para los agregados, con esta prueba se establece el módulo de finura del árido. (Caballero, 2017, p.18).

Para realizar el análisis químico de la viruta se debe conocer la composición química de dicho material para luego realizar una serie de estudios para determinar el tipo de acero y la resistencia. Existen 3 métodos conocidos: Espectrometría de absorción atómica: se utiliza para determinar la concentración de 62 metales diferentes en una sola solución, las muestras se llevan a vaporizar a temperaturas muy altas y dicha concentración de partículas se determina calculando la filtración a la emisión (González, 2018, p. 23).

Siguiendo con los métodos tenemos la combustión de materiales orgánicos e inorgánicos es una manera de oxidación en que el oxígeno en el aire se mezcla con elementos combustibles, mayormente son carbono, hidrógeno y azufre. La muestra es llevada al horno de inducción en atmósfera de oxígeno a altas temperaturas, para poder determinar el porcentaje de azufre y carbono que posea la muestra. (González, 2018, p. 24). El método del análisis gravimétrico es por el cual se determina el peso de una sustancia producida a partir de un peso dado de la muestra (Chirinos, 2013, p. 21)

Por otro lado, los principales componentes del vidrio se pueden encontrar fácilmente en el medio ambiente, tales como: sílice, cal y carbonato de sodio. Mientras que los componentes secundarios se utilizan para proporcionar propiedades específicas o aportar en el proceso de elaboración del vidrio, producto de las dos mezclas (materias primas y materiales secundarias) se puede obtener diversos tipos de vidrios los cuales se catalogan por su composición química. Por ejemplo, tenemos el vidrio sódico-cálcico que está constituido de 71 a 75% en peso de arena ( $\text{SiO}_2$ ), 12-16% de carbonato de sodio, 10-15% de cal y una baja participación de materiales secundarios que proporcionan propiedades definidas como el color (alemán, 2017, p. 24)

### III. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló utilizando una metodología cuantitativa, por este sentido, Monje (2011, p. 13), garantiza que la característica principal de este enfoque es el desarrollo de la lógica empírico-deductiva, utilizando la recopilación de datos para dar respuesta a las preguntas de investigación y probar las hipótesis previamente formuladas, y se basa en mediciones numéricas, cálculos y frecuentemente el uso de estadísticas.

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

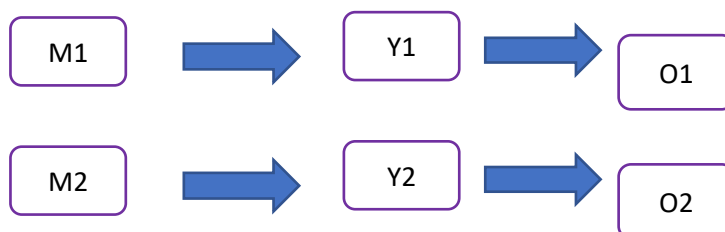
##### 3.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, en el desarrollo de tesis se buscó conseguir información directa, apoyándose en los ensayos realizados, para que de esta forma se genere mayor conocimiento. Para Grajales (2000, p. 10), la investigación de tipo aplicada tiene como objetivo principal destacar y dar soluciones a dificultades que puedan ocurrir en la sociedad.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es experimental de corte transversal, debido a que el desarrollo de la tesis está vinculado con la actualidad y la investigación fue momentánea, apoyándose en el análisis de las variables de estudio. Según Hernández y Batista (1997, p. 50) la investigación experimental se lleva a cabo sin interferir deliberadamente con las variables de investigación, si no que percibe los sucesos tal y como se dan en su entorno real y luego lo analiza.

Cabezas, Andrade y Torres (2018, p. 15) establecen que la investigación transversal es un diseño de investigación descriptiva que recopila datos de diferentes clases de muestra al mismo tiempo para compararlos.



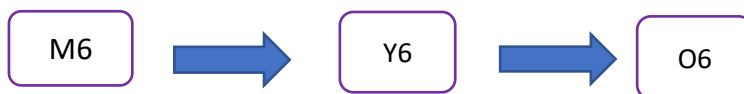


**Donde:**

**M1, M2, M3:** Probetas de hormigón patrón  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

**Y1, Y2, Y3:** Resistencia a la compresión

**O1, O2, O3:** Resultados



**Donde:**

**M4, M5, M6:** Probetas con sustitución de viruta de acero y vidrio molido al 5%, 10% y 20%

**Y4, Y5, Y6:** Resistencia a la compresión

**O4, O5, O6:** Resultados

### 3.2. Variable y operacionalización

Las variables en este trabajo de investigación fueron:

#### a) Variables independientes

##### ❖ Vidrio molido

- **Definición conceptual:**

El vidrio es uno de esos residuos que tarda más en descomponerse y se contamina durante la extracción, producción y distribución, provocando la contaminación del medio ambiente ya sea del suelo, así como también del agua (Rivera 2018, p. 21).

- **Definición operacional:**

La muestra con vidrio molido está compuesta por Cemento Portland, agregados, agua y vidrio molido. El margen sustituido de vidrio molido es de 5%, 10% y 20% al peso del árido fino.

- **Dimensiones**

Tamizado y estudio de composición química

- **Indicadores**

Proporciones, Tamizado por diversos N° de mallas y estudio químico del vidrio molido.

- **Escala de medición**

Nominal y razón

❖ **Viruta de acero**

- **Definición conceptual:**

Una viruta es una pieza de residuos de acero en forma de placa curva o espiral que se elimina al cepillar, desbastar o taladrar madera o metal con un cepillo u otras herramientas como un taladro (Martínez 2017, p. 32).

- **Definición operacional:**

La muestra con viruta de acero está compuesta por Cemento Portland, agregados, agua y viruta de acero. El margen sustituido de viruta de acero es de 5%, 10% y 20% al peso del árido fino.

- **Dimensiones**

Tamizado y estudio de composición química de la viruta de acero

- **Indicadores**

Proporciones, Tamizado por diversas N° de mallas y estudio químico de la viruta de acero

- **Escala de medición**

Nominal y razón

**b) Variables dependientes: Resistencia a la compresión**

- **Definición conceptual:**

En la resistencia a la compresión se calcula por medio de los especímenes cilíndricos de concreto, se aplica una fuerza axial a los cilindros en una velocidad determinada y rango que ocurre la falla, se debe tener en cuenta la forma y el tamaño del testigo (Rivera 2018, p. 33).

- **Definición operacional:**

La resistencia a la compresión es la cualidad que tienen los elementos para resistir a las cargas. La realización de ensayos de las roturas de testigos será ejecutada para obtener la resistencia a la compresión, teniendo en cuenta edades diferentes para el curado de 7, 14 y 28 días, respectivamente; los cuales serán sustituidas con el 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero.

- **Dimensiones**

Resistencia a la compresión del hormigón con sustitución de vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% y Factor económico

- **Indicadores**

Ruptura de los especímenes de hormigón a los 7, 14 y 28 días, Trabajabilidad, permeabilidad óptima del concreto y presupuesto.

- **Escala de medición**

Intervalo

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

La población fue de 48 especímenes, con sustitución de los materiales inorgánicos mediante los porcentajes de 5%,10% y 20% del mismo modo sirvió como muestra para determinar la resistencia a la compresión de cada espécimen de concreto, realizando ensayos para un hormigón patrón y un concreto sustituido por materiales inorgánicos.

TIPOS	7 días	14 días	28 días	PARCIAL
Muestra patrón	4	4	4	12
Muestra 5%	4	4	4	12
Muestra 10%	4	4	4	12
Muestra 20%	4	4	4	12
TOTAL	16	16	16	48

- **Criterios de inclusión**

Todas las unidades realizadas que cumplieron con el diseño de mezcla.

- **Criterio de exclusión**

Todas las unidades que no cumplieron con el diseño de mezcla.

#### 3.3.2. Muestra

En el desarrollo de la investigación, la muestra estuvo relacionada con la cantidad de testigos de concreto según la norma ASTM C- 39, por lo cual indica que debemos realizar 3 especímenes por muestra.

TIPOS	7 d	14 d	28 d	PARCIAL
Muestra patrón	3	3	3	9
Muestra 5%	3	3	3	9
Muestra 10%	3	3	3	9
Muestra 20%	3	3	3	9
TOTAL	12	12	12	36



### **OBSERVACIÓN:**

- La muestra con sustitución de 5% está compuesta de 2.5% de vidrio molido y 2.5% de viruta de acero.
- La muestra con sustitución de 10% está compuesta de 5% de vidrio molido y 5% de viruta de acero.
- La muestra con sustitución de 20% está compuesta de 10% de vidrio molido y 10% de viruta de acero.

#### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo fue no probabilístico intencional, se basa en procedimientos en donde los investigadores realizan ensayos de investigación que estén en base a las normas técnicas mediante el proceso de desarrollo.

#### **3.3.4. Unidad de análisis**

En esta investigación la unidad de análisis fueron los especímenes realizados en el laboratorio las cuales cumplieron con las especificaciones técnicas de la norma ASTM C-192.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- **Técnicas de investigación**

Por ser un componente de la estructura integrada mediante la que se organiza la investigación, la técnica de investigación es esencial para las operaciones de investigación científica. (Ramos, 2017, p. 19).

Para la investigación se aplicó la técnica de observación directa en campo o laboratorio la cual nos permitió obtener datos fiables basados en normas y reglamentos.

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
Observación directa en laboratorio	Formatos de laboratorio

- **Instrumento de recolección de datos**

El instrumento de recolección de datos que se utilizó fue confiable y válido. Si uno de estos factores no cumple, el instrumento no es favorable y los resultados obtenidos no se justifican, orientando a crear las condiciones para la medición (Hernández y Ávila, p.52).

Para la investigación se aplicó la ficha técnica, los cuales fueron los formatos de pruebas como resistencia a la compresión, módulo de ruptura del hormigón, protocolo de vaciado, análisis granulométrico, contenido de humedad y peso unitario, los cuales fueron validados por las normas técnicas ACI y ASTM, adicionalmente se empleó el programa de Microsoft Excel.

- **Validez y confiabilidad**

Para brindar validez y confiabilidad a los instrumentos y recolección de datos se empleó las normativas ASTM, NTP y ACI, para todos los ensayos correspondientes que se ejecutaron en el laboratorio.

<b>NORMA</b>	<b>ENSAYO</b>
Método 211 del ACI	Diseño de Mezcla del hormigón
ASTM C 136 Y ASTM C33	Análisis Granulométrico de los áridos
ASTM C 128, ASTM C127	Peso Específico y Absorción
ASTM C 29	Peso Unitario
ASTM C566 Y NTP 339.185	Contenido de Humedad
ASTM C 143-78	Ensayo Slump
ASTM C 1064	Toma de Temperatura del Concreto Fresco
ASTM C39	Ensayo de Resistencia a la Compresión

### 3.5. Procedimientos

Se gestionó la forma de recolección de los materiales inorgánicos, el vidrio de tipo sódico cálcico fue recolectado en una licorería, enseguida se realizó el lavado del vidrio para eliminar impurezas que alteren la muestra, luego se procedió a moler el vidrio de forma manual y después se realizó el tamizado por la malla 4. Así mismo, la viruta de acero se obtuvo de un taller donde realizan trabajos de torno y limadura de acero, luego se realizó el tamizado por la malla 4.

Para la recolección de los agregados, se realizó la visita a las canteras, en donde el árido fino se adquirió de la cantera que se encuentra en Vesique “La Cumbre” y el árido grueso de la cantera de Coischo “La Sorpresa”, a continuación, se realizó el análisis granulométrico, peso específico, porcentaje de absorción, peso unitario, contenido de humedad de los agregados en función de la Norma Técnica Peruana y ASTM.

Por otro lado, para la fabricación de la mezcla del hormigón patrón  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y con sustitución, se compró el cemento mochica tipo GU en una ferretería, este ensayo se realizó teniendo en cuenta el método ACI.

Continuando con el procedimiento se realiza la elaboración de especímenes del hormigón teniendo en cuenta el diseño de mezcla y las proporciones al 5%, 10% y 20% de sustitución de vidrio molido y viruta de acero, donde se realizó la toma de temperatura del hormigón en estado fresco y el ensayo slump donde se determinó la trabajabilidad óptima. Después que se elaboraron las probetas cilíndricas de 30 cm x 15 cm, luego fueron llevadas a un proceso de curado sumergiéndolas en agua por 7, 14 y 28 días.

Finalmente se llevó a cabo la prueba de resistencia a la compresión según el tiempo de curado de cada probeta para determinar si cumple con la resistencia óptima propuesta en la investigación.

En cuanto a la prueba de hipótesis se realizó por medio del análisis de varianza y método de Tukey para comparaciones múltiples en el programa Excel.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Las pruebas se ejecutaron en el laboratorio “KAE INGENIERÍA” donde se obtuvo los datos requeridos. Para procesar la información obtenida del laboratorio, elaboró una base de datos en el programa Excel, donde se procesaron datos para obtener tablas o figuras que facilitaron el entendimiento de los resultados. Para cotejar los resultados, se elaboró el análisis de varianza (ANOVA) y para determinar las comparaciones múltiples se utilizó el ensayo de (TUKEY).

### **3.7. Aspectos éticos**

Los aspectos éticos considerados fueron:

- **Autonomía**

La investigación contó con una previa aprobación de las autoridades pertinentes de nuestro centro de estudios.

- **Beneficencia**

La investigación en estudio fue beneficiosa para la población y el medio ambiente ya que por medio del reciclaje de los materiales inorgánicos usados reducimos la contaminación ambiental.

- **No mal eficiencia**

El desarrollo de la investigación no fue perjudicial para la sociedad si no que aportó nuevos métodos de construcción sostenible.

- **Justicia**

La investigación en estudio estuvo debidamente citada, además la información obtenida ha sido recopilada de forma honesta, detallada y precisa.

#### IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del primer objetivo específico Identificar las características físico – mecánicas de los agregados y la dosificación del vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% mejora la permeabilidad en las propiedades del hormigón  $F'c=175 \text{ Kg/cm}^2$

4.1.1. Características físicas de los agregados y estudio de composición química de la viruta de acero y vidrio molido

Tabla 1: Características de los áridos finos y gruesos

Ensayos	Und.	Árido Grueso	Árido Fino
Módulo de fineza			2.43
Peso Específico	kilogramo/metro cúbico	2874	2706
Absorción	porcentaje	0.21	0.71
Contenido de Humedad	porcentaje	0.08	1.16
Peso Unitario Suelto	kilogramo/metro cúbico	1443	1508
Peso Unitario Compactado	kilogramo/metro cúbico	1595	1676

Fuente: Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la siguiente tabla se puede verificar los datos adquiridos del laboratorio, de los áridos fino y grueso basándose en la norma técnica ASTM D422 (análisis granulométrico donde se obtuvo el módulo de fineza del árido fino es 2.43), norma ASTM D2216 (humedad natural del agregado grueso es 0.08% y del árido fino es 1.16%), ASTM C127 (peso específico de del agregado grueso es 2874 kg/m<sup>3</sup> y fino es 2706 kg/m<sup>3</sup>; la absorción del agregado grueso es 0.21% y del agregado fino es 0.71% ), ASTM C29 (peso unitario del árido grueso es 1595 kg/m<sup>3</sup> y del agregado fino es 1676 kg/m<sup>3</sup>).

Tabla 2: Composición química del vidrio sódico cálcico

Composición	porcentaje %
Óxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	75%
Óxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O) o carbonato de Sodio (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	15%

Óxido de calcio (CaO) o Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	10%
--	-----

**Fuente:** Castre y López. En su tesis mejoramiento del hormigón simple agregando vidrio sódico-cálcico molido para ayudar con la resistencia a la compresión, Tarapoto-2021” (2021, p. 21).

**Interpretación:** El estudio de composición química del vidrio sódico cálcico se obtuvo por medio de revisiones bibliográficas el cual está debidamente citado y referenciado. En cuanto a su composición química, como materia prima se tiene a la sílice que representa al 75%, el sodio aporta propiedades de fusión el cual representa el 15% y el calcio el cual brinda la propiedad de estabilidad química aportando resistencia y rigidez, además representa el 10% de la composición.

Tabla 3: Composición química de la viruta de acero

ITEM	PORCENTAJES
SiO <sub>2</sub>	16.9396 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.7443 %
CaO	20.5882 %
MgO	6.7383 %
FeO	27.8067 %
MnO	5.6166 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.3078 %
TiO <sub>2</sub>	0.6823 %
CaO/SiO <sub>2</sub>	1.2154 %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.601 %
CaS	0.173 %

**Fuente:** Briceño y De la Cruz. En su tesis, Resistencia del hormigón F'c = 210 kg/cm<sup>2</sup> reemplazando el árido fino por escoria siderúrgica, Chimbote – 2022 (2022, p. 26).

**Interpretación:** El estudio de composición química de la viruta de acero se obtuvo mediante la revisión bibliográfica el cual está debidamente citado y referenciado. En cuanto a su composición química el componente con mayor presencia es Oxido Ferroso (FeO) 27.8067 % y el que tiene menor presencia es el Sulfuro de Calcio (CaS) 0.173 %

#### 4.1.2. Análisis granulométrico de los áridos

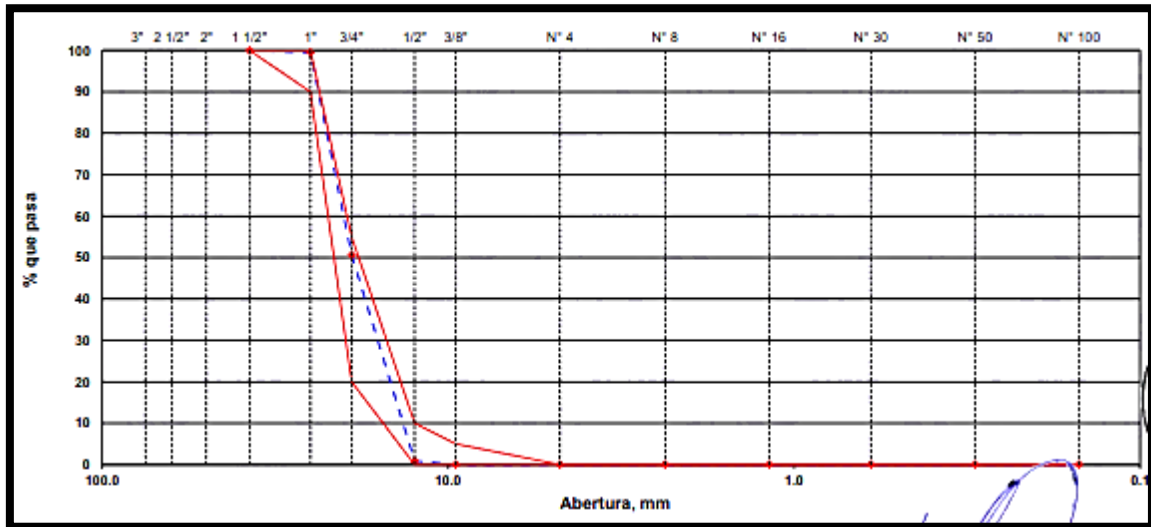
Tabla 4: Análisis granulométrico del árido grueso

mm	Malla	Peso (gr)	% Peso	Peso acumulado %	% Pasa	ASTM Límite inferior	ASTM límite superior
100.00	4"						
90.00	3 1/2"						
75.00	3"						
63.00	2 1/2"						
50.00	2"						
37.50	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>100</b>	<b>100</b>
25.00	1"	23.36	0.52	0.52	99.48	<b>90</b>	<b>100</b>
19.00	3/4"	2215.07	48.87	49.39	50.61	<b>20</b>	<b>55</b>
12.50	1/2"	2252.96	49.71	99.10	0.90	<b>0</b>	<b>10</b>
9.50	3/8"	39.66	0.88	99.97	0.03	<b>0</b>	<b>5</b>
4.75	N°4	0.00	0.00	99.97	0.03	<b>0</b>	<b>0</b>
2.36	N°8	0.00	0.00	99.97	0.03	<b>0</b>	<b>0</b>
1.18	N°16	0.00	0.00	99.97	0.03	<b>0</b>	<b>0</b>
0.60	N°30	0.00	0.00	99.97	0.03	<b>0</b>	<b>0</b>
0.30	N°50	0.00	0.00	99.97	0.03	<b>0</b>	<b>0</b>
0.15	N°100	0.00	0.00	99.97	0.03	<b>0</b>	<b>0</b>
	FONDO	1.35	0.03	100.00			
Módulo de fineza:		tamaño máximo nominal: 1"					
7.49							

**Fuente:** Informe de laboratorio

**Interpretación:** Se puede observar los límites superiores e inferiores del uso granulométrico realizado para el agregado grueso, los resultados del módulo de finura son de 4,49 y el tamaño nominal máximo es de 1", ya que se encuentran dentro de los límites predeterminados, es decir, la muestra seleccionada es óptima para realizar la fabricación del concreto.

Gráfico 1: Curva granulométrica del árido grueso



Fuente: Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En el gráfico se puede observar la curva granulométrica del árido grueso donde se determina el TMN que fue de 1"

Tabla 5: Análisis granulométrico del árido fino

Abertura mm	Malla	Peso (gr)	% Peso	Peso acumulado %	% Pasa	ASTM límite inferior	ASTM límite superior
100.00	4"						
90.00	3 1/2"						
75.00	3"						
63.00	2 1/2"						
50.00	2"						
37.50	1 1/2"						
25.00	1"						
19.00	3/4"						
12.50	1/2"						
9.50	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>100</b>	<b>100</b>
4.75	N° 4	11.07	1.67	1.67	98.33	<b>95</b>	<b>100</b>
2.36	N° 8	38.16	5.75	7.42	92.58	<b>80</b>	<b>100</b>
1.18	N° 16	96.88	14.60	22.03	77.97	<b>50</b>	<b>85</b>
0.60	N° 30	176.59	26.62	48.65	51.35	<b>25</b>	<b>60</b>
0.30	N° 50	145.73	21.97	70.62	29.38	<b>5</b>	<b>30</b>
0.15	N° 100	144.29	21.75	92.37	7.63	<b>0</b>	<b>10</b>
0.07	N° 2000	36.68	5.53	97.90	2.10	-	-
	FONDO	13.95	2.10	100.00			

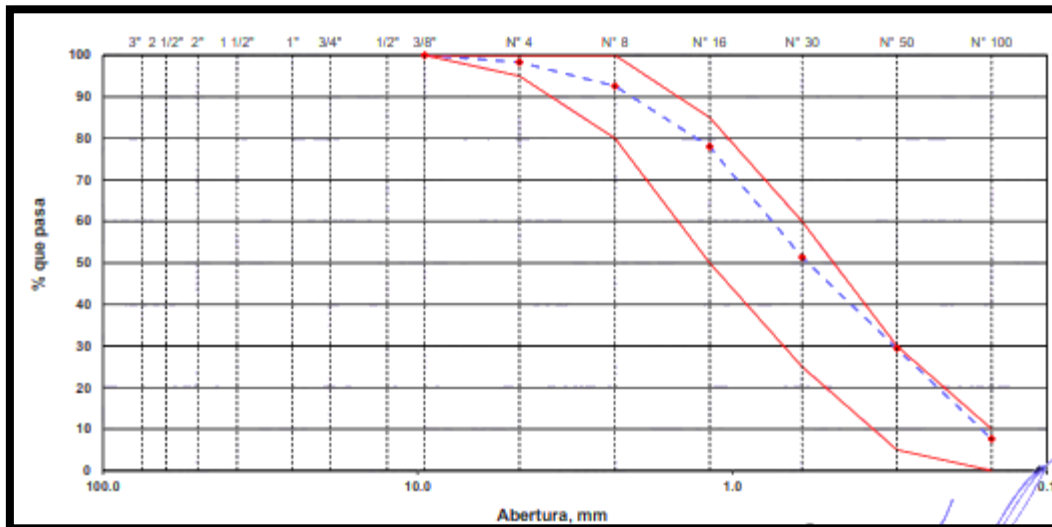
módulo de fineza:  
2.43

Fuente: Informe de laboratorio



**Interpretación:** Los datos adquiridos del laboratorio sobre el análisis granulométrico del árido fino se muestran en la siguiente tabla, teniendo en cuenta los resultados de tamizado, que están dentro de los parámetros y el módulo de finura es de 2.43, lo que muestra que el agregado fino elegido es apropiado para la prueba.

Gráfico 2: curva granulométrica del árido fino



**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En el gráfico se puede observar la curva granulométrica del árido fino que el porcentaje que pasa por la malla N° 4 fue de 93.33%.

#### 4.1.3. Diseño de mezcla del hormigón patrón y con sustitución del 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero.

Tabla 6: Diseño de mezcla del hormigón  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

DISEÑO DE MEZCLA DEL COCRETO $FC=175 \text{ kg/cm}^2$		
TMN del agregado grueso	3/4"	
Valor de revenimiento	3" a 4"	
Requerimiento de agua de mezclado	216 lt/m <sup>3</sup>	
Porcentaje de aire al hormigón	2%	
Relación (a/c)	0.55	
Contenido de cemento	393 kg => 9.24 bls	
Contenido del agregado grueso y agregado fino		
Masa árido grueso	1002.6 kg	55.10%
Volumen árido grueso	0.349 m <sup>3</sup>	

Masa árido fino	767.9 kg	44.90%
Volumen árido fino	0.284 m3	
volumen de agregados	0.633 m3	
Diseño de mezcla en estado seco		
Cemento	392.7 kg	
Árido fino	767.9 kg	
Árido grueso	1002.6 kg	
Agua	216.0 lt	
Corrección del diseño por aporte de humedad de los áridos		
Árido grueso húmedo	1003.4 kg	
Árido fino húmedo	776.8 kg	
Agua efectiva	213.7 lt	
Diseño de mezcla en estado húmedo		
Cemento	392.7 kg	1.0 kg
Árido grueso	776.8 kg	1.98 kg
Agregado fino	1003.4 kg	2.55 kg
Agua	224.9 kg	0.57 lt

<b>DOSIFICACIÓN</b>			
1:	1.98:	2.55:	0.57

**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla se aprecia que los resultados del diseño de mezcla obtenidos en el laboratorio: 1 bolsa de cemento (42.5 kg), 1.98 kg de agregado fino, 2.55 agregado grueso, 0.57 lts agua / bolsa de cemento esto se realizó en relación agua - cemento el cual fue 0.55. Así mismo el contenido de cemento se obtuvo dividiendo el volumen unitario del agua que es 216.0 lt/m<sup>3</sup> entre la relación agua cemento 0.55 el cual se obtuvo como resultado 393 kg/m<sup>3</sup>; de igual manera, el peso del agregado fino da como resultado de la multiplicación del factor cemento 3.93 por la proporción en peso del agregado fino 2.55 el cual dio como resultado 1002.6 kg/cm<sup>3</sup> y finalmente, la masa del agregado grueso da como resultado de la multiplicación del factor cemento 3.93 por la proporción en peso del agregado grueso 1.98 el cual se obtuvo como resultado 767.9 kg/cm<sup>3</sup>

Tabla 7: Diseño de mezcla del hormigón F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20%.

<b>COMBINACION</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>
Cemento	3.253 kg	3.253 kg	3.253 kg

Agregado grueso	8.312 kg	8.312 kg	8.312 kg
Agregado fino	6.113 kg	5.792 kg	5.148 kg
Vidrio molido	0.161 g	0.322 g	0.644 g
Viruta de acero	0.161 g	0.322 g	0.644 g
Agua	1.863 lts	1.863 lts	1.863 lts

**Fuente:** Resultado de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla 7, se presenta las diferentes proporciones con el 5%, 10% y 20% para el diseño de elaboración de hormigón con sustitución de vidrio molido y viruta de acero.

**4.2. Resultados del segundo objetivo específico identificar la trabajabilidad óptima del hormigón  $F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2$  con la prueba del SLUMP al sustituir vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20%.**

Tabla 8: Ensayo de revenimiento

ENSAYO DE REVENIMIENTO			
N°	7 d	14 d	28 d
M. Patrón	3.5"	4"	3.5"
M. 5%	3"	3.5"	4"
M. 10%	3.4"	3.7"	3.9"
M. 20%	3.8"	3.5"	3.6"

**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla 8 se observa los resultados de la prueba de Slump encontrándose dentro de los parámetros de 3" a 4", debido a ello apporto a trabajabilidad óptima del concreto.

Tabla 9: Contenido de humedad del árido grueso

Muestras		1	2
a	bandeja n°	25	14
b	Peso bandeja + muestra húmeda gr.	1954.5	2011.5
c	Peso bandeja + muestra Seca gr.	1953.1	2009.7
d	Peso bandeja gr.	56.5	68.9
e	Peso del Agua gr.	1.4	1.8
f	Peso muestra Seca gr.	1896.6	1940.8
g	Contenido de Humedad %	0.07	0.09
h	H. Prom. %	0.08	

**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla se observan los resultados del laboratorio del contenido de humedad del árido grueso el cual da como resultado promedio 0.08%.

Tabla 10: Contenido de humedad del árido fino

Muestras			1	2
a	bandeja	N°	20	3
b	Peso bandeja + muestra Húmeda	gr	217.26	313.3
c	Peso bandeja + muestra Seca	gr	215.4	310.6
d	Peso bandeja	gr	63.29	65.8
e	Peso del Agua	gr	1.9	2.7
f	Peso muestra Seca	gr	152.11	244.8
g	Contenido de Humedad	%	1.22	1.1
h	Humedad Prom.	%	1.16	

**Fuente:** Resultado de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla se verifican los resultados del laboratorio del contenido de humedad del árido fino el cual da como resultado promedio 1.16%.

#### 4.3. Resultados del tercer objetivo específico determinar la resistencia a la compresión del hormigón F'c=175 Kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días al sustituir 5%, 10% y 20%.

Tabla 11: Resistencia a la compresión del hormigón patrón F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>

ITEM	ESTRUCTURA VACIADA	FECHA DE MUESTREO	Fc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kgf)	fc (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROM.	%	PROM. %
1	PATRON	17/04/2023	175	24/05/2023	7	24500	132	132	75	75
2		17/04/2023	175	24/05/2023	7	23890	130		74	
3		17/04/2023	175	24/05/2023	7	23270	134		77	
4		18/04/2023	175	02/05/2023	14	30130	158	156	90	89
5		18/04/2023	175	02/05/2023	14	28810	163		93	
6		18/04/2023	175	02/05/2023	14	27890	148		85	
7		20/04/2023	175	18/05/2023	28	32870	189	187	108	107
8		20/04/2023	175	18/05/2023	28	33210	190		109	
9		20/04/2023	175	18/05/2023	28	34070	181		104	

**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla N°11 se precisa que el diseño de mezcla control o patrón a los 7 días llegó a la resistencia 132 kg/cm<sup>2</sup> estando dentro de los parámetros del 75%, a los 14 días tiene una resistencia promedio de 156 kg/cm<sup>2</sup> estando dentro de los parámetros de 89% y a los 28 días supera la resistencia con 187 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un porcentaje de 107 %.

Tabla 12: Resistencia a la compresión del hormigón con sustitución 5% de vidrio molido y viruta de acero F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>

ITEM	ESTRUCTURA VACIADA	FECHA DE MUESTREO	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kgf)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROM.	%	PROM. %
1	<b>2.5% VIDRIO MOLIDO Y 2.5% DE VIRUTA DE ACERO</b>	29/04/2023	175	06/05/2023	7	18830	<b>102</b>	<b>95</b>	<b>59</b>	54
2		29/04/2023	175	06/05/2023	7	17780	<b>97</b>		<b>55</b>	
3		29/04/2023	175	06/05/2023	7	15970	<b>86</b>		<b>49</b>	
4		25/04/2023	175	09/05/2023	14	18940	<b>102</b>	<b>104</b>	<b>58</b>	60
5		25/04/2023	175	09/05/2023	14	19530	<b>110</b>		<b>63</b>	
6		25/04/2023	175	09/05/2023	14	18960	<b>101</b>		<b>58</b>	
7		22/04/2023	175	20/05/2023	28	25580	<b>134</b>	<b>137</b>	<b>77</b>	78
8		22/04/2023	175	20/05/2023	28	24040	<b>137</b>		<b>78</b>	
9		22/04/2023	175	20/05/2023	28	25580	<b>139</b>		<b>79</b>	

**Fuente:** Informe de laboratorio

**Interpretación:** La Tabla N°12 demuestra que el diseño de mezcla con 5% de sustitución de vidrio molido y virutas de acero obtuvo una resistencia de 95 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, lo que fue 54%, una resistencia de 104 kg/cm<sup>2</sup> en promedio a los 14 días, lo que fue 60%, y una resistencia de 137 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, lo que está por debajo de la resistencia y arroja un porcentaje de 78%.

Tabla 13: Resistencia a la compresión del hormigón con sustitución 10% de vidrio molido y viruta de acero F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>.

ITEM	ESTRUCTURA VACIADA	FECHA DE MUESTREO	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kgf)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROM.	%	PROM. %
1	<b>5% VIDRIO MOLIDO Y 5% DE VIRUTA DE ACERO</b>	29/04/2023	175	06/05/2023	7	15430	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>48</b>	48
2		29/04/2023	175	06/05/2023	7	16070	<b>87</b>		<b>50</b>	
3		29/04/2023	175	06/05/2023	7	14940	<b>81</b>		<b>46</b>	
4		28/04/2023	175	12/05/2023	14	16730	<b>92</b>	<b>87</b>	<b>52</b>	50
5		28/04/2023	175	12/05/2023	14	16010	<b>85</b>		<b>48</b>	
6		28/04/2023	175	12/05/2023	14	15300	<b>85</b>		<b>49</b>	
7		22/04/2023	175	20/05/2023	28	21260	<b>114</b>	<b>112</b>	<b>65</b>	64
8		22/04/2023	175	20/05/2023	28	20090	<b>113</b>		<b>65</b>	

9		22/04/2023	175	20/05/2023	28	20480	<b>110</b>		<b>63</b>	
---	--	------------	-----	------------	----	-------	------------	--	-----------	--

**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla N°13 se precisa que el diseño de mezcla con sustitución del 10% de vidrio molido y viruta de acero, al pasar los 7 días su resistencia fue 84 kg/cm<sup>2</sup> estando en 48%, a los 14 días se tuvo una resistencia promedio de 87 kg/cm<sup>2</sup> estando 50% y a los 28 días está por debajo de la resistencia con 112 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un porcentaje de 64 %.

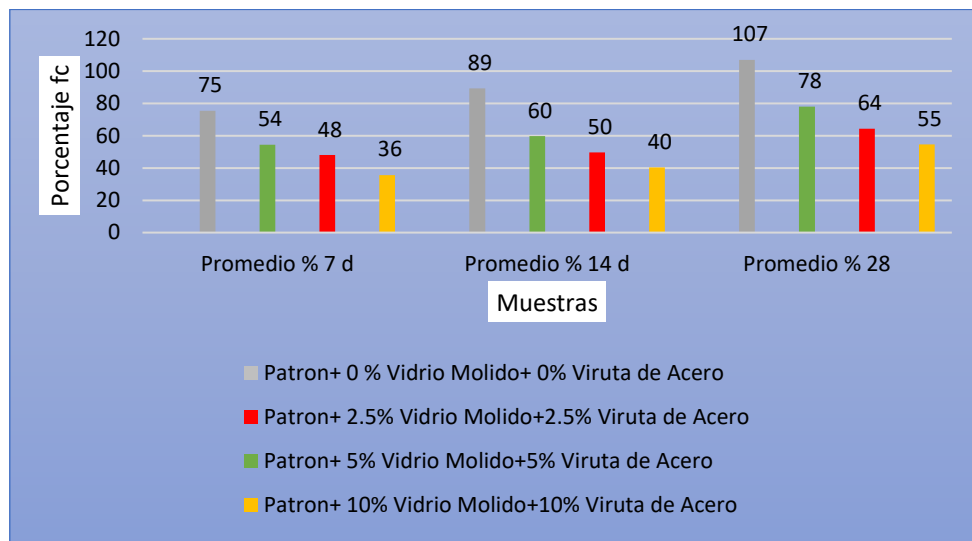
Tabla 14: La resistencia a la compresión del concreto tras una sustitución del 20% de vidrio pulverizado y virutas de acero F'c es igual a 175 kg/cm<sup>2</sup>

ITEM	ESTRUCTURA VACIADA	FECHA DE MUESTREO	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kgf)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROM.	%	PROM. %
1	<b>10% VIDRIO MOLIDO Y 10% DE VIRUTA DE ACERO</b>	29/04/2023	175	06/05/2023	7	12170	<b>66</b>	<b>63</b>	<b>37</b>	36
2		29/04/2023	175	06/05/2023	7	11480	<b>62</b>		<b>35</b>	
3		29/04/2023	175	06/05/2023	7	11190	<b>61</b>		<b>35</b>	
4		28/04/2023	175	12/05/2023	14	12619	<b>72</b>	<b>71</b>	<b>41</b>	40
5		28/04/2023	175	12/05/2023	14	11960	<b>67</b>		<b>38</b>	
6		28/04/2023	175	12/05/2023	14	13620	<b>74</b>		<b>42</b>	
7		22/04/2023	175	20/05/2023	28	17600	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>53</b>	55
8		22/04/2023	175	20/05/2023	28	17640	<b>99</b>		<b>57</b>	
9		22/04/2023	175	20/05/2023	28	17460	<b>95</b>		<b>54</b>	

**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla N°14 se especifica que el diseño de mezcla con sustitución del 20% de vidrio molido y viruta de acero, a los 7 días llegó a la resistencia 63 kg/cm<sup>2</sup> estando en 36%, a los 14 días tiene una resistencia promedio de 71kg/cm<sup>2</sup> estando 40% y a los 28 días está por debajo de la resistencia con 95 kg/cm<sup>2</sup> adquiriendo un porcentaje de 55%.

Gráfico 3: Promedio de la resistencia a la compresión del hormigón F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup>



Fuente: Informe de laboratorio

**Interpretación:** En el grafico se observa los promedios del estudio de resistencia a la compresión, se verifico que el hormigón que está más cerca de la resistencia del hormigón patrón es la sustitución del 5% en donde a los 28 días llegó a 137 kg/cm<sup>2</sup> siendo el 78%.

**4.4. Resultados del cuarto objetivo específico identificar el concreto con sustitución de vidrio molido y la viruta de acero es más rentable que el hormigón patrón F'c= 175 Kg/cm<sup>2</sup>.**

Figura 15: Comparación económica del hormigón de control con el hormigón que sustituye el vidrio molido y las virutas de acero al 5%, 10% y 20% del volumen.

			CONCRETO CON SUSTITUCION DEL 5%, 10% Y 20%							
			Concreto de control (F'c =175 kg/cm <sup>2</sup> )		5%		10%		20%	
Agregados	Und.	P. U. (S/.)	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
Cemento	Bolsas	29.5	5	147.5	5	147.5	5	147.5	5	147.5
Agregado grueso	m <sup>3</sup>	50	0.349	17.45	0.349	17.45	0.349	17.45	0.349	17.45
Agregado fino	m <sup>3</sup>	45	0.284	12.78	0.611	27.495	0.579	26.055	0.515	23.175
Vidrio molido	kg	0	0	0	0.161	0	0.322	0	0.644	0
Viruta de acero	kg	0.5	0	0	0.161	0.0805	0.322	0.161	0.644	0.322

Agua	lts	1	1.863	1.863	1.863	1.863	1.863	1.863	1.863	1.863
total:			179.6		194.4		193.0		190.3	

**Fuente:** Resultados de laboratorio

**Interpretación:** En la tabla se observa que el costo de la elaboración del concreto con sustitución del 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero es mayor obteniendo un valor promedio de s/. 192 en comparación con el hormigón de control F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup> tal como se muestra en la tabla el costo es de s/. 179.6, la diferencia es de s/.13 esta diferencia se da por el costo de la viruta. Se concluyó que la fabricación del concreto con sustitución requiere de más costo que el concreto patrón.

#### 4.5. Validación de la hipótesis de investigación

Realizar la diferencia de la resistencia a la compresión del hormigón F'c = 175Kg/cm<sup>2</sup> reemplazando en un 5% vidrio molido y viruta de acero.

Tabla 16: Análisis Comparativo de especímenes realizadas a los 7 días por el método (ANOVA).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	7515	3	2505	115.17241
Dentro de las muestras	174.0	8	21.75	
Total	7689.0	11		

$$\begin{aligned}
 (\text{Valor crítico}) F_{\alpha, k-1, N-k} &= +\text{INV.F.CD} (0.05; \\
 &= 4.066180551 \quad J19; J20) \\
 \text{p-valor} &= 6.39514\text{E-}07 = \text{DISTR.F.CD}(L19; J19; J20)
 \end{aligned}$$

**Interpretación:** En la tabla 16, al momento de analizar el valor crítico del método de la varianza (ANOVA) en el ensayo de compresión a los 7 días, se obtiene como resultado un F calculando 115.17241 en el cual el valor es mayor que la del valor crítico por defecto de 4.066180551, en tal motivo que se da por aceptada la investigación nula: La resistencia a la compresión del hormigón F'c = 175 kg/cm<sup>2</sup> se reduce cuando el árido fino se sustituye por un 5%, 10% y 20% de vidrio molido y virutas de acero.



Tabla 17: Análisis Comparativo de especímenes realizadas a los 7 días con el método (TUNKEY).

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
CP - CE 5%	37.00	Significativa
CP - CE 10%	48.00	Significativa
CP - CE 20%	69.00	Significativa
CE 5% - CE 10%	11.00	Significativa
CE 5% - CE 20%	32.00	Significativa
CE 10% - CE 20%	21.00	Significativa

**Interpretación:** En la presente tabla, dado que existe una diferencia significativa a los 7 días de 69,00 entre los resultados del hormigón de control y las probetas con 20% de sustitución, concluimos que el parámetro debe tener mayor resistencia a la compresión a partir del análisis de las probetas que se comparan mediante el procedimiento de Tukey.

Tabla 18: Análisis Comparativo (ANOVA) de los especímenes a los 14 días.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	12310.25	3	4103.4167	146.5506
Dentro de las muestras	224.0	8	28	
Total	12534.3	11		

$$\begin{aligned}
 (\text{Valor crítico}) F_{\alpha, k-1, N-k} &= 4.06618055 = \text{INV.F.CD}(0.05; J19; J20) \\
 &= 2.49214E-07 = \text{DISTR.F.CD}(L19; J19; J20) \\
 \text{p-valor} &= 0.07
 \end{aligned}$$

**Interpretación:** En la tabla 18, al momento de analizar el valor crítico del método de la varianza (ANOVA) en el ensayo de compresión a los 14 días, se obtiene como resultado un F calculando 146.5506 en el cual el valor es mayor que la del valor crítico por defecto de 4.066180551, en tal motivo que se da por aceptada la investigación nula: En la sustitución del árido fino por 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero tenemos como resultado que disminuye la resistencia a la compresión del hormigón  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 19: Análisis Comparativo (TUNKEY) de los especímenes a los 14 días.

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
CP - CE 5%	52.00	Significativa
CP - CE 10%	69.00	Significativa
CP - CE 20%	85.33	Significativa
CE 5% - CE 10%	17.00	Significativa
CE 5% - CE 20%	33.33	Significativa
CE 10% - CE 20%	16.33	Significativa

**Interpretación:** En la presente tabla, analizamos que los especímenes que se encuentran comparativamente por medio del procedimiento de Tukey, determinan que existe una variedad demostrativa a los 14 días de 85.00 entre los resultados del hormigón patrón y el modelo con sustitución del 20%, es por ello que llegamos a que el parámetro debería llegar a tener mejor resistencia a la comprensión.

Tabla 20: Análisis Comparativo (ANOVA) de los especímenes a los 28 días.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	14217.58333	3	4739.1944	400.49531
Dentro de las muestras	94.7	8	11.833333	
Total	14312.3	11		

**(Valor crítico)  $F_{\alpha,k-1,N-k}$**

$$= 4.066180551 = +\text{INV.F.CD}(0.05;J19;J20)$$

$$\mathbf{p\text{-valor}} = 4.69791\text{E-}09 = \text{DISTR.F.CD}(L19;J19;J20)$$

**Interpretación:** Al momento de verificar el valor crítico del método de la varianza (ANOVA) en el ensayo de comprensión a los 28 días, se obtiene como resultado un F calculando 400.49531 en el cual el valor es mayor que la del valor crítico por defecto de 4.066180551, en tal motivo que se da por aceptada la investigación nula: En la sustitución del árido fino por 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero tenemos como resultado que reduce la resistencia a la comprensión del hormigón  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla 21: Análisis Comparativo (TUNKEY) de los especímenes a los 28 días.

<b>Diferencia poblacional</b>	<b>Diferencia muestral</b>	<b>Decisión</b>
CP - CE 5%	50.00	Significativa
CP - CE 10%	74.33	Significativa
CP - CE 20%	91.33	Significativa
CE 5% - CE 10%	24.33	Significativa
CE 5% - CE 20%	41.33	Significativa
CE 10% - CE 20%	17.00	Significativa

**Interpretación:** En la presente tabla, se concluyó que las muestras que se encuentran comparativamente por medio del procedimiento de Tukey, determinan que existe una variedad demostrativa a los 28 días de 91.00 entre los resultados del concreto control y los especímenes con sustitución del 20%, es por ello que llegamos a que el parámetro debería llegar a tener mejor resistencia a la comprensión.

## V. DISCUSIÓN

En la investigación, con respecto a los resultados del primer objetivo específico se identificó las propiedades físico – mecánicas de los áridos fino y grueso basándose en la norma técnica ASTM D422 (análisis granulométrico donde se obtuvo el módulo de fineza del árido fino fue 2.43), norma ASTM D2216 (humedad natural del agregado grueso fue 0.08% y del agregado fino fue 1.16%), ASTM C127 (peso específico de del agregado grueso es 2874 kg/m<sup>3</sup> y fino es 2706 kg/m<sup>3</sup>; la absorción del agregado grueso es 0.21% y del agregado fino es 0.71% ), ASTM C29 (peso unitario del árido grueso es 1595 kg/m<sup>3</sup> y del árido fino fue 1676 kg/m<sup>3</sup>).

En cuanto a la dosificación de vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20 donde se obtuvieron resultados en kilogramos el cual fue cemento 3.253 kg, agregado grueso 8.312 kg, agua 1.863 lts, para el agregado fino en 5% fue 6.113 kg, en 10% fue 5.792 kg y en 20% fue 3.148 kg; así mismo la dosificación de la viruta de acero y vidrio molido al 5% fue 0.61 kg c/u, al 10% fue 0.322 kg c/u y al 20% fue 0.644 kg c/u. Adquiriendo resultados similares a León (2020) en su dosificación al 5% de viruta de acero fue de 0.600 kg.

En cuanto a la dosificación para el hormigón estándar, está representada por m<sup>3</sup>, cemento 9.24 bolsas, árido fino 776,8 kg, árido grueso 1003.4 kg, y 224.9 lts de agua. Obteniendo resultados similares al de Gonzales y Montenegro (2020), el cual su dosificación fue cemento 8.68 bolsas, agregado fino 729.72 kg, agregado grueso 1028.98 y 205.6 lts de agua. Cabe destacar que se obtuvieron resultados similares a pesar de que los materiales no procedían de las mismas canteras, el árido era de ½” y la ubicación no era la misma.

Por otro lado, para la dosificación del concreto con sustitución de 5%, 10% y 20% se tiene en cuenta las propiedades químicas del vidrio molido el cual se evidencio que como materia prima se tiene a la sílice que representa al 75%, el sodio aporta propiedades de fusión el cual representa el 15% y el calcio el cual brinda la propiedad de estabilidad química aportando resistencia y rigidez, además representa el 10% de la composición, en cuanto a la viruta de acero el componente con mayor presencia es Oxido Ferroso (FeO) 27.8067 % y el que

tiene menor presencia es el Sulfuro de Calcio (CaS) 0.173 %. Del mismo modo Alemán (2017), en sus estudios empleó vidrio sódico - cálcico, que tiene una composición de 71-75% de arena (SiO<sub>2</sub>), 12-16% de carbonato sódico, 10-15% de cal y una pequeña cantidad de componentes secundarios que confieren al vidrio cualidades particulares como el color. Por otro lado, se destaca la teoría de Manrique (2018) las propiedades mecánicas de las virutas de acero varían según la composición química, el proceso de laminación, el método de enfriamiento y el tratamiento térmico utilizado para fabricar el acero.

Cabe recalcar que los estudios se ejecutaron en el laboratorio de mecánica de suelos de KAE Ingeniera, cada estudio se realizó con la normativa correspondiente así mismo los resultados se registraron en las fichas técnicas del laboratorio y todos se elaboraron con la supervisión del ingeniero a cargo debido a esto es que los resultados tienen validez.

Por otro lado, los materiales que se emplearon en la investigación fueron el vidrio molido (sódico cálcico) el cual se obtuvo de la recolección de una licorería, la viruta de acero de un taller donde se realizan trabajos de torno y limadura de metales, los áridos procedían de la cantera "La Sorpresa" y la cantera "Cumbre" proporcionaba los áridos gruesos y finos, una ferretería proporcionaba el cemento GU Mochica, y todos los componentes se llevaron al laboratorio para realizar las pruebas necesarias para fabricar el hormigón.

Con respecto a los resultados que se obtuvo del segundo objetivo específico se realizó el ensayo SLUMP para el hormigón patrón y hormigón con sustitución; obteniéndose resultados favorables de acuerdo con la Norma Técnica de la Edificación (NTE E 060-2009), los valores estaban dentro de los parámetros de 3" a 4" permitiendo una trabajabilidad óptima del concreto, así mismo, León y Rázuri (2020) en su investigación obtuvieron un asentamiento de 3.5" a 4", manteniéndose dentro de los parámetros aceptados.

En cuanto al tercer objetivo específico se determinó la resistencia del hormigón al sustituir al agregado fino al 5%; 10%, 20% de vidrio molido y viruta de acero, el concreto con 5% de sustitución a los 7 días llegó a la resistencia promedio 95 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días tiene una resistencia promedio de 104 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28

días está por debajo de la resistencia con 137 kg/cm<sup>2</sup>; en cuanto a la sustitución al 10% a los 7 días de curado llegó a la resistencia promedio 84 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado tiene una resistencia promedio de 87 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días está por debajo de la resistencia con 112 kg/cm<sup>2</sup> y el hormigón con 20% de sustitución a los 7 días llegó a la resistencia promedio 63 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días tiene una resistencia promedio de 71kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días está por debajo de la resistencia con 95 kg/cm<sup>2</sup>, mediante los resultados se pudo apreciar que mientras mayor sea el porcentaje de sustitución menor es la resistencia del hormigón.

De la misma manera Galloza y Palacios (2021), al analizar el efecto de las propiedades del concreto agregando vidrio molido y virutas de acero, mediante el método ACI, a la que se fueron sumando gradualmente acero y vidrio esmerilado como sustitución parcial del árido fino. Llegaron a la conclusión que la hipótesis es fallida es decir no aumenta la resistencia.

Por otro lado, León (2020) sustituyó al 12% y 40% de vidrio molido del 100% del agregado fino, así como el 5% y 11% de viruta de acero del 100% del agregado grueso, obteniendo resultados favorables que al 12 % de vidrio molido con 11 % viruta de hierro y 12 % de vidrio molido con 5 % viruta de hierro, lograron sobrepasar la resistencia del hormigón tradicional.

En relación con los resultados del cuarto objetivo específico, se identificó el costo para la elaboración del hormigón con vidrio molido y virutas y el hormigón estándar  $F'c=175$  Kg/cm<sup>2</sup>, el costo de producción del hormigón tradicional fue de s/. 179,6; al 5% de sustitución fue de s/. 194,4; al 10% de sustitución fue s/. 193; y al 20% de sustitución fue s/. 190,3; determinando que el porcentaje de hormigón con vidrio molido y virutas de acero es más costoso. De igual manera Rivera (2018) en su análisis de costos para la preparación de un hormigón convencional  $F'c =210$  kg/cm<sup>2</sup> fue s/. 286.39 al 20% de adición de vidrio molido fue s/. 278.39, se observó que hay una disminución de s/. 8.00 debido a la dosificación es mayor a la de esta investigación por lo tanto se requiere mayor cantidad de material

En cuanto a la validación de hipótesis al momento de analizar el valor crítico del método de la varianza (ANOVA) en el ensayo de comprensión a los 7, 14 y 28 días, se obtiene como resultado un F mayor que la del valor crítico, en tal motivo que se da por aceptada la investigación nula: La resistencia a la comprensión del hormigón  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  se reduce cuando el árido fino se sustituye por un 5%, 10% y 20% de fragmentos de vidrio y acero molidos.

Por lo antes mencionado, cabe recalcar que una de las debilidades para la elaboración de la investigación fue moler el vidrio de manera manual debido a que demanda de tiempo poder llegar al tamaño ideal que pueda pasar por el tamiz 4, el cual sustituyo al agregado fino en diversos porcentajes, siendo más factible el uso de maquinaria para realizar un molido mecánico.

Por ello, es fundamental destacar la importancia de minimizar la explotación de los recursos naturales, también los áridos finos, necesarios para la creación del hormigón convencional. Además, es importante recordar que el reciclaje de material inorgánico ayuda a reducir la contaminación medioambiental, siendo esto una de las fortalezas que presenta la investigación al sustituir vidrio molido y viruta de acero en la elaboración de concreto. Por su parte, Figueroa (2020) indico que el uso del vidrio ha creado una mayor demanda en el rubro de la construcción, y en la actualidad se reciclan miles de toneladas y se utilizan en las mezclas de hormigón para carreteras, morteros, aceras, pilares, entre otros. Por otro lado, Guzmán y Garate (2019) la viruta de acero es un material que se desecha como chatarra, sin tener el conocimiento de que dicho material puede tener diversos usos, ya sea en el rubro de la construcción civil u otros.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se concluye que los resultados adquiridos de las propiedades físico-mecánicas de los agradados donde el módulo de fineza fue 2.43, el peso específico del árido grueso fue 0.08% y del agregado fino fue 1.16%, y la dosificación del concreto con sustitución del 5%, 10% y 20% de viruta de acero y vidrio molido aportan a la permeabilidad del concreto.
- 6.2. Se concluyó que mediante el ensayo Slump el cual se encuentra dentro de los parámetros 3" a 4" establecidos en el diseño de mezcla y en la Norma Técnica de la Edificación, aporta a la trabajabilidad óptima del concreto con sustitución y concreto patrón.
- 6.3. Se concluye que la producción del hormigón con vidrio molido y viruta de acero fue de s/. 194,4; al 10% de sustitución fue s/. 193; y al 20% de sustitución fue s/. 190,3; el hormigón estándar  $F'c=175$  Kg/cm<sup>2</sup> fue s/. 179,6; es decir la elaboración del hormigón con sustitución es más costosa que el concreto patrón.
- 6.4. En conclusión, la sustitución de vidrio molido y viruta de acero en porcentajes de 5%, 10% y 20% no aportan a la resistencia a la compresión del hormigón  $F'c=175$  Kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo mejores resultados con el concreto con 5% de sustitución a los 28 días tiene una diferencia significativa de 78 % estando por debajo de la resistencia con 137 kg/cm<sup>2</sup>, en cuanto a la sustitución el hormigón con 20% de sustitución a los 28 días está por debajo de la resistencia con 95 kg/cm<sup>2</sup>, mediante los resultados se pudo apreciar que mientras mayor sea el porcentaje de sustitución menor es la resistencia del hormigón; aceptando la hipótesis nula planteada en la investigación.



## **VII. RECOMENDACIONES**

- 7.1 Teniendo en cuenta nuestros resultados y nuestra conclusión, se recomienda a los investigadores seguir los procedimientos adecuados para así llegar a identificar la dosificación adecuada del concreto patrón y con sustitución al 5%, 10%, 20% de viruta de acero y vidrio molido.
- 7.2 Se recomienda a los investigadores antes de realizar un concreto se debe realizar un ensayo de SLUMP, teniendo en cuenta los resultados de granulometría y las Normas Técnicas para poder obtener una trabajabilidad optima.
- 7.3 Se recomienda a los investigadores que antes de realizar sustituciones, se debería ver y comparar con el concreto patrón para ver si favorece al cliente y le resulta rentable.
- 7.4 Se recomienda a los investigadores sustituir porcentajes en un intervalo de 0 a 5 o en porcentajes separados para llegar a la resistencia de los 7, 14 y 28 días. Ya que teniendo en cuenta los resultados de laboratorio mientras menor sea el porcentaje mayor es la resistencia, así mismo podemos sustituir con otro tipo de material reciclado.

## REFERENCIAS

1. ALEMÁN, Anthony. Resistencia a la compresión axial del mortero cemento - arena 1:4 con reemplazo de vidrio molido. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca. Universidad Privada del Norte. 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/11191>
2. ANGARITA, Paula y RINCÓN, Heyfa. Evaluación of the mechanical properties of concrete with steel chips in percentages of 10 and 12% of the fine aggregate in the mix. [en línea]. 2017. [fecha de Consulta: 09 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/1607>
3. BERNALES, Allison. Diseño del concreto de  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio molido (sódico cálcico) como reemplazo del agregado fino, para mejorar la resistencia a la compresión. Tesis (Ingeniería Civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35134>
4. BRICEÑO, Jhosselyn y DE LA CRUZ, María. Resistencia a la compresión de concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sustituyendo el agregado fino por escoria siderúrgica, Chimbote – 2022. Tesis (ingeniería civil). Chimbote. Universidad Cesar Vallejo. 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/106929>
5. CABALLERO, Karen. Mechanical properties of concrete reinforced with metallic fibers. [en línea]. 2017. [fecha de Consulta: 13 de abril de 2023]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/234019838.pdf>
6. CABEZAS, Damián; ANDRADE, Diego y TORRES, Jhoana. Introducción a la metodología científica. [en línea]. 2018. [fecha de Consulta: 23 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/9nlbT>
7. CAPRISTAN, Garmi e IGLESIAS, César. Efecto del vidrio y viruta de acero en la resistencia a la compresión y flexión del concreto  $F'c 280 \text{ kg/cm}^2$ . Tesis (Ingeniería civil). Trujillo. Universidad Cesar Vallejo. 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88712>

8. CASTRE, Kevin y LÓPEZ, Cristell. Mejoramiento del concreto simple agregando vidrio sódico-cálcico triturado para ayudar con la resistencia a la compresión, Tarapoto-2021. Tesis (Ingeniería civil). Tarapoto. Universidad Cesar Vallejo. 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/67351>
9. CHIRINO, Luis. (2013). Análisis Gravimétrico. [en línea]. 2020. [fecha de Consulta: 09 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000400012> ISSN: 4201589612
10. CONDORI, Elizabeth y PALOMARES, Verónica. Análisis del comportamiento mecánico del concreto con adición de virutas de acero recicladas para pavimentos rígidos en Lima, 2018. Tesis (Ingeniería civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34375>
11. CORDERO, Gerson. Use of waste materials in the production of concrete: demolition wastes concrete production: demolition waste, baked clay chamotte, glass clay chamotte, glass, recycled tires and steel shavings recycled tires and steel shavings. [en línea]. 2017. [fecha de Consulta: 20 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/312087646>
12. DÍAZ, Camilo y MOGOLLÓN, Brayan. Influencia de la viruta de acero al carbón en las propiedades mecánicas del concreto de 3000 Psi al incorporarlo como adición. Tesis (Ingeniería Civil). Cartagena. Universidad de Cartagena, 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11227/10175>
13. DURAND, Roberto y LEIVA, Dan. Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto, reemplazando el agregado fino por viruta de acero en porcentajes de 7 %, 8 % y 9 % con respecto de un concreto patrón, con agregados de las canteras de Vicho y Cunyac. Tesis (Ingeniería Civil). Cusco. Universidad Andina del Cusco. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1599>

14. ESPINOZA, Evelyn. Resistencia de Concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con Sustitución del 10% del Agregado Fino por Viruta Metálica. Tesis (Ingeniería Civil). Cajamarca. Universidad San Pedro. 2018. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7947>
15. FIGUEROA, Harold. Uso de materiales no convencionales en la elaboración de concretos. Tesis (Ingeniería Civil). Colombia. Universidad Santo Tomás. 2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/30359>
16. GALLOSA, Eleazar y PALACIOS, Alejandro. Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Concreto Adicionando Reciclaje de Vidrio Molido y Virutas de Acero, Lima 2021. Tesis (Ingeniería Civil). Chiclayo. Universidad Cesar Vallejo. 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97843>
17. GARCIA, Manuel. Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en comparación del concreto convencional, Tarapoto - 2020. Tesis (Ingeniería Civil). Tarapoto - San Martín. Universidad San Pedro. 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1208>
18. GONZALEZ, Abraham y MONTENEGRO, Lenin. Influencia en la resistencia mecánica a la compresión del concreto  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con incorporación del vidrio reciclado molido para elementos no estructurales, Moyobamba-2020. Tesis (Ingeniería Civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55312>
19. GONZALEZ, Michelle. Evaluación de la viruta de acero como agregado fino para concreto estructural. Tesis (Ingeniería Civil). Guayana. Universidad Católica Andrés Bello. 2018. Disponible en: <http://catalogo-gy.ucab.edu.ve/documentos/tesis/33251.pdf>
20. GRAJALES, Teyvi. Tipos de investigación. [en línea]. 2000. [fecha de Consulta: 23 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
21. GUZMÁN, Carlos y GÁRATE, Melissa. Viruta de Acero en la Resistencia a la Compresión y Flexión del Concreto. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo.

- Universidad Cesar Vallejo. 2019. Disponible en:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/37450>
22. HERNANDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. [en línea]. 1997, [fecha de Consulta: 23 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/u3i>
- ISSN 968-422-931-3
23. HERNANDEZ, Sandra y ÁVILA, Dánae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. [en línea]. 2020. [fecha de Consulta: 09 de octubre de 2022]. Disponible en:  
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archiv>
- ISSN: 2007-4913
24. JARA, Wilder y MONTENEGRO, Manuel. Evaluación de la adicción de residuos metálicos en los concretos de resistencia 175 kg/cm<sup>2</sup> en la localidad de Jaén - 2022. Tesis (Ingeniería Civil). Jaén. Universidad Cesar Vallejo. 2022. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98170>
25. LEÓN, Deivy y RÁZURI, Daniel. Resistencia a la compresión de un concreto agregando vidrio reciclado finamente molido. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo. Universidad Cesar Vallejo. 2020. Disponible en:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/47498>
26. LEÓN, Víctor. Estudio experimental para mejorar el comportamiento mecánico del concreto F'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup> adicionando vidrio molido con viruta de acero, Ventanilla 2020. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo. Universidad Cesar Vallejo. 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68802>
27. LOCKUAN, Jorge y LA PEÑA, Paolo. Influencia de la fibra de vidrio al 1%, 2% y 3% en las resistencias a la compresión y flexión del concreto F'C=210kg/cm<sup>2</sup> con respecto al agregado fino – Chimbote – 2020. Tesis (Ingeniería civil). Chimbote. Universidad Cesar Vallejo. 2020. Disponible en:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/62194>

28. MARTINEZ, Carlos. Análisis del concreto con viruta de acero, provincia de Huancayo - Junín 2017. Tesis (Ingeniería Civil). Junín. Universidad Peruana de los Andes. 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/1294>
29. MONJE, Arturo. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa Guía didáctica. [en línea]. 2011, [fecha de Consulta: 23 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/x6eDXW>
30. MORAN, Christian y RODRIGUEZ, Jeison. Comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  al sustituir el agregado fino por vidrio triturado en 5%, 15% y 25% Chimbote - 2020. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo. Universidad Cesar Vallejo. 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/52829>
31. PAREDES, Alexis. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de vidrio reciclado molido. Tesis (Ingeniería Civil). Tarapoto. Universidad Nacional de San Martín. 2020. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/3339>
32. POMA, Alberto. Análisis y diseño para la elaboración de concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. Lima 2019. Tesis (Ingeniería Civil). Tarapoto. Universidad Privada del Norte. 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/23469>
33. RAHMAN y UDDIN. "Experimental Investigation of Concrete with Glass Powder as Partial Replacement of Cement" [En línea]. 2018 [fecha de consulta: 24 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.academia.edu/36567120/>
34. RAMOS, Ena. Methods and techniques of investigation. [en línea]. 2017, [fecha de Consulta: 07 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/hzHhc7>
- ISBN: 978-9942-765-44-4
35. RIVAS, Ercilia. Adición de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo – La Libertad. Tesis (Ingeniería Civil). Lima. Universidad

Cesar Vallejo. 2020. Disponible en:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/59311>

36. RIVER, Felipe Y SANDÍVAR, Max. Diseño estructural empleando vidrio molido al concreto como mejora a la resistencia de compresión, San Juan de Miraflores, 2021. Tesis (Ingeniería Civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81337>
37. RIVERA, Allison. Diseño del concreto de  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio molido (sódico cálcico) como reemplazo del agregado fino, para mejorar la resistencia a la compresión. Tesis (Ingeniería Civil). Lima. Universidad Cesar Vallejo. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35134>
38. SARTA, Helo y SILVA, José. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%. Tesis (Ingeniería Civil) Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia. 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/14513>
39. SOUNTHARARAJAN, Vallasaru y RAJARAJESWARI, A. Sustainable efficiency of slag with fiber residues and crushed white glass as aggregates in conventional concretes. [en línea]. 2020. [fecha de Consulta: 15 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.004>
40. VALENCIA, Juan; GONZALES, Ana y ARBELÁEZ, Oscar. Evaluation of the mechanical properties of modified concretes with glass microspheres and tire debris. [en línea]. 2019. [fecha de Consulta: 20 de Julio de 2023]. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.3283>

# **ANEXOS**



### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variable

variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Vidrio molido	El vidrio es uno de esos residuos que tarda más en descomponerse y se contamina durante la extracción, producción y distribución, provocando la contaminación del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas, pero es un material que no tiene fronteras. en relación con el reciclaje, que ayuda a ahorrar energía (Rivera 2018, p. 21)	La muestra con vidrio molido está compuesta por Cemento Portland, agregados, agua y vidrio molido. El margen sustituido de vidrio molido es de 5%, 10% y 20% al peso del agregado fino.	Tamizado	Proporciones	Nominal
				Tamizado por diversos N° de mallas	
			Estudio composición químico de	Estudio químico del vidrio molido.	Razón
Viruta de acero	Una viruta es una pieza de residuos de acero en forma de placa curva o espiral que se elimina al cepillar, desbastar o	La muestra con viruta de acero está compuesta por Cemento Portland, agregados, agua y	Tamizado	Proporciones	Nominal
				Tamizado por diversos N° de mallas	

	taladrar madera o metal con un cepillo u otras herramientas como un taladro (Martínez 2017, p. 32).	viruta de acero. El margen sustituido de viruta de acero es de 5%, 10% y 20% al peso del agregado fino.	Estudio de composición químico	Estudio químico de la viruta de acero.	Razón
Resistencia a la compresión	La resistencia a la compresión se puede calcular por medio de probetas cilíndricas de concreto, se aplica una fuerza axial a los cilindros en una velocidad determinada y rango que ocurre la falla, se debe tener en cuenta la forma y el tamaño del testigo (Rivera 2018, p. 33).	La resistencia a la compresión es la cualidad que tienen los elementos para resistir a las cargas. La realización de ensayos de las roturas de testigos será ejecutada para obtener la resistencia a la compresión, teniendo las diferentes edades para el curado de 7, 14 y 28 días, respectivamente; los cuales serán sustituidos con el 5%, 10% y 15% de vidrio molido y viruta de acero.	Resistencia a la compresión del concreto con sustitución de vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20%	Ruptura de los especímenes de concreto a los 7, 14 y 28 días	Intervalo
				Trabajabilidad	
				permeabilidad óptima del concreto	
			Factor económico	presupuesto.	Intervalo


**Anexo 2: Matriz de consistencia**

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cómo determinar la resistencia a la compresión del concreto <math>F'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2</math> al sustituir al agregado fino al 5%; 10%, 20% de vidrio molido y viruta de acero?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>determinar la resistencia a la compresión del concreto <math>F'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2</math> al sustituir al agregado fino al 5%; 10%, 20% de vidrio molido y viruta de acero.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>La sustitución de vidrio molido y viruta de acero en porcentajes 5%, 10% y 20% al total de agregado fino el cual mejora sustancialmente en la resistencia a la compresión del concreto <math>F'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2</math></p> <p><b>Hipótesis nula:</b></p> <p>La sustitución del agregado fino por 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero disminuye la resistencia a la compresión del concreto <math>F'_c = 175 \text{ kg/cm}^2</math>.</p>	<p><b>Técnica:</b></p> <p>Observación directa de campo o laboratorio</p> <p><b>Instrumento:</b></p> <p>Ficha técnica</p>
<p><b>Problemas específicos:</b></p> <p>1) ¿Identificar las características físico-mecánicas de los agregados y la dosificación del vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% mejora la permeabilidad en las propiedades del concreto <math>F'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2</math>? 2) ¿Cómo</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>a) Identificar las características físico - mecánicas de los agregados y la dosificación del vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% mejora la</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>H1: El vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% mejora la permeabilidad en las propiedades del concreto <math>F'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2</math>. H1o: El vidrio molido y viruta de acero al 5%,</p>	

<p>identificar la trabajabilidad óptima del concreto <math>F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2</math> con la prueba de SLUMP sustituyendo al 5%, 10% y 20% de vidrio molido y viruta de acero? 3) ¿cómo determinar la resistencia a la compresión del concreto <math>F'c=175 \text{ Kg/cm}^2</math> a los 7, 14 y 28 días al sustituir 5%, 10% y 20%? 4) ¿Qué tan rentable será el concreto con sustitución de vidrio molido y viruta de acero a diferencia del concreto tradicional <math>F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2</math>?</p>	<p>permeabilidad en las propiedades del concreto <math>F'c=175 \text{ Kg/cm}^2</math>. b) Identificar la trabajabilidad óptima del concreto <math>F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2</math> con la prueba del SLUMP al sustituir vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20%. C) Determinar la resistencia a la compresión del concreto <math>F'c=175 \text{ Kg/cm}^2</math> a los 7, 14 y 28 días al sustituir 5%, 10% y 20%. d) Identificar el concreto con sustitución de vidrio molido y la viruta de acero es más rentable que el concreto patrón <math>F'c= 175 \text{ Kg/cm}^2</math>.</p>	<p>10% y 20% no mejora la permeabilidad en las propiedades del concreto <math>F'c=175 \text{ Kg/cm}^2</math>. H2: El vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% aporta a la trabajabilidad del concreto. H2o: El vidrio molido y viruta de acero al 5%, 10% y 20% no aporta a la trabajabilidad del concreto. H3: La sustitución del 5%, 10% y 20% a los 7, 14 y 28 días aporta a la compresión del concreto <math>F'c=175 \text{ Kg/cm}^2</math>. H3o: La sustitución del 5%, 10% y 20% a los 7, 14 y 28 días no aporta a la compresión del concreto <math>F'c=175 \text{ Kg/cm}^2</math></p>	
--	--	--	--

### Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos.

#### Anexo 3.1. Formato de análisis granulométrico.



**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

TÍTULO: _____	REGISTRO N°: _____
DELEGATA: _____	PÁGINA N°: _____
UBICACIÓN: _____	FECHA: _____

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS**  
(ASTM C 136, MTC E200)

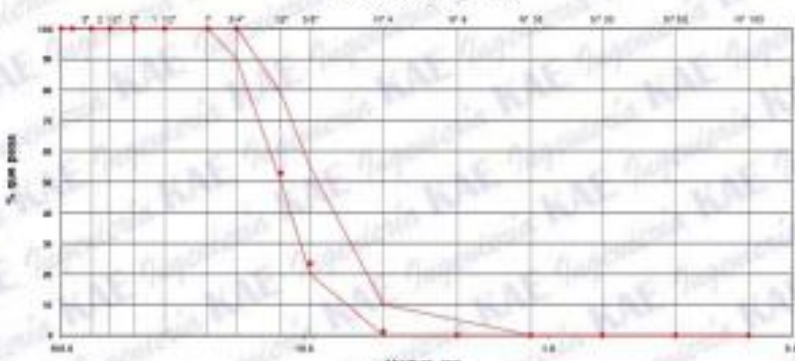
Peso total seco (g) Peso (tamazo y embudo)	AGREGADO (TIPO) ASTM C 618M - 18 (F200)MTC						
ABERTURA (mm)	TAMIZ	RETENIDO NOMINAL (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASA	ASTM "M.M.M."	ASTM "M.M.M."
100.00	4"					100	100
50.00	1.18"					100	100
75.00	3"					100	100
40.00	1.18"					100	100
60.00	2"					100	100
30.00	1.18"					100	100
20.00	1"					100	100
15.00	3/4"					90	100
12.00	1/2"					50	70
9.50	3/8"					20	30
4.75	Nº 4					0	0
2.36	Nº 6					0	0
1.50	Nº 10					0	0
0.85	Nº 20					0	0
0.30	Nº 60					0	0
0.15	Nº 100					0	0
	FONDO						

Módulo de Finura: \_\_\_\_\_

Tamaño Máximo Nominal: \_\_\_\_\_

Tamaño Mínimo: \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**




P.H. ALV.  
 ENG. P.L.L.

---

Fje. Fitusa - Mz. Y' - Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Quito  
 Celular: 954444061 - 969783163; Email: kaeingenieria@gmail.com

**Anexo 3.2. Formato de ensayo de peso unitario suelto y compactado.**



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfaltos, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS :	REGISTRO N°:
SOLICITA :	PÁGINA N°:
UBICACIÓN :	FECHA:

**ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**  
MTC 6.203

<p><b>A. SUELO (Carrera Cheta)</b> PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>):</p> <p>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>):</p>	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr> </table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">SUELTO</th> <th style="width: 50%;">COMPACTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr> </tbody> </table>	SUELTO	COMPACTADO				
SUELTO	COMPACTADO									
<p><b>A. FHO (Carrera Cheta)</b> PESO UNITARIO SUELTO (kg/m<sup>3</sup>):</p> <p>PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m<sup>3</sup>):</p>	<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr> </table>			<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">SUELTO</th> <th style="width: 50%;">COMPACTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr> <tr><td style="width: 50%;"></td><td style="width: 50%;"></td></tr> </tbody> </table>	SUELTO	COMPACTADO				
SUELTO	COMPACTADO									

**OBSERVACION:**

---

Pje. Fátima - Sr. Y., Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
 Celular: 954444961 - 969785163, Email: kaeingenieria@gmail.com

### Anexo 3.3. Formato para diseño de mezcla ACI 21.

<b>PROYECTO:</b> _____ _____ <b>SOLICITA :</b> _____ <b>UBICACIÓN:</b> Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>REGISTRO N°:</b> EDC-TMG-DM-01 <b>PÁGINA N°:</b> 01 de 03
--	---

**FECHA:** \_\_\_\_\_

#### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 210 KG/CM2

Método de Diseño 211 ACI

##### Procedencia de Agregados

- Ag. Grueso
- Ag. Fino

##### Cemento

- Cemento Fortimax MS (HS)
- Peso Especifico

##### Agua

- Agua Potable de la Red Pública
- Peso Especifico :                      kg/m3

##### Características del Concreto

- Resistencia Especificada                      kg/cm2
- Asentamiento

#### 1. Resistencia Requerida ( $f'_{cr}$ ) - "No hay datos estadísticos"

Resistencia Especificada a la Compresión, Mpa	Resistencia Promedio Requerida a la Compresión, Mpa	
$f'c < 21$	$f'_{cr} = f'c + 7.0$	$f'c =$ kg/cm2
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'_{cr} = f'c + 8.5$	$f'_{cr} =$ kg/cm2
$f'c > 35$	$f'_{cr} = 1.1f'c + 5.0$	$f'_{cr} =$ MPa

#### 2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso

El TMN está limitado por las dimensiones de la estructura teniéndose presente que en ningún caso debe de exceder de:

- 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- 1/3 del espesor de las losas.
- 3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

Selección del TMN del Agregado Grueso

#### 3. Datos Obtenidos de los Agregados en Laboratorio

Ensayos	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Módulo de Fineza			
Peso Especifico	kg/m3		
Absorción	%		
Contenido de Humedad	%		
Peso Unistario Suelto	kg/m3		
Peso Unitario Compactado	kg/m3		



PROYECTO:	REGISTRO N°:
SOLICITA:	PÁGINA N°:
UBICACIÓN:	FECHA:

#### 4. Estimación del Contenido de Aire y Agua de Mezclado

Incorporación de Aire al Concreto	Lt/m3
Requerimiento de Agua de Mezclado	%
Porcentaje de Aire al Concreto	
Nivel de Exposición	

#### 5. Selección de Relación Agua - Cemento ( a/c )

Con el valor de la resistencia promedio requerida  $f'_{cr}$ , obtenemos la relación agua/cemento para concretos normales; si el concreto esta sometido a condiciones severas se utilizará valores para asumir la relación agua/cemento por durabilidad.

$$f'_{cr} = \frac{\text{kg/cm}^2}{\text{a/c}}$$

a/c	a/c		
Relación agua/cemento por resistencia			

#### 6. Contenido de Cemento

$$\text{Cemento} = \text{lt/m}^3 \quad = \quad \text{kg} \quad \cdot \quad \text{bolsas}$$

#### 7. Estimación del Contenido de Agregado Grueso y Agregado Fino

Cemento	=	kg	
Volumen de Pasta	=	m3	
Volumen de Agregados	=	m3	
Aire Atrapado	=		
Agua	=		
b/bo	=		
Peso del Agregado Grueso	=	kg	Agregado Grueso
Volumen del Agregado Grueso	=	m3	%
Peso del Agregado Fino	=	kg	Agregado Fino
Volumen del Agregado Fino	=	m3	%

#### 8. Diseño de Mezcla en Estado Seco

Cemento	kg
Agregado Fino Natural	kg
Agregado Grueso Natural	kg
Agua	lt





**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Inspecci N° 028979-2021/DSD

PROYECTO:	REGISTRO N°:
	PÁGINA N°:
SOLICITA:	
UBICACIÓN:	FECHA:

### 9. Corrección del Diseño por el Aporte de Humedad de los Agregados

#### a) Pesos Húmedos Corregidos de los Agregados

Agregado Grueso húmedo = kg  
Agregado Fino Húmedo = kg

#### b) Aporte de Agua de los Agregados

Agregado Grueso = lt  
Agregado Fino = lt

#### c) Cálculo de Agua Efectiva

Agua Efectiva = lt

Nota: Los ajustes por humedad se realizan en los agregados finos y gruesos y en el volumen unitario de agua de mezclado

### 10. Diseño de Mezcla en Estado Húmedo

#### - Expresión de Proporciones en Peso

Cemento	=	kg	=	1.00	kg
Agregado Fino Natural	=	kg	=	1.88	kg
Agregado Grueso Natural	=	kg	=	1.79	kg
Agua	=	lt	=	0.54	lt

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_

#### - Expresión de Proporciones en Volumen

Cemento	=	pie <sup>3</sup>
Agregado Fino Natural	=	pie <sup>3</sup>
Agregado Grueso Natural	=	pie <sup>3</sup>
Agua	=	lt/bls

\_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_

**Anexo 4.** Normas.



**NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN**  
**E.060 CONCRETO ARMADO**

## NORMA E.060

### CONCRETO ARMADO

#### CAPÍTULO 1 REQUISITOS GENERALES

##### 1.1 ALCANCE

- 1.1.1 Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado, preesforzado y simple.
- 1.1.2 Los planos y las especificaciones técnicas del proyecto estructural deberán cumplir con esta Norma.
- 1.1.3 Lo establecido en esta Norma tiene prioridad cuando está en discrepancia con otras normas a las que ella hace referencia.
- 1.1.4 Para estructuras especiales tales como arcos, tanques, reservorios, depósitos, silos, chimeneas y estructuras resistentes a explosiones, las disposiciones de esta Norma regirán en lo que sean aplicables.
- 1.1.5 Esta Norma no controla el diseño e instalación de las porciones de pilotes de concreto, pilas excavadas y cajones de cimentación que quedan enterrados en el suelo, excepto en lo dispuesto en el Capítulo 21.
- 1.1.6 Esta Norma no rige el diseño y la construcción de losas apoyadas en el suelo, a menos que la losa transmita cargas verticales o laterales desde otras partes de la estructura al suelo.
- 1.1.7 El diseño y construcción de losas de concreto estructural, vaciadas sobre moldes permanentes de acero consideradas como no compuestas, están regidas por esta Norma.
- 1.1.8 Esta Norma no rige para el diseño de losas de concreto estructural vaciadas sobre moldes permanentes de acero consideradas como compuestas. El concreto usado en la construcción de tales losas debe estar regido por los Capítulos 1 a 7 de esta Norma, en lo que sea aplicable.

##### 1.2 PROYECTO, EJECUCIÓN E INSPECCIÓN DE LA OBRA

###### 1.2.1 Requisitos Generales

- 1.2.1.1 Todas las etapas del proyecto estructural, construcción, supervisión e inspección de la obra deberán ser realizadas por personal profesional y técnico calificado.
- 1.2.1.2 Los cálculos, planos, detalles y especificaciones técnicas deberán llevar la firma de un Ingeniero Civil Colegiado, el cual será el único autorizado a aprobar cualquier modificación a los mismos.
- 1.2.1.3 La construcción deberá ser ejecutada e inspeccionada por ingenieros civiles colegiados, los cuales serán responsables del cumplimiento de lo indicado en los planos y especificaciones técnicas.

###### 1.2.2 Proyecto

- 1.2.2.1 La concepción estructural deberá hacerse de acuerdo a los criterios de estructuración
-

- $\rho_t$  = cuantía del área de refuerzo transversal distribuido al área bruta de concreto de una sección perpendicular a este refuerzo, Capítulos 11, 14, 21.
- $\rho_V$  = relación entre el área de estribos y el área de la superficie de contacto, Capítulo 17.
- $\rho_W$  = cuantía del área de refuerzo  $A_s$  evaluada sobre el área  $bwd$ , Capítulo 11.
- $\phi$  = factor de reducción de resistencia, véase 9.3, Capítulos 8, 11, 13, 14, 17, 22.
- $\Psi_e$  = factor de modificación para la longitud de desarrollo con base en el tratamiento superficial del refuerzo, Capítulo 12.
- $\Psi_s$  = factor de modificación para la longitud de desarrollo con base en el tamaño del refuerzo, Capítulo 12.
- $\Psi_t$  = factor de modificación para la longitud de desarrollo con base en la localización del refuerzo, Capítulo 12.
- $\omega$  = Índice del refuerzo a tracción, Capítulo 18.
- $\omega'$  = Índice del refuerzo a compresión, Capítulo 18.

## 2.2 DEFINICIONES

A continuación se definen los términos de uso general en esta Norma.

**Ábaco** — Engrosamiento de la losa en su apoyo sobre la columna. La proyección del ábaco por debajo de la losa debe ser de por lo menos una cuarta parte del espesor de la losa fuera del ábaco.

**Acero de preesforzado** — Elemento de acero de alta resistencia como alambre, barra, torón, o un paquete (tendón) de estos elementos, utilizado para aplicar fuerzas de preesforzado al concreto.

**Acero extremo en tracción** — Refuerzo (preesforzado o no preesforzado) más alejado de la fibra extrema en compresión.

**Aditivo** — Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a éste antes o durante su mezclado a fin de modificar sus propiedades.

**Aditivo acelerante** — Sustancia que al ser añadida el concreto, mortero o lechada, acorta el tiempo de fraguado, incrementando la velocidad de desarrollo inicial de resistencia.

**Aditivo incorporador de aire** — Es el aditivo cuyo propósito es incorporar aire en forma de burbujas esferoidales uniformemente distribuidas en la mezcla, con la finalidad principal de hacerlo resistente a las heladas.

**Aditivo retardador** — Aditivo que prolonga el tiempo de fraguado.

**Agregado** — Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

**Agregado denominado Hormigón** — Material compuesto de grava y arena empleado en su forma natural de extracción.

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

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

**Agregado liviano** — Agregado con una densidad cuando está seco y suelto de 1100 kg/m<sup>3</sup> o menos.

**Arena** — Agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas.

**Capitel** — Ensanche de la parte superior de la columna.

**Carga de servicio** — La carga (sin amplificar) especificada en la Norma NTE. E.020 Cargas, del Reglamento Nacional de Edificaciones del cual esta Norma forma parte.

**Carga amplificada o factorizada** — La carga, multiplicada por los factores de carga apropiados, que se utiliza para diseñar los elementos utilizando el método de diseño por resistencia de esta Norma.

**Cemento** — Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

**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.

**Cemento Portland Puzolánico** — Es el cemento Portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana.

**Columna** — Elemento con una relación entre altura y menor dimensión lateral mayor que tres, usado principalmente para resistir carga axial de compresión.

**Concreto** — Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos.

**Concreto estructural** — Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado.

**Concreto armado o reforzado** — Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, preesforzado o no, especificada en los Capítulos 1 al 21.

**Concreto simple** — Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado.

**Concreto estructural liviano** — Concreto con agregado liviano que cumple con lo especificado en 3.3, y tiene una densidad de equilibrio, determinada por "Test Method for Determining Density of Structural Lightweight Concrete" (ASTM C 567), que no excede 1850 kg/m<sup>3</sup>. En esta Norma, un concreto liviano sin arena natural se llama "concreto liviano en todos sus componentes" y un concreto liviano en el que

## **CAPÍTULO 3 MATERIALES**

### **3.1 ENSAYOS DE MATERIALES**

**3.1.1** La Supervisión o la autoridad competente podrá ordenar, en cualquier etapa de ejecución del proyecto, el ensayo de cualquier material empleado en las obras de concreto, con el fin de determinar si corresponde a la calidad especificada.

**3.1.2** El muestreo y los ensayos de materiales y del concreto deben hacerse de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas - NTP correspondientes.

### **3.2 CEMENTOS**

**3.2.1** El cemento debe cumplir con los requisitos de las NTP correspondientes.

**3.2.2** El cemento empleado en la obra debe corresponder al que se ha tomado como base para la selección de la dosificación del concreto.

### **3.3 AGREGADOS**

**3.3.1** Los agregados para concreto deben cumplir con las NTP correspondientes.

Los agregados que no cumplan con los requisitos indicados en las NTP, podrán ser utilizados siempre que el Constructor demuestre, a través de ensayos y por experiencias de obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requeridas.

**3.3.2** El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- (a) 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- (b) 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso.
- (c) 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o "cangrejeras".

**3.3.3** Los agregados que no cuenten con un registro o aquellos provenientes de canteras explotadas directamente por el Contratista, podrán ser aprobados por la Supervisión si cumplen con los ensayos normalizados que considere convenientes. Este procedimiento no invalida los ensayos de control de lotes de agregados en obra.

**3.3.4** Los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Cada uno de ellos deberá ser procesado, transportado, manipulado, almacenado y pesado de manera tal que la pérdida de finos sea mínima, que mantengan su uniformidad, que no se produzca contaminación por sustancias extrañas y que no se presente rotura o segregación importante en ellos.

**3.3.5** Los agregados a ser empleados en concretos que vayan a estar sometidos a procesos de congelación y deshielo y no cumplan con el acápite 5.2.2 de la NTP 400.037 podrán ser utilizados si un concreto de propiedades comparables, preparado con agregado del mismo origen, ha demostrado un comportamiento satisfactorio cuando estuvo sometido a condiciones de Intemperismo similares a las que se esperan.

- 
- 3.3.6** El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- 3.3.7** El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa; deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.
- 3.3.8** La granulometría seleccionada para el agregado deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- 3.3.9** El lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- 3.3.10** El agregado denominado "hormigón" corresponde a una mezcla natural de grava y arena. El "hormigón" sólo podrá emplearse en la elaboración de concretos con resistencia en compresión no mayor de 10 MPa a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será de 255 Kg/m<sup>3</sup>. El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica y otras sustancias dañinas para el concreto. En lo que sea aplicable, se seguirán para el hormigón las recomendaciones indicadas para los agregados fino y grueso.
- 3.4 AGUA**
- 3.4.1** El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable.
- 3.4.2** Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:
- Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
  - La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.
  - Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051.
- 3.4.3** Las sales u otras sustancias nocivas presentes en los agregados y/o aditivos deberán sumarse a las que pueda aportar el agua de mezclado para evaluar el contenido total de sustancias inconvenientes.
- 3.4.4** La suma de los contenidos de ión cloruro presentes en el agua y en los demás componentes de la mezcla (agregados y aditivos) no deberán exceder los valores indicados en la Tabla 4.5 del Capítulo 4.
- 3.4.5** El agua de mar sólo podrá emplearse en la preparación del concreto si se cuenta con la autorización del Ingeniero Proyectista y de la Supervisión. No se utilizará en los siguientes casos:
- Concreto armado y preesforzado.
  - Concretos con resistencias mayores de 17 MPa a los 28 días.

## CAPÍTULO 5 CALIDAD DEL CONCRETO, MEZCLADO Y COLOCACIÓN

### 5.1 GENERALIDADES

**5.1.1** El concreto debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión,  $f_c$ , según se establece en 5.3.2, y debe satisfacer los criterios de durabilidad del Capítulo 4. El concreto debe producirse de manera que se minimice la frecuencia de resultados de resistencia inferiores a  $f_c$ , como se establece en 5.6.3.3.

La resistencia mínima del concreto estructural,  $f_c$ , diseñado y construido de acuerdo con esta Norma no debe ser inferior a 17 MPa.

**5.1.2** Los requisitos para  $f_c$  deben basarse en ensayos de probetas cilíndricas, confeccionadas y ensayadas como se establece en 5.6.3.

**5.1.3** A menos que se especifique lo contrario,  $f_c$  debe basarse en los resultados de ensayos realizados a los 28 días. Si se requieren resultados a otra edad, ésta debe indicarse en los planos y especificaciones del proyecto.

**5.1.4** Cuando se use concreto liviano y los criterios de diseño de 9.6.2.3 ó 11.2 indican un valor de resistencia a la tracción del concreto, determinada por compresión diametral, (*split test*), deben realizarse ensayos de laboratorio de acuerdo con "*Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*" (ASTM C 330) para establecer el valor de  $f_{ct}$  correspondiente a  $f_c$ .

**5.1.5** Los ensayos de resistencia a la tracción por flexión o por compresión diametral (*split test*) no deben emplearse como base para la aceptación del concreto en obra.

**5.1.6** Se considera como un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas hechas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de  $f_c$ .

**5.1.7** Para la selección del número de muestras de ensayo, se considerará como "clase de concreto" a:

- (a) Cada una de las diferentes calidades de concreto requeridas por resistencia en compresión.
- (b) Para una misma resistencia en compresión, cada una de las diferentes calidades de concreto obtenidas por variaciones en el tamaño máximo del agregado grueso, modificaciones en la granulometría del agregado fino o utilización de cualquier tipo de aditivo.
- (c) El concreto producido por cada uno de los equipos de mezclado utilizados en la obra.

### 5.2 DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO

**5.2.1** La dosificación de los materiales para el concreto debe establecerse para permitir que:

- (a) Se logre la trabajabilidad y consistencia que permitan colocar fácilmente el concreto dentro del encofrado y alrededor del refuerzo bajo las condiciones de colocación que vayan a emplearse, sin segregación ni exudación excesiva.
- (b) Se logre resistencia a las condiciones especiales de exposición a las que pueda estar sometido el concreto, según lo requerido en el Capítulo 4.
- (c) Se cumpla con los requisitos de los ensayos de resistencia de 5.6.



---

**5.3.3.2** Cuando no se dispone de un registro aceptable de resultados de ensayos en obra, se permite que la dosificación del concreto se establezca con mezclas de prueba que cumplan con las siguientes restricciones:

- (a) Los materiales deben ser los propuestos para la obra.
- (b) Las mezclas de prueba cuyas dosificaciones y consistencias son las requeridas para la obra propuesta deben prepararse empleando al menos tres relaciones agua-material cementante o contenidos de cemento diferentes que produzcan un rango de resistencias que abarquen  $f_{cr}$ .
- (c) Las mezclas de prueba deben dosificarse para producir un asentamiento (*slump*) dentro de  $\pm 20$  mm del máximo permitido, y para concreto con aire incorporado, dentro de  $\pm 0.5\%$  del máximo contenido de aire permitido.
- (d) Para cada relación agua-material cementante o contenido de material cementante deben confeccionarse y curarse al menos tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory" (ASTM C 192M). Las probetas deben ensayarse a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar  $f_c$ .
- (e) A partir de los resultados de los ensayos de las probetas cilíndricas debe construirse una curva que muestre la correspondencia entre la relación agua-material cementante o el contenido de material cementante, y la resistencia a compresión a la edad de ensayo determinada.
- (f) La máxima relación agua-material cementante o el mínimo contenido de material cementante para el concreto que vaya a emplearse en la obra propuesta debe ser el que indique la curva para producir el valor de  $f_{cr}$  requerido por 5.3.2, a no ser que de acuerdo con el Capítulo 4 se indique una relación agua-material cementante menor o una resistencia mayor.

#### **5.4 DOSIFICACIÓN CUANDO NO SE CUENTA CON EXPERIENCIA EN OBRA O MEZCLAS DE PRUEBA**

**5.4.1** Si los datos requeridos por 5.3 no están disponibles, la dosificación del concreto debe basarse en otras experiencias o información con la aprobación del profesional responsable de la obra y de la Supervisión. La resistencia promedio a la compresión requerida,  $f_{cr}$ , del concreto producido con materiales similares a aquellos propuestos para su uso debe ser al menos 8,5 MPa mayor que  $f_c$ . Esta alternativa no debe ser usada si el  $f_c$  especificado es mayor que 35 MPa.

**5.4.2** El concreto dosificado de acuerdo con esta sección debe ajustarse a los requisitos de durabilidad del Capítulo 4 y a los criterios para ensayos de resistencia a compresión de 5.6.

#### **5.5 REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN**

En la medida que se disponga de más datos durante la construcción, se permitirá reducir la cantidad por la cual la resistencia promedio requerida,  $f_{cr}$ , debe exceder de  $f_c$  siempre que:

- (a) Se disponga de 30 o más ensayos y el promedio de los resultados de los ensayos exceda el requerido por 5.3.2.1, empleando una desviación estándar de la muestra calculada de acuerdo con la 5.3.1.1, o se disponga de 15 a 29 ensayos y el promedio de los resultados de los ensayos exceda al requerido por 5.3.2.1, utilizando una desviación estándar de la muestra calculada de acuerdo con 5.3.1.2.
- (b) Se cumpla con los requisitos de exposición especial del Capítulo 4.

#### **5.6 EVALUACIÓN Y ACEPTACIÓN DEL CONCRETO**

---

**5.6.1** El concreto debe ensayarse de acuerdo con los requisitos de 5.6.2 a 5.6.5. Los ensayos de concreto fresco realizados en la obra, la preparación de probetas que requieran de un curado bajo condiciones de obra, la preparación de probetas que se vayan a ensayar en laboratorio y el registro de temperaturas del concreto fresco mientras se preparan las probetas para los ensayos de resistencia debe ser realizado por técnicos calificados en ensayos de campo. Todos los ensayos de laboratorio deben ser realizados por técnicos de laboratorio calificados.

#### **5.6.2 Frecuencia de los ensayos**

**5.6.2.1** Las muestras para los ensayos de resistencia de cada clase de concreto colocado cada día deben tomarse no menos de una vez al día, ni menos de una vez por cada 50 m<sup>3</sup> de concreto, ni menos de una vez por cada 300 m<sup>2</sup> de superficie de losas o muros. No deberá tomarse menos de una muestra de ensayo por cada cinco camiones cuando se trate de concreto premezclado.

**5.6.2.2** Cuando en un proyecto dado el volumen total de concreto sea tal que la frecuencia de ensayos requerida por 5.6.2.1 proporcione menos de cinco ensayos de resistencia para cada clase dada de concreto, los ensayos deben hacerse por lo menos en cinco tandas de mezclado seleccionadas al azar, o en cada una cuando se empleen menos de cinco tandas.

**5.6.2.3** Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas confeccionadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de  $f_c$ .

#### **5.6.3 Probetas curadas en laboratorio**

**5.6.3.1** Las muestras para los ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con "Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete" (ASTM C 172).

**5.6.3.2** Las probetas cilíndricas para los ensayos de resistencia deben ser fabricadas y curadas en laboratorio de acuerdo con "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field" (ASTM C 31M), y deben ensayarse de acuerdo con "Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens", (ASTM C 39M).

**5.6.3.3** La resistencia de una clase determinada de concreto se considera satisfactoria si cumple con los dos requisitos siguientes:

- (a) Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos es igual o superior a  $f_c$ .
- (b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que  $f_c$  en más de 3,5 MPa cuando  $f_c$  es 35 MPa o menor, o en más de 0,1  $f_c$  cuando  $f_c$  es mayor a 35 MPa.

**5.6.3.4** Cuando no se cumpla con al menos uno de los dos requisitos de 5.6.3.3, deben tomarse las medidas necesarias para incrementar el promedio de los resultados de los siguientes ensayos de resistencia. Cuando no se satisfaga 5.6.3.3 (b), deben observarse los requisitos de 5.6.5.

#### **5.6.4 Probetas curadas en obra**

**5.6.4.1** Si lo requiere la Supervisión, deben realizarse ensayos de resistencia de probetas cilíndricas curadas en condiciones de obra.

**5.6.4.2** El curado de las probetas bajo condiciones de obra deberá realizarse en condiciones similares a las del elemento estructural al cual ellas representan, y

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.088  
2006**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle de La Prensa 136, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada  
en la producción de concreto de cemento Portland.  
Requisitos**

CONCRETE. Mixing water used in the production of Portland cement concrete. Requirements

**2006-02-16  
2ª Edición**

R.0013-2006/INDECOPI-CRT. Publicada el 2006-03-06

Precio basado en 13 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agua combinada, densidad, aditivos estabilizantes de hidratación, agua de mezcla, agua reciclada

4.2 **aditivos estabilizantes de la hidratación:** Aditivos retardadores de fraguado prolongado que controlan la hidratación del cemento en aplicaciones de concreto.

4.3 **agua no potable:** Fuentes de agua que no son aptas para el consumo humano, o si ésta contiene cantidades de sustancias que la decoloran o hacen que huelga o tenga un sabor objetable pero no contiene agua de las operaciones de producción de concreto.

4.4 **agua potable:** Agua que es apta para el consumo humano.

4.5 **agua de las operaciones de producción de concreto:** Agua recuperada de los procesos de producción de concreto de cemento Portland que incluye el agua de lavado del camión mezclador (mixer) o la que fue parte de una mezcla de concreto; agua de lluvia colectada en un recipiente en una planta de producción de concreto; o agua que contiene cantidades de los ingredientes del concreto.

## 5. REQUISITOS PARA EL USO

5.1 El agua de mezcla consistirá de:

5.1.1 Agua de la tanda (agua pesada o medida en la planta de dosificación),

5.1.2 Hielo,

5.1.3 Agua adicionada por el operador del camión mezclador,

5.1.4 Humedad libre de los agregados, y

5.1.5 Agua introducida con los aditivos cuando esta agua incrementa la relación agua/materiales cementosos por más de 0,01.

5.2 Se permitirá el uso de agua potable como agua de mezcla en el concreto sin casararla para evaluar su conformidad con los requisitos de esta NTP.

5.3 Se permitirá que el agua de mezcla que está compuesta total o parcialmente de fuentes de agua que no son potables o son provenientes de las operaciones de producción de concreto, sea utilizada en algunas proporciones para alcanzar los límites calificados y cumplir los requisitos de la Tabla 1. A opción del comprador y cuando sea apropiado para la construcción, serán especificados algunos de los límites opcionales encontrados en la Tabla 2, al momento de solicitar el concreto en conformidad con la NTP 339.114.

5.3.1 Las fuentes de agua no potable serán calificadas para su uso en conformidad con el apartado 6.1. Cuando la fuente de agua no potable es mezclada con una fuente potable, la calificación del agua de mezcla deberá ser al más alto porcentaje de la fuente no potable en el agua de mezcla combinada prevista durante la producción.

5.3.2 El agua combinada mezclada de dos o más fuentes, donde una de las fuentes incluye la que proviene de la producción de concreto, será calificada para su uso en conformidad con el apartado 6.2. El agua combinada será calificada al más alto contenido de sólidos en el agua de mezcla total prevista durante la producción. Se permitirá que el agua de mezcla contenga igual o menos sólidos totales que el nivel calificado por el ensayo.

## 6. REQUISITOS Y ENSAYOS

6.1 Para fuentes de agua de mezcla no potable (como está definido en el apartado 4.3) propuestas para su uso como agua de mezcla total o en el agua de mezcla combinada (como está definido en el apartado 4.1), se aplicará lo siguiente al agua de mezcla combinada total:

6.1.1 El agua será ensayada en conformidad con la Tabla 1 antes del primer uso y a partir de entonces cada tres meses o con mayor frecuencia cuando haya razón para creer que ha ocurrido un cambio en las características de la fuente. Cuando los resultados de cuatro ensayos consecutivos indican conformidad con la Tabla 1, se permitirá ensayar con una frecuencia menor, pero no menor que anualmente.

6.1.2 El productor mantendrá evidencia documentada de que las características del agua de mezcla combinada están en conformidad con la Tabla 2. Estos ensayos deberán

**ANEXO A**  
(NORMATIVO)

**TABLA I - Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla**

<b>Ensayo</b>	<b>Límites</b>	<b>Métodos de Ensayo</b>
Resistencia a compresión, mínimo, % del control a 7 días <sup>A</sup>	90	NTP 339.033 NTP 329.034
Tiempo de fraguado, desviación respecto al control, horas: minutos <sup>A</sup>	De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde	NTP 339.082

<sup>A</sup> Las comparaciones estarán basadas en proporciones fijas para un diseño de mezcla de concreto representativo con abastecimiento de agua cuestionable y una mezcla de control utilizando agua 100 % potable o agua destilada (Véase Anexo C).

ASTM International ha autorizado la traducción de esta norma para su uso en español con la finalidad de proporcionar a los usuarios de la traducción, con la edición inglesa, una versión idéntica y paralela en la que el contenido de la norma se considere la versión oficial.

This Spanish standard is based on ASTM C 311C 31M-08a, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, 2008, Copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380 USA. Traducción autorizada por el Comité de Normas ASTM para el uso en español.

Esta norma en español está basada en la norma ASTM C 311C 31M-08a, Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra, 2008, esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380 USA. Traducción y revisión según el acuerdo de licencia con ASTM International.



Designación: C 311C 31M-08a

## Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación C 311C 31M, el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción inicial o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última reprobación. Una edición (E) entre paréntesis indica una modificación editorial desde la última revisión o reprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su aplicación por personal del Departamento de Dólmos.

### 1. Alcance<sup>2</sup>

1.1 Esta práctica trata sobre procedimientos para preparar y curar especímenes cilíndricos y de viga de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción.

1.2 El concreto utilizado para realizar especímenes moldeados debe ser inyectado después de que hayan sido hechos todos los ajustes in situ de la dosificación de la mezcla, incluyendo la incorporación de agua de mezclado y aditivos. Esta práctica no es satisfactoria para preparar especímenes a partir de concreto que no tenga un asentamiento medible o que requiera otros tamaños o formas de especímenes.

1.3 Los valores indicados en unidades SI o en pulgada-libra deben ser considerados separadamente como los estándares. Los valores dados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes; por ello, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma. Las unidades SI se muestran entre corchetes.

1.4 Esta norma no pretende abrigar todas las regulaciones sobre seguridad, si las hay, asociadas con su utilización. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso. (Advertencia—Las mezclas cementicias hidráulicas frescas son ácidas y pueden causar quemaduras químicas en la piel y tejidos en caso de exposición prolongada.)

1.5 El texto de esta norma cita notas que proporcionan material explicativo. Estas notas no son requisitos de la norma.

### 2. Documentos citados

#### 2.1 Normas ASTM<sup>3</sup>

- C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C 138/C 138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete
- C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
- C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

<sup>1</sup> Esta práctica está bajo la jurisdicción del Comité C09 on Concrete and Concrete Aggregates de la ASTM y es responsabilidad directa del Subcomité C09.01 on Testing for Strength.

Versión actual aprobada el 1 de abril de 2008. Publicada en mayo de 2008. Aprobada inicialmente en 1928. Última revisión previa aprobada en 2008 como C 311C 31M-08.

<sup>2</sup> Ver sección sobre precauciones de seguridad, Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.01.

<sup>3</sup> Para consultar las normas ASTM citadas, visite el sitio web de ASTM, [www.astm.org](http://www.astm.org), o contacte al Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org). Para obtener información sobre *Annual Book of ASTM Standards*, consulte la página titulada *Document Summary* en el sitio web de ASTM.

Al final de esta norma aparece una sección de **Notas de Cambios**.

Otros métodos alternos pueden ser utilizados siempre que se cumplan los requisitos que limitan la temperatura y pérdida de humedad de almacenamiento del espécimen. Para ensayos de concreto con una resistencia específica de 6999 psi [48 MPa] o mayor, el calor generado durante las etapas tempranas puede exceder la temperatura por encima de la temperatura requerida de almacenamiento. La inmersión en agua saturada con hidróxido de calcio puede ser el método más fácil para mantener la temperatura requerida de almacenamiento. Cuando los especímenes van a ser ensayados en agua saturada con hidróxido de calcio, los especímenes en moldes de curado u otros moldes que se exponen cuando se convierten en agua no deberían ser utilizados. Los resultados de ensayos de resistencia temprana pueden ser mejores cuando se clasifican a 60 °F [16 °C] y mayores cuando se clasifican a 80 °F [27 °C]. Por otro lado, a efectos prácticos, los resultados de ensayos pueden ser mejores para temperaturas de almacenamiento inicial más altas.

### 10.1.3 Curado final

10.1.3.1 **Cilindros**—Al completar el curado inicial y dentro de los 30 min después de quitar los moldes, cure los especímenes con agua libre mantenida sobre sus superficies todo el tiempo a una temperatura de  $73 \pm 3$  °F [ $23 \pm 2$  °C] utilizando tanques de almacenamiento de agua o cuartos húmedos que cumplan con los requisitos de la Especificación C 511, excepto cuando trabocco con compuesto para acabados de mortero de sulfuro e inmediatamente antes de ensayar. Cuando trabocco con compuesto para trabocar de mortero de sulfuro, los extremos del cilindro deben estar suficientemente secos para evitar la formación de bolsas de vapor o espumas debajo del trabocado o dentro del mismo mayores de  $\frac{1}{8}$  in. [6 mm] como se describe en la práctica C 617. Durante un periodo no mayor de 1 h inmediatamente antes del ensayo, no se requiere temperatura de curado normalizado siempre que la humedad libre se mantenga en los cilindros y la temperatura ambiente este entre 63 y 86 °F [10 y 30 °C].

10.1.3.2 **Vigas**—Las vigas serán curadas igual que los cilindros (ver 10.1.3.1) excepto que ellas deben ser almacenadas en agua saturada con hidróxido de calcio a  $73 \pm 3$  °F [ $23 \pm 2$  °C] al menos 10 h antes de ser ensayadas. El secado de las superficies de la viga debe ser evitado antes que se seca del almacenamiento de agua y la finalización de los ensayos.

**NOTA 6**—Cualquier retrasamiento pequeño de curado de superficie en especímenes a flexión pueden producir tensiones de tracción en las fibras extremas que reducen considerablemente la resistencia a la flexión máxima.

10.1 **Curado en obra**—El curado en obra es el método de curado utilizado para los especímenes recibidos y curados como se indica en 4.3.

10.1.1 **Cilindros**—Almacene los cilindros en la estructura o sobre ella tan cerca como sea posible del punto de depósito del concreto representado. Proteja todas las superficies de los cilindros de los elementos de la manera más similar posible que la obra acortada. Provea a los cilindros con el mismo ambiente de temperatura y humedad que a la obra estructural. Ensaye los especímenes en la condición de humedad resultante del tratamiento de curado especificado. Para cumplir con estas condiciones, los especímenes hechos para determinar cuando una estructura es capaz de ser puesta en servicio deben ser quitados de los moldes al momento de quitar los encofrados de obra.

10.1.1.1 **Vigas**—Tan cerca como sea practicable, cure las vigas de la misma manera que el concreto en la estructura. Al final de  $48 \pm 4$  h después del moldeo, lleve los especímenes moldeados a la ubicación de almacenamiento y etiquete de los moldes. Almacene los especímenes que representan patines de losa sobre terreno colocándolos sobre el terreno moldeado, con sus superficies superiores hacia arriba. Cubra los lados y extremos de los especímenes con tierra o arena que debe ser mantenida húmeda, dejando las superficies superiores expuestas al tratamiento de curado especificado. Almacene los especímenes que representan el concreto de la estructura tan cerca como sea posible del punto de la estructura que ellos representen, y proveídas con la misma protección de temperatura y ambiente de humedad que a la estructura. Al final del periodo de curado deje los especímenes en el lugar expuestos a la intemperie de la misma manera que la estructura. Saque todos los especímenes de viga del almacenamiento de obra y almacene en agua saturada de hidróxido de calcio a  $73 \pm 3$  °F [ $23 \pm 2$  °C] durante  $24 \pm 4$  h inmediatamente antes del momento de ensayar para asegurar una condición uniforme de humedad entre especímenes y especímenes. Observe las precauciones dadas en 10.1.3.1 para tomar contra el secado antes al momento de sacar del curado y los ensayos.

10.1 **Curado de Concreto Estructural Entero**—Cure los cilindros de concreto estructural típicos de acuerdo con la especificación C 330.

## 11. Transporte de los Especímenes al Laboratorio

11.1 Antes de transportar, cure y proteja los especímenes como se requiere en la Sección 10. Los especímenes no deben ser transportados antes de al menos 1 h después del **curado final**. (Ver Nota 7). Durante el transporte, proteja los especímenes con un material adecuado de amortiguación para evitar daño por sacudidas. Durante el tiempo frío, proteja los especímenes de congelamiento con un material de aislamiento adecuado. Evite la pérdida de



humedad durante el transporte envolviendo los especímenes en plástico, envólvelos en papel, cubriéndolos de arena húmeda, o ajustándolos firmemente con cubiertas plásticas sobre moldes plásticos. El tiempo de transporte no debe exceder las 4 h.

*Nota 7*—El tiempo de fraguado puede controlarse por el Método de Ensayo C 403/C 403M.

## 12. Informe

12.1 Informe lo siguiente al laboratorio que ensayó los especímenes:

12.1.1 Número de identificación,

12.1.2 Ubicación del concreto representado por las muestras,

12.1.3 Fecha, hora y nombre de la persona que moldea los especímenes,

12.1.4 Aceleramiento, contenido de aire, y temperatura del concreto, resultados de ensayos y resultados de cualquier otro ensayo sobre el concreto fresco y cualquier desviación de los métodos de ensayo normalizados citados, y

12.1.5 Método de curado. Para el método de curado normalizado, informe el método de curado inicial con las temperaturas máximas y mínimas y el método de curado final. Para el método de curado en obra, informe la ubicación donde fue almacenado, modo de protección de los elementos, temperatura y humedad ambiental, y tiempo de remoción de los moldes.

## 13. Palabras clave

13.1 vigas; calidad de muestra; concreto; curado; cilindros; ensayos

## RESUMEN DE CAMBIOS

El *Comité C09* ha identificado la ubicación de cambios seleccionados para esta práctica desde su última publicación, C 31/C 31M - 08, que pueden impactar la utilización de esta práctica. (Aprobado el 1 de abril de 2008)

(1)Revisado 5.5, 5.7, 9.2, 9.3 y 9.5.

(2)Agregado del nuevo punto 5.8 y reenumeración de los párrafos subsiguientes.

El *Comité C09* ha identificado la ubicación de cambios seleccionados para esta práctica desde su última publicación, C 31/C 31M - 06, que pueden impactar la utilización de esta práctica. (Aprobado el 1 de febrero de 2008)

(1)Entizado 6.1.

(2)Revisado 6.1.

*ASTM International* no toma posición respecto a la validez de los derechos de patente declarados en relación con cualquiera de los artículos mencionados en esta norma. Los usuarios de esta norma están alertados especialmente de que la determinación de la validez de cualquiera de esos derechos de propiedad intelectual y el riesgo de infracción, son enteramente su propia responsabilidad.

Esta norma está sujeta a revisión en todos momentos por el Comité Técnico responsable y debe ser reevaluada cada cinco años y si no se revisa, deberá ser reafirmada o retirada. Si se requiere cualquier comentario para la revisión de esta norma o para normas relacionadas, se deberán que los haga llegar a las oficinas de ASTM International, 100 Brook Hill Drive, West Conshohocken, PA 19380-1502, USA. Si cualquier cambio adicional es requerido, en una reunión de Comité Técnico responsable, a la que debe asistir el solicitante, si usted quiere que sus comentarios se den cuenta que el Comité debe ser informado por el ASTM Committee on Standards, a la dirección indicada abajo.

Esta norma está protegida por los derechos de autor de la ASTM International, 100 Brook Hill Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-1502, USA. Si quiere obtener copia (impresa o electrónica) de esta norma contacte a ASTM en la dirección dada o a 810-285-6000 (teléfono), 810-285-6000 (fax), o [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail) o a través del sitio web de la ASTM ([www.astm.org](http://www.astm.org)).

ASTM International se reserva todos los derechos de esta norma pero se le autoriza el uso de la información o el título de la norma con la condición de que ASTM International y sus productos no sean utilizados para fines de lucro. Para más información, consulte el sitio Web de ASTM International, [www.astm.org](http://www.astm.org), o contacte al Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org). Para obtener información sobre Annual Book of ASTM International, consulte la página [www.astm.org](http://www.astm.org).  
Esta norma es propiedad de ASTM International. Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción, total o parcial, de esta norma sin el consentimiento escrito de ASTM International. 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380, USA.  
Esta norma es propiedad de ASTM International. Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción, total o parcial, de esta norma sin el consentimiento escrito de ASTM International. 100 Bar Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19380, USA.  
Esta norma es propiedad de ASTM International. Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción, total o parcial, de esta norma sin el consentimiento escrito de ASTM International.



Designación: C 150-07

## Especificación Normalizada para Cemento Portland<sup>1</sup>

Esta norma ha sido publicada bajo la designación Tipo C 150. El número de especificación referente a la designación indica el año de adopción inicial o, en caso de revisiones, el año de la última revisión. En su momento, esta especificación fue el título de la última especificación. Una *fecha de cancelación* indica la fecha de eliminación de esta especificación.

Esta norma ha sido aprobada para su uso en la práctica del Registro de Comercio de Estados Unidos.

### 1. Alcance

1.1 Esta especificación trata sobre los siguientes ocho tipos de cemento Portland (ver Nota 2):

1.1.1 Tipo I—Para usar cuando no se requieren las propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

1.1.2 Tipo IA—Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo I, donde se desea incorporación de aire.

1.1.3 Tipo II—Para uso general, más específicamente cuando se desea resistencia moderada a los sulfatos o calor de hidratación moderado.

1.1.4 Tipo IIA—Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo II, donde se desea incorporación de aire.

1.1.5 Tipo III—Para usar cuando se desea alta resistencia temprana.

1.1.6 Tipo IIIA—Cemento incorporador de aire para los mismos usos que el Tipo III, donde se desea incorporación de aire.

1.1.7 Tipo IV—Para usar cuando se desea baja calor de hidratación.

1.1.8 Tipo V—Para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

NOTA 1—Algunos cementos son designados con una clasificación de tipo combinada, tal como Tipo I II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos indicados y que se ofrece como apropiado para el uso cuando se desea cualquiera de los tipos.

NOTA 2—Los cementos con marcas o requisitos para otros tipos no están designados en esta norma. Antes de especificar el uso de un cemento diferente al Tipo I, verifique si el tipo de cemento propuesto está designado o puede usarse.

1.2 Cuando las unidades SI y unidades pulgada-libra están presentes, las unidades SI son consideradas como estándares. Las unidades pulgada-libra son aproximaciones incluídas como información adicional.

1.3 El texto de esta norma, esta norma y notas al pie de página los cuales brindan material explicativo. Estas notas y notas al pie de página (incluyendo las dadas en tablas y figuras) no deben ser consideradas como requisitos de la norma.

### 2. Documentos citados

2.1 Normas ASTM:<sup>2</sup>

C 33 Specification for Concrete Aggregates

C 51 Terminology Relating to Lime and Limestone (as used by the Industry)

C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

<sup>1</sup>Esta especificación está bajo la jurisdicción del Comité C01 sobre Cemento de la ASTM y es responsabilidad directa del Subcomité C01.1 sobre Cemento y Mortar de esta Comisión de Cemento y Mortar.

<sup>2</sup>Ver la actual edición del 1 de agosto de 2007. Publicado en junio de 2007. Aprobado inicialmente en 1940. Última revisión revisada aprobada en 2007 como C 150-07.

<sup>3</sup>Para consultar las normas ASTM citadas, visite el sitio Web de ASTM, [www.astm.org](http://www.astm.org), o contacte al Servicio de Atención al Cliente de ASTM en [service@astm.org](mailto:service@astm.org). Para obtener información sobre Annual Book of ASTM International, consulte la página [www.astm.org](http://www.astm.org) o visite el sitio Web de ASTM.

\*Al final de esta norma aparece un Resumen de Cambios.

### **Cementos Pacasmayo S.A.A.**

La fábrica de Cementos Pacasmayo fue inaugurada el 27 de noviembre de 1957 con la presencia de varias personalidades de la época. Cementos Pacasmayo se caracteriza por ser una empresa versátil e innovadora que busca satisfacer constantemente las distintas necesidades constructivas del país.

Debido a esta versatilidad e innovación ha seguido creando cementos especializados que pueden atender todo tipo de obras, tanto para consumo masivo como para obras que requieren especificaciones muy particulares.

Se producen los siguientes tipos de cemento, cada uno diseñado para usos específicos.

Cemento Portland Tipo I

Cemento Portland Tipo II

Cemento Portland Tipo V

Cemento Portland Puzolánico Tipo IP

Cemento Portland Compuesto Tipo 1Co

Cemento Portland MS

Cemento Portland Extraforte

Cemento Portland Extradurable

### **Cementos Selva S.A.**

Empresa de fabricación y comercio de cemento, subsidiaria de Cementos Pacasmayo. Fue creada en el año 2000. Es dueña de la planta de producción ubicada en la ciudad de Rioja, San Martín. Se producen los siguientes tipos de cementos:

Cemento Portland Tipo I

Cemento Portland Tipo II

Cemento Portland Tipo V

Cemento Portland Puzolánico Tipo IP

Cemento Portland Compuesto Tipo 1Co

### **Cemento Sur S.A.**

Cemento Sur S.A., empresa subsidiaria de Yura S.A., tiene como actividad principal la producción y comercialización de cemento así como de cal. Su planta está ubicada en el distrito de Caracolo, provincia de San Román, departamento de Puno.

Abastace a la zona alto andina del sudeste del país así como a la zona de selva de la región sur oriental. Sus productos son:

Cemento Portland Tipo I - Marca "Rumi"

Cemento Portland Puzolánico Tipo IPM - Marca "Inli"

Cemento Portland Tipo II

Cemento Portland Tipo V

### **Yura S.A.**

Yura S.A., desde 1966 se ha constituido en un importante eje de desarrollo de la Macro Región Sur del Perú, cuenta con las Divisiones de Cemento y de Concretos.

En Cementos es el cuarto productor nacional de cemento, liderando el abastecimiento del mercado costero y andino del sur del Perú. Tiene consolidado el liderazgo y la aceptación en su mercado de influencia gracias a su cemento adicionado con puzolana natural. Su División de Concretos presta servicios a la industria de la construcción, produce: concreto premezclado, prefabricados de concreto, y es líder en el mercado de la zona sur del país.

Los tipos de cemento que produce son:

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 400.037  
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

**AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para  
agregados en hormigón (concreto)**

AGGREGATES. Standard specification for concrete aggregates

**2002-02-14  
2ª Edición**

R.0013-2002/INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-02-27

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, hormigón, requisitos

como la trabajabilidad o retención de agua). Pueden ser inertes o poseer propiedades ligeramente hidráulicas, hidráulicas laterales o puzolánicas.

4.13 **agregado global:** Mezcla de agregado fino y agregado grueso, normalizado por una granulometría.

## 5. CONDICIONES GENERALES

El vendedor de agregados deberá incluir la información que se indica a continuación:

- a) Si se trata de agregado fino, agregado grueso
- b) La referencia a esta NTP 400.037
- c) La cantidad en metros cúbicos o toneladas.

## 6. REQUISITOS

### 6.1 Requisitos obligatorios

6.1.1. La granulometría del agregado grueso, será determinada de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.012 y deberá cumplir con la gradación de la Tabla 1.

6.1.2. La granulometría del agregado fino se determinará de acuerdo a lo estipulado en la NTP 400.012, deberá cumplir con los límites de la Tabla 2.

**TABLA 1 - Requisitos granulométricos del agregado grueso**

TIPO DE MATERIAL	FRACCIONES QUE FORMAN LAS UNIDADES REGULADORAS											
	119 mm (4 1/2 pulg)	149 mm (5 7/8 pulg)	190 mm (7 1/2 pulg)	250 mm (9 7/8 pulg)	315 mm (12 3/8 pulg)	375 mm (14 7/8 pulg)	475 mm (18 3/4 pulg)	600 mm (23 5/8 pulg)	750 mm (29 1/2 pulg)	950 mm (37 1/4 pulg)	1190 mm (46 7/8 pulg)	1490 mm (58 5/8 pulg)
1. Agregado para concreto	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2. Agregado para concreto de alta resistencia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
17. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20. Agregado para concreto de alta resistencia con fibra y fibra de vidrio y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono y fibra de kevlar y fibra de aramida y fibra de carbono	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

NOTA: Se permite el uso de agregados que no concuerden con las fracciones reguladoras, siempre y cuando existan ensayos calificados o calificaciones de las partes, que aseguren que el material producido cumple con los requisitos de la tabla respectiva.

**TABLA 2 - Análisis granulométrico del agregado fino**

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

**NOTAS:**

2. Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida.

3. El hormigón (concreto) con agregado fino cercano a los mínimos porcentajes de las mallas 300 µm (No. 50) y 150 µm (No. 100), pueden tener dificultades con la trabajabilidad, bombeado o excesiva exudación, lo que puede regularse con adiciones finas (fillers) o aditivos incorporadores de aire.

4. El módulo de finesa recomendable estará entre 2,3 y 3,1.

**6.1.3 Sustancias dañinas:** Las sustancias dañinas, no excederán los límites especificados en la Tabla 3

**TABLA 3 - Sustancias dañinas**

Ensayos	Agregado fino	Agregado grueso
Partículas deleznable, máx porcentaje	3	3
Material más fino que el tamiz normalizado 75 µm (No. 200), máx. porcentaje:		
Concreto sujeto a abrasión	3(A)	1
Otros concretos	5(A)	1
Carbón y lignito, máx. porcentaje	0,5	0,5
Impurezas orgánicas	El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica, cuando se determine según lo estipulado la NTP 400.024, se deberá considerar satisfactorio. El agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser utilizado si al determinarse el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia de morteros, según lo estipulado en la NTP 400.013, la resistencia relativa a los 7 días no será menor de 95 %.	

(A) En el caso de arena manufacturada, si el material está libre de limos y arcillas, estos límites podrán ser aumentados a 5 % y 7 % respectivamente.

Nota 3: Al realizar el ensayo de impurezas orgánicas según la NTP 400.024 (colorimétrico), la coloración puede deberse a la presencia de otras sustancias, para lo cual existe el método alternativo NTP 400.013.

## 6.2 Requisitos complementarios

El agregado grueso a ser utilizado en hormigones (concretos) de resistencia de diseño igual o mayor a 210 kg/cm<sup>2</sup> (f'c) utilizados en pavimentos, deberán cumplir además de los requisitos obligatorios, los requisitos complementarios siguientes:



**6.2.1 Resistencia mecánica:** La resistencia mecánica del agregado de acuerdo a la NTP 400.020 y la NTP 400.038 será tal que los valores no excedan a los de la Tabla 4.

**TABLA 4 - Resistencia mecánica de los agregados**

Métodos alternativos	No mayor que %
Abrasión (Método de los Angeles)	30
Valor de Impacto del Agregado	30

**6.2.2** El agregado a usarse en hormigón (concreto), que va a estar sujeto a problemas de congelación y deshielo, deberá cumplir además de los requisitos obligatorios, el requisito de resistencia a la desagregación por medio de ataque de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, la pérdida promedio de masa después de cinco ciclos no deberá exceder los valores de la Tabla 5.

**TABLA 5 - Pérdida por ataque de sulfatos**

Agregado Fino		Agregado Grueso	
Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio	Si se utiliza solución de sulfato de sodio	Si se utiliza solución de sulfato de magnesio
10 %	15 %	12 %	18 %

### **6.3 Requisitos opcionales**

**6.3.1 Índice de espesor:** No mayor de 50 en agregados naturales y de 35 en agregados triturados.

**6.3.2 Reactividad potencial alcalina cemento-agregado (Método de la Barra de mortero):** El agregado utilizado en hormigones (concretos) sujetos permanentemente a la acción de la humedad o contacto con suelos húmedos, no deberá contener minerales potencialmente reactivos que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas del hormigón (concreto).

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 339.035  
1999**

---

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle De La Proca 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

## **HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams**

CONCRETE. Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. Using Abram's cone

**1999-04-21  
2ª Edición**

R.0021-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-04-29

Precio basado en 6 páginas

LC.S: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Concreto, método de ensayo, medida del slump o asentamiento, cono de abrams

#### 4. SIGNIFICADO Y USO

4.1 Este método de ensayo se da para proveer al usuario de un procedimiento para determinar el asentamiento de concreto plástico.

4.2 Este método se aplica para concretos plásticos con agregados hasta 1 1/2 pulgadas (37,5 mm). Si el agregado es mayor, el método es aplicable cuando el ensayo se realiza con la fracción de concreto que pasa la malla de 1 1/2 pulgadas, removiendo los agregados mayores de acuerdo con la sección titulada "additional procedures for large maximum size aggregate concrete" de la norma ASTM C 172.

4.3 Este método de ensayo no se considera aplicable a concretos no plásticos y no cohesivos.

#### 5. APARATOS

5.1 **Molde (cono de Abrams):** El molde está constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, con un espesor mínimo de 1,5 mm y su forma es la de un tronco de cono abotado en sus extremos. Las dos bases son paralelas entre sí: de 20 cm de diámetro en la base inferior y 10 cm de diámetro en la base superior formando ángulo recto con el eje del cono. La altura del cono es de 30 cm y será provisto de agarraderas de aleta de pie, según se representa en la figura 1.

5.2 **Barra compactadora:** Una barra de acero lisa de 16 mm (5/8 pulgadas) de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud y terminado en punta semiesférica.

#### 6. MATERIALES

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

#### 7. PROCEDIMIENTO

7.1 Moje el molde y colóquelo sobre una superficie plana no absorbente. Se mantenga inmóvil pisando firmemente las aletas. Seguidamente se llena vaciando el hormigón en tres capas, de modo que cada capa ocupe la tercera parte del volumen del molde.

7.2 Cada capa se compacta dando 25 golpes con la barra compactadora distribuidos y aplicados uniformemente en toda la sección. En la capa inferior es necesario inclinar un poco la barra y dar la mitad de los golpes cerca del perímetro, acercándose progresivamente en espiral hacia el centro de la sección. La capa inferior se compacta en todo su espesor. Las capas siguientes se compactan de igual modo procurando que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior.

7.3 El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si después de compactar hubiere una deficiencia de material, se añaden la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde. Luego se procede a enrasar utilizando una plancha de albañilería o la barra compactadora.

7.4 Una vez terminada la operación anterior, se levanta el molde cuidadosamente en dirección vertical (Véase nota 1). Inmediatamente después se mide el asentamiento determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro de la cara superior del cono deformado.

**NOTA 1:** Esta operación se hará aproximadamente en 5 a 10 s evitándose los movimientos laterales o rotacionales. La operación completa desde el principio de llenado hasta la retracción del molde se hará sin interrupción, y en un tiempo no mayor de 2,5 min.

7.5 En caso de que se presente una falla por corte, como muestra la Figura - 2, donde se aprecia una separación de una parte de la masa (véase nota 2), este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra.

**NOTA 2:** Si esto ocurre dos veces consecutivas en una mezcla de hormigón presumiblemente carece de la plasticidad y cohesión necesaria para la validez de este ensayo.

## 8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

La consistencia del hormigón se establece por el asentamiento el que está determinado por la diferencia entre la altura del molde y la altura del cono deformado, medida en el eje y expresada en centímetros o en pulgadas.

## 9. INFORME

En el informe se deben suministrar los siguientes datos:

## ANEXO B



ASENTAMIENTO VERDADERO



ASENTAMIENTO DE CORTE



ASENTAMIENTO DE DERRUMBAMIENTO

FIGURA 2 - Croquis referenciales

1 Para facilidad, la primera capa se ubica a una altura de 67 mm y la segunda a 153 mm

## ASTM Designación: C 138 – 01

### Método de Ensayo Estándar para REVENIMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRAULICO.

Este método ha sido editado con la designación C 138, el número que sigue inmediatamente a la designación señala su año de adopción original o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número en paréntesis indica el año de la última aprobación. Una letra apóstrofo en superíndice (c) señala un cambio editorial desde la última revisión o aprobación.

Este método ha sido aprobado para su uso por el Departamento de Defensa.

#### 1. Alcances<sup>1</sup>

1.1. Este método de ensayo cubre la determinación del revenimiento del concreto, en el laboratorio y en el campo.

1.2. Los valores establecidos en unidades libras-pulgadas son considerados como el estándar. Los equivalentes métricos de las unidades libras-pulgadas pueden ser aproximados.

1.3. Esta norma puede involucrar materiales, operaciones y equipo peligroso. Esta norma no pretende dar todas las direcciones de los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

1.4. *Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso. (Peligro - Mezclas cementicias hidráulicas frescas son cáusticas de advertencia y pueden causar quemaduras químicas a la piel y tejidos en exposición prolongada)*

#### 2. Documentos de referencia

2.1. Estándares ASTM:

C 172 Práctica para Muestreo de Concreto Recién Mezclado

C 670 Práctica para la Elaboración de Probación y sesgos, Declaraciones de Métodos de Ensayo de Materiales de Construcción

#### 3. Resumen del método

3.1. Una muestra de concreto fresco es colocada y compactada mediante varillado en un en un molde con forma de cono truncado. El molde es levantado y el concreto se hunde. La

distancia entre la posición original y desplazada del canto de la cara superior del concreto es medida y reportada como el revenimiento del concreto.

Este método de ensayo se encuentra bajo la jurisdicción del Comité ASTM con cargo a cargo y asignación de recursos y de responsabilidad dentro del Subcomité C09.00 sobre Ensayos de Materiales Plásticos.

Edición actual (revisada) 1 enero de 2001. Publicado en enero de 2001. Originalmente aprobado en 1980. Última edición anterior aprobada en junio de 1994.

2 Sección de Procedimientos de Seguridad, Manual de Armas y Materiales Peligrosos, Administración de Asuntos de Salud y Seguridad.

3 Para las normas ASTM citadas, véase el sitio web de ASTM, [www.astm.org](http://www.astm.org), o contacte ASTM Servicio al Cliente, el servicio@astm.org. Para Actualización de ASTM Standards, información del volumen, consulte la página Resources del documento en la línea en el sitio web de ASTM.

#### 4. Significado y Uso

4.1. Este método de ensayo pretende proporcionar al usuario con un procedimiento para determinar el revenimiento de un concreto de cemento hidráulico plástico.

*Nota 1 - Este método de ensayo fue establecido originalmente para proporcionar una técnica para mantener la consistencia de un concreto en un recipiente. Bajo condiciones de laboratorio, con el tipo correcto de mezcla, los materiales del concreto, el revenimiento de un concreto endurecido para incrementar proporcionalmente con el contenido de agua de una mezcla de cemento pasta, y por lo tanto se involucran vinculadas con la reafirmación del concreto. Bajo condiciones de campo, se envía, como una muestra de ensayo, no está claro y considerablemente disminuida. Cuando se usan los términos de los tipos de revenimiento relativos a resistencia concreta bajo condiciones de campo.*

4.2. Este método de ensayo se considera aplicable a concreto plástico que contiene agregado grueso con tamaño hasta de 1 1/2 pulg. (37.5 mm). Si el agregado grueso es de tamaño mayor que 1 1/2 pulg. (37.5 mm) el método es aplicable cuando es hecho en la fracción de concreto que pasó la malla de 1 1/2 pulg. (37.5 mm), siendo removido el agregado de tamaño mayor, de acuerdo con la sección

## ASTM C 1064-05

**Tabla 1 Precisión**

Asentamiento a 1 día (in/in)	Desviación estándar (in)		Rango aceptable de los resultados (in)	
	Fig.	mm	Fig.	mm
Precisión de un solo ensayo				
Asentamiento 12 pulg. (30 mm)	0.21	5	0.62	16
Asentamiento 24 pulg. (60 mm)	0.30	8	0.87	22
Asentamiento 36 pulg. (90 mm)	0.40	10	1.12	28
Precisión multiensayos				
Asentamiento 12 pulg. (30 mm)	0.21	7	0.62	20
Asentamiento 24 pulg. (60 mm)	0.30	10	0.87	28
Asentamiento 36 pulg. (90 mm)	0.51	11	1.08	33

Todo número representado repetidamente en esta tabla indica el número de ensayos (N) en (N)

9.1.4. Precisión multilaboratorio - La desviación estándar multilaboratorio representada por (1s) se muestra en la tabla 1 por los valores de asentamiento promedio. Los resultados reportados para las lecturas de réplica se aplican a las pruebas realizadas por diferentes operadores de diferentes laboratorios que realizan los ensayos, con una diferencia

menor a 4 minutos entre ellas. Por lo tanto, los resultados aceptables de dos ensayos de asentamiento apropiadamente realizados sobre el mismo material (Nota 7) por dos laboratorios no difirán uno del otro en más del valor (d2s) de la última columna de la Tabla 1 para el valor de asentamiento apropiado y precisión multilaboratorio.

NOTA 7 - "Los mismos materiales", es el término para especificar concreto recién colocado de un lote.

9.2. Sesgo - Este método de ensayo no tiene sesgo, ya que el asentamiento se define únicamente en términos de este método de ensayo.

## 10. Palabras Claves

10.1. Concreto, como, consistencia, plasticidad, caída, trabajabilidad

## RESUMEN DE CAMBIOS

Comité C09 ha identificado la ubicación de cambios seleccionados para este método de ensayo desde la última publicación, C 143 / C 143M - 05a, que pueden impactar en la utilización de este método de ensayo. (Aprobado el 1 marzo del 2008)

(1) Se ha añadido una definición para una primicia en la nueva 5.4

(2) Se ha añadido una descripción de cómo usar una cucharada en 7.1

La American Society for Testing and Materials no tiene ninguna posición frente a la validez de cualquier derecho de patente relacionado con cualquiera de los puntos mencionados en esta norma. A los usuarios de esta norma se les advierte expresamente que la determinación de la validez de cualquiera de esos derechos potenciales, y el riesgo de infringir esos derechos, son de su entera responsabilidad.

Esta norma podrá ser revisada o reemplazada en cualquier momento por el comité técnico responsable y deberá ser reevaluada cada cinco años y, en caso de no ser renovada, será reprobada o reemplazada. La ASTM le invita a expresar sus comentarios ya sea para la revisión de esta norma o para otros puntos relacionados, los que deberán dirigirse a las Oficinas Centrales de la ASTM. Sus comentarios serán estudiados cuidadosamente durante una reunión del comité técnico responsable, a la que usted podrá asistir. En caso de que usted encuentre que sus comentarios no fueron atendidos adecuadamente, puede presentar sus consideraciones al Comité de Normas de la ASTM, en la dirección señalada más adelante.

Los derechos de esta norma se encuentran reservados por la ASTM, 100 Bay Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19380-2929, United States. Se puede obtener información (copias únicas o múltiples) de esta norma en la dirección mencionada o en el fax 610-632-0205, en el fax 610-632-9555, en el correo [subscriptions@astm.org](mailto:subscriptions@astm.org) o bien el sitio web de la ASTM [www.astm.org](http://www.astm.org)

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 400.022  
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 178, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

## **AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino**

**AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate**

**2002-05-16  
2ª Edición**

R.0048-2002/INDECOPI-CRT. Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 05 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptores: Absorción, agregado, agregado fino, peso específico



**5.2 Frasco:** Frasco volumétrico de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad, calibrado hasta 0,1 cm<sup>3</sup> a 20 °C.

**5.3 Molde cónico:** Metálico de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior, y 75 mm ± 3 mm de altura.

**5.4 Barra compactadora** de metal de 340 g ± 15 g de peso con un extremo de superficie plana circular de 25 mm ± 3 mm de diámetro.

**5.5 Estufa:** Una estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C.

## 6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Se coloca aproximadamente 1 000 g del agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a peso constante a una temperatura 110 °C ± 5 °C. Se cubre la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas. Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se coloca en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca (NOTA 1).

**NOTA 1:** El procedimiento descrito se realiza con la intención de asegurar que la determinación del primer ensayo se realiza con algo de agua libre en la muestra. Si el cono de agregado se desmorona al primer intento, es por secado más allá de su condición de saturación con superficie seca. En este caso, se agregará unas centímetros cúbicos de agua y para después mezclarlo completamente, se dejará reposar en un envase tapado. Luego se continuará nuevamente el proceso.

## 7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

7.1 Se introduce de inmediato en el frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 500 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 23 °C ± 2 °C .

7.2 Después de una hora se llena con agua hasta los 500 cm<sup>3</sup> y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0,1 g .

7.3 Se saca el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, se enfía a temperatura de ambiente en un secador durante ½ hora a 1 1/2 hora y se pesa.

## 8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

### 8.1 Peso específico de masa (P<sub>em</sub>)

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

Donde:

- P<sub>em</sub> = Peso específico de masa;
- W<sub>o</sub> = Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos;
- V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>
- V<sub>a</sub> = Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> de agua añadida al frasco.

### 8.2 Peso específico de masa saturado con superficie seca (P<sub>eSSS</sub>)

$$P_{eSSS} = \frac{500}{V - V_a} \times 100$$

**8.3      Peso específico aparente ( $P_{ca}$ )**

$$P_{ca} = \frac{(W_o)}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

**8.4      Absorción ( $A_b$ )**

$$A_b = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

**9.              REPORTE**

9.1      Reportar el resultado del peso específico con aproximación a 0,01, e indicar el tipo de peso específico, ya sea de masa, saturado superficialmente seco o aparente.

9.2      Reportar el resultado de absorción con aproximación a 0,1 %.

**10.            ANTECEDENTE**

ASTM C 128:1997	Standard test method for specific gravity and absorption of fine aggregate
-----------------	--

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.184  
2002**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 1145

Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo  
normalizado para determinar la temperatura de mezclas de  
hormigón (concreto)**

CONCRETE. Standard test method for determining temperature of freshly mixed cement concrete

**2002-05-16  
1ª Edición**

R.0048-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 05 páginas

LC.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Hormigón, hormigón (concreto), temperatura, mezcla fresca, cemento Portland

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

3.1 Esta Norma Técnica Peruana se aplica para medir la temperatura de mezclas de hormigón (concreto) fresco y puede ser usado para verificar la conformidad con un requerimiento especificado para la temperatura del hormigón (concreto) fresco en obra.

3.2 El hormigón (concreto) que contenga agregado de tamaño máximo nominal superior a 75 mm (3 pulg) puede requerir hasta 20 minutos para la transferencia de calor del agregado al mortero. (Véase el reporte del Comité ACI 207.1).

### 4. APARATOS

4.1 **Recipiente:** El recipiente para la muestra debe ser de material no absorbente y lo suficientemente amplio para proveer al menos 75 mm (3 pulg) de hormigón (concreto) en todas las direcciones alrededor del sensor del dispositivo para la medición de temperatura. El espesor de hormigón (concreto) deberá ser también al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso.

4.2 **Dispositivo para medición de temperatura:** El dispositivo deberá ser capaz de medir la temperatura de la mezcla de hormigón con una exactitud de  $\pm 0,5$  °C, a lo largo de todo el rango de temperatura (0 °C a 50 °C). El dispositivo para medición de temperatura requerirá una inmersión de 75 mm (3 pulg) o menos durante la operación.

4.3 Los termómetros de vidrio de inmersión parcial (y posiblemente de otros tipos) deberán tener una marca permanente hasta la que debe sumergirse sin aplicar un factor de corrección.

4.4 **Dispositivo de medición de temperatura de referencia:** El dispositivo de referencia será legible y con una exactitud de lectura a 0,2 °C que haya sido verificado según el apartado 5.1. El certificado o informe que verifique la exactitud estará disponible en el laboratorio para revisión. El certificado o informe proveerá la documentación estándar de referencia usada para que la verificación sea trazable con la NIST.

## 5. CALIBRACIÓN DEL DISPOSITIVO PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

5.1 Cada dispositivo usado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto) fresco deberá calibrarse anualmente, o cuando hayan dudas sobre su exactitud. Esta calibración deberá realizarse comparando las lecturas a dos temperaturas espaciadas por lo menos 15 °C .

5.2 La calibración del dispositivo de medición de temperatura puede hacerse en aceite u otro líquido aparente que tenga densidad uniforme si se toman provisiones para:

5.2.1 Mantener el líquido a temperatura constante con una tolerancia de 0,2 °C durante la duración de la calibración.

5.2.2 Mantener ambos, el dispositivo de medición de temperatura y el de referencia, en el líquido por un mínimo de 5 minutos antes de tomar lecturas.

5.2.3 Hacer circular continuamente el líquido para tener una temperatura uniforme.

5.2.4 Golpear levemente los termómetros de vidrio para evitar que el líquido quede adherido si la temperatura va disminuyendo.

5.3 Si está especificada una temperatura límite, calibrar el dispositivo de medición de temperatura dentro de  $\pm 2$  °C de dicha temperatura.

## 6. MUESTREO DEL HORMIGÓN (CONCRETO)

6.1 La temperatura de la mezcla de hormigón (concreto) fresco puede medirse en el equipo de transporte si el sensor del dispositivo de medición de temperatura está rodeado por al menos de 75 mm (3 pulg) de hormigón (concreto) en todas las direcciones.

6.2 La temperatura de la mezcla de hormigón (concreto) fresco puede medirse usando el encofrado como recipiente, luego de ser colocada.

6.3 Si no se emplea el encofrado como recipiente debe prepararse una muestra de la manera siguiente:

6.3.1 Inmediatamente antes del muestreo humedecer con agua el recipiente donde se colocará la muestra.

6.3.2 Muestrear el hormigón (concreto) de acuerdo con la NTP 339.036, excepto si el único objetivo es medir la temperatura, en cuyo caso no se necesita la obtención de muestras compuestas como indica la norma.

6.3.3 Colocar la mezcla de hormigón (concreto) fresco dentro del recipiente.

6.3.4 Cuando el hormigón (concreto) contiene agregado con tamaño máximo nominal mayor de 75 mm (3 pulg), puede requerir 20 minutos antes de que la temperatura se estabilice luego del mezclado.

## 7. PROCEDIMIENTO

7.1 Colocar el dispositivo de medición de temperatura en la mezcla de hormigón (concreto) fresco, de tal modo que el sensor esté sumergido un mínimo de 75 mm (3 pulg). Presionar levemente el hormigón (concreto) en la superficie alrededor del dispositivo de medición de temperatura para que la temperatura ambiente no afecte la lectura.

7.2 Dejar introducido el dispositivo medidor de temperatura en el hormigón (concreto) fresco por un mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, y a continuación leer y registrar la temperatura.

7.3 Completar la medición de temperatura dentro de los 5 minutos luego de haberse obtenido la muestra.

**PESO UNITARIO Y VACÍOS DE LOS AGREGADOS****MTC E 203 – 2000**

Este libro Operativo está basado en la Norma ASTM C 29, el mismo que se ha adaptado a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestro medio. Cabe indicar que esta Norma Operativa está sujeta a revisión y actualización continua.

Esta Norma Operativa no protege los derechos de autor. Si se permite el uso de esta norma con la intención de reproducirla y distribuirse, siempre se debe citar la fuente de origen.

**1. OBJETO**

Establecer el método para determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados, ya sean finos, gruesos o una mezcla de ambos.

**2. APARATOS**

2.1 Balanza. Debe medir con una exactitud de 0.1% con respecto al material usado.

2.2 Varilla compactadora, de acero, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo debe ser semiesférico y de 6 mm de radio (5/16").

2.3 Recipientes de medida, metálicos, cilíndricos, preferiblemente provistos de agarraderas, a prueba de agua, con el fondo y borde superior pulidos, planos y suficientemente rígidos, para no deformarse bajo duras condiciones de trabajo. Los recipientes de 15 a 30 litros deben ir reforzados en su boca con una banda de acero de 40 mm de ancho. La capacidad del recipiente utilizado en el ensayo, depende del tamaño máximo de las partículas del agregado que se va a medir, de acuerdo con los límites establecidos en la Tabla Nº 1.

El espesor del metal se indica en la tabla Nº 2. El borde superior será pulido y plano dentro de 0.25 mm y paralelo al fondo dentro de 0.5%. La pared interior deberá ser pulida y continua.

**3. PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO**

3.1 Método del epsilonado. Para agregados de tamaño nominal menor o igual que 39 mm (1 1/2").

- El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo.
- Cada una de las capas se empareja con la mano y se epsilon con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.





- Al apisonar la primera capa, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.
- Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno, en kg (lb).

3.2 Método del vibrado. Para agregados de tamaño nominal, comprendido entre 39 mm (1 1/2") y 100 mm (4").

- El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo.
- Cada una de las capas se compacta del siguiente modo: se coloca el recipiente sobre una base firme y se inclina, hasta que el borde opuesto al punto de apoyo, diste unos 50 mm (2") de la base. Luego se suelta, con lo que se produce un golpe seco y se repite la operación inclinando el recipiente por el borde opuesto. Estos golpes alternados se ejecutan 25 veces de cada lado, de modo que el número total sea 50 para cada capa y 150 para todo el conjunto.
- Una vez compactada la última capa, se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación con el plano de enrase, y se determina el peso en kg (lb) del recipiente lleno.

3.3 Método de llenado con palas, lompas, cucharas grandes. Para determinar el peso unitario del agregado suelto, para agregados de tamaño nominal hasta de 100 mm (4").

- Se llena el recipiente por medio de una herramienta, de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm (2"), por encima del borde(s) hasta colmarlo. Se debe tener cuidado de que no se segreguen las partículas de las cuales se compone la muestra.
- Se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación con el plano de enrase y se determina el peso en kg (lb), del recipiente lleno.

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.034  
2015**

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

## **CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas**

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2015-12-22**  
**4ª Edición**

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

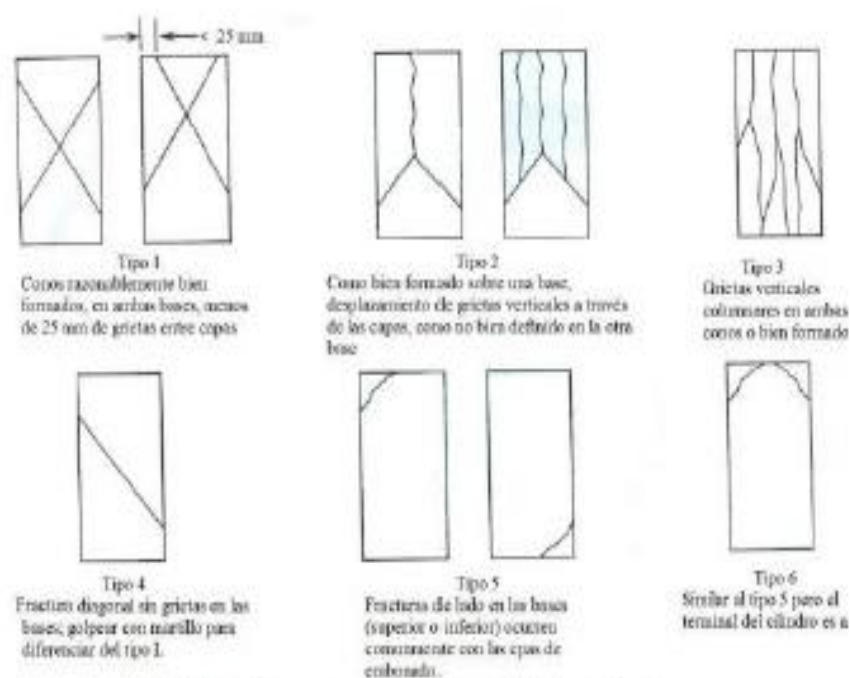


FIGURA 2 - Esquema de los patrones de tipos de fracturas

## 11. PRECISIÓN Y SESGO\*

### 11.1 Precisión

11.1.1 Precisión dentro del ensayo: La tabla siguiente provee la precisión de repetibilidad de cilindros de ensayo de 150 mm por 300 mm y de 100 mm por 200 mm hechos de una muestra de concreto bien elaborada bajo condiciones de laboratorio y obra (Véase 11.1.2).

\* Los resultados obtenidos usando este método de ensayo corresponden a la Norma ASTM C39/C39 M - 15a.  
© INACAL 2015 - Todos los derechos son reservados

## Anexo 5. Informe de laboratorio

### Anexo 5.1. Resultado de análisis granulométrico



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS :	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'c = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO	REGISTRO N°:	CC-ARC-GR-01
	VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	PAGINA N°:	01 de 01
SOLICITA :	CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	CANTERA :	La Sorpresa
		FECHA:	14/04/2021

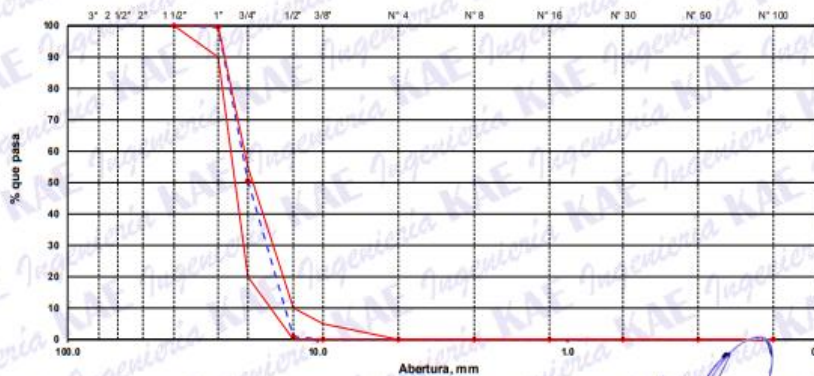
#### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C-136, MTC E204)

ABERTURA (mm)	TAMIZ	RETENIDO MATERIAL (gr)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	% PASA	ASTM "LIM INF."	ASTM "LIM SUP."
100.00	4"						
90.00	3 1/2"						
75.00	3"						
63.00	2 1/2"						
50.00	2"						
37.50	1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	100	100
25.00	1"	23.36	0.52	0.52	99.48	90	100
19.00	3/4"	2215.07	48.87	49.39	50.61	20	55
12.50	1/2"	2252.96	49.71	99.10	0.90	0	10
9.50	3/8"	39.66	0.88	99.97	0.03	0	5
4.75	N° 4	0.00	0.00	99.97	0.03	0	0
2.36	N° 8	0.00	0.00	99.97	0.03	0	0
1.18	N° 16	0.00	0.00	99.97	0.03	0	0
0.60	N° 30	0.00	0.00	99.97	0.03	0	0
0.30	N° 50	0.00	0.00	99.97	0.03	0	0
0.15	N° 100	0.00	0.00	99.97	0.03	0	0
	FONDO	1.35	0.03	100.00			

Modulo de Fineza : 7.49

Tamaño Máximo Nominal : 1"

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: La muestra fue proporcionada por el solicitante.



Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 15087



**Anexo 5.2.** Resultado de ensayo de peso unitario suelto y compacto del agregado grueso y fino.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

<b>TESIS :</b>	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c = 175 \text{ KG/CM}^2$	<b>REGISTRO N°:</b>	TS-RAC-RU-01
	SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>PÁGINA N°:</b>	01 de 01
<b>SOLICITA :</b>	CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER		
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	14/04/2021

**ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO**  
MTC E203

<b>A. GRUESO - CANTERA LA SORPRESA</b>		<b>SUELTO</b>	<b>COMPACTADO</b>	
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m <sup>3</sup> ):	1443.3	20.183	22.489	
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m <sup>3</sup> ):	1584.7	20.376	22.557	
		20.587	22.512	

<b>A. FINO - CANTERA LA CUMBRE</b>		<b>SUELTO</b>	<b>COMPACTADO</b>	
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m <sup>3</sup> ):	1508.0	21.276	23.693	
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m <sup>3</sup> ):	1676.0	21.313	23.620	
		21.296	23.691	

**OBSERVACIÓN:**  
La muestras de agregados fueron proporcionadas por el solidante.






**Victor Alfonso Herrera Lazaro**  
INGENIERO CIVIL  
M. G. 000 197 15087



---

Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

**Anexo 5.3.** Resultado de ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

---

<b>TESIS :</b>	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'c = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>REGISTRO N° :</b>	TS-RAC-PE-01
<b>SOLICITA :</b>	CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER	<b>PAGINA N° :</b>	01 de 01
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA :</b>	14/04/2021

**ENSAYO PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO**  
MTC E206

Información de Muestra

Cantera :	LA SORPRESA	Temp. Agua :	23 °C	Saturación :	24 hrs.
-----------	-------------	--------------	-------	--------------	---------

Peso en el aire de la muestra secada en horno	2437.0	gr.	
Peso de muestra saturada superficialmente seca en el aire	2442.0	gr.	
Peso de la muestra en agua	1594.0	gr.	

P. Especifico Saturado con Superficie Seca	2.880	gr/cm3	
P. Especifico de Masa	2.874	gr/cm3	
P. Especifico Aparente	2.891	gr/cm3	

Absorción	0.21	%	
-----------	------	---	--

**OBSERVACIÓN :**  
La muestras de agregados fueron proporcionadas por el solicitante.



Miguel Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 110047



---

Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote  
Celular: 954441061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

## Anexo 5.4. Resultado de análisis granulométrico de agregado fino



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

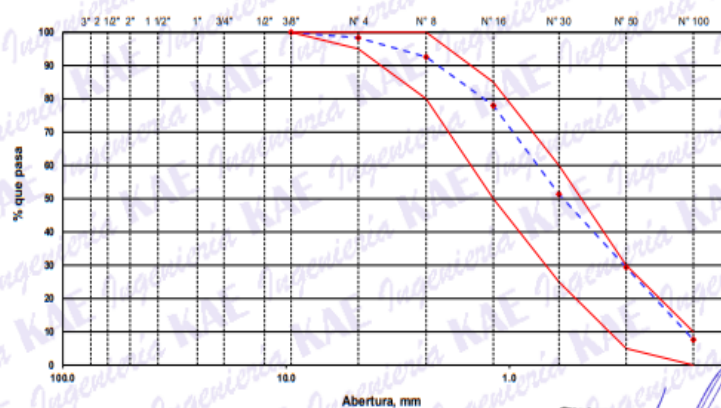
<b>TECIS :</b>	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'c = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO	<b>REGISTRO N°:</b>	TS-RAC-GRA-02
	VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 01
<b>SOLICITA :</b>	CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER		
<b>UBICACION :</b>	Distrito: Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	<b>CANTERA :</b>	La Cumbre
		<b>FECHA:</b>	14/04/2021

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS (ASTM C-136, MTC E204)

ABERTURA (mm)	TAMIZ	RETENIDO MATERIAL (gr)	RETENIDO PARCIAL %	RETENIDO ACUMULADO %	% PASA	ASTM "LIM. INF."	ASTM "LIM. SUP."
100.00	4"						
90.00	3 1/2"						
75.00	3"						
63.00	2 1/2"						
50.00	2"						
37.50	1 1/2"						
25.00	1"						
19.00	3/4"						
12.50	1/2"						
9.50	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
4.75	N° 4	11.07	1.67	1.67	98.33	95	100
2.36	N° 8	38.16	5.75	7.42	92.58	80	100
1.18	N° 16	96.88	14.60	22.03	77.97	50	85
0.60	N° 30	176.59	26.62	48.65	51.35	25	60
0.30	N° 60	145.73	21.97	70.62	29.38	5	30
0.15	N° 100	144.29	21.75	92.37	7.63	0	10
0.07	N° 200	36.68	5.53	97.90	2.10	-	-
	FONDO	13.95	2.10	100.00			

Modulo de Fineza : 2.43

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: La muestra fue proporcionada por el solicitante.



Miguel Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. C.O.F. N° 116087



**Anexo 5.5. Resultado de ensayo de gravedad específico y absorción del agregado fino**



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'c = 175 KG/CM2	<b>REGISTRO N° :</b>	TS-RAC-PE-02
	SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>PAGINA N° :</b>	01 de 01
<b>SOLICITA :</b>	CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER		
<b>UBICACION :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA :</b>	14/04/2021

**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
MTC E205

Información de Muestra

Cantera : La Cumbre      Temp. Agua : 23 °C      Saturación : 24 hrs.  
Muestra : 250 gr.      Fiola : 250 cm<sup>3</sup>

Peso en el aire de la muestra secada en horno	248.2	gr.
Peso de la fiola llena de agua a la marca de calibracion	342.3	gr.
Peso de la fiola con la muestra y el agua	499.9	gr.
P. Especifico Saturado con Superficie Seca	Pe <sub>ss</sub>	2.687 gr/cm <sup>3</sup>
P. Especifico de Masa	Pe <sub>m</sub>	2.706 gr/cm <sup>3</sup>
P. Especifico Aparente	Pe <sub>a</sub>	2.739 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	Ab	0.71 %

**OBSERVACIONES:**

La muestras de agregados fueron proporcionadas por el solicitante.

  
Victor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
R.F.C. CH/N° 16087





**Anexo 5.6.** Resultado de ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso y agregado fino.



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO FC = 175 KG/CM2	<b>REGISTRO N°:</b>	TS-RAC-CH-01	
	SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 01	
<b>SOLICITA :</b>	CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER			
<b>UBICACION :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash		<b>FECHA:</b>	14/04/2021

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

(ASTM 4944, ASTM 4959, ASTM 2216)

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL (AGREGADO GRUESO - CANTERA LA SORPRESA)			
N° de Muestra		1	2
a	Recipiente N°	25	14
b	Peso Recip. + Suelo Húmedo gr	1954.5	2011.5
c	Peso Recip + Suelo Seco gr	1953.1	2009.7
d	Peso Recipiente gr	56.5	68.9
e	Peso del Agua gr	1.4	1.8
f	Peso Suelo Seco gr	1896.6	1940.8
g	Contenido de Humedad %	0.07	0.09
h	Humedad Promedio %	0.08	

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL (AGREGADO FINO - CANTERA LA CUMBRE)			
N° de Muestra		1	2
a	Recipiente N°	20	3
b	Peso Recip. + Suelo Húmedo gr	217.26	313.3
c	Peso Recip + Suelo Seco gr	215.4	310.6
d	Peso Recipiente gr	63.29	65.8
e	Peso del Agua gr	1.9	2.7
f	Peso Suelo Seco gr	152.11	244.8
g	Contenido de Humedad %	1.22	1.10
h	Humedad Promedio %	1.16	

**OBSERVACIONES :**

La muestra fue proporcionada por el solicitante.

  
Victor Alfonso Herrera Lazaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP Nº 18067



## Anexo 5.7. Resultado de diseño de mezcla ACI 211



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS</b>	: ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ARC-DM-01
	FC = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE	<b>PÁGINA N°:</b>	01 de 03
	ACERO, CHIMBOTE, 2022		
<b>SOLICITA</b>	: CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER		
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	14/04/2023

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO 175 KG/CM<sup>2</sup>

Método de Diseño 211 ACI

#### Procedencia de Agregados

- Ag. Grueso Cantera La Sorpresa
- Ag. Fino Cantera La Cumbre

#### Cemento

- Cemento Mochica Tipo GU
- Peso Especifico 2990 kg/m3

#### Agua

- Agua Potable
- Peso Especifico : 1000 kg/m3

#### Características del Concreto

- Resistencia Especificada 175 kg/cm2
- Asentamiento 3" a 4"

#### 1. Resistencia Requerida ( $f'_{cr}$ ) - "No hay datos estadísticos"

Resistencia Especificada a la Compresión, Mpa	Resistencia Promedio Requerida a la Compresión, Mpa	
$f_c < 21$	$f_{cr} = f_c + 7.0$	$f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$
$21 \leq f_c \leq 35$	$f_{cr} = f_c + 8.5$	$f_{cr} = 260 \text{ kg/cm}^2$
$f_c > 35$	$f_{cr} = 1.1f_c + 5.0$	$f_{cr} = 25 \text{ MPa}$

#### 2. Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso

El TMN está limitado por las dimensiones de la estructura teniéndose presente que en ningún caso debe de exceder de:

- 1/5 de la dimensión más angosta entre caras del encofrado.
- 1/3 del espesor de las losas.
- 3/4 de la distancia libre entre barras o paquetes de barras o cables pretensores.

Selección del TMN del Agregado Grueso

#### 3. Datos Obtenidos de los Agregados en Laboratorio

Ensayos	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Módulo de Fineza		--	2.43
Peso Especifico	kg/m3	2874	2706
Absorción	%	0.21	0.71
Contenido de Humedad	%	0.08	1.16
Peso Unistario Suelto	kg/m3	1443	1508
Peso Unitario Compactado	kg/m3	1595	1676

  
Miguel Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CH. N° 18087





TESIS	: ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO	REGISTRO N°:	CC-ARC-DM-01
	F <sub>cr</sub> = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE	PÁGINA N°:	02 de 03
	ACERO, CHIMBOTE, 2022		
SOLICITA	: CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER		
UBICACIÓN:	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA:	14/04/2023

#### 4. Estimación del Contenido de Aire y Agua de Mezclado

Incorporación de Aire al Concreto		NO
Requerimiento de Agua de Mezclado	Lt/m3	216
Porcentaje de Aire al Concreto	%	2
Nivel de Exposición		No Aplica

#### 5. Selección de Relación Agua - Cemento ( a/c )

Con el valor de la resistencia promedio requerida  $f_{cr}$ , obtenemos la relación agua/cemento para concretos normales; si el concreto esta sometido a condiciones severas se utilizará valores para asumir la relación agua/cemento por durabilidad.

$$f_{cr} = 260 \text{ kg/cm}^2$$

$f_{cr}$	a/c	a/c	0.55
250	0.62		
260	0.61		
300	0.55		

#### 6. Contenido de Cemento

$$\text{Cemento} = 216 \text{ lt/m}^3 / 0.55 = 393 \text{ kg} \approx 9.24 \text{ bolsas}$$

#### 7. Estimación del Contenido de Agregado Grueso y Agregado Fino

Cemento	=	0.131	kg	
Volumen de Pasta	=	0.367	m3	
Volumen de Agregados	=	0.633	m3	
Aire Atrapado	=	0.020		
Agua	=	0.216		
b/bo	=	0.63		
Peso del Agregado Grueso	=	1002.6	kg	Agregado Grueso
Volumen del Agregado Grueso	=	0.349	m3	55.1%
Peso del Agregado Fino	=	767.9	kg	Agregado Fino
Volumen del Agregado Fino	=	0.284	m3	44.9%

#### 8. Diseño de Mezcla en Estado Seco

Cemento	392.7	kg
Agregado Fino Natural	767.9	kg
Agregado Grueso Natural	1002.6	kg
Agua	216.0	lt



Alfonso Herrera Lazaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 18087





**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS</b>	: ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>REGISTRO N°:</b>	CC-ARC-DM-01
<b>SOLICITA</b>	: CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER	<b>PÁGINA N°:</b>	03 de 03
<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	14/04/2023

### 9. Corrección del Diseño por el Aporte de Humedad de los Agregados

#### a) Pesos Húmedos Corregidos de los Agregados

Agregado Grueso húmedo	=	1003.4	kg
Agregado Fino Húmedo	=	776.8	kg

#### b) Aporte de Agua de los Agregados

Agregado Grueso	=	-1.22	lt
Agregado Fino	=	3.49	lt

#### c) Cálculo de Agua Efectiva

Agua Efectiva	=	213.7	lt
---------------	---	-------	----

Nota: Los ajustes por humedad se realizan en los agregados finos y gruesos y en el volumen unitario de agua de mezclado.

### 10. Diseño de Mezcla en Estado Húmedo

#### - Expresión de Proporciones en Peso

Cemento	=	392.7	kg	=	1.00	kg
Agregado Fino Natural	=	776.8	kg	=	1.98	kg
Agregado Grueso Natural	=	1003.4	kg	=	2.55	kg
Agua	=	224.9	lt	=	0.57	lt

1 : 1.98 : 2.55 : 0.57

#### - Expresión de Proporciones en Volumen

Cemento	=	1	bls
Agregado Fino Natural	=	1.97	pie3
Agregado Grueso Natural	=	2.66	pie3
Agua	=	24.34	lt/bls

1 : 1.97 : 2.66 : 24.34

  
KAE Ingeniería  
Víctor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. COG. N° 119087



## Anexo 5.8 Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de la muestra patrón a los 7, 14, 28 días.



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b> ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO FC = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>REGISTRO N° :</b> CC-ARC-RC-01
<b>SOLICITA :</b> CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER	<b>PAGINA N° :</b> 01 de 01
<b>UBICACION :</b> Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

Item	Estructura Vacuada	Identificación y Características de la Probeta								Ensayo de Rotura					
		Fecha de Muestreo	Fc (Kg/cm²)	Diametro promedio (mm)	Alura promedio (mm)	Relación Alto/Diam	Fact. Correc.	Área (mm²)	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kgf)	Lectura Corregida (Kgf)	F <sub>cd</sub> (Kg/cm²)	%	Tipo de Rotura
01	PATRON	17/04/2023	175	153.2	304.7	2	1	18426	24/04/2023	7	24500	24284	132	75	E
02		17/04/2023	175	152.3	302.9	2	1	18208	24/04/2023	7	23890	23679	130	74	B
03		17/04/2023	175	148.1	299.6	2	1	17227	24/04/2023	7	23270	23065	134	77	E
04		18/04/2023	175	155.1	305.8	2	1	18894	02/05/2023	14	30130	29864	158	90	B
05		18/04/2023	175	149.4	298.8	2	1	17535	02/05/2023	14	28810	28556	163	93	B
06		18/04/2023	175	154.2	305.7	2	1	18663	02/05/2023	14	27890	27644	148	85	B
07		20/04/2023	175	148.4	302.3	2	1	17301	18/05/2023	28	32970	32679	189	108	E
08		20/04/2023	175	148.4	298.6	2	1	17301	18/05/2023	28	33210	32917	190	109	B
09		20/04/2023	175	154.0	303.8	2	1	18614	18/05/2023	28	34070	33770	181	104	E

#### Descripción del tipo de rotura

Tipo de Rotura	Cono	Cono y Hendidura	Cono y Corte	Corte	Columnar	Descripción
						<p><b>TIPO A:</b> Conos relativamente bien formados en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.</p> <p><b>TIPO B:</b> Cono bien formado sobre una base, grietas verticales a través de las capas, pero no bien definido en la otra base.</p> <p><b>TIPO C:</b> Se presenta cuando las caras de aplicación de carga del espécimen están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centro de la probeta respecto al eje de carga de la máquina.</p> <p><b>TIPO D:</b> Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferencias del tipo 1.</p> <p><b>TIPO E:</b> Grietas verticales columnares en ambas bases. Conos no bien formados.</p>

#### Observaciones y/o recomendaciones:

Las muestras de probetas fueron proporcionadas por el cliente.



Miguel Alfonso Herrera Lázaro  
Ingeniero Civil  
R.E.C. 0187107-19087



**Anexo 5.9** Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de la muestra sustituyendo al 5% vidrio molido y viruta de acero a los 7, 14, 28 días.



**KAE Ingeniería**

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b>	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c = 175 \text{ KG/CM}^2$ SUSTITUYENDO	<b>REGISTRO N° :</b>	CC-ARC-RC-02
	VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>PAGINA N° :</b>	01 de 01
<b>SOLICITA :</b>	CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER		
<b>UBICACIÓN :</b>	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash		

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

Item	Identificación y Características de la Probeta										Ensayo de Rotura				
	Estructura Vacuada	Fecha de Muestreo	$f_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Relación An/Diam	Fact. Correc.	Área (mm <sup>2</sup> )	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kg)	Lectura Corregida (Kg)	$f_{ca}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	%	Tipo de Rotura
01	2.5% VIDRIO MOLIDO Y 2.5% DEVIRUTA DE ACERO	29/04/2023	175	152.3	306.9	2.0	1	18227	06/05/2023	7	18830	18664	102	59	E
02		29/04/2023	175	152.2	307.0	2.0	1	18201	06/05/2023	7	17780	17623	97	55	E
03		29/04/2023	175	153.1	306.9	2.0	1	18412	06/05/2023	7	15970	15829	86	49	B
04		25/04/2023	175	153.3	306.4	2.0	1	18450	09/05/2023	14	18940	18773	102	58	E
05		25/04/2023	175	149.6	303.6	2.0	1	17575	09/05/2023	14	19530	19358	110	63	B
06		25/04/2023	175	153.9	306.6	2.0	1	18612	09/05/2023	14	18960	18793	101	58	E
07		22/04/2023	175	155.1	304.8	2.0	1	18891	20/05/2023	28	25580	25354	134	77	E
08		22/04/2023	175	148.8	301.1	2.0	1	17380	20/05/2023	28	24040	23828	137	78	B
09		22/04/2023	175	152.5	303.8	2.0	1	18258	20/05/2023	28	25580	25354	139	79	B

Descripción del tipo de rotura

Tipo de Rotura	Cono	Cono y Hendidura	Cono y Corte	Corte	Columnar	Descripción
A						<p><b>TIPO A:</b> Conos relativamente bien formados en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.</p> <p><b>TIPO B:</b> Cono bien formado sobre una base, grietas verticales a través de las capas, pero no bien definido en la otra base.</p> <p><b>TIPO C:</b> Se presenta cuando las caras de aplicación de carga del espécimen están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado de la probeta respecto al eje de carga de la máquina.</p> <p><b>TIPO D:</b> Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferencias del tipo 1.</p> <p><b>TIPO E:</b> Grietas verticales columnares en ambas bases. Conos no bien formados.</p>

Observaciones y/o recomendaciones:

Las muestras de probetas fueron proporcionadas por el cliente.

**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.O.P.E. N° 15067



**Anexo 5.9** Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de la muestra sustituyendo al 10% vidrio molido y viruta de acero a los 7, 14, 28 días.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TEISIS :</b> ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'C = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>REGISTRO N° :</b> CC-ARC-RC-03
<b>SOLICITA :</b> CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER	<b>PAGINA N° :</b> 01 de 01
<b>UBICACION :</b> Distrito: Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

Núm.	Identificación y Características de la Probeta										Ensayo de Rotura				
	Estructura Vacada	Fecha de Muestreo	F <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Dímetro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Relación AR/Díam.	Fact. Correc.	Área (mm <sup>2</sup> )	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kg)	Lectura Corregida (Kg)	F <sub>cc</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	%	Tipo de Rotura
01	5% VIDRIO MOLIDO Y 5% VIRUTA DE ACERO	29/04/2023	175	152.6	306.9	2.0	1	18299	08/05/2023	7	15430	15294	84	48	E
02		29/04/2023	175	152.7	306.9	2.0	1	18306	08/05/2023	7	16070	15928	87	50	E
03		29/04/2023	175	152.8	307.0	2.0	1	18328	08/05/2023	7	14940	14808	81	46	E
04		28/04/2023	175	151.8	307.3	2.0	1	18089	12/05/2023	14	16730	16582	92	52	E
05		28/04/2023	175	154.6	307.3	2.0	1	18774	12/05/2023	14	16010	15869	85	48	E
06		28/04/2023	175	150.8	305.4	2.0	1	17863	12/05/2023	14	15300	15165	85	49	E
07		22/04/2023	175	153.2	306.0	2.0	1	18421	20/05/2023	28	21260	21072	114	65	E
08		22/04/2023	175	149.7	299.5	2.0	1	17591	20/05/2023	28	20090	19913	113	65	D
09		22/04/2023	175	153.6	305.7	2.0	1	18537	20/05/2023	28	20480	20299	110	63	D

Descripción del tipo de rotura

Tipo de Rotura	Diagrama	Descripción
A		TIPO A: Conos relativamente bien formados en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.
B		TIPO B: Cono bien formado sobre una base, grietas verticales a través de las capas, pero no bien definido en la otra base.
C		TIPO C: Se presenta cuando las caras de aplicación de carga del espécimen están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado de la probeta respecto al eje de carga de la máquina.
D		TIPO D: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferencias del tipo 1.
E		TIPO E: Grietas verticales columnares en ambas bases. Conos no bien formados.

Observaciones y/o recomendaciones:

Las muestras de probetas fueron proporcionadas por el cliente.

KAE Ingeniería  
Víctor Alfonso Herrera Lázaro  
INGENIERO CIVIL  
REG. T. N.º 150087



**Anexo 5.9** Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de la muestra sustituyendo al 20% vidrio molido y viruta de acero a los 7, 14, 28 días.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos  
Prestación de Servicios Generales

**KAE Ingeniería**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

<b>TESIS :</b> ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'c = 175 KG/CM2 SUSTITUYENDO VIDRIO MOLIDO Y VIRUTA DE ACERO, CHIMBOTE, 2022	<b>REGISTRO N° :</b> CC-ARC-RC-04
<b>SOLICITA :</b> CASAHUAMAN PADILLA KATHERIN CORINA - LEYVA BAZAN ESTHER	<b>PAGINA N° :</b> 01 de 01
<b>UBICACIÓN :</b> Distrito: Chimbote ; Provincia: Saitia ; Departamento: Ancash	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**  
(ASTM - C39, MTC E704, NTP-339-034)

Item	Identificación y Características de la Probeta								Ensayo de Rotura						
	Estructura Vacada	Fecha de Muestra	Fc (Kg/cm <sup>2</sup> )	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Relación A/Diam	Fact. Correc.	Area (mm <sup>2</sup> )	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura (Kg)	Lectura Corregida (Kg)	F <sub>oa</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	%	Tipo de Rotura
01	10% VIDRIO MOLIDO Y 10% DEVIRUTA DE ACERO	29/04/2023	175	153.1	307.0	2.0	1	18405	06/05/2023	7	12170	12062	66	37	E
02		29/04/2023	175	153.2	306.9	2.0	1	18443	06/05/2023	7	11480	11379	62	35	E
03		29/04/2023	175	152.7	307.0	2.0	1	18313	06/05/2023	7	11190	11091	61	35	E
04		28/04/2023	175	148.7	302.3	2.0	1	17355	12/05/2023	14	12619	12508	72	41	E
05		28/04/2023	175	150.3	305.4	2.0	1	17749	12/05/2023	14	11960	11854	67	38	E
06		28/04/2023	175	152.8	307.5	2.0	1	18333	12/05/2023	14	13620	13500	74	42	E
07		22/04/2023	175	155.0	307.4	2.0	1	18867	20/05/2023	28	17600	17445	92	53	E
08		22/04/2023	175	149.7	303.9	2.0	1	17601	20/05/2023	28	17640	17484	99	57	D
09		22/04/2023	175	152.6	307.2	2.0	1	18282	20/05/2023	28	17460	17306	95	54	D

Descripción del tipo de rotura

Tipo de Rotura	Cono	Cono y Hendidura	Cono y Corte	Corte	Columnar	<p><b>TIPO A:</b> Conos relativamente bien formados en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p> <p><b>TIPO B:</b> Cono bien formado sobre una base, grietas verticales a través de las capas, pero no bien definido en la otra base.</p> <p><b>TIPO C:</b> Se presenta cuando las caras de aplicación de carga del espécimen están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado de la probeta respecto al eje de carga de la máquina.</p> <p><b>TIPO D:</b> Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferencias del tipo 1</p> <p><b>TIPO E:</b> Grietas verticales columnares en ambas bases. Conos no bien formados.</p>

Observaciones y/o recomendaciones:



Las muestras de probetas fueron proporcionadas por el cliente.

**Víctor Alfonso Herrera Lázaro**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. C.O.P. N° 15087





## Anexo 6. Propuesta económica del ensayo.

	<b>Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos</b> <b>Prestación de Servicios Generales</b>			
<b>KAE Ingeniería</b>	Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD			
<b>PROPUESTA ECONÓMICA</b>				
<b>Solicita:</b> Casahuaman Padilla Katherin Corina	<b>F. Emisión:</b> 27/04/2023			
<b>Empresa:</b> KAE Ingeniería S.A.C.	<b>Pag.:</b> 01 de 01			
<b>Ruc:</b> 20603723903				
<b>Referencia:</b> Ensayo de Control de Calidad				
<b>Correo:</b> <a href="mailto:kaeingenieria@gmail.com">kaeingenieria@gmail.com</a>				
<b>Tel. Contacto:</b> 954444061 - 969785163				
<b>Cotización N° C066-KAE-2023</b>				
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.	PRECIO UNITARIO (S/.)	SUB-TOTAL (S/.)
Diseño de Mezcla de Concreto	Unidad	1	220.0	220.0
Análisis granulométrico de agregados	Unidad	4	45.0	180.0
Contenido de humedad	Unidad	2	10.0	20.0
Pesos unitarios	Unidad	2	80.0	160.0
Peso Específico y Absorción	Unidad	2	80.0	160.0
Ensayo Slump	Unidad	4	5.0	20.0
Toma de Temperatura del Concreto Fresco	Unidad	4	5.0	20.0
Ensayo de Resistencia a la Compresión	Unidad	36	14.0	504.0
Moldeo de Probetas (*)	Unidad	36	15.0	540.0
<b>SUB-TOTAL S/</b>				<b>1,824.0</b>
<b>DESC. 20% S/</b>				<b>364.8</b>
<b>TOTAL S/</b>				<b>1,459.2</b>
<b>Condiciones de Servicio</b>				
- (*) Debera proporcionar los materiales para el moldeo.				
- Forma de entrega Certificado de manera digital y física				
 Victor Alfonso Herrera Lázaro INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 16067				
Pje. Fátima - Mz. Y', Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com				

Anexo 7. Licencia municipal de funcionamiento KAE Ingeniería SAC.

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA



MUNICIPALIDAD  
PROVINCIAL DEL SANTA

LICENCIA N°: 0325-2022  
Expediente N°: 336-2022  
Tipo de Licencia: Definitiva  
Resolucion Gerencial: 372-2022

LICENCIA MUNICIPAL DE  
FUNCIONAMIENTO

LEY N° 28976, LEY MARCO DE LICENCIA DE FUNCIONAMIENTO  
ORDENANZA MUNICIPAL N°025-2018-MPS  
D.S. N° 046-2017-PCM - TUO de Ley N° 28976

Que habiéndose cumplido con los requisitos establecidos para obtener Licencia Municipal de Funcionamiento de conformidad a los Dispositivos Legales Vigentes, se concede la presente a:

KAE INGENIERIA S.A.C.

Nombre : KAE INGENIERIA S.A.C.  
R.U.C.: : 20603723903  
Dirección: : PSJE. FATIMA MZA-Y1 LTE-01A P. J. MIRAFLORES ALTO  
Con un área de uso : 85,00 m2

Para realización de la(s) siguiente(s) actividad(es):

Código	Descripción del Giro
7110	Actividades de arquitectura e ingeniería; y actividades conexas de asesoramiento técnico
8211	Actividades combinadas de servicio administrativo de la oficina

ESTA LICENCIA LE PERMITE TRABAJAR SOLO HASTA LAS: 23:00 HORAS

**NO AUTORIZA EL USO DE LA VIA PUBLICA.**

**Esta Licencia es personal e intransferible. Debe colocarse en un lugar visible.**

La presente licencia caducará y perderá su valor en las siguientes circunstancias:

- Por fallecimiento o cambio de titular de la licencia.
- Por cambio en la dirección del establecimiento.
- Por cambio en el área de uso del establecimiento.
- Por cambio o ampliación en los giros autorizados.

Chimbote, 26/05/2022



DIAMORLAGAS PROVINCIAL DEL SANTA CHIMBOTE  
CALLE N° 1001 DE BOLIVARIOS Y LA VIGILANCIA  
CALLE 1001 DE BOLIVARIOS Y LA VIGILANCIA  
Ing. Wilder Gabriel Garcia Bravo  
CIP: 1159411  
RESPONSABLE DE LICENCIAS MUNICIPALES

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA  
GERENCIA DE DESARROLLO ECONOMICO  
Sub Gerencia de Control, Alcabala y Licencias  
Ing. Rafael Marco Vasquez Felipe  
CIP: 3111111  
GERENTE

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA CHIMBOTE  
GERENCIA DE DESARROLLO ECONOMICO  
Sub Gerencia de Control, Alcabala y Licencias  
CPC. Emilio N. Pineda Jaramilla  
GERENTE

**Esta Licencia NO AUTORIZA la venta o consumo de bebidas alcoholicas dentro del establecimiento, y en los casos de restaurante y similares, el consumo debe ser limitado solo como complemento a la comida (alimento) y musica ambiental de fondo a bajo volumen.**

## Anexo 8. Certificado de calibración de balanza 30 000 g.

 Laboratorio PP	<b>Punto de Precisión SAC</b> LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033
---	--	--


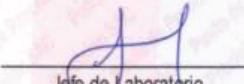

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-424-2022**

Página: 1 de 3

Expediente	: 124-2022	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión	: 2022-07-11	
<b>1. Solicitante</b>	: <b>KAE INGENIERIA S.A.C.</b>	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Dirección	: P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH	
<b>2. Instrumento de Medición</b>	: <b>BALANZA</b>	Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
Marca	: OHAUS	
Modelo	: R21PE30ZH	
Número de Serie	: B847507395	
Alcance de Indicación	: 30 000 g	
División de Escala de Verificación ( e )	: 10 g	
División de Escala Real ( d )	: 1 g	
Procedencia	: NO INDICA	
Identificación	: NO INDICA	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Ubicación	: LABORATORIO	
Fecha de Calibración	: 2022-07-08	PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**3. Método de Calibración**  
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

**4. Lugar de Calibración**  
LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.  
P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

 LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
--	---	---

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-424-2022

Página: 2 de 3

**5. Condiciones Ambientales**

	Mínima	Máxima
Temperatura	19,6	19,7
Humedad Relativa	61,9	62,9

**6. Trazabilidad**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

**7. Observaciones**

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 30 006 g para una carga de 30 000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**8. Resultados de Medición**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	19,6			19,6		
	Carga L1= 15 000,0 g			Carga L2= 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,9	-0,4
3	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,6	0,9
4	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,8	-0,3
5	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,7	-0,2
7	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,9	0,6
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
9	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,8	-0,3
10	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
Diferencia Máxima	0,4			1,3		
Error máximo permitido ±	20 g			30 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



**Punto de Precisión SAC**  
**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL**  
**ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA**  
**CON REGISTRO N° LC - 033**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-424-2022  
 Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>z</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E <sub>o</sub> (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10,0	10	0,8	-0,1	10 000,0	10 000	0,9	-0,4	-0,3
2		10	0,8	-0,3		10 000	0,6	-0,1	0,2
3		10	0,5	0,0		10 000	0,8	-0,3	-0,3
4		10	0,9	-0,4		10 000	0,5	0,0	0,4
5		10	0,7	-0,2		9 999	0,9	-1,4	-1,2
(*) valor entre 0 y 10 e									
Error máximo permitido : ± 20 g									

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
10,0	10	0,8	-0,3						
20,0	20	0,5	0,0	0,3	20	0,9	-0,4	-0,1	10
500,0	500	0,9	-0,4	-0,1	500	0,6	-0,1	0,2	10
2 000,0	2 000	0,6	-0,1	0,2	2 000	0,8	-0,3	0,0	10
5 000,0	5 000	0,8	-0,3	0,0	5 000	0,5	0,0	0,3	10
7 000,0	7 000	0,5	0,0	0,3	7 000	0,9	-0,4	-0,1	20
10 000,0	10 000	0,7	-0,2	0,1	10 000	0,6	-0,1	0,2	20
15 000,0	15 000	0,9	-0,4	-0,1	15 000	0,8	-0,3	0,0	20
20 000,0	20 000	0,6	-0,1	0,2	20 001	0,5	1,0	1,3	20
25 000,0	25 001	0,8	0,7	1,0	25 000	0,7	-0,2	0,1	30
30 000,0	30 001	0,5	1,0	1,3	30 001	0,5	1,0	1,3	30

e.m.p.: error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 2,16 \times 10^{-9} \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{4,40 \times 10^{-11} \text{ g}^2 + 1,25 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga incrementada    E: Error encontrado    E<sub>o</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## Anexo 9. Certificado de calibración de vernier.



**Laboratorio PP**

### PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-2070-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 124-2022  
Fecha de emisión : 2022-07-09

**1. Solicitante** : KAE INGENIERIA S.A.C.

Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**2. Instrumento** : PIE DE REY

Tipo de Indicación : DIGITAL

Alcance de Indicación : 300 mm

División mínima : 0,01 mm

Marca : ACCUD  
Modelo : 111-012-12  
Serie : 190508468  
Procedencia : NO INDICA  
Código de Identificación : NO INDICA

**3. Lugar y fecha de Calibración**

La calibración se realizó en P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH.  
Fecha de calibración: 2022-07-08

**4. Método de Calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa según el PC-012 " Procedimiento de calibración de pie de rey del Indecopi -SNM" Edición 5 , 2012.

**5. Trazabilidad**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
JUEGO DE BLOQUES PATRÓN	INSIZE	LLA - C - 032 - 2022	INACAL - DA
BLOQUE PATRÓN	INSIZE	LLA - C - 032 - 2022	INACAL - DA
VARILLA PATRÓN	INSIZE	LLA - 208 - 2022	INACAL - DA
ANILLO PATRÓN	INSIZE	LLA - 025 - 2022	INACAL - DA
TERMÓMETRO DE CONTACTO	NO INDICA	CC-7836-2021	INACAL - DA

**6. Condiciones Ambientales**

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,7
Humedad %	66,3	66,3

**7. Observaciones**


- Se colocó una etiqueta adhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado del 95 %

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

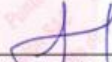
Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.


  



**Laboratorio**  
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N°LL-2070-2022

Página: 2 de 3

### 8. Resultados

#### ERROR DE REFERENCIA INICIAL

Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error ( $\mu\text{m}$ )
0,00	0,00	0

#### ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

Valor Nominal (mm)	Valor Patrón (mm)	Indicación del Pie de Rey			Promedio (mm)	Error ( $\mu\text{m}$ )
		Superior (mm)	Central (mm)	Inferior (mm)		
0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0
50,00	50,000	49,99	50,01	50,00	50,000	0
100,00	100,000	100,01	100,00	99,99	100,000	0
150,00	150,000	150,00	149,99	150,00	149,997	-3
200,00	200,000	200,01	200,02	200,00	200,010	11
250,00	250,000	250,01	250,00	249,99	250,000	1
300,00	300,000	299,98	299,98	299,99	299,983	-15

#### ERROR CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL

Valor Nominal (mm)	Error (E) ( $\mu\text{m}$ )
200,00	20

#### ERROR DE REPETIBILIDAD

Valor Nominal (mm)	Error (R) ( $\mu\text{m}$ )
300,00	10

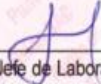
#### ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error ( $S_{E-I}$ ) ( $\mu\text{m}$ )
20,00	-3

#### ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A PROFUNDIDAD

Valor Nominal (mm)	Error ( $S_{E-P}$ ) ( $\mu\text{m}$ )
20,00	-3



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-2070-2022

Página: 3 de 3

### ERROR DE CONTACTO LINEAL

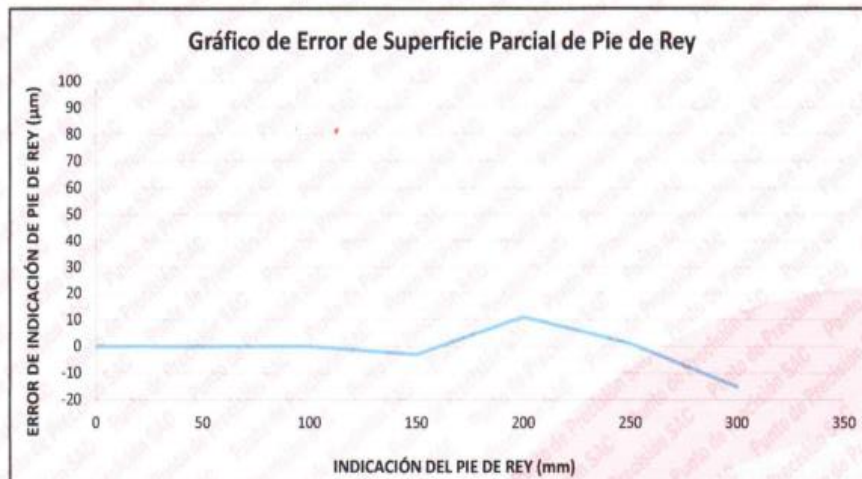
Valor Nominal (mm)	Error (L) ( $\mu\text{m}$ )
10,00	0

### ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA

Valor Nominal (mm)	Error (J) ( $\mu\text{m}$ )
10,00	10

### ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN DE INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error (K) ( $\mu\text{m}$ )
5,00	0



### INCERTIDUMBRE DEL PIE DE REY

$$U (k=2) = ( 16,50^2 + 0,04^2 \times L^2 )^{1/2} \mu\text{m}$$

Incertidumbre para L = mm	20 $\mu\text{m}$
---------------------------	------------------

Fin del documento



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631


Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



## Anexo 10. Certificado de calibración de prensa de compresión



Laboratorio PP

### PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 490 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : 124-2022  
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : KAE INGENIERIA S.A.C.  
Dirección : P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : PERUTEST  
Modelo de Prensa : PC-120  
Serie de Prensa : 1054  
Capacidad de Prensa : 120000 kgf

Marca de indicador : NO INDICA  
Modelo de Indicador : NO INDICA  
Serie de Indicador : NO INDICA

Marca de Transductor : ZEMIC  
Modelo de Transductor : YB15  
Serie de Transductor : 1172

Bomba Hidraulica : ELÉCTRICA

3. Lugar y fecha de Calibración  
P.J. FATIMA MZA. Y1 LOTE 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración  
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 106-2021	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales


	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,3	22,3
Humedad %	61	61

7. Resultados de la Medición  
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones  
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
\_\_\_\_\_  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 490 - 2022

Página : 2 de 2

**TABLA N° 1**

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	10096	10080	-0,96	-0,80	10088,0	-0,87	0,16
20000	20190	20172	-0,95	-0,86	20181,0	-0,90	0,09
30000	30283	30266	-0,94	-0,89	30274,5	-0,91	0,06
40000	40370	40331	-0,93	-0,83	40350,5	-0,87	0,10
50000	50445	50422	-0,89	-0,84	50433,5	-0,86	0,05
60000	60575	60530	-0,96	-0,88	60552,5	-0,91	0,07
70000	70628	70611	-0,90	-0,87	70619,5	-0,88	0,02

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

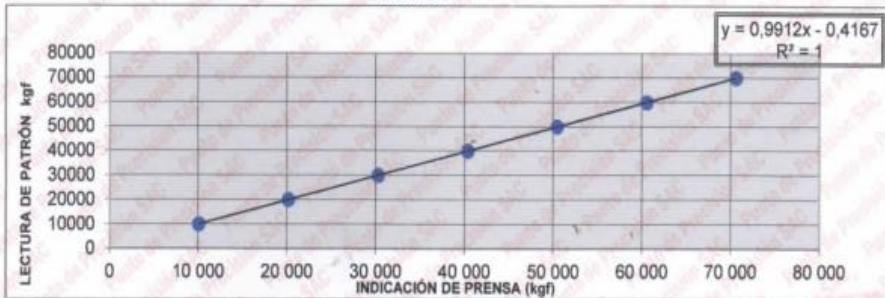
2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación :  $R^2 = 1$

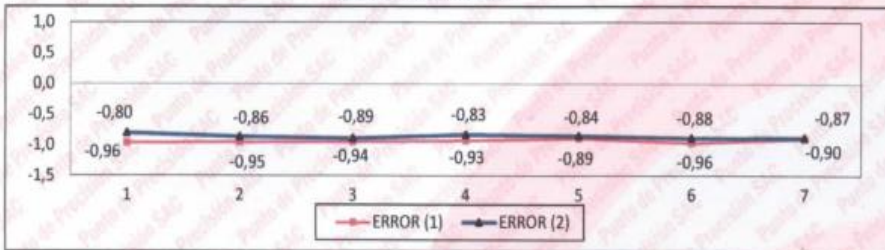
Ecuación de ajuste :  $y = 0,9912x - 0,4167$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

**GRÁFICO N° 1**

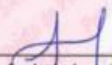


**GRÁFICO DE ERRORES**



FIN DEL DOCUMENTO



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

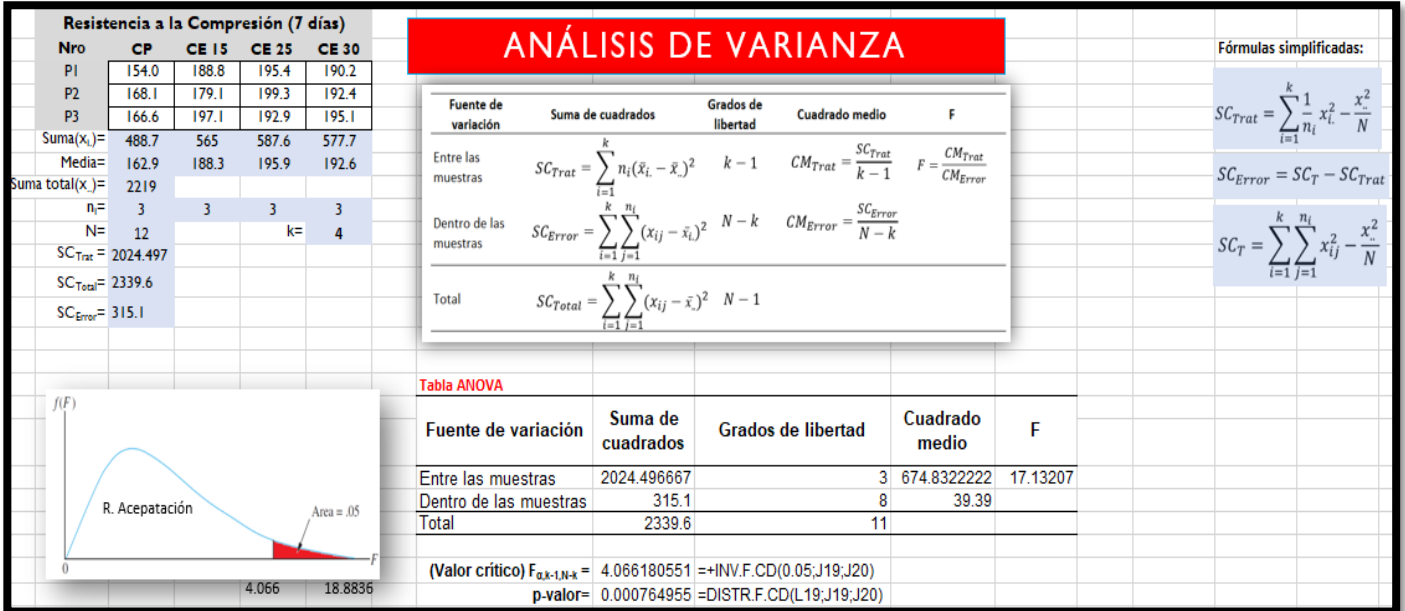
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

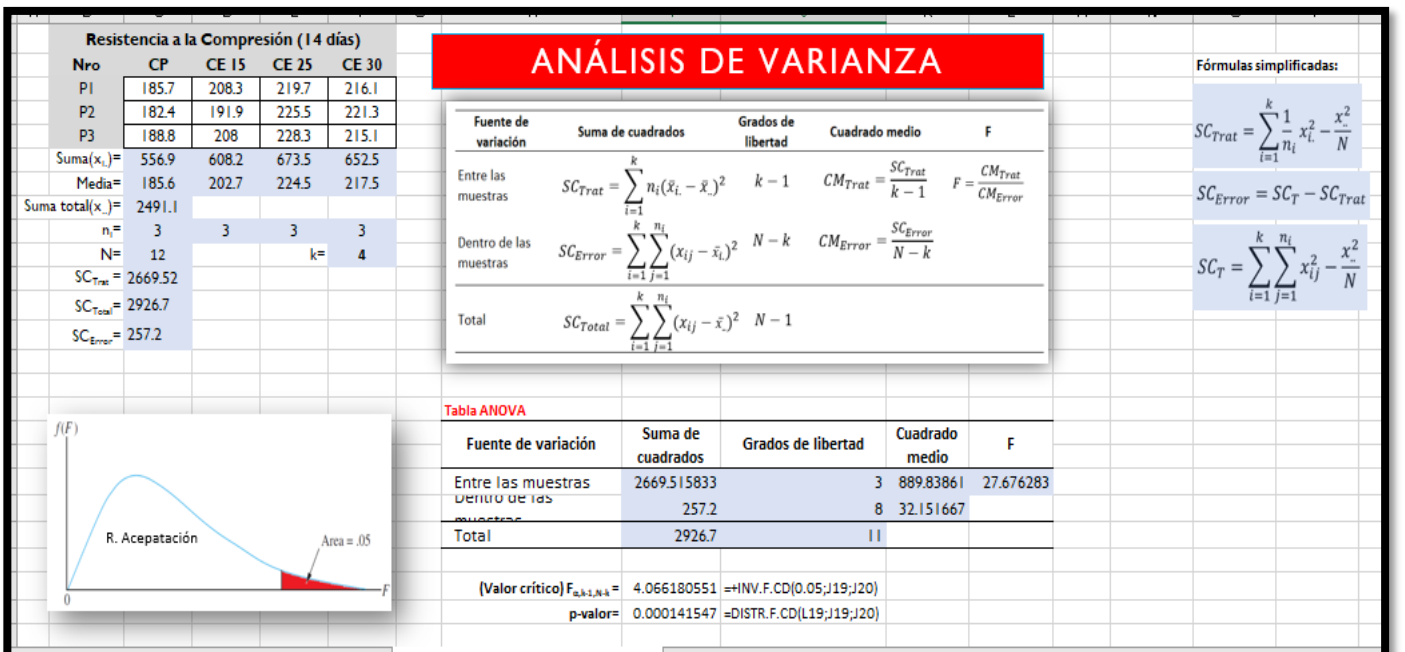
## Anexo 11. Pruebas de validación de hipótesis

### Anexo 11.1. Análisis de varianza

#### Anexo 11.1.1. Análisis de varianza a los 7 días



#### Anexo 11.1.2. Análisis de varianza a los 14 días

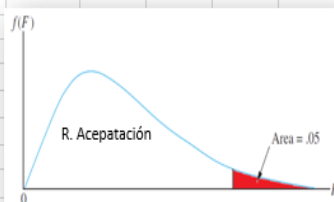


### Anexo 11.1.3. Análisis de varianza a los 28 días

Resistencia a la Compresión (14 días)				
Nro	CP	CE 15	CE 25	CE 30
P1	217.1	237	280	275.1
P2	214.1	229.5	279.1	278.7
P3	224.2	235.5	276.9	262.5
Suma(x <sub>i</sub> )=	655.4	702	836	816.3
Media(x̄)=	218.5	234.0	278.7	272.1
Suma total(x̄)=	3009.7			
n <sub>i</sub> =	3	3	3	3
N=	12	k= 4		
SC <sub>Trat</sub> =	7673.78			
SC <sub>Total</sub> =	7908.9			
SC <sub>Error</sub> =	235.1			

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i(\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$k - 1$	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k - 1}$	$F = \frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las muestras	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	$N - k$	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N - k}$	
Total	$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2$	$N - 1$		



Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	7673.775833	3	2557.9253	87.0363324
Dentro de las muestras	235.1	8	29.389167	
Total	7908.9	11		

(Valor crítico)  $F_{\alpha,k-1,N-k} = 4.066180551 = +INV.F.CD(0.05;3;19;20)$   
 p-valor= 1.89898E-06 = DISTR.F.CD(L19;J19;J20)

**Fórmulas simplificadas:**

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_i^2 - \frac{x^2}{N}$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_{Trat}$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x^2}{N}$$

### Anexo 11.2. Método de Tukey

#### Anexo 11.2.1. Método de Tukey a los 7 días

**MÉTODO DE TUKEY**

$$T_\alpha = q_\alpha(k, N-k) \sqrt{CM_E/n_i}$$

	Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
k=	4		
N-k=	8		
CM <sub>E</sub> =	39.4		
n <sub>i</sub> =	3		
q <sub>α(k, N-k)</sub> =	4.53		
T <sub>α</sub> =	16.41		

	Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
CP - CE 15%	25.43	32.97	Significativa
CP - CE 25%	29.67	32.97	Significativa
CP - CE 30%	29.67	32.97	Significativa
CE 15% - CE 25%	7.53	4.23	No significativa
CE 15% - CE 30%	4.23	4.23	No significativa
CE 25% - CE 30%	3.30	4.23	No significativa

CE 15% = CE 25% = CE 30%

TABLA 8: Cuantiles de la distribución de Tukey q(n, m)

α = 0.05	n														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
m															
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67	
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52	
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66	
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72	
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14	
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76	
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48	
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28	
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11	
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98	
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88	
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79	
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71	
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65	
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59	
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54	
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50	
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46	
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43	
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40	
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37	
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34	
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32	
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30	
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28	
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26	
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24	

## Anexo 11.2.2. Método de Tukey a los 14 días

MÉTODO DE TUKEY							TABLA 8: Cuantiles de la distribución de Tukey $q(n, m)$													
$T_\alpha = q_\alpha(k, N-k) \sqrt{CM_E/n_i}$							$\alpha = 0.05$													
							n													
							m													
k=	4						2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N-k=	8						6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67
$CM_E$ =	32.2						4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52
$n_i$ =	3						3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66
$q_\alpha(k, N-k)$ =	4.53						3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72
$T_\alpha$ =	14.83						3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14
							3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76
							3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48
							3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28
							3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11
							3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98
							3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88
							3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79
							3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71
							3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65
							3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59
							2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54
							2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50
							2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46
							2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43
							2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40
							2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37
							2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34
							2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32
							2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30
							2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28
							2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26
							2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24
							2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23
							2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21

## Anexo 11.2.3. Método de Tukey a los 28 días

MÉTODO DE TUKEY							TABLA 8: Cuantiles de la distribución de Tukey $q(n, m)$													
$T_\alpha = q_\alpha(k, N-k) \sqrt{CM_E/n_i}$							$\alpha = 0.05$													
							n													
							m													
k=	4						2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N-k=	8						6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67
$CM_E$ =	29.4						4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52
$n_i$ =	3						3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66
$q_\alpha(k, N-k)$ =	4.53						3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72
$T_\alpha$ =	14.18						3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14
							3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76
							3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48
							3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28
							3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11
							3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98
							3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88
							3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79
							3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71
							3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65
							3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59
							2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54
							2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50
							2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46
							2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43
							2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40
							2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37
							2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34
							2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32
							2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30
							2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28
							2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26
							2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24
							2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23
							2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21

## **Anexo 12. Panel Fotográfico**

### **Anexo 12.1. Obtención del agregado grueso.**



### **Anexo 12.2. Obtención del agregado fino**



**Anexo 12.3.** Obtención de la viruta de acero

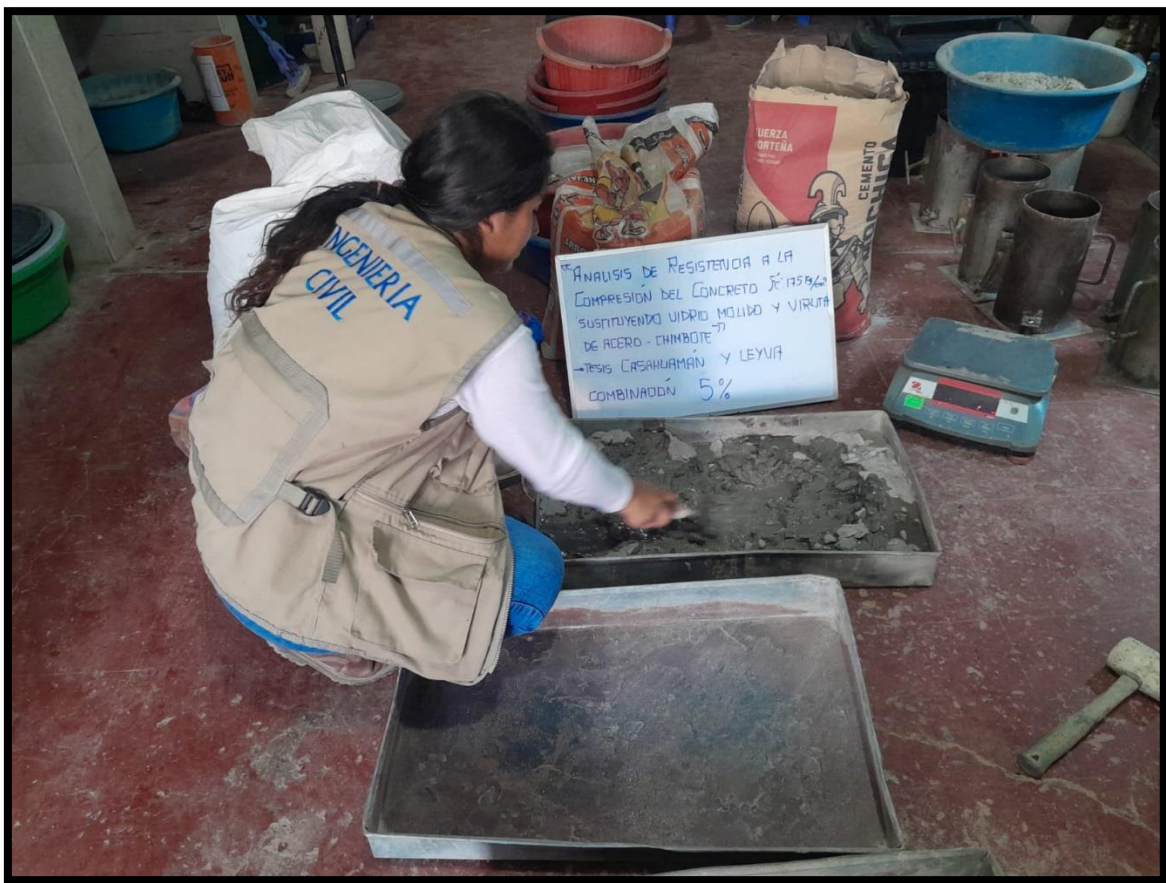


**Anexo 12.5.** Ensayo de contenido de humedad





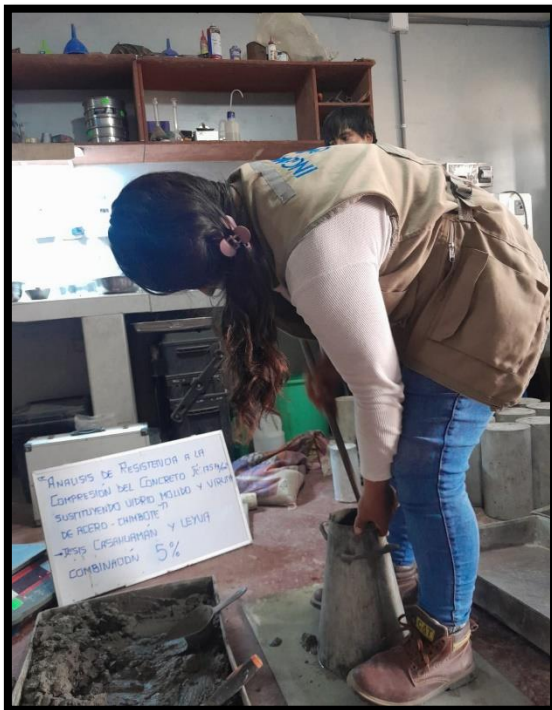
Anexo 12.6. Elaboración del diseño de mezcla







Anexo 12.7. Elaboración del ensayo Slump



### Anexo 12.8. Toma de temperatura del concreto en estado fresco



### Anexo 12.9. Elaboración de probetas





Anexo 12.10. Ruptura de probetas (Resistencia a la compresión)



