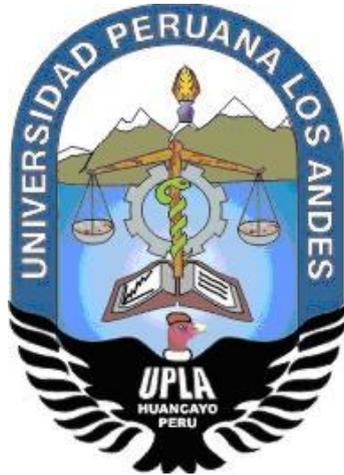


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
 $F'_c=175\text{Kg/cm}^2$ CON LA INCORPORACIÓN DE VIDRIO
GRANULADO VERSUS VIRUTAS DE ACERO”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:
NUEVAS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

**PRESENTADO POR:
Bach. MARLON CRISTOBAL ROJAS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO – PERÚ

2021

ASESOR
Ing. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES

DEDICATORIA

A Dios, por estar a mi lado en todo instante de mi vida dándome las energías para seguir con paso firme adelante, rompiendo todas las barreras que se me presenten quien me dio fortaleza y salud para concluir este trabajo.

A mi querida madre Viviana Rojas Cachuán por su infinita ayuda en mi vida diaria por su apoyo incondicional quien con su esfuerzo y dedicación me enseñó a perseverar para alcanzar mis metas, porque creyó en mí.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Universidad Peruanos los Andes, a mi asesor por haberme orientado para el desarrollo de esta tesis, de igual manera al responsable del laboratorio de estructuras dela universidad.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

JURADO

JURADO

JURADO

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

INDICE

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES	i
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCION	xi
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Formulación y sistematización del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3. Justificación	3
1.3.1. Practica o social	3
1.3.2. Metodológica	3
1.4. Delimitaciones	3
1.4.1. Espacial	3
1.4.2. Temporal	6
1.4.3. Económica	6
1.5. Limitaciones	6
1.5.1. Tecnológicas	6
1.5.2. Económicas	6
1.6. Objetivos	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos	6
CAPITULO II	7
MARCO TEORICO	7
2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)	7
2.1.1. Nacionales	7
2.1.2. Internacionales	11
2.2. Marco conceptual	18
2.2.1. Viruta de acero	18
2.2.2. Concreto	18
2.2.3. Cemento Portland y hormigón armado	21
2.2.4. Características y comportamiento	23

2.2.5.	Fraguado y endurecimiento.....	26
2.2.6.	Resistencia	28
2.2.7.	Consistencia del hormigón fresco	29
2.2.8.	Durabilidad.....	30
2.2.9.	Prueba de compresión	31
2.2.10.	Características de los componentes del cemento	33
2.2.11.	Cemento Portland	35
2.2.12.	Otros cementos.....	36
2.2.13.	Propiedades de los agregados.....	41
2.3.	Definición de términos	42
2.4.	Hipótesis	44
2.4.1.	Hipótesis general.....	44
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	44
2.5.	Variables	45
2.5.1.	Definición conceptual de la variable.....	45
2.5.2.	Definición operacional de las variables (si es aplicable)	45
2.5.3.	Definición conceptual de la variable.....	45
2.5.4.	Operacionalización de la variable	46
CAPITULO III.....		47
METODOLOGIA.....		47
3.1.	Método de investigación	47
3.2.	Tipo de investigación	47
3.3.	Nivel de investigación	47
3.4.	Diseño de investigación.....	47
3.5.	Población y muestra	48
3.5.1.	Población.....	48
3.5.2.	Muestra	49
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
3.7.	Procesamiento de la información	49
3.8.	Técnicas y análisis de datos.....	49
CAPITULO IV		50
RESULTADOS		50
4.1.	Materiales y recursos.....	50
	Trabajo de gabinete	50
4.2.	Diseño de mezcla – módulo de finura	51
4.3.	Ensayo de rotura del diseño de concreto.....	51
4.3.1.	Control de evolución con porcentaje de viruta de acero	51

4.3.2. Control de evolución con rotura de vidrio	56
4.4. Interpretación de datos	62
4.4.1 Concreto con vidrio granulado incorporada al 2 % con respecto al concreto con viruta de acero incorporada al 2 %	62
4.4.2 Concreto con vidrio granulado incorporada al 4 % con respecto al Concreto con viruta de acero incorporada al 4 %	63
4.4.3 Concreto con vidrio granulado incorporada al 6 % con respecto al Concreto con viruta de acero incorporada al 6 %	64
4.4.4 Concreto con vidrio granulado incorporada al 8 % con respecto al concreto con viruta de acero incorporada al 8 %	65
4.4.5 Concreto con vidrio incorporada al 10 % con respecto al Concreto con viruta incorporada al 10 %	66
4.5. Análisis de costos	67
CAPITULO V	69
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	76
ANEXO	77

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es el resultado del análisis comparativo de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales, Huancayo – 2018?, el objetivo general fue: Determinar el resultado del análisis comparativo de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales, Huancayo – 2018 y la hipótesis general a contrastar fue: La incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales, Huancayo – 2018 mejoran la resistencia del concreto.

El método general de investigación fue el científico, la investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo - explicativo y de diseño cuasi experimental. La población estuvo conformada por 40 testigos con las diversas dosificaciones; y la muestra censal tomo a la población en un 100%.

Producto de la investigación se concluyó que: La incorporación al 2% de vidrio mejora las propiedades del concreto con una resistencia de 277.61 kg/cm^2 el cual supera el diseño en 58.63% al $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$; mientras que al 10% las virutas de acero decrecen la resistencia en 3.13%, de igual manera los costos de la adición de vidrio granulado son más económico en comparación a las virutas de acero.

Palabras claves: Análisis comparativo, incorporación de vidrio granulado, viruta de acero, $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, veredas peatonales.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What is the result of the comparative analysis of the incorporation of granulated glass versus steel shavings in a concrete $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$ for use in pedestrian sidewalks, Huancayo - 2018? general was: Determine the result of the comparative analysis of the incorporation of granulated glass versus steel shavings in a concrete $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$ for use in pedestrian sidewalks, Huancayo - 2018 and the general hypothesis to contrast was: The incorporation of Granulated glass versus steel shavings in concrete $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$ for use on pedestrian sidewalks, Huancayo - 2018 improve concrete strength.

The general method of research was scientific, the research was applied, descriptive-explanatory and quasi-experimental design. The population consisted of 40 witnesses with the various dosages; and the census sample took the population by 100%.

As a result of the investigation, it was concluded that: The incorporation of 2% glass improves the properties of the concrete with a resistance of 277.61 kg / cm^2 which exceeds the design by 58.63% at $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$; While at 10% the steel shavings decrease the resistance by 3.13%, in the same way the costs of adding granulated glass are cheaper compared to the steel shavings.

Keywords: Comparative analysis, incorporation of granulated glass, steel shavings, $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$, pedestrian sidewalks.

INTRODUCCION

La presente investigación titulada “**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c=175\text{Kg/cm}^2$ CON LA INCORPORACIÓN DE VIDRIO GRANULADO VERSUS VIRUTAS DE ACERO**”, plantea la realizar una comparativa de la incorporación de vidrio granulado versus virutas de acero para mejorar las propiedades del concreto con una resistencia de $f'c=175\text{Kg/cm}^2$; si las propiedades del concreto mejora o se mantiene de acuerdo a lo estipulado por la normatividad vigente se podrá incluir como un componente más, ya que actualmente en nuestro país se generan cantidades considerables vidrio y virutas de acero debido al desarrollo del uso por la industria del vidrio y la metalmecánica, los cuales vienen generando contaminación a los suelo y ríos de nuestro país.

Para una mayor comprensión de esta investigación se ha estructurado en 5 capítulos que se describen a continuación:

El Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN: Se desarrollan el planteamiento del problema; de igual manera se plantea la formulación y sistematización del problema seguidamente se da a conocer el problema general y específico, seguidamente se da a conocer; la justificación practica o social, y metodológica; Delimitaciones: espacial, temporal, económica; limitaciones de información, económica; y finalmente los objetivos tanto general como específicos.

El Capítulo II: EL MARCO TEÓRICO: este capítulo trata los Antecedentes nacionales e internacionales, así como el Marco conceptual: y del mismo modo la definición de términos; continuando se da a conocer la hipótesis general y específica; y para final de este capítulo se citan y definen las variables de la investigación.

El Capítulo III: Referente a la **METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**, resaltando el método de investigación, tipo de, nivel y diseño, de igual manera se cita la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de

datos, la metodología para el procesamiento de la información, con sus respectivas técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: Se desarrolla todos los ensayos con el análisis de los procedimientos de la selección del porcentaje óptimo de dosificación de vidrio molido y virutas bajo los parámetros establecidos que establece la norma para las mezclas.

En el capítulo V se expone la discusión de los resultados para realizar una comparación del grado de correlación con los resultados obtenidos por investigadores los cuales sirvieron de base como antecedentes nacionales e internacionales.

Para finalizar se citan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos de la investigación

Bach. CRISTOBAL ROJAS MARLO

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El año 2016, a nivel nacional, se generaron 7'005,576 toneladas de residuos sólidos municipales urbanos, de ese volumen el 18.7% son residuos inorgánicos reciclables con potencial de generar empleo a través de negocios innovadores (papel, cartón, vidrio, plástico PET, plástico duro, tetra-pak, metales y residuos eléctricos y electrónicos-RAEE). Igualmente, la mitad de los residuos domiciliarios está compuesto de material orgánico: restos de comida, cascaras de frutas, verduras, etc. los cuales se pueden aprovechar para preparar abonos orgánicos e incluso para producir energía.

El Ministerio del Ambiente (Minam) publicó en diciembre del 2017 el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que entre sus objetivos busca minimizar la generación de residuos sólidos en el origen (viviendas, empresas, industrias, comercios, entre otros), así como promover su recuperación y valorización a través de procesos como el reciclaje de plásticos, metales, vidrios y otros, lo cual impulsará una industria moderna del reciclaje, incluyendo a los pequeños recicladores en las cadenas de valor del reciclaje.

En el Perú hay enormes oportunidades de aumentar el reciclaje, pues solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos re aprovechables que se generan. La reutilización es una necesidad que se acrecienta, esto con la finalidad mejorar la calidad del ambiente y resguardar la salud de las personas, por otro lado de propiciar el empleo, en el reciclaje de, vidrio, metales, papel y plástico entre otros materiales, esta actividad puede permite ahorrar materias primas que son extraídas de la naturaleza; la reutilización permite incrementar la vida útil de lugares destinados a los rellenos sanitarios en las diferentes ciudades, donde cada día se reduce los espacio asignados para su ubicación final de los residuos.

En tal sentido se debe de tomar conciencia de la importancia de tratar los residuos de forma adecuada, minimizando la generación, reusando y reaprovechando aquellos que tienen que puedan tener un valor económico y/o puedan ser convertidos en nuevos productos.

De lo planteado se hace necesario realizar investigaciones que permitan reutilizar productos tales como vidrio y metales como componentes del concreto.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado del análisis comparativo de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales, Huancayo – 2018?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el diseño de mezcla de concreto para un $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero para uso en veredas peatonales?
- b) ¿Cuál es la resistencia a la compresión axial con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales?

- c) ¿Cuál es el costo de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales?

1.3. Justificación

1.3.1. Practica o social

La presente investigación pretende contribuir a la búsqueda de la solución del problema de la contaminación que aquejan a la sociedad debido a que la industria genera gran cantidad de desechos de virutas de acero, en tal medida el investigador pretende realizar un análisis comparativo entre la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales.

1.3.2. Metodológica

Para desarrollar la presente tesis el investigador hará uso metodologías apropias para recolectar la información de campo, procesar los datos gabinete y cuantificar resumen, las metodologías empleadas podrán servir de apoyo sustento a otras investigaciones similares característica.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación está delimitada espacialmente para ser desarrollada en:

Departamento : Junín

Provincia : Huancayo

Distrito : Huancayo

Laboratorio : Universidad Peruana Los Andes

Figura 1: Ubicación nacional

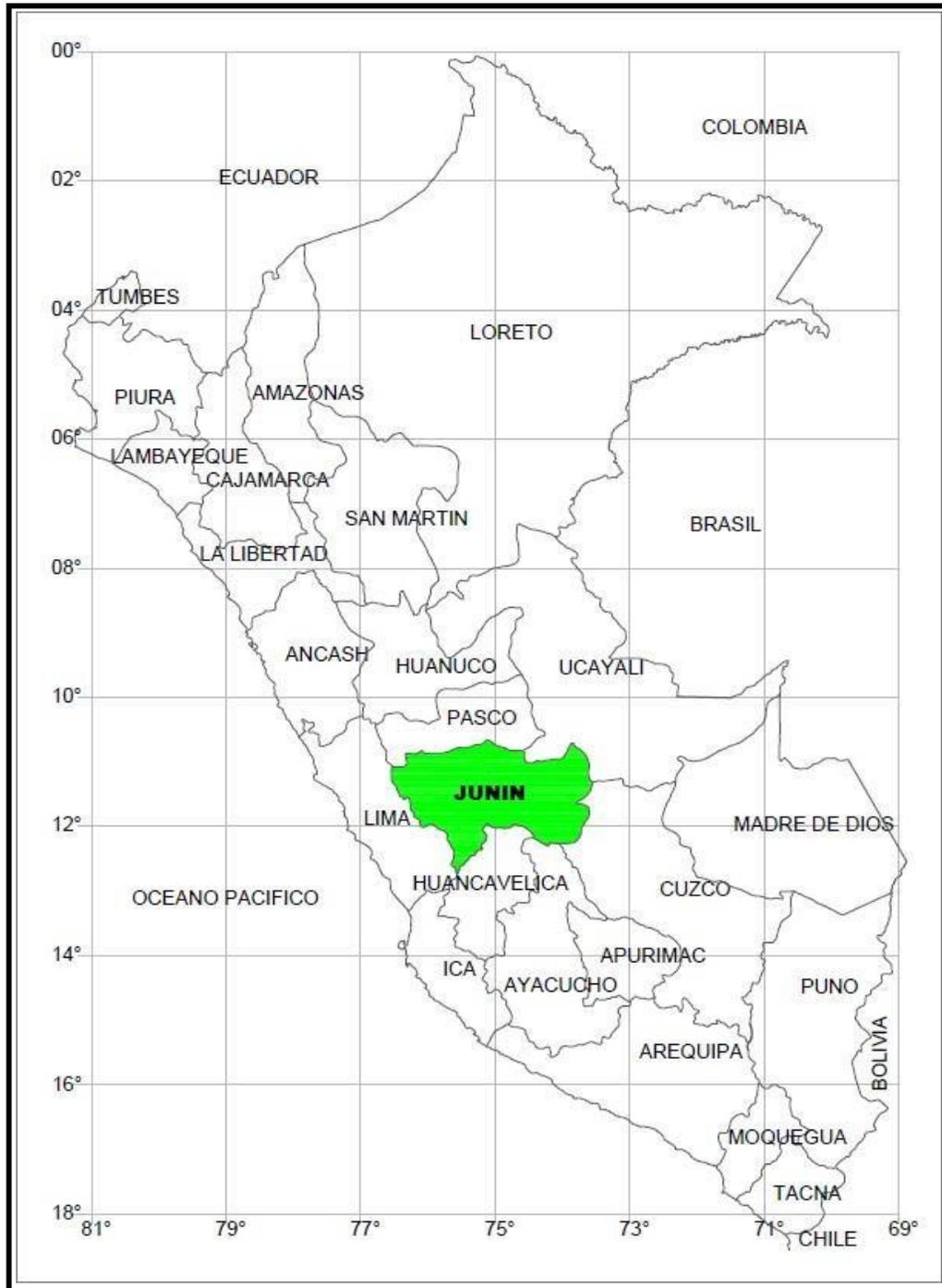


Figura 2: Ubicación provincial



Figura 3: Ubicación distrital



1.4.2. Temporal

El desarrollo de la tesis está delimitado temporalmente para el año 2018, entre los meses de junio a diciembre.

1.4.3. Económica

Los gastos que involucre el desarrollo de las pruebas de campo y laboratorio, serán asumidos en su integridad por el sustentante.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Tecnológicas

Las limitaciones de esta investigación están referidas a las tecnológicas, debido que en la ciudad de Huancayo se carece de equipos y materiales para poder realizar las pruebas.

1.5.2. Económicas

La otra limitante es el aspecto económico ya que debido a ese factor no se pudieron realizar las pruebas a mayor escala.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar el resultado del análisis comparativo de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales, Huancayo – 2018

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Realizar el diseño de mezcla de concreto para un $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero para uso en veredas peatonales.
- b) Determinar la resistencia a la compresión axial con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales.
- c) Cuantificar los costos de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)

2.1.1. Nacionales

A) El bach. **Valero Galarza Jhoner Frank** en el año **2014** en su investigación titulada **“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPÓPILENO EN LA FISURACIÓN ASOCIADAS A LA RETRACCIÓN PLASTICA EN PAVIMENTOS DE CONCRETO, HUANCAYO 2014”** “tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**”.

Plantea como objetivo

“Determinar la influencia fibras de polipropileno para controlar las fisuras asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto”.

Producto de su investigación llego a la conclusión

- “El empleo de fibras de polipropileno en las mezclas de concreto modifica su consistencia medida a través del asentamiento con el cono de Abrams, existe una reducción del 10 (de ½”) con la dosis mínima (del orden de 400 g/m³) para ambos tamaños de fibra, en tanto la reducción máxima es del 40 (de 2”) y de 45 (de 2 ¼”) con la dosis mayor (del orden de 1500 g/m³) para 19mm y 50 mm de tamaño de fibra respectivamente. Esto hace que influya en la trabajabilidad del concreto al momento de su coloración”.

- “De acuerdo a lo visto en el marco teórico, la exudación del concreto está ligada con el problema de la fisuración por retracción plástica, en efecto, el empleo de fibra de polipropileno de 19mm de tamaño en las mezclas de concreto reduce hasta un 50.3% del volumen de agua exudada respecto a la mezcla patrón, mientras las fibras de 50mm de tamaño reduce hasta un 58.1% del volumen de agua exudada respecto a la mezcla de patrón. Estas reducciones hacen que el concreto retenga más agua y por ende el concreto logre hidratarse de manera uniforme, también, que la retracción en el estado plástico sea menor ya que la retracción en este estado, depende fundamentalmente de la pérdida de agua por evaporación con respecto al contenido inicial de agua del concreto”.
- “Las fisuras por retracción plástica en el concreto disminuyen significativamente con el empleo de las fibras de polipropileno, en efecto, existe una relación inversa, es decir, según se va aumentando la dosis de fibra va disminuyendo las fisuras”.
 “Los resultados del laboratorio (bajo un ambiente controlado donde participan los parámetros ambientales descritos, al mismo tiempo) demuestran reducción con el empleo de fibra de 19 mm en las dosis de 400, 900 y 1500 g/m³ del 40%, 77% y 95% respectivamente”. “En tanto las reacciones de campo (donde participan de forma variada y aleatoria los parámetros externos descritos) demuestran que de la fibra 19 mm en la dosis de 400, 900 y 1500 g/m³ la fisura se reduce 64%, 91% y 100% respectivamente y con el empleo de la fibra 50 mm en las dosis de 400, 900 y 1500 g/m³ la figuración logra reducirse 71%, 98% y 100% respectivamente”. “Se observa que existe una variación entre ambos casos, esto debido a la variación de los parámetros ambientales como la temperatura, humedad relativa y velocidad del viento”.
 “En efecto, los resultados de laboratorio y de campo demuestran tener mejores resultados las dosis de fibra de 900 y 1500 g/m³”.

- “No existe una diferencia significativa entre empleo de fibra 19 mm y 50mm para el control de fisura de retracción plástica en pavimentos de concreto. Por lo tanto, se concluye que se puede minimizar las fisuras por retracción plástica en pavimentos de concreto de manera satisfactoria con el empleo de cualquiera de los tamaños de fibra ya que ninguno se ha mostrado significativamente superior”.
- “No existe una diferencia significativa entre el empleo de fibra de 19mm y 50mm para retrasar la aparición y el desarrollo de las fisuras por retracción plástica en pavimentos de concreto”. “Por lo que se concluye que no se puede retrasar la aparición ni el desarrollo de las fisuras por retracción plástica en pavimentos de concreto en mayor grado con el empleo de cualquiera de los dos tamaños de fibra ya que se ha mostrado significativamente superior”.
- “Al incorporar fibras de polipropileno en las mezclas de concreto en las diferentes dosis genera un ligero incremento, no significativo, en la resistencia a la compresión entre 1% al 10% a los 7, 28 y 45 días con respecto a la mezcla patrón”. “La dosis de 900 g/m³ para ambos tamaños de fibra tiene mejor respuesta en esta propiedad, puesto que a los 7, 28 y 45 días se comporta de manera favorable”.

B) El Bach. BLEGER FREDDY GARCIA CHAMBILLA en el año **2017** en su investigación titulada **“EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $f'c=210$ kg/cm² EN LA CIUDAD DE PUNO”** tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO** Plantea como objetivo.

- “Evaluar la resistencia a la compresión del concreto normal $f'c=210$ kg/cm² con incorporación de fibras de vidrio y costo de producción. Producto de su investigación llegó a la siguiente conclusión”.
- “Incorporando fibras de vidrio en porcentajes de 0.025%, 0.075% y a.125 la resistencia a la compresión es superior al concreto normal, en todos los grupos de control y el costo de producción disminuye”.

- “La incorporación de 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio en el concreto normal f_c 210 kg/cm² incrementa la resistencia a la compresión en 6.65%, 2.26% y 1.26% respectivamente, por ende, mejora la resistencia a la compresión, aceptándose la hipótesis general plateada”.
- “La incorporación de 0.025% fibra de vidrio es el concreto normal $f_c=210$ kg/cm² el costo de producción en 2.94%”.

C) Los Bachilleres DE LA CRUZ MERCADO, Wilmer Rolando y QUISPE CCAHIN, Walter Reynan en el año **2014** en su investigación titulada **“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN EL CONCRETO EMPLEADO PARA PAVIMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISTAS EN LA PROVINCIA DE HUAMANGA-AYACUCHO”** tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.**

Plantea como objetivo.

- “Determinar la influencia de la adición de fibras de acero en el concreto empleado para pavimentos rígidos en la construcción de pistas en la provincia de Huamanga – Ayacucho”.
- “Analizar el comportamiento del concreto convencional empleado en la obra en estudio”.
- “Analizar el comportamiento del concreto con la adición de fibras de acero en concreto propuesto”.
- “Determinar las ventajas técnicas del empleo de concreto con adición de fibras de acero con respecto al concreto empleado en la obra en estudio”.

producto de su investigación llego a las siguientes conclusiones

- “La granulometría del agregado fino (arena gruesa) y del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera chacco si cumple con las especificaciones de la NTP”.
- “La incorporación de fibras de acero, repercute sobre la propiedad del concreto en estado fresco destacando la reducción de la

trabajabilidad, el asentamiento de la mezcla disminuye de $3\frac{1}{4}^{\circ}$ a 3° ; igual se encuentra dentro de las tolerancias que se muestran en la norma ASTM2.

- “En cuanto a la propiedad mecánica de resistencia a la compresión axial (f_c), la adición de fibra de acero no tiene mayor influencia en el aumento del f_c , pues el incremento es muy pequeño. El aporte de las fibras a la resistencia a la compresión del concreto es que evita que este tenga una falla frágil, dándole ductilidad al compuesto”.
- “Observando la interacción de los factores A y B, los mejores resultados de f_c se obtuvo de 272 kg/cm^2 , contrariamente se obtienen menores valores cuando los factores toman los otros niveles”.

2.1.2. Internacionales

A) El Bach **CARLOS JAVIER CATALAN ARTEAGA VALDIVIA** en el año **2013** en su investigación titulada “**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN HORMIGONES GRADO H15, H₂₀ Y H₃₀**” tesis para optar el título profesional de INGENIERÍA CIVIL en OBRAS CIVILES de la **UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**.

Cuyo objetivo es:

- Estudiar la influencia de la adicción sobre la resistencia mecánica del hormigón de grados H15, H₂₀ Y H₃₀.

Producto de su investigación formulo las siguientes conclusiones

- “Las conclusiones de este estudio pueden abordarse de varios puntos de interés, los cuales, en su mayoría, han sido tocados con anterioridad en alguno de los capítulos precedentes”.
- “Dado que la absorción de agua es prácticamente nula en el vidrio, se puede disminuir la cantidad de agua necesaria, para determinado descenso del cono”.
- “La incorporación del vidrio en la mezcla de hormigón permite reutilizar de dicho material, considerando que una gran cantidad de

vidrio desecho es tirado directamente a la basura con esto se estaría realizando un aporte a la disminución de volúmenes de desecho sólidos acopiados en vertederos autorizados y clandestino, además de reducir costos asociados a la producción de hormigón, en relación a la extracción de áridos”.

- “El reemplazo de parte de los áridos por vidrio triturado no provoca cambios significativos en la densidad del hormigón, no se genera un aumento excesivo del peso final de las probetas, ya que el vidrio posee una densidad del mismo orden que los áridos utilizados, manteniéndose dentro del rango permitido por la norma, para los áridos utilizados en hormigón (según NCh163Of, 1979 entre 2000 y 3000 kg/m³)”.
- “El contenido de materia orgánica en el vidrio es despreciable, siempre y cuando le dé un tratamiento adecuado de limpieza, previo a su incorporación en la mezcla de hormigón, lo que se traduce en una mayor estabilidad físico-químico a reaccionar agentes presentes ya sea en el agua de amasado, o en el cemento mismo”.
- “Se deben establecer condiciones adecuadas para la manipulación y trituración del vidrio, teniendo especial cuidado al manejar granulometrías menores de 5mm, debido a la composición del mismo, con un alto contenido de sílice, el que al ser aspirado en grandes cantidades puede ser nocivo para la salud, provocando en casos extremos, enfermedades como la silicosis”.
- “Existe una tendencia, aunque en este caso ligero, a un aumento de resistencia del hormigón, al incluir el 10% en la mezcla, lo que corrobora estudios referentes al tema. Al incluir un porcentaje mayor en la mezcla, se tiende a una disminución de resistencia, lo cual se explica en la naturaleza como materia frágil del vidrio, en detrimento de la ductilidad deseada en hormigones”.
- “Si bien, según los resultados obtenidos, no se apreció una variación significativa en la resistencia a partir de los hormigones patrones,

este mismo hecho permite verificar que la inclusión de vidrio en el hormigón, es completamente factible, desde el punto de vista de inalterabilidad de las características principales de este material (densidad y resistencia)".

- "En el proceso de triturado y manipulación del vidrio en este estudio, se puede apreciar en el vidrio un comportamiento similar al cemento en condiciones de tamaños parecidos, en presencia de humedad". "En estudios anteriores respecto a este tema, se han observado propiedades puzolánicas en el polvo de vidrio, lo cual no fue objeto de este tema, pero bien puede abrir la posibilidad a estudio posteriores".
- "En relación al hormigón, el vidrio posee un coeficiente de dilatación térmica menor que el concreto (entre 0,3 a 0,5 veces). Lo cual es beneficioso para elementos expuestos al calor, pudiendo controlar de mejor manera la expansión y/o contracción frente a ciclos de cambios de temperatura (choques térmicos, cambios de estación, etc.)".
- "La fabricación de hormigón con agregado de vidrios desechos es viable en la medida en que se disponga de suficiente material para ser procesado. Dado que la idea de este estudio se enfoca en la utilización de residuos domiciliarios principalmente, la recolección de vidrio a nivel de la población juega un papel preponderante". "Si bien, el reciclaje de vidrio para la elaboración de productos de este material es el destino ideal de los residuos de vidrio, la industria de concreto pareciera ofrece un buen espectro de posibilidades para su incorporación".
- "Un punto que juega en contra de esta iniciativa, es la inversión inicial asociada al tratamiento que requieren los residuos de vidrio, destinada a la implementación de maquinarias adecuadas para el trabajo con este material, limpieza, separación de otros residuos, trituración, tamizado, etc., aunque en la actualidad existe gran variedad de productos desarrollados para la trituración de residuos".

B) Los bachilleres SAMUEL ARANGO CORDOVA y JHON ANDESON ZAPATA en el año 2013 en su investigación titulada “INFLUENCIA DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS DE CONCRETO” tesis para optar el título profesional de ingeniero civil de la UNIVERSIDAD EAFIT FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL MEDELLIN-COLOMBIA.

Para su estudio se plantea como objetivo:

- “Analizar el comportamiento mecánico de mezclas de concreto común con inclusión de fibras de vidrio”.

Producto de su investigación llegó a las siguientes conclusiones

- “En este proyecto se estudió el efecto de adicionar diferentes porcentajes de fibra de vidrio a una mezcla de concreto diseñada para tal fin. Se estudiaron los parámetros de trabajabilidad, resistencia a la compresión, resistencia a la tensión y módulo de elasticidad”.
- 2Para el estudio de los parámetros mencionados anteriormente se realizó una mezcla de referencia de concreto convencional sin ninguna adición de fibra de vidrio. A partir de esta mezcla de referencia se compararon el resto de las mezclas con adición de fibra de vidrio. En la mezcla de referencia se usó un aditivo plastificante (Eucon, de la empresa Toxement) para darle mayor manejabilidad a las mezclas realizadas manteniendo una relación agua cemento que permitiera una buena resistencia a la compresión”. “Los porcentajes de fibras usados durante la fase experimental del proyecto fueron 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2% y 2.5% del peso total de la mezcla de concreto”.
- 2Para obtener los resultados de los ensayos se realizaron mezclas de concreto con las mismas características del diseño de la mezcla de referencia. Para los ensayos de compresión y módulo de elasticidad se extrajeron muestras de cilindros, y para el ensayo a tensión se extrajeron muestras en vigas”. “La única variación que tuvieron las

muestras para realizar los ensayos fue el porcentaje de fibra de vidrio inducido”.

- “La metodología utilizada para la realización de este proyecto permitió encontrar un porcentaje adecuado de adición de fibra de vidrio para trabajar de manera adecuada adiciones de fibra en mezclas de concreto que soliciten una mayor resistencia a la tensión, sin alterar la resistencia a la compresión ni el módulo de elasticidad”. “En el caso estudiado se determinó que el porcentaje de fibra de vidrio más adecuado para adicionarle a las mezclas de concreto es del 1%, valor que representa en la mezcla en cuanto al ensayo a tensión una mejora de 11.66% con respecto a la mezcla de referencia; en cuanto a la compresión continúa manteniendo la misma resistencia que la mezcla de referencia; y en cuanto al módulo de elasticidad hay una pequeña mejora del 16%, valores que en todos los casos aportan positivamente a la mezcla. Por otro lado, el asentamiento de la mezcla de concreto durante la etapa de colocación con este porcentaje del 1.0% de fibra corresponde una mezcla trabajable que puede garantizar homogeneidad y trabajabilidad en la etapa de colocación”.
2) Al realizar las mezclas se observó que a medida que la mezcla contiene más fibra, durante la etapa de mezclado en el trompo mezclador mecánico es más difícil homogenizar la mezcla, obteniendo una consistencia alta y provocando dificultades en el proceso de mezclado”.
- “Durante la manipulación de la fibra de vidrio y de las mezclas con contenido de ésta, se recomienda usar guantes, camisa con manga larga y protector de boca y nariz, esto debido a que la fibra de vidrio provoca un brote y rasquiña inmediata cuando se junta con la piel humana”.

C) El autor **SILVA TIPANTASIG LENIN GABRIEL** en el año 2014 en su investigación titulada “**COMPORTAMIENTO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO Y SU INFLUENCIA EN SUS**

PROPIEDADES MECÁNICAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA “TRABAJO DE GRADUACIÓN ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO – ECUADOR”

Para su investigación se formula los siguientes objetivos

- “Determinar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero y su influencia en sus propiedades mecánicas en el Cantón Ambato, provincia de Tungurahua”.
- “Analizar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras de acero utilizando los agregados existentes dentro de la ciudad de Ambato”.
- “Determinar cómo varían las propiedades mecánicas del hormigón con la incorporación de diferentes porcentajes de fibra de acero”.
- “Plantear concentraciones de fibra de acero apropiadas para la preparación de hormigón de distintas resistencias, de acuerdo a las propiedades de los agregados grueso – fino”.

Producto de su investigación llego a las siguientes conclusiones

- “Finalizados los análisis pertinentes de las dosificaciones con diferentes porcentajes de fibra de acero se concluye que el 1,15% es el porcentaje óptimo para la resistencia a flexión, mientras que el 1,20% es el porcentaje óptimo para la resistencia a tracción, y finalmente el 0,62% es el porcentaje óptimo para la resistencia a compresión, no obstante considerando que la compresión del hormigón reforzado con el 1,15% de fibra no se ve disminuida por su adición se recomienda emplear este porcentaje para conseguir las mejores respuestas tanto a tracción como a flexión”.
- “A razón que aumenta la cantidad de fibra en el hormigón después del porcentaje óptimo de fibra de acero establecido para cada resistencia analizada, se notó que cada una de estas disminuye debido a que con cantidades de fibra superiores a la recomendable

se produce demasiados erizos dentro de la mezcla fresca y una disminución de la consistencia lo que provoca que con el mismo método de compactación aplicado, los especímenes de hormigón preparados presenten porosidad y contenido de aire mayor en su masa, resultando que la capacidad de adherencia entre la fibra de acero y la matriz cementicia sea menor”.

- “El análisis de los resultados obtenidos al comparar el comportamiento mecánico del hormigón simple con el hormigón reforzado con fibras, denotó por un lado que al romper los cilindros de hormigón fibroreforzado en el ensayo a compresión, las probetas demostraron la capacidad de presentar una falla mucho más dúctil y no explosiva, verificando la idea que los filamentos de acero incorporado cosen la matriz en zonas de fisura generadas y mantienen a la muestra como un solo elemento durante un mayor tiempo, produciendo que sea más complicado su destrucción; aspecto de seguridad adquirida que cobraría relevancia frente a probables desastres dentro de una construcción”.
- “Es importante resaltar que en los ensayos de tracción y flexión realizados la incorporación de fibras de acero a las muestras de hormigón mejoró su respuesta frente a la fisuración y minimizó la fragilidad del mismo. Lo que en otras palabras se describiría en un aumento considerable de la tenacidad del hormigón reforzado con fibras, propiedad que lo caracterizó durante todo el estudio y que lo hace ser digno de empleo en construcciones donde se necesite un correcto control de los procedimientos de fisuración”.
- “A mayores concentraciones de fibra de acero dentro del hormigón fresco, se visualizó que disminuye la trabajabilidad de la mezcla haciéndola menos manejable; asimismo la consistencia se ve afectada, pues por la formación de bolas de fibra o erizos provocó que la mezcla pierda fluidez y al final se obtengan valores de asentamiento menor a 6 cm, cifra que fue el límite inferior al planteado”.

- “La densidad del hormigón no varía significativamente al incrementar el contenido de fibras de acero, pues es evidente que, al analizar las cifras de densidades del hormigón simple y hormigón reforzado con el porcentaje óptimo de fibras en su estado fresco, se tiene como resultado un incremento del 1%, concluyendo que se obtiene un peso específico del hormigón fibroreforzado mínimamente superior al del hormigón convencional”.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Viruta de acero

“La viruta es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que se extrae mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación”.

2.2.2. Concreto

“El concreto (del inglés concrete, a su vez del latín concrētus, «agregado, condensado») u hormigón (de hormigo 'gachas de harina') es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade áridos (agregado), agua y aditivos específicos”.

“El aglomerante es, en la mayoría de las ocasiones, cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena).⁶ La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero. Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla. En el caso del elaborado con cemento Portland se le suele comúnmente llamar mezcla o cemento”.

“El cemento es un material pulverulento que por sí mismo no es aglomerante, y que, mezclado con agua, al hidratarse se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece, tornándose en un material de consistencia pétreo”. “El cemento consiste esencialmente en silicato cálcico hidratado (S-C-H)”. “Este compuesto es el principal responsable de sus características adhesivas. Se denomina cemento hidráulico cuando el cemento, resultante de su hidratación, es estable en condiciones de entorno acuosas. Además, para poder modificar algunas de sus características o comportamiento, se pueden añadir aditivos y adiciones (en cantidades inferiores al 1 % de la masa total del concreto), existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores y retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, fibras, etc”.

“El hormigón o concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³ (137 hasta 150 libras/pie³). La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluido) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad”.

“En el diseño del concreto u hormigón armado (reforzado), el peso unitario de la combinación del concreto con la armadura normalmente se considera 2400 kg/m³ (150 lb/ft³)”.

“Dependiendo de las proporciones de cada uno de sus constituyentes existen varios tipos de hormigones. Se considera hormigón pesado aquel que posee una densidad de más de 3200 kg/m³, debido al empleo de agregados densos (empleado en protección contra las radiaciones); el hormigón normal, empleado en estructuras, que posee una densidad de 2200 kg/m³; y el hormigón ligero, con densidades de 1800 kg/m³”.

“La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), y por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero, recibiendo en este caso la denominación de concreto u hormigón armado. Este conjunto se comporta muy favorablemente ante las diversas sollicitaciones o esfuerzos mencionados anteriormente”.

“Cuando se proyecta una estructura de concreto armado se establecen las dimensiones de los elementos, el tipo de concreto, los aditivos y el acero que hay que colocar en función de los esfuerzos que deberá soportar y de las condiciones ambientales a que estará expuesto”.

“A finales del siglo XX ya era el material más empleado en la industria de la construcción. Se le da forma mediante el empleo de moldes rígidos denominados encofrados. Su empleo es habitual en obras de arquitectura e ingeniería, tales como edificios, puentes, diques, puertos, canales, túneles, etc. Incluso en aquellas edificaciones cuya estructura principal se realiza en acero, su utilización es imprescindible para conformar la cimentación. La variedad de hormigones que han ido apareciendo a finales del siglo XX ha permitido que existan, por ejemplo, concreto reforzado con fibras de vidrio (GRC), hormigones celulares que se aligeran con aire, aligerados con fibras naturales y autocompactantes”.

«Hormigón» “procede del término formicō (o formáceo), palabra latina que alude a la cualidad de «moldeable» o «dar forma”». “El término «concreto», definido en el diccionario de la RAE como americanismo, también es originario del latín: procede de la palabra concretus, que significa «crecer unidos», o «unir»”. “Concretus es una palabra compuesta de su prefijo es com - (unión) y el participio pasado del verbo crēscere (crecer). Su uso en idioma español se transmite por vía de la cultura anglosajona, como anglicismo (o calco semántico), siendo la voz inglesa original concrete”. “Etimológicamente, concreto es sinónimo de

concrecionado y concreción, que es la unión de diversas partículas para formar una masa”.

2.2.3. Cemento Portland y hormigón armado

“Joseph Aspdin y James Parker patentaron en 1824 el Portland Cement, obtenido de caliza arcillosa y carbón calcinados a alta temperatura – denominado así por su color gris verdoso oscuro, muy similar a la piedra de la isla de Pórtland. Isaac Johnson obtiene en 1845 el prototipo del cemento moderno elaborado de una mezcla de caliza y arcilla calcinada a alta temperatura, hasta la formación del clinker; el proceso de industrialización y la introducción de hornos rotatorios propiciaron su uso para gran variedad de aplicaciones, hacia finales del siglo XIX”.

“El hormigón o concreto, por sus características pétreas, soporta bien esfuerzos de compresión, pero se fisura con otros tipos de sollicitaciones (flexión, tracción, torsión, cortante); la inclusión de varillas metálicas que soportaran dichos esfuerzos propició optimizar sus características y su empleo generalizado en múltiples obras de ingeniería y arquitectura.

La invención del hormigón armado se suele atribuir al constructor William Wilkinson, quien solicitó en 1854 la patente de un sistema que incluía armaduras de hierro para «la mejora de la construcción de viviendas, almacenes y otros edificios resistentes al fuego». El francés Joseph Monier patentó varios métodos en la década de 1860, pero fue François Hennebique quien ideó un sistema convincente de hormigón armado, patentado en 1892, que utilizó en la construcción de una fábrica de hilados en Tourcoing, Lille, en 1895. Hennebique y sus contemporáneos basaban el diseño de sus patentes en resultados experimentales, mediante pruebas de carga; los primeros aportes teóricos los realizan prestigiosos investigadores alemanes, tales como Wilhelm Ritter, quien desarrolla en 1899 la teoría del «Reticulado de Ritter-Mörsch». Los estudios teóricos fundamentales se gestarán en el siglo XX”.

“A principios del siglo XX surge el rápido crecimiento de la industria del cemento, debido a varios factores: los experimentos de los químicos franceses Louis Vicat y Le Chatelier y el alemán Michaélis, que logran producir cemento de calidad homogénea; la invención del horno rotatorio para calcinación y el molino tubular; y los métodos de transportar hormigón fresco ideados por Juergen Hinrich Magens que patenta entre 1903 y 1907. Con estos adelantos pudo elaborarse cemento Portland en grandes cantidades y utilizarse ventajosamente en la industria de la construcción. Robert Maillart proyecta en 1901 un puente en arco de 38 metros de luz sobre el río Inn, en Suiza, construido con vigas cajón de hormigón armado; entre 1904 y 1906 diseña el puente de Tavanasa, sobre el río Rin, con 51 metros de luz, el mayor de Suiza. Claude A.P. Turner realiza en 1906 el edificio Bovex de Mineápolis (Estados Unidos), con los primeros pilares fungiformes (de amplios capiteles).”

“Le Corbusier, en los años 1920, reclama en *Vers une Architecture* una producción lógica, funcional y constructiva, despojada de retóricas del pasado; en su diseño de Casa Domino, de 1914, la estructura está conformada con pilares y forjados de hormigón armado, posibilitando fachadas totalmente diáfanas y la libre distribución de los espacios interiores”.

“Los hangares de Orly (París), diseñados por Freyssinet entre 1921 y 1923, con 60 metros de luz, de flecha y 300 de longitud, se construyen con láminas parabólicas de concreto armado, eliminando la división funcional entre paredes y techo. En 1929 Frank Lloyd Wright construye el primer rascacielos en concreto”.

“En la década de 1960 aparece el hormigón reforzado con fibras, incorporadas en el momento del amasado, dando al concreto isotropía y aumentando sus cualidades frente a la flexión, tracción, impacto, fisuración, etc. En los años 1970, los aditivos permiten obtener hormigones de alta resistencia, de 120 a más de 200 MPa; la incorporación de monómeros genera hormigones casi inatacables por los agentes químicos

o indestructibles por los ciclos hielo-deshielo, aportando múltiples mejoras en diversas propiedades del concreto.”

“Los grandes progresos en el estudio científico del comportamiento del concreto armado y los avances tecnológicos, posibilitaron la construcción de rascacielos más altos, puentes de mayor luz, amplias cubiertas e inmensas presas. Su empleo será insustituible en edificios públicos que deban albergar multitudes: estadios, teatros, cines, etc. Muchas naciones y ciudades competirán por erigir la edificación de mayor dimensión, o más bella, como símbolo de su progreso que, normalmente, estará construida en concreto armado.”

“Los edificios más altos del mundo poseen estructuras de concreto y acero, tales como las Torres Petronas, en Kuala Lumpur, Malasia (452 metros, 1998), el edificio Taipei 101 en Taiwán (509 metros, 2004), o el Burj Khalifa de la ciudad de Dubái (818 metros, 2009), en el siglo XXI.”

2.2.4. Características y comportamiento

“El concreto u hormigón es el material resultante de unir áridos con la pasta que se obtiene al añadir agua a un conglomerante”. “El conglomerante puede ser cualquiera, pero cuando nos referimos al concreto, generalmente es un cemento artificial, y entre estos últimos, el más importante y habitual es el cemento portland”. “Los áridos proceden de la desintegración o trituración, natural o artificial de rocas y, según la naturaleza de las mismas, reciben el nombre de áridos silíceos, calizos, graníticos, etc.” “El árido cuyo tamaño sea superior a 5 mm se llama árido grueso o grava, mientras que el inferior a 5 mm se llama árido fino o arena”. “El tamaño de la grava influye en las propiedades mecánicas del concreto. La pasta formada por cemento y agua es la que confiere al hormigón su fraguado y endurecimiento, mientras que el árido es un material inerte sin participación directa en el fraguado y endurecimiento del hormigón”. “El cemento se hidrata en contacto con el agua, iniciándose diversas reacciones químicas de hidratación que lo convierten en una pasta maleable con buenas propiedades adherentes, que, en el transcurso de

unas horas, derivan en el fraguado y endurecimiento progresivo de la mezcla, obteniéndose un material de consistencia pétreo”.

“Una característica importante del hormigón es poder adoptar formas distintas, a voluntad del proyectista. Al colocarse en obra es una masa plástica que permite rellenar un molde, previamente construido con una forma establecida, que recibe el nombre de encofrado”.

➤ Características mecánicas

“La principal característica estructural del hormigón o concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las solicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de hormigón”.

“Para superar este inconveniente, se "arma" el concreto introduciendo barras de acero, conocido como concreto armado, o concreto reforzado, permitiendo soportar los esfuerzos cortantes y de tracción con las barras de acero. Es usual, además, disponer barras de acero reforzando zonas o elementos fundamentalmente comprimidos, como es el caso de los pilares. Los intentos de compensar las deficiencias del concreto a tracción y cortante originaron el desarrollo de una nueva técnica constructiva a principios del siglo XX, la del concreto armado. Así, introduciendo antes del fraguado alambres de alta resistencia tensados en el concreto, este queda comprimido al fraguar, con lo cual las tracciones que surgirían para resistir las acciones externas, se convierten en descompresiones de las partes previamente comprimidas, resultando muy ventajoso en muchos casos. Para el pretensado se utilizan aceros de muy alto límite elástico, dado que el fenómeno denominado fluencia lenta anularía las ventajas del pretensado. Posteriormente se investigó la conveniencia de introducir tensiones en el acero de manera deliberada y previa al fraguado del

concreto de la pieza estructural, desarrollándose las técnicas del concreto pretensado y el concreto postensado.

Los aditivos permiten obtener concreto de alta resistencia; la inclusión de monómeros y adiciones para concreto aportan múltiples mejoras en las propiedades del concreto.

Cuando se proyecta un elemento de hormigón armado se establecen las dimensiones, el tipo de concreto, la cantidad, calidad, aditivos, adiciones y disposición del acero que hay que aportar en función los esfuerzos que deberá resistir cada elemento. Un diseño racional, la adecuada dosificación, mezcla, colocación, consolidación, acabado y curado, hacen del concreto un material idóneo para ser utilizado en construcción, por ser resistente, durable, incombustible, casi impermeable, y requerir escaso mantenimiento. Como puede ser moldeado fácilmente en amplia variedad de formas y adquirir variadas texturas y colores, se utiliza en multitud de aplicaciones.

➤ Características físicas del concreto

Las principales características físicas del concreto, en valores aproximados, son:

- **Densidad:** en torno a 2350 kg/m^3
- **Resistencia a compresión:** de 150 a 500 kg/cm^2 (15 a 50 MPa) para el concreto ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2000 kg/cm^2 (200 MPa).
- **Resistencia a tracción:** proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- **Tiempo de fraguado:** dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- **Tiempo de endurecimiento:** progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros.

De 24 a 48 horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana 3/4 partes, y en 4 semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.

Dado que el concreto se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el concreto protege al acero de la oxidación al recubrirlo.

2.2.5. Fraguado y endurecimiento

La pasta del hormigón se forma mezclando cemento artificial y agua debiendo embeber totalmente a los áridos. La principal cualidad de esta pasta es que fragua y endurece progresivamente, tanto al aire como bajo el agua.

El proceso de fraguado y endurecimiento es el resultado de reacciones químicas de hidratación entre los componentes del cemento. La fase inicial de hidratación se llama fraguado y se caracteriza por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido. Esto se observa de forma sencilla por simple presión con un dedo sobre la superficie del hormigón. Posteriormente continúan las reacciones de hidratación alcanzando a todos los constituyentes del cemento que provocan el endurecimiento de la masa y que se caracteriza por un progresivo desarrollo de resistencias mecánicas.

El fraguado y endurecimiento no son más que dos estados separados convencionalmente; en realidad solo hay un único proceso de hidratación continuo.

En el cemento portland, el más frecuente empleado en los hormigones, el primer componente en reaccionar es el aluminato tricálcico con una duración rápida y corta (hasta 7-28 días). Después el silicato tricálcico, con una aportación inicial importante y continua durante bastante tiempo. A continuación, el silicato bicálcico con una aportación inicial débil y muy importante a partir de los 28 días.

El fenómeno físico de endurecimiento no tiene fases definidas. El cemento está en polvo y sus partículas o granos se hidratan progresivamente, inicialmente por contacto del agua con la superficie de los granos, formándose algunos compuestos cristalinos y una gran parte de compuestos microcristalinos asimilables a coloides que forman una película en la superficie del grano. A partir de entonces el endurecimiento continúa dominado por estas estructuras coloidales que envuelven los granos del cemento y a través de las cuales progresa la hidratación hasta el núcleo del grano.

El hecho de que pueda regularse la velocidad con que el cemento amasado pierde su fluidez y se endurece, lo hace un producto muy útil en construcción. Una reacción rápida de hidratación y endurecimiento dificultaría su transporte y una cómoda puesta en obra rellenando todos los huecos en los encofrados. Una reacción lenta aplazaría de forma importante el desarrollo de resistencias mecánicas. En las fábricas de cemento se consigue controlando la cantidad de yeso que se añade al clinker de cemento. En la planta de concreto, donde se mezcla la pasta de cemento y agua con los áridos, también se pueden añadir productos que regulan el tiempo de fraguado.

En condiciones normales un concreto u hormigón Portland normal comienza a fraguar entre 30 y 45 minutos después de que ha quedado en reposo en los moldes y termina el fraguado trascurridas sobre 10 o 12 horas. Después comienza el endurecimiento que lleva un ritmo rápido en los primeros días hasta llegar al primer mes, para después aumentar más lentamente hasta llegar al año donde prácticamente se estabiliza.¹⁷ En el cuadro siguiente se observa la evolución de la resistencia a compresión de un hormigón tomando como unidad la resistencia a 28 días, siendo cifras orientativas:

Figura N° 4 Diagrama de resistencia del concreto

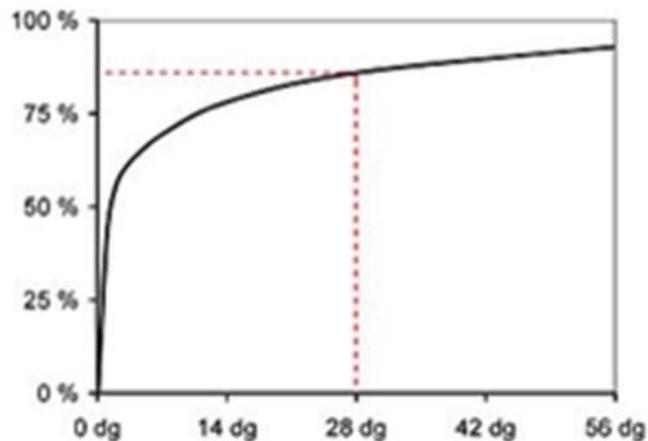


Diagrama indicativo de la resistencia (en %) que adquiere el concreto a los 14, 28, 42 y 56 días.

Tabla N° 1 Evaluación de resistencia del concreto

Evolución de la resistencia a compresión de un concreto u hormigón Portland normal					
Edad del hormigón en días	3	7	28	90	360
Resistencia a compresión	0.40	0.65	1.00	1.20	1.35

2.2.6. Resistencia

“En el proyecto previo de los elementos, la resistencia característica (f_{ck}) del hormigón es aquella que se adopta en todos los cálculos como resistencia a compresión del mismo, y dando por hecho que el hormigón que se ejecutará resistirá ese valor, se dimensionan las medidas de todos los elementos estructurales”.

“La resistencia característica de proyecto (f_{ck}) establece por tanto el límite inferior, debiendo cumplirse que cada amasada de hormigón colocada tenga esa resistencia como mínimo. En la práctica, en la obra se realizan ensayos estadísticos de resistencias de los hormigones que se colocan y el 95 % de los mismos debe ser superior a f_{ck} , considerándose que, con el nivel actual de la tecnología del hormigón, una fracción defectuosa del 5 % es perfectamente aceptable”.

“La resistencia del hormigón a compresión se obtiene en ensayos de rotura por compresión de probetas cilíndricas normalizadas realizados a los 28 días de edad y fabricadas con las mismas amasadas puestas en obra”.

“Se recomienda utilizar la siguiente serie de resistencias características a compresión a 28 días por ello, las plantas de fabricación de hormigón suministran habitualmente hormigón que garantizan estas resistencias”.

Foto N° 1 Toma de muestra para ensayos



2.2.7. Consistencia del hormigón fresco

La consistencia es la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado. Influyen en ella distintos factores, especialmente la cantidad de agua de amasado, pero también el tamaño máximo del árido, la forma de los áridos y su granulometría.

La consistencia se fija antes de la puesta en obra, analizando cual es la más adecuada para la colocación según los medios que se dispone de compactación. Se trata de un parámetro fundamental en el hormigón fresco.

Entre los ensayos que existen para determinar la consistencia, el más empleado es el cono de Abrams. Consiste en llenar con hormigón fresco un molde troncocónico de 30 cm de altura. La pérdida de altura que se produce cuando se retira el molde, es la medida que define la consistencia.

Los hormigones se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos y fluidos tal como se indica en la tabla siguiente:

Tabla N° 2 Consistencia del hormigón fresco

Consistencia de los hormigones frescos		
“Consistencia	Asiento en cono de Abrams (cm)	Compactación”
Seca	0-2	Vibrado
Plástica	3-5	Vibrado
Blanda	6-9	Picado con barra
Fluida	10-15	Picado con barra
Líquida	16-20	Picado con barra

Foto N° 2 Trabajabilidad del concreto



2.2.8. Durabilidad

“La durabilidad del hormigón se define como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura protegiendo también las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior2.

Foto N° 3 Ruptura de testigos



2.2.9. Prueba de compresión

“Por tanto, no solo hay que considerar los efectos provocados por las cargas y sollicitaciones, sino también las condiciones físicas y químicas a las que se expone. Por ello se considera el tipo de ambiente en que se va a encontrar la estructura y que puede afectar a la corrosión de las armaduras, ambientes químicos agresivos, zonas afectadas por ciclos de hielo-deshielo, etc”.

“Para garantizar la durabilidad del hormigón y la protección de las armaduras frente a la corrosión es importante realizar un hormigón con una permeabilidad reducida, realizando una mezcla con una relación agua/cemento baja, una compactación idónea, un peso en cemento adecuado y la hidratación suficiente de éste añadiendo agua de curado para completarlo. De esta forma se consigue que haya los menos poros posibles y una red capilar interna poco comunicada y así se reducen los ataques al hormigón”.

“En los casos de existencia de sulfatos en el terreno o de agua de mar se deben emplear cementos especiales. Para prevenir la corrosión de armaduras hay que cuidar el recubrimiento mínimo de las mismas, los hormigones están tipificados según el siguiente formato siendo obligatorio referirse de esta forma en los planos y demás documentos de proyecto, así como en la fabricación y puesta en obra”:

Hormigón T – R / C / TM / A

T: se denominará HM cuando sea hormigón en masa, HA cuando sea hormigón armado y HP cuando sea hormigón pretensado.

R: resistencia característica del hormigón expresada en N/mm². C: letra inicial del tipo de consistencia: S = Seca, P = plástica, B = Blanda, F = Fluida y L = Líquida.

TM: tamaño máximo del árido expresado en milímetros. A: designación del ambiente a que estará expuesto el hormigón.

Tabla N° 3 tipos de concreto

Tipos de hormigón	
Hormigón ordinario	“También se suele referir a él denominándolo simplemente hormigón. Es el material obtenido al mezclar cemento portland, agua y áridos de varios tamaños, superiores e inferiores a 5 mm, es decir, con grava y arena”.
Hormigón en masa	“Es el hormigón que no contiene en su interior armaduras de acero. Este hormigón solo es apto para resistir esfuerzos de compresión”.
Hormigón armado	“Es el hormigón que en su interior tiene armaduras de acero, debidamente calculadas y situadas. Este hormigón es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción. Los esfuerzos de tracción los resisten las armaduras de acero. Es el hormigón más habitual”.
Hormigón pretensado	“Es el hormigón que tiene en su interior una armadura de acero especial tensionadas a la tracción posteriormente al vertido del hormigón. Puede ser pretensado si la armadura se ha tensado antes de colocar el hormigón fresco”.
Hormigón postensado	“Es el hormigón que tiene en su interior una armadura de acero especial sometida a tracción. El tensado de la armadura es posterior al fraguado y endurecido del hormigón, anclando con posterioridad las armaduras al hormigón”.
Hormigón autocompactante	“Es el hormigón que como consecuencia de una dosificación estudiada y del empleo de aditivos superplastificantes específicos, se compacta por la acción de su propio peso, sin necesidad de energía de vibración ni de cualquier otro método de compactación. Se usa en hormigones a la vista, en elementos de geometría complicadas, espesores delgados o con armados densos, que dificultan el vibrado”.
Mortero	“Es una mezcla de cemento, agua y arena (árido fino), es decir, un hormigón normal sin árido grueso”.
Hormigón ciclópeo	“Es el hormigón que tiene embebidos en su interior grandes piedras de dimensión no inferior a 30 cm”.
Hormigón sin finos	“Es aquel que solo tiene árido grueso, es decir, no tiene arena (árido menor de 5 mm)”.
Hormigón aireado o celular	“Se obtiene incorporando a la mezcla aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultando un hormigón baja densidad”.
Hormigón de alta densidad	“Fabricados con áridos de densidades superiores a los habituales (normalmente barita, magnetita, hematita) El hormigón pesado se utiliza para blindar estructuras y proteger frente a la radiación”.

2.2.10. Características de los componentes del cemento

“Los cementos son productos que amasados con agua fraguan y endurecen formándose nuevos compuestos resultantes de reacciones de hidratación que son estables tanto al aire como sumergidos en agua.

Hay varios tipos de cementos. Las propiedades de cada uno de ellos están íntimamente asociadas a la composición química de sus componentes iniciales, que se expresa en forma de sus óxidos, y que según cuales sean formaran compuestos resultantes distintos en las reacciones de hidratación”.

“Cada tipo de cemento está indicado para unos usos determinados; también las condiciones ambientales determinan el tipo y clase del cemento afectando a la durabilidad de los hormigones”. “Los tipos y denominaciones de los cementos y sus componentes están normalizados y sujetos a estrictas condiciones. La norma española establece los siguientes tipos: cementos comunes, los resistentes a los sulfatos, los resistentes al agua de mar, los de bajo calor de hidratación, los cementos blancos, los de usos especiales y los de aluminato de calcio. Los cementos comunes son el grupo más importante y dentro de ellos el portland es el habitual”.

“Además del tipo de cemento, el segundo factor que determina la calidad del cemento, es su clase o resistencia a compresión a 28 días. Esta se determina en un mortero normalizado y expresa la resistencia mínima, la cual debe ser siempre superada en la fabricación del cemento. No es lo mismo, ni debe confundirse la resistencia del cemento con la del hormigón, pues la del cemento corresponde a componentes normalizados y la del hormigón dependerá de todos y cada uno de sus componentes. Pero si el hormigón está bien dosificado a mayor resistencia del cemento corresponde mayor resistencia del hormigón”.

Tabla N° 4 Especificaciones de clases de cemento

Especificaciones de las diversas clases de cementos						
Clase de resistencia	Resistencia (N/mm ²)			Fraguado		Expansión (mm)
	a 2 días	a 7 días	a 28 días	Inicio (minutos)	Final (horas)	
32.5N		>16.0	32.5-52.5	>75.0	<12.0	<10.0
32.5R	>10.0		32.5-52.5	>75.0	<12.0	<10.0
42.5N	>10.0		42.5-62.5	>60.0	<12.0	<10.0
42.5R	>20.0		42.5-62.5	>60.0	<12.0	<10.0
52.5N	>20.0		>52.5	>45.0	<12.0	<10.0
52.5R	>30.0		>52.5	>45.0	<12.0	<10.0

N = Resistencia inicial normal. R = Alta resistencia inicial.

Este cuadro es aplicable a los cementos comunes, es decir, al portland, a los portland con adiciones, a los siderúrgicos, a los puzolánicos y a los compuestos.

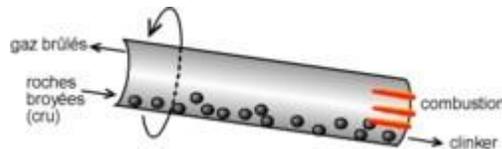
“El cemento se encuentra en polvo y la finura de su molido es determinante en sus propiedades conglomerantes, influyendo decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas de su fraguado y primer endurecimiento. Al mezclarse con el agua los granos de cemento se hidratan solo en una profundidad de 0.01 mm, por lo que si los granos fuesen muy gruesos el rendimiento de la hidratación sería pequeño al quedar en el interior un núcleo inerte. Sin embargo, una finura excesiva provoca una retracción y calor de hidratación elevados”. “Además, dado que las resistencias aumentan con la finura hay que llegar a una solución de compromiso, el cemento debe estar finamente molido, pero no en exceso.”

“El almacenamiento de los cementos a granel se realiza en silos estancos que no permitan la contaminación del cemento y deben estar protegidos de la humedad”. “En los cementos suministrados en sacos, el

almacenamiento debe realizarse en locales cubiertos, ventilados, protegidos de la lluvia y del sol”. “Un almacenamiento prolongado puede provocar la hidratación de las partículas más finas por meteorización perdiendo su valor hidráulico y que supone un retraso del fraguado y disminución de resistencias”.

2.2.11. Cemento Portland

“El cemento Portland se obtiene al calcinar a unos 1500° C mezclas preparadas artificialmente de calizas y arcillas”. “El producto resultante, llamado clinker, se muele añadiendo una cantidad adecuada de regulador de fraguado, que suele ser piedra de yeso natural”.



“Esquema de un horno rotativo donde se mezcla y calcina la caliza y la arcilla para formar el clinker de cemento”.



Clinker de cemento antes de su molienda.

“La composición química media de un portland, según Calleja, está formada por un 62.5 % de CaO (cal combinada), un 21 % de SiO₂ (sílice), un 6.5 % de Al₂O₃ (alúmina), un 2.5 % de Fe₂O₃ (hierro) y otros minoritarios”. “Estos cuatro componentes son los principales del cemento, de carácter básico la cal y de carácter ácido los otros tres. Estos componentes no se encuentran libres en el cemento, sino combinados formando silicatos, aluminatos y ferritos cálcicos, que son los componentes hidráulicos del mismo o componentes potenciales. Un clinker de cemento portland de tipo medio contiene”:

- Silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$).....40 % a 50 %
- Silicato bicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)..... 20 % a 30 %
- Aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$). 10 % a 15 %
- Aluminato ferrito tetracálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$). ...5 % a 10 %

Las dos principales reacciones de hidratación, que originan el *proceso de fraguado y endurecimiento* son:

- $2(3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2) + (x+3)\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O} + 3\text{Ca}(\text{OH})_2$
- $2(2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2) + (x+1)\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2 \cdot x \text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$

“El silicato tricálcico es el compuesto activo por excelencia del cemento pues desarrolla una resistencia inicial elevada y un calor de hidratación también elevado. Fragua lentamente y tiene un endurecimiento bastante rápido. En los cementos de endurecimiento rápido y en los de alta resistencia aparece en una proporción superior a la habitual”.

“El silicato bicálcico es el que desarrolla en el cemento la resistencia a largo plazo, es lento en su fraguado y en su endurecimiento. Su estabilidad química es mayor que la del silicato tricálcico, por ello los cementos resistentes a los sulfatos llevan un alto contenido de silicato bicálcico”.

“El aluminato tricálcico es el compuesto que gobierna el fraguado y las resistencias a corto. Su estabilidad química es buena frente al agua de mar, pero muy débil a los sulfatos. Al objeto de frenar la rápida reacción del aluminato tricálcico con el agua y regular el tiempo de fraguado del cemento se añade al clinker piedra de yeso”.

“El aluminato ferrito tetracálcico no participa en las resistencias mecánicas, su presencia es necesaria por el aporte de fundentes de hierro en la fabricación del Clinker”.

2.2.12. Otros cementos

“Existen los llamados cementos portland con adiciones activas que además de los componentes principales de clinker y piedra de yeso, contienen uno de estos componentes adicionales hasta un 35 % del peso del cemento: escoria siderúrgica, humo de sílice, puzolana natural,

puzolana natural calcinada, ceniza volante silíceas, ceniza volante calcárea, esquistos calcinados o caliza”.

“Los cementos de alta resistencia inicial, los resistentes a los sulfatos, los de bajo calor de hidratación o los blancos suelen ser portland especiales y para ellos se limitan o potencian alguno de los cuatro componentes básicos del Clinker”.

“El cemento siderúrgico se obtiene por molturación conjunta de clinker de portland y regulador de fraguado en proporción de 5-64 % con escoria siderúrgica en proporción de 36-95 %. Constituye la familia de los cementos fríos. La escoria se obtiene enfriando bruscamente en agua la ganga fundida procedente de procesos siderúrgicos; en este enfriamiento la escoria se vitrifica y se vuelve activa hidráulicamente por su contenido en cal combinada. La escoria por sí sola fragua y endurece lentamente, por lo que para acelerarlo se añade el clinker de portland”.

“El cemento puzolánico es una mezcla de clinker de portland y regulador de fraguado en proporción de 45-89 % con puzolana en proporción del 11-55 %. La puzolana natural tiene origen volcánico y aunque no posee propiedades conglomerantes contiene sílice y alúmina capaces de fijar la cal en presencia de agua formando compuestos con propiedades hidráulicas. La puzolana artificial tiene propiedades análogas y se encuentran en las cenizas volantes, la tierra de diatomeas o las arcillas activas”.

“El cemento aluminoso se obtiene por fusión de caliza y bauxita. El constituyente principal de este cemento es el aluminato monocálcico”.

➤ Áridos

“Los áridos deben poseer por lo menos la misma resistencia y durabilidad que se exija al hormigón. No se deben emplear calizas blandas, feldespatos, yesos, piritas o rocas friables o porosas. Para la durabilidad en medios agresivos serán mejores los áridos silíceos, los procedentes de la trituración de rocas volcánicas o los de calizas sanas y densas”.

“El árido que tiene mayor responsabilidad en el conjunto es la arena. Según Jiménez Montoya no es posible hacer un buen hormigón sin una buena arena. Las mejores arenas son las de río, que normalmente son cuarzo puro, por lo que aseguran su resistencia y durabilidad”.

“Con áridos naturales rodados, los hormigones son más trabajables y requieren menos agua de amasado que los áridos de machaqueo, teniéndose además la garantía de que son piedras duras y limpias”.

“Los áridos machacados procedentes de trituración, al tener más caras de fractura cuesta más ponerlos en obra, pero se traban mejor y se refleja en una mayor resistencia”.

“Si los áridos rodados están contaminados o mezclados con arcilla, es imprescindible lavarlos para eliminar la camisa que envuelve los granos y que disminuiría su adherencia a la pasta de hormigón”. “De igual manera los áridos de machaqueo suelen estar rodeados de polvo de machaqueo que supone un incremento de finos al hormigón, precisa más agua de amasado y darán menores resistencias por lo que suelen lavarse”.

“Los áridos que se emplean en hormigones se obtienen mezclando tres o cuatro grupos de distintos tamaños para alcanzar una granulometría óptima”. “Tres factores intervienen en una granulometría adecuada: el tamaño máximo del árido, la compacidad y el contenido de granos finos”. “Cuando mayor sea el tamaño máximo del árido, menores serán las necesidades de cemento y de agua, pero el tamaño máximo viene limitado por las dimensiones mínimas del elemento a construir o por la separación entre armaduras, ya que esos huecos deben quedar rellenos por el hormigón y, por tanto, por los áridos de mayor tamaño”. “En una mezcla de áridos una compacidad elevada es aquella que deja pocos huecos; se consigue con mezclas pobres en arenas y gran proporción de áridos gruesos, precisando poca agua de amasado; su gran dificultad es conseguir compactar el hormigón, pero si se dispone de medios suficientes para ello el

resultado son hormigones muy resistentes”. “En cuanto al contenido de granos finos, estos hacen la mezcla más trabajable, pero precisan más agua de amasado y de cemento”. “En cada caso hay que encontrar una fórmula de compromiso teniendo en cuenta los distintos factores. Las parábolas de Fuller y de Bolomey dan dos familias de curvas granulométricas muy utilizadas para obtener adecuadas dosificaciones de áridos”.



➤ Agua

“El agua de amasado interviene en las reacciones de hidratación del cemento. La cantidad de la misma debe ser la estricta necesaria, pues la sobrante que no interviene en la hidratación del cemento se evaporará y creará huecos en el hormigón disminuyendo la resistencia del mismo”. “Puede estimarse que cada litro de agua de amasado de exceso supone anular dos kilos de cemento en la mezcla”. “Sin embargo, una reducción excesiva de agua originaría una mezcla seca, poco manejable y muy difícil de colocar en obra”. “Por ello es un dato muy importante fijar adecuadamente la cantidad de agua”.

“Las características del agua para el hormigón deben ser evaluadas para que no produzca reacciones adversas en la mezcla, es por ello que se debe realizar análisis físico-químicos para garantizar su calidad”. “En la práctica un indicador simple es la potabilidad del agua,

con ello podemos determinar si el agua es adecuada para su uso en la mezcla o no”.

“Durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón se añade el agua de curado para evitar la desecación y mejorar la hidratación del cemento”.

“Ambas, el agua destinada al amasado, como la destinada al curado deben ser aptas para cumplir su función”. “El agua de curado es muy importante que sea apta pues puede afectar más negativamente a las reacciones químicas cuando se está endureciendo el hormigón”. “Normalmente el agua apta suele coincidir con la potable y están normalizados una serie de parámetros que debe cumplir”. “Así en la normativa está limitado el pH, el contenido en sulfatos, en ion cloro y los hidratos de carbono”.

“Cuando una masa es excesivamente fluida o muy seca hay peligro de que se produzca el fenómeno de la segregación (separación del hormigón en sus componentes: áridos, cemento y agua). Suele presentarse cuando se hormigona con caídas de material superiores a los 2 metros”.

➤ Otros componentes minoritarios

“Los componentes básicos del hormigón son cemento, agua y áridos; otros componentes minoritarios que se pueden incorporar son: adiciones, aditivos, fibras, cargas y pigmentos”.

“Pueden utilizarse como componentes del hormigón los aditivos y adiciones, siempre que, mediante los oportunos ensayos, se justifique que la sustancia agregada en las proporciones y condiciones previstas produce el efecto deseado sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón ni representar peligro para la durabilidad del hormigón ni para la corrosión de las armaduras”.

“Las adiciones son materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finamente molidos, pueden ser añadidos al hormigón en el momento de su fabricación, con el fin de mejorar

alguna de sus propiedades o conferirle propiedades especiales. La utilización de las cenizas volantes y el humo de sílice, determinando sus limitaciones. está compuesto de piedra caliza triturada en pedazos muy pequeños como el polvo, y de otros materiales como químicos HQR (herqiros) entre otros”.

“Los aditivos son sustancias o productos que se incorporan al hormigón, antes o durante el amasado, produciendo la modificación de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento”.

2.2.13. Propiedades de los agregados

➤ Propiedades físicas (ensayos en agregados)

● **Máquina de abrasión los ángeles**

“Con este ensayo se determina el desgaste de los agregados pétreos con presencia del agua en el cual deben estar sumergidos con un peso total de esferas”. “Este ensayo permite evaluar dichas propiedades como lo es en la trabajabilidad y la resistencia a la abrasión del agregado”.

● **Caras fracturadas**

“Este ensayo permite estimar la forma del agregado pétreo grueso, en el cual se debe determinar el número partículas fracturadas por una y dos o más caras”.

● **Partículas planas, alargadas en agregados gruesos**

“Se mide partículas individuales de agregado de una fracción de tamaño específico de tamiz” para determinar las relaciones de “Ancho/espesor”, “Longitud/ancho” o “Longitud/ espesor”.

● **Equivalente de arena de suelos y agregados finos**

“Método para determinar la proporción dañina que tiene el material que es el polvo fino y arcilla en la fracción de agregado que pasa el tamiz N°4 es decir en el agregado fino, y se hace un registro de lecturas en una probeta y se toma la lectura de arcilla y lectura de arena”.

➤ Gradación

“La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente deberá ajustarse a alguna de las siguientes gradaciones el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznablees según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos”.

➤ Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

“La gradación de la Mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los usos granulométricos, especificados en la Tabla 423-03”. “Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la “ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto”.

Tabla N° 5: Granulometría

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80 -100	100	
12,5 mm (1/2")	67 - 85	80 -100	
9,5 mm (3/8")	60 -77	70 – 88	100
4.75 mm (°N 4)	43 -54	51 – 68	65 – 87
2.00 mm (°N 10)	29 -45	38 -52	43 – 61
425 µm (°N 40)	14 - 25	17 – 28	16 – 29
180 µm (°N 80)	8 - 17	8 -17	9 - 13
75 µm (°N 200)	4 - 8	4 - 8	5 -10

2.3. Definición de términos

- **Adherencia:**“Se avalúa a partir de un agregado con una textura rugosa y una forma irregular y angulosa en el cual se debe tener en cuenta que un material de río no es el adecuado para utilizarlo ya que este posee textura lisa y forma redondeada es por ello que la mayoría del agregado a utilizar en una mezcla asfáltica a mezcla para concreto hidráulico se utilizan material de cantera”.

- **Agregado:** “Agregados o áridos al conjunto de gránulos, granos o partículas inertes que por su origen, tamaño y naturaleza están destinados a ser aglomerantes, y que en presencia del agua y el cemento forman el llamado concreto u hormigón”.
- **Agua:** “Del latín agua, es una sustancia cuya molécula está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O)”.
- **Arena:** “Es un suelo compuesto en su mayor parte por partículas de 0.075 mm a 4.75 mm de diámetro, moderadamente permeable”.
- **Cemento:** “El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua”.
- **Dureza:** “Evalúa la resistencia al desgaste el cual pueden estar sometidas las partículas del agregado ya que esto depende al momento de ser colocado compactado en el sitio”.
- **Granulometría:** “Permite la Clasificación de las partículas según su tamaño y su distribución tomando en cuenta la masa del agregado el cual pasa por un muestreo, donde las partículas pasan por una serie de tamices según el ensayo”.
- **Grava:** “Es un suelo compuesto en su mayor parte por partículas de diámetros desde 4.75 mm a 76.2 mm, siendo muy permeable”.
- **Resistencia:** “Tiene que ver con el desgaste del agregado al momento de ser expuesto a la abrasión o a impactos, en el cual se puede medir con varios ensayos como lo es el ensayo de abrasión los ángeles².”
- **Sílice:** “Es un componente natural que se encuentra en forma abundante en rocas, suelo y arena. También se encuentra en el hormigón, el ladrillo, el mortero y en otros materiales para la construcción”.
- **Tenacidad:** “Relacionada con la resistencia a la deformación del material para que no se fracture; sin embargo, su capacidad de tenacidad puede afectar a la granulometría del agregado de tener poca tenacidad empezándose a romper fácilmente de tal forma que un agregado con buena tenacidad necesita un gran impacto para fracturarse”.

- **Textura:** “La textura se define como lisa o rugosa donde se puede evaluar la trabajabilidad, la resistencia al deslizamiento y su adherencia con la mezcla asfáltica”.
- **Vidrio granulado:** “Es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se encuentra en la naturaleza, aunque también puede ser producido por el ser humano. El vidrio artificial se usa para hacer ventanas, lentes, botellas y una gran variedad de productos. El vidrio es un tipo de material cerámico amorfo”.
- **Viruta de acero:** “Es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que se extrae mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales, se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante, tiene variadas aplicaciones”.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales, Huancayo – 2018 mejoran la resistencia del concreto.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El diseño de mezcla de concreto para un $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero permitirá establecer la dosificación proporcional para uso en veredas peatonales.
- b) Del resultado de la resistencia a la compresión axial con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales.
- c) El resultado de la cuantificación de los costos comparativo de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ permitirá su uso en veredas peatonales.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

❖ Variable independiente (X)

Vidrio granulado

Viruta de acero

- ✓ Costos
- ✓ Resistencia a la compresión
- ✓ Diseño de mezcla

❖ Variable dependiente (Y)

Concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$

2.5.2. Definición operacional de las variables (si es aplicable):

Cuadro N° 6 Operacional de las variables

Tipo de variable	Nombre de la variable	Indicadores
Variable independiente	<ul style="list-style-type: none">✓ Vidrio granulado✓ Viruta de acero	<ul style="list-style-type: none">✓ Costos✓ Resistencia a la compresión axial✓ Diseño de mezcla
Variable dependiente	<ul style="list-style-type: none">✓ Concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$	<ul style="list-style-type: none">✓ Propiedades mecánicas

2.5.3. Definición conceptual de la variable

- **Vidrio granulado:** “Es un material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se encuentra en la naturaleza, aunque también puede ser producido por el ser humano. El vidrio artificial se usa para hacer ventanas, lentes, botellas y una gran variedad de productos. El vidrio es un tipo de material cerámico amorfo”.
- **Viruta de acero:** “Es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que se extrae mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante, tiene variadas aplicaciones”.

- **Concreto:** “El concreto es el resultado de usar cemento, agua y algún agregado, usualmente arena, piedras muy pequeñas (gravilla) y no tan pequeñas (grava). Al agregarle agua se activa el cemento, que es el adhesivo que va a unir todos los elementos para formar la mezcla uniforme”.

2.5.4. Operacionalización de la variable

- **Vidrio granulado:** “El vidrio granulado será incorporado en la mezcla de concreto en diferentes dosificaciones con la finalidad de evaluar las propiedades mecánicas del concreto, esta prueba se realizará mediante la prueba de trabajabilidad y resistencia a compresión simple”.
- **Viruta de acero:** “La viruta de acero será incorporado en la mezcla de concreto en diferentes dosificaciones con la finalidad de evaluar las propiedades mecánicas del concreto, esta prueba se realizará mediante la prueba de trabajabilidad y resistencia a compresión simple”.
- **Concreto:** “Se evaluará las propiedades del concreto con la adición tanto de vidrio granular y virutas de acero con la finalidad de ser utilizado en la construcción de veredas peatonales”.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de investigación

Para el desarrollo de la investigación el tesista hará uso de la metodología científica debido a por el hecho de que la toma de datos se realizará en forma ordena y sistemática.

3.2. Tipo de investigación

“El tipo de investigación: es aplicada porque se preocupa por la aplicación del conocimiento, producto de la investigación básica”. “Es un primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas práctico”.

“La investigación permitirá relacionar nuestra variable independiente y dependiente, para conocer las características geo técnicas del suelo”.

3.3. Nivel de investigación

“El tipo de investigación es descriptivo – correlacional debido que tiene como finalidad describir, sistemática, completa cualitativa y cuantitativamente los fenómenos y explicar las causas que originan un fenómeno y la verificación de hipótesis causales y explicativas”.

3.4. Diseño de investigación

“El diseño de la investigación es cuasi experimental, debido a que los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto – causa”.

En la investigación se realizará toma de datos y observaciones de campo, ensayos en laboratorio y trabajos en gabinete para el procesamiento de la información.



Donde:

M = Muestra a observarse.

O = Observación de la variable independiente.

O = Observación de la variable dependiente.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población para la presente investigación estará conformada de testigos distribuidos de la siguiente manera:

Dosificación de concreto con vidrio granulado

Concreto con Viruta de acero

Cuadro N° 7 Población de la investigación

Dosificación	Concreto con vidrio granulado	Concreto con viruta de acero
2%	4 testigos	4 testigos
4%	4 testigos	4 testigos
6%	4 testigos	4 testigos
8%	4 testigos	4 testigos
10%	4 testigos	4 testigos
Sub total	20 testigos	20 testigos
Total	40 testigos	

3.5.2. Muestra

La muestra estará conformada por la ruptura de testigos que será distribuido de la siguiente manera:

Cuadro N° 8 Muestra de la investigación

Dosificación	Concreto con vidrio granulado	Concreto con Viruta de acero	Edad del concreto
2%	1 testigos	1 testigos	7 días
4%	1 testigos	1 testigos	7 días
6%	1 testigos	1 testigos	7 días
8%	1 testigos	1 testigos	7 días
10%	1 testigos	1 testigos	7 días
Sub total	5 testigos	5 testigos	7 días

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Entrevista
- Análisis documental
- Observación no experimental
- Observación experimental

3.7. Procesamiento de la información

- Ficha de registro de datos
- Guía de observación de campo
- Hoja o ficha de registro de datos

3.8. Técnicas y análisis de datos

Se hará uso de los siguientes programas que ayudarán a procesar y/o obtener datos:

- Word para la elaboración del informe
- Ensayos en laboratorio de suelos
- Excel para cuadros comparativos y estadísticos.

CAPITULO IV

RESULTADOS

En el presente proyecto, se ha realizado el estudio comparativo de dos agregados para evaluar la resistencia del concreto Huancayo Junín
Analizar las características físico-mecánicas de los agregados que conforman el diseño de mezcla del proyecto de estudio, tales como granulometría de agregados, pesos específicos, agua y cemento

4.1. Materiales y recursos

Recursos Humanos

Co-Asesor (Ing. Especialista en Suelos y Pavimentos)

Digitador

Técnico de Laboratorio de Suelos

Auxiliar de Laboratorio de Suelos

Materiales y equipos

Laboratorio de mecánica de suelos (Universidad Peruana Los Andes)

Material de oficina (papel, lapicero, etc.)

Material bibliográfico de libros

Impresora EPSON L1300

Cámara fotográfica Samsung

Trabajo de gabinete

Trabajo de laboratorio

- Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107)
- Humedad natural (MTC E 108)

- Limite liquido (MTC E110)
- Limite plástico e Índice de plasticidad (MTC E111)

4.2. Diseño de mezcla – módulo de finura

El diseño de mezcla que estamos utilizando es el MODULO DE FINURA porque estamos analizando los agregados para lo cual hemos hechos todos los ensayos requeridos para dicho diseño como se muestran en las tablas y gráficos

Tabla N° 9: Dosificación para 15 probetas con un porcentaje de vidrio

SUSTITUCION POR ARENA	PROBETAS	CEMENTO	VIDRIO	ARENA	PIEDRA	AGUA
2%	3	8.974 kg	0.494 kg	24.214 kg	18.722 kg	5.6 L
4%	3	8.974 kg	0.988 kg	23.719 kg	18.722 kg	5.6 L
6%	3	8.974 kg	1.482 kg	23.225 kg	18.722 kg	5.6 L
8%	3	8.974 kg	1.977 kg	22.731 kg	18.722 kg	5.6 L
10%	3	8.974 kg	2.471 kg	22.237 kg	18.722 kg	5.6 L
TOTAL (kg)	15	44.87 kg	7.412 kg	116.126 kg	93.61 kg	28 L

Tabla N° 10: Dosificación para 15 probetas con un porcentaje de viruta de acero

SUSTITUCION POR ARENA	PROBETAS	CEMENTO	VIRUTA	ARENA	PIEDRA	AGUA
2%	3	8.974 kg	0.494 kg	24.214 kg	18.722 kg	5.6 L
4%	3	8.974 kg	0.988 kg	23.719 kg	18.722 kg	5.6 L
6%	3	8.974 kg	1.482 kg	23.225 kg	18.722 kg	5.6 L
8%	3	8.974 kg	1.977 kg	22.731 kg	18.722 kg	5.6 L
10%	3	8.974 kg	2.471 kg	22.237 kg	18.722 kg	5.6 L
TOTAL (kg)	15	44.87 kg	7.412 kg	116.126 kg	93.61 kg	28 L

De acuerdo a las tablas se observa los kilos de agregados, cemento y agua para las 15 probetas que se haran por cada nuevo agregado como el vidrio y viruta de acero

4.3. Ensayo de rotura del diseño de concreto

4.3.1. Control de evolución con porcentaje de viruta de acero

“Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla. El resultado muestra que a medida que el porcentaje viruta aumenta en la mezcla hay un aumento suave correspondiente en la resistencia pero que no llega al diseño de mezcla que es 175 kg/cm²”.

Tabla N° 11: Esfuerzo a la compresión con un 2% de viruta de acero

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 2% DE VIRUTA DE ACERO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIRUTA	ESFUERZO A COMPRESION DE VIRUTA
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	181.50 kn	104.73 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	262.80 kn	151.65 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	281.30 kn	162.32 kg/cm ²

Figura N° 05 progreso en días al 2% de viruta de acero

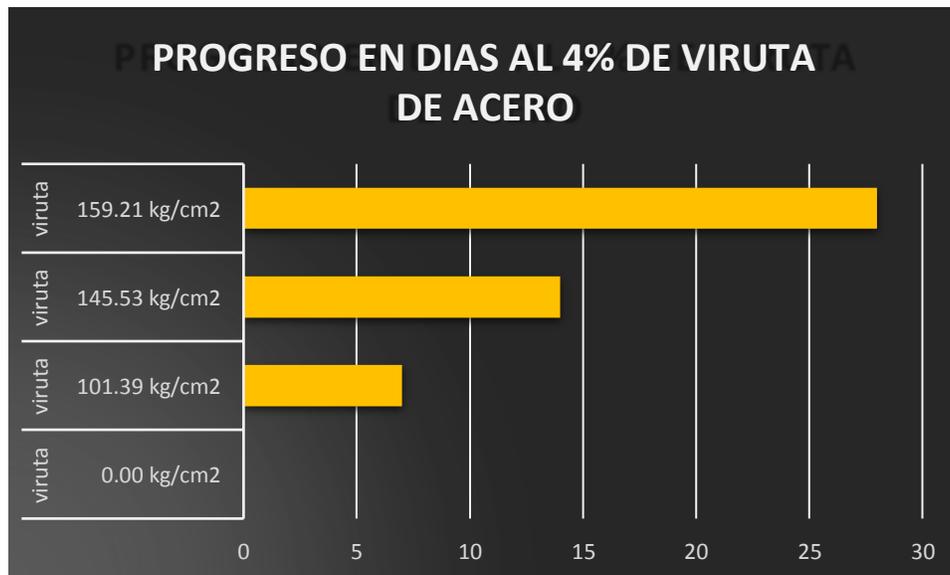


En el grafico 1 Se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 2% de viruta y nos explica que cumplido los 28 días llega a 162.32 kg/cm²

Tabla N° 12: Esfuerzo a la compresión con un 4% de viruta de acero

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 4% DE VIRUTA DE ACERO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIRUTA	ESFUERZO A COMPRESION DE VIRUTA
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	175.70 kn	101.39 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	252.20 kn	145.53 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	275.90 kn	159.21 kg/cm ²

Figura N° 6 progreso en días al 4% de viruta de acero



En el grafico 2 Se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 4% de viruta de acero y nos explica que cumplido los 28 días llega a 159.21 kg/cm²

Tabla N° 13: Esfuerzo a la compresión con un 6% de viruta de acero

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 6% DE VIRUTA DE ACERO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIRUTA	ESFUERZO A COMPRESION DE VIRUTA
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	195.90 kn	113.04 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	229.60 kn	132.49 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	268.50 kn	154.94 kg/cm ²

Figura N° 7 progreso en días al 6% de viruta de acero

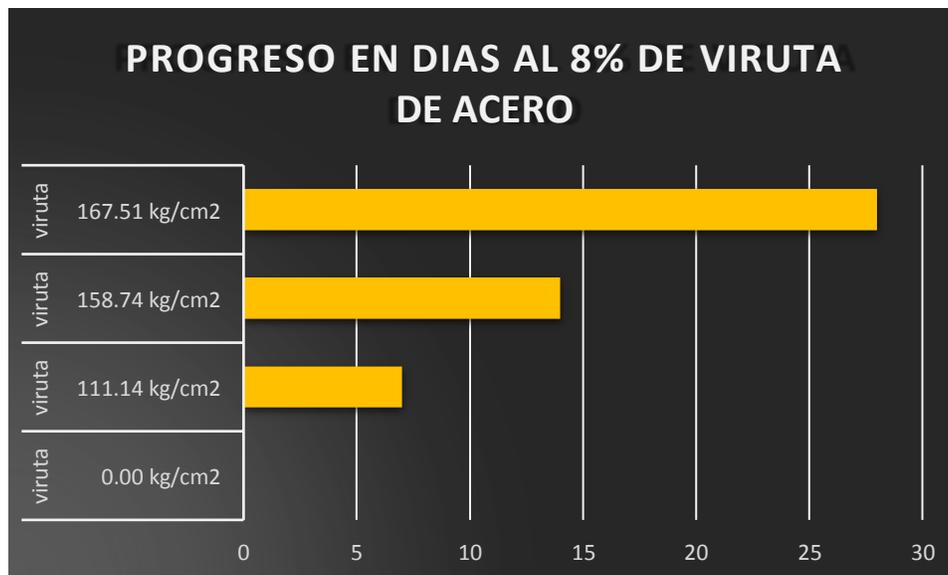


En el grafico 3 Se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 6% de viruta de acero y nos explica que cumplido los 28 días llega a 159.21 kg/cm²

Tabla 14: Esfuerzo a la compresión con un 8% de viruta de acero

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 8% DE VIRUTA DE ACERO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIRUTA	ESFUERZO A COMPRESION DE VIRUTA
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	192.60 kn	111.14 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	275.10 kn	158.74 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	290.30 kn	167.51 kg/cm ²

Figura N° 8 progreso en días al 8% de viruta de acero



En el grafico 4 se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 8% de viruta de acero y nos explica que cumplido los 28 días llega a 167.51 kg/cm²

Tabla N° 15: Esfuerzo a la compresión con un 10% de viruta de acero

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 10% DE VIRUTA DE ACERO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIRUTA	ESFUERZO A COMPRESION DE VIRUTA
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	170.40 kn	98.33 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	248.70 kn	143.51 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	293.80 kn	169.53 kg/cm ²

Figura N° 9 progreso en días al 10% de viruta de acero



En el grafico 5 se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 10% de viruta de acero y nos explica que cumplido los 28 días llega a 169.53 kg/cm²

4.3.2. Control de evolución con rotura de vidrio

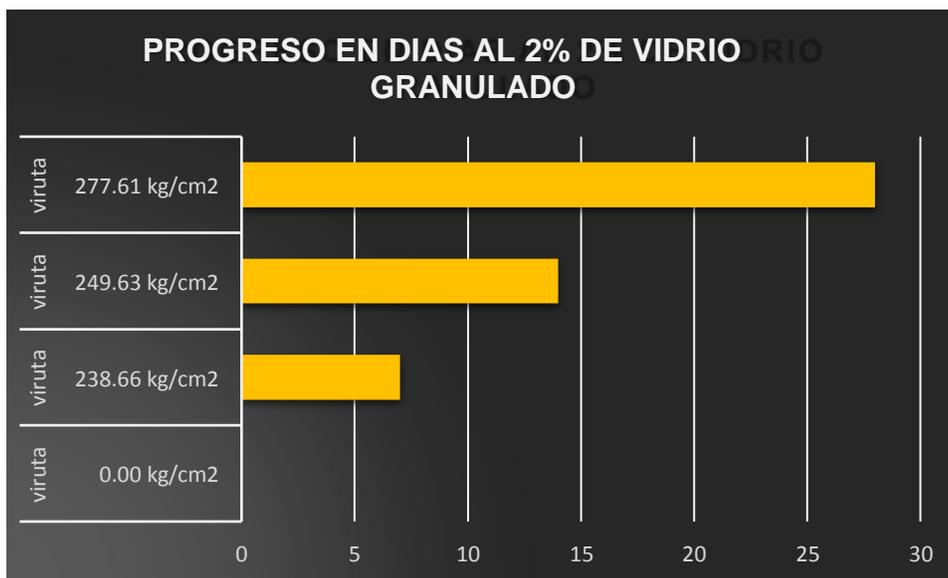
Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

El resultado muestra que a medida que el porcentaje vidrio aumenta en la mezcla hay un aumento correspondiente en la resistencia de acuerdo a los días del curado y sobrepasan la resistencia de diseño que es 175 Kg/cm².

Tabla N° 16: Esfuerzo a la compresión con un 2% de vidrio granulado

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 2% DE VIDRIO GRANULADO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIDRIO	ESFUERZO A COMPRESION DE VIDRIO
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	413.60 kn	238.66 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	432.60 kn	249.63 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	481.10 kn	277.61 kg/cm ²

Figura N° 10 progreso en días al 2% de vidrio granular

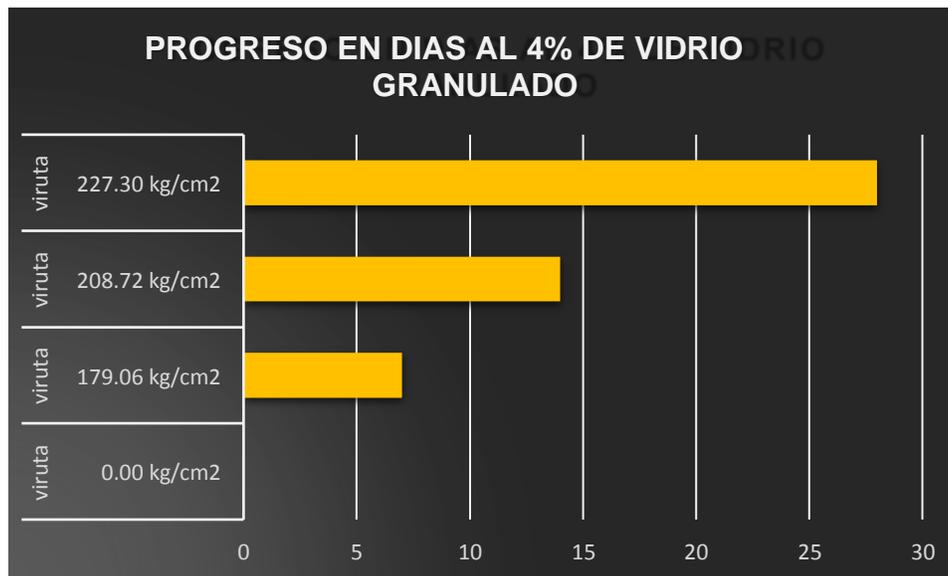


En el grafico 6 se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 2% de vidrio granulado y nos explica que cumplido los 28 días llega a 277.61 kg/cm²

Tabla N° 17: Esfuerzo a la compresión con un 4% de vidrio granulado

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 4% DE VIDRIO GRANULADO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIDRIO	ESFUERZO A COMPRESION DE VIDRIO
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	310.30 kn	179.06 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	361.70 kn	208.72 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	393.90 kn	227.30 kg/cm ²

Figura N° 11 progreso en días al 4% de vidrio granular

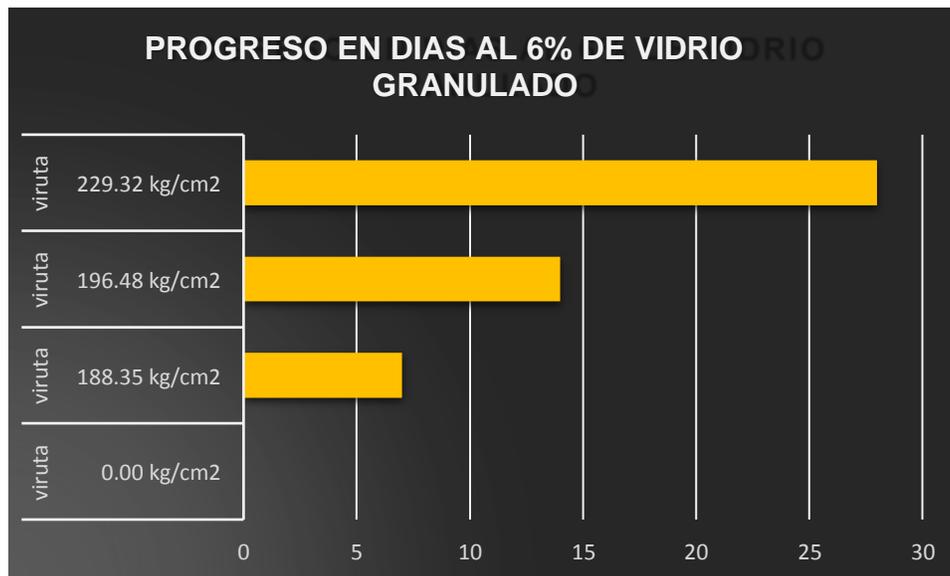


En el grafico 7 se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 4% de vidrio granulado y nos explica que cumplido los 28 días llega a 227.30 kg/cm²

Tabla N° 18: Esfuerzo a la compresión con un 6% de vidrio granulado

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 6% DE VIDRIO GRANULADO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIDRIO	ESFUERZO A COMPRESION DE VIDRIO
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	326.40 kn	188.35 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	340.50 kn	196.48 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	397.40 kn	229.32 kg/cm ²

Figura N° 12 progreso en días al 6% de vidrio granular



En el grafico 8 se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 6% de vidrio granulado y nos explica que cumplido los 28 días llega a 229.32 kg/cm²

Tabla N° 19: Esfuerzo a la compresión con un 8% de vidrio granulado

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 8% DE VIDRIO GRANULADO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIDRIO	ESFUERZO A COMPRESION DE VIDRIO
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	230.70 kn	133.12 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	318.20 kn	183.61 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	362.40 kn	209.12 kg/cm ²

Figura N° 13 progreso en días al 8% de vidrio granular



En el grafico 9 se observa el progreso del esfuerzo a compresión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 8% de vidrio granulado y nos explica que cumplido los 28 días llega a 209.12 kg/cm²

Tabla N° 20: Esfuerzo a la comprensión con un 10% de vidrio granulado

CONTROL DE EVOLUCION			SUSTITUCION DE ARENA POR EL 10% DE VIDRIO GRANULADO	
% DEL DISEÑO	RESISTENCIA DE CONTROL	DIAS	ROTURA DE VIDRIO	ESFUERZO A COMPRESION DE VIDRIO
0%	0 kg/cm ²	0	0.00 kn	0.00 kg/cm ²
65%	113.75 kg/cm ²	7	239.00 kn	137.91 kg/cm ²
90%	157.50 kg/cm ²	14	307.30 kn	177.32 kg/cm ²
99.90%	173.25 kg/cm ²	28	334.80 kn	193.19 kg/cm ²

Figura N° 14 progreso en días al 10% de vidrio granular

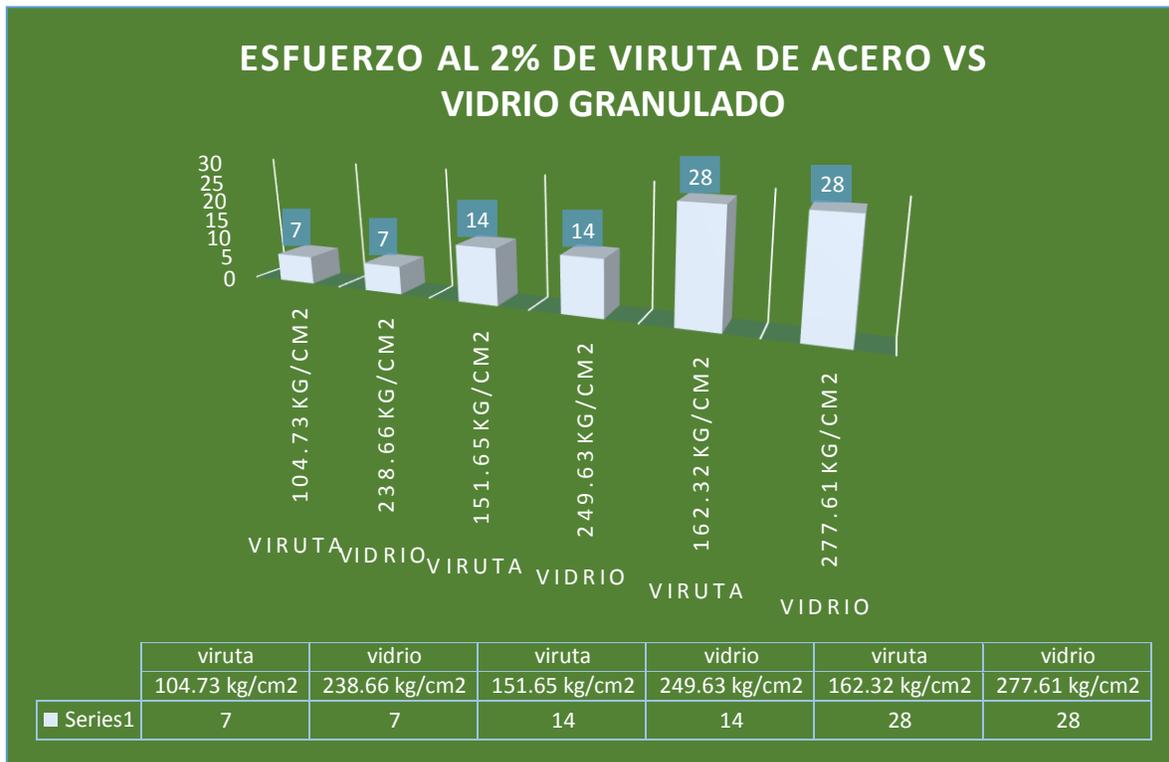


En el grafico 10 se observa el progreso del esfuerzo a comprensión de acuerdo a los días que pasan con un porcentaje de 10% de vidrio granulado y nos explica que cumplido los 28 días llega a 193.19 kg/cm²

4.4. Interpretación de datos

4.4.1 Concreto con vidrio granulado incorporada al 2 % con respecto al concreto con viruta de acero incorporada al 2 %

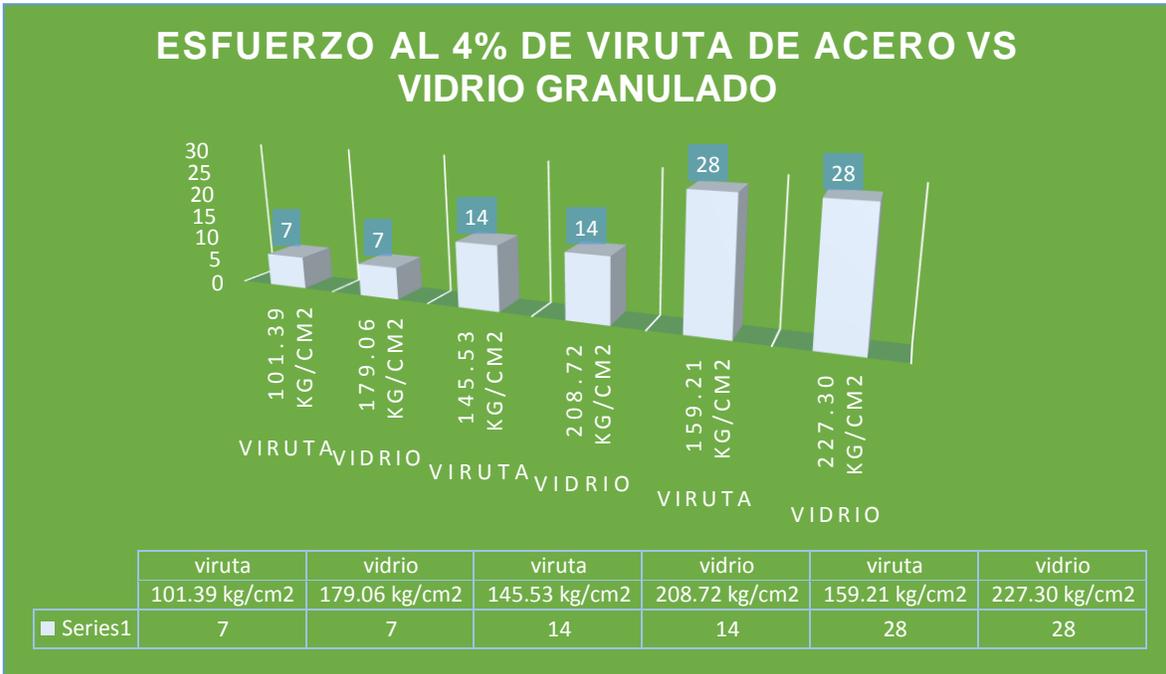
Figura N° 15 esfuerzo al 2% de viruta de acero VS vidrio granulado



- “El $f'c$ desarrollado a los 7 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 2% es de 238.66 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 2% es 104.73 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 133.93 kg/cm²”
- “El $f'c$ desarrollado a los 14 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 2% es de 249.63 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 2% es 151.65 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 97.98 kg/cm²”
- “El $f'c$ desarrollado a los 28 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 2% es de 277.61kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 2% es 162.32 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 115.29 kg/cm²”

4.4.2 Concreto con vidrio granulado incorporada al 4 % con respecto al Concreto con viruta de acero incorporada al 4 %

Figura N° 16 esfuerzo al 4% de viruta de acero VS vidrio granulado



- “El f’c desarrollado a los 7 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 4% es de 179.06 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 4% es 101.39 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 77.67 kg/cm²”
- “El f’c desarrollado a los 14 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 4% es de 208.72 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 4% es 145.53 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 63.19 kg/cm²”
- “El f’c desarrollado a los 28 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 4% es de 227.30 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 4% es 159.21 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 68.09 kg/cm²”

4.4.3 Concreto con vidrio granulado incorporada al 6 % con respecto al Concreto con viruta de acero incorporada al 6 %

Figura N° 17 esfuerzo al 6% de viruta de acero VS vidrio granulado



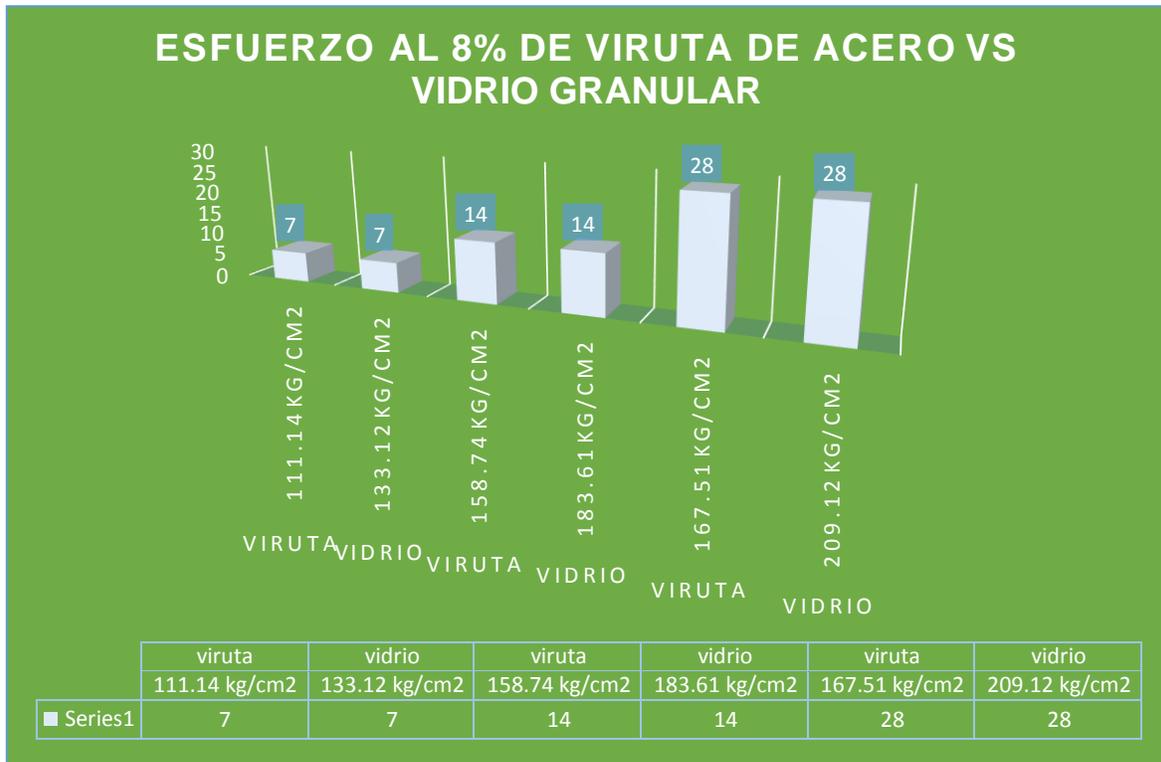
“El f’c desarrollado a los 7 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 6% es de 188.35 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 6% es 113.04 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 75.31 kg/cm²”

“El f’c desarrollado a los 14 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 6% es de 196.48 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 6% es 132.49 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 63.99 kg/cm²”

“El f’c desarrollado a los 28 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 6% es de 229.32 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 6% es 154.94 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 74.38 kg/cm²”

4.4.4 Concreto con vidrio granulado incorporada al 8 % con respecto al concreto con viruta de acero incorporada al 8 %

Figura N° 18 esfuerzo al 8% de viruta de acero VS vidrio granulado



“El f’c desarrollado a los 7 días por el concreto con vidrio granular incorporadas en 8% es de 133.12 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 8% es 111.14 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 21.98 kg/cm²”

“El f’c desarrollado a los 14 días por el concreto con vidrio granular incorporadas en 8% es de 183.61 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 8% es 158.74 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 24.87 kg/cm²”

“El f’c desarrollado a los 28 días por el concreto con vidrio granular incorporadas en 8% es de 209.12 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 8% es 167.51 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 41.61 kg/cm²”

4.4.5 Concreto con vidrio incorporada al 10 % con respecto al Concreto con viruta incorporada al 10 %

Figura N° 19 esfuerzo al 10% de viruta de acero VS vidrio granulado



El f'c desarrollado a los 7 días por el concreto con vidrio granular incorporadas en 10% es de 137.91 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 10% es 98.33 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 39.58 kg/cm²

El f'c desarrollado a los 14 días por el concreto con vidrio granular incorporadas en 10% es de 177.32 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 10% es 143.51 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 33.81 kg/cm²

El f'c desarrollado a los 28 días por el concreto con vidrio granulado incorporadas en 10% es de 193.19 kg/cm², y respecto a la resistencia alcanzada por el concreto con viruta de acero incorporada en 10% es 169.53 kg/cm². disminuyendo la resistencia a la compresión en 23.66 kg/cm²

4.5. Análisis de costos

Cálculo del costo del Concreto

Con el fin de obtener costos unitarios de los materiales, se realizaron cotizaciones:

- Según los precios Huancayo (2020), los costos unitarios por metro cúbico del agregado fino y grueso en la región de Junín es S/. 34.10 y S/. 27.44 respectivamente.

- La cotización de la fibra de vidrio se presenta en la tabla. se muestra los costos unitarios del concreto normal y el concreto con adición de vidrio granulado.

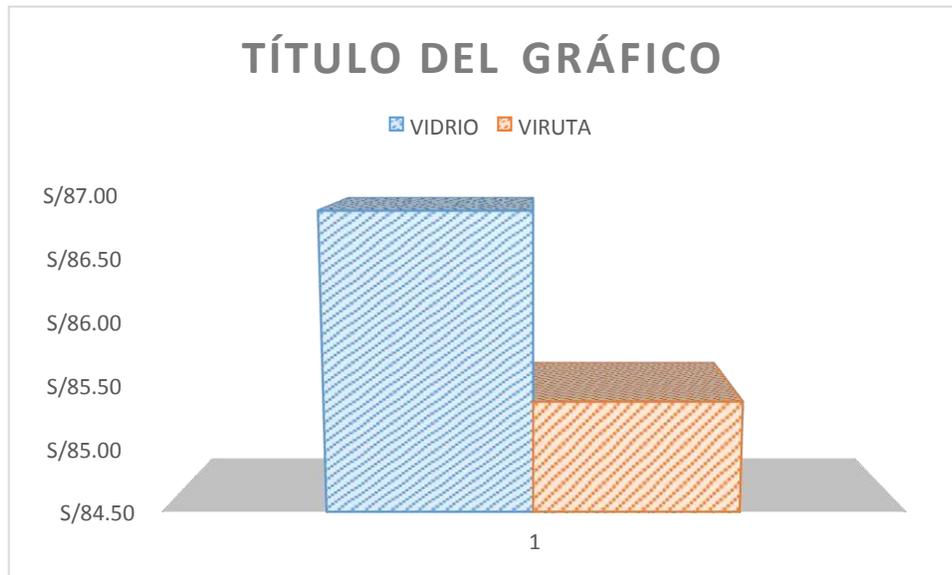
Tabla N° 21: Costos con vidrio granulado

	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Cemento (kg)	89.74	0.56	50.25
Arena (kg)	232.25	0.07	16.26
Piedra (kg)	187.22	0.08	14.98
Agua (l)	56.00	0.03	1.68
Vidrio granulado (kg)	7.41	0.50	3.71
		Total S/.	86.88

Tabla N° 22: Costos con viruta de acero

	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Cemento (kg)	89.74	0.56	50.25
Arena (kg)	232.25	0.07	16.26
Piedra (kg)	187.22	0.08	14.98
Agua (l)	56.00	0.03	1.68
Viruta de acero (kg)	7.41	0.30	2.22
		Total S/.	85.39

Figura N° 20 Costo comparativo del concreto con incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero



Diferencia de precio entre vidrio granular y viruta de acero = 1.49 soles

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Respecto a la hipótesis específica 01: El diseño de mezcla de concreto para un $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero permitirá establecer la dosificación proporcional para uso en veredas peatonales.

El diseño de mezcla para un concreto con un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con la **incorporación de vidrio granulado es:**

- ✓ Arena = 24.214 kg
- ✓ Cemento = 8.974 kg
- ✓ Piedra chancada = 18.722 kg
- ✓ Agua 5.6 litros
- ✓ Incorporación de vidrio granular 2% = 0.494 kg

incorporación de vidrio granulado es:

- ✓ Arena = 24.214 kg
- ✓ Cemento = 8.974 kg
- ✓ Piedra chancada = 18.722 kg

- ✓ Agua 5.6 litros
- ✓ Incorporación de viruta de acero 2% = 0.494 kg

De acuerdo a las pruebas de compresión realizados a los testigos elaborados con el diseño de mezcla para un 175 kg/cm^2 ; la incorporación de vidrio granular el concreto alcanzo una resistencia de superior de $f'c = 277.61 \text{ kg/cm}^2$, esto representa un 58.63%; con lo cual se afirma que la incorporación de vidrio granular influye positivamente en la resistencia.

El Bach. **BLEGER FREDDY GARCIA CHAMBILLA** en el año 2017 en su investigación titulada **“EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE PUNO”** tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

Entre sus conclusiones establece:

- Incorporando fibras de vidrio en porcentajes de 0.025%, 0.075% y a.125 la resistencia a la compresión es superior al concreto normal, en todos los grupos de control y el costo de producción disminuye.
- La incorporación de 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio en el concreto normal $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ incrementa la resistencia a la compresión en 6.65%, 2.26% y 1.26% respectivamente, por ende, mejora la resistencia a la compresión, aceptándose la hipótesis general plateada.

De la referencia tomada se puede establecer que efectivamente hay correlación con los resultados de investigación en que el concreto, sobre la incorporación de vidrio granular y virutas de acero.

5.2 Respecto a la hipótesis específica 02: Del resultado de la resistencia a la compresión axial con la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$ para uso en veredas peatonales.

El diseño de mezcla para un concreto con un $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con la **incorporación de vidrio granulado es:**

- ✓ Arena = 24.214 kg
- ✓ Cemento = 8.974 kg
- ✓ Piedra chancada = 18.722 kg

- ✓ Agua 5.6 litros
- ✓ Incorporación de vidrio granular 2% = 0.494 kg

Resultados de pruebas a compresión

- ✓ Análisis a los 7 días = 238.66 kg/cm²
- ✓ Análisis a los 14 días = 249.63 kg/cm²
- ✓ Análisis a los 28 días = 277.61 kg/cm²

De acuerdo a las pruebas de compresión realizados a los testigos elaborados con el diseño de mezcla para un 175 kg/cm²; la incorporación de vidrio granular el concreto alcanzo una resistencia de superior de $f'c = 277.61 \text{ kg/cm}^2$, esto representa un 58.63%; con lo cual se afirma que la incorporación de vidrio granular influye positivamente en la resistencia.

incorporación de vidrio granulado es:

- ✓ Arena = 24.214 kg
- ✓ Cemento = 8.974 kg
- ✓ Piedra chancada = 18.722 kg
- ✓ Agua 5.6 litros
- ✓ Incorporación de viruta de acero 2% = 0.494 kg

Resultados de pruebas a compresión

- Análisis a los 7 días = 104.73 kg/cm²
- Análisis a los 14 días = 151.65 kg/cm²
- Análisis a los 28 días = 162.32 kg/cm²

De acuerdo a las pruebas de compresión realizados a los testigos elaborados con el diseño de mezcla para un 175 kg/cm²; la incorporación de fibras de acero el concreto alcanzo una resistencia de inferior siendo los resultados de $f'c = 162.32 \text{ kg/cm}^2$, esto representa un 3.13%; con lo cual se afirma que la incorporación de vidrio granular influye negativamente en la resistencia.

El Bach. **BLEGER FREDDY GARCIA CHAMBILLA** en el año 2017 en su investigación titulada **“EFECTO DE LA FIBRA DE VIDRIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ EN LA CIUDAD DE PUNO”** tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

Entre sus conclusiones estable:

- Incorporando fibras de vidrio en porcentajes de 0.025%, 0.075% y a.125 la resistencia a la compresión es superior al concreto normal, en todos los grupos de control y el costo de producción disminuye.
- La incorporación de 0.025%, 0.075% y 0.125% fibra de vidrio en el concreto normal $f'c$ 210 kg/cm² incrementa la resistencia a la compresión en 6.65%, 2.26% y 1.26% respectivamente, por ende, mejora la resistencia a la compresión, aceptándose la hipótesis general plateada.

Así mismo:

Los Bachilleres **DE LA CRUZ MERCADO, Wilmer Rolando** y **QUISPE CCAHIN, Walter Reynan** en el año 2014 en su investigación titulada **“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO EN EL CONCRETO EMPLEADO PARA PAVIMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PISTAS EN LA PROVINCIA DE HUAMANGA- AYACUCHO”** tesis para optar el título profesional de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.**

- La granulometría del agregado fino (arena gruesa) y del agregado grueso (piedra chancada) de la cantera chacco si cumple con las especificaciones de la NTP.
- La incorporación de fibras de acero, repercute sobre la propiedad del concreto en estado fresco destacando la reducción de la trabajabilidad, el asentamiento de la mezcla disminuye de 3 ¼' a 3'; igual se encuentra dentro de las tolerancias que se muestran en la norma ASTM.
- En cuanto a la propiedad mecánica de resistencia a la compresión axial (f_c), la adición de fibra de acero no tiene mayor influencia en el aumento del $f'c$, pues el incremento es muy pequeño. El aporte de las fibras a la resistencia a la compresión del concreto es que evita que este tenga una falla frágil, dándole ductilidad al compuesto.
- Observando la interacción de los factores A y B, los mejores resultados de $f'c$ se obtuvo de 272 kg/cm², contrariamente se obtienen menores valores cuando los factores toman los otros niveles.

De la referencia tomada se puede establecer que efectivamente hay correlación con los resultados de investigación en que el concreto, sobre la incorporación de vidrio granular y virutas de acero.

5.3 Respecto a la hipótesis específica 03: El resultado de la cuantificación de los costos comparativo de la incorporación de vidrio granulado versus viruta de acero en un concreto $f'c=175$ kg/cm² permitirá su uso en veredas peatonales.

Los costos de la incorporación de vidrio granulado de acuerdo a la estructura de costos descritos en la tabla 21 y 22, se establece que la incorporación de vidrio granulado significa un incremento en el costo de 3.71 soles, lo que corresponde a un 4.46%; del mismo modo se establece que la incorporación de virutas de acero es menor al comparado con vidrio granular, siendo su costo de 2.22 soles y un incremento en el costo de 2.67%.

CONCLUSIONES

- 1) La incorporación al 2% de vidrio mejora las propiedades del concreto con una resistencia de 277.61 kg/cm² el cual supera el diseño en 58.63% al $f'c=175$ kg/cm²; mientras que al 10% las virutas de acero decrecen la resistencia en 3.13%, de igual manera los costos de la adición de vidrio granulado son más económico en comparación a las virutas de acero.
- 2) Los diseños de mezcla de concreto para un $f'c=175$ kg/cm² con incorporación de 2% de vidrio el cual nos muestra los siguientes pesos para su diseño: cemento = 8.974 kg, vidrio = 0.494 kg, arena = 24.214 kg, piedra =18.722 y agua = 5.6 L; y el diseño con incorporación de 10% de viruta de acero optimo con los siguientes pesos: cemento = 8.974 kg, viruta de acero = 2.471 kg, arena = 22.237 kg, piedra =18.722 y agua = 5.6 L
- 3) La resistencia optima a la compresión axial con incorporación de vidrio al 2% fue de 277.61 kg/cm² con un curado de 28 días. La resistencia que más se acerca al diseño de mezcla con la incorporación de viruta de acero fue al 10 % alcanzando una resistencia de 169.53 kg/cm² con un curado de 28 días.
- 4) El costo para el diseño con incorporación de vidrio al 2% es de S/ 86.88 soles para 3 probetas que utilizamos para hacer una rotura de 7, 14, 28 días y para un diseño con incorporación del 10% de viruta de acero fue de S/ 85.39 soles para 3 probetas que utilizamos para hacer una rotura de 7, 14, 28 días.

RECOMENDACIONES

- 1) Que, para la incorporación a materiales reciclados se realicen las pruebas tanto a los materiales como el resultado que se obtiene de su incorporación.
- 2) En el diseño de mezcla de concreto se tenga presente el control de calidad de los materiales empleados para que los datos obtenidos sean lo más cercano a la realidad.
- 3) Para el cálculo de la resistencia a compresión simple se consideren un numero considerables de muestras esto con la finalidad que los datos obtenidos sean confiables.
- 4) Para el cálculo de los costos los precios a considerar tanto en el vidrio granular y virutas de acero sean los que se paga por un material reciclado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015). Expediente Técnico. “Mejoramiento y Rehabilitación de la carretera Mazamari – Pangoa – Cubantia”. Estudio de Ingeniería.
- 2) Braja, Das. (2001). Principio de Cimentaciones. Editorial Limusa. S.A. (4ta Edición). México.
- 3) Crespo, Villalaz (2004). Mecánica de Suelos. Editorial Limusa. S.A. (5ta Edición). México.
- 4) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. Lima. Perú.
- 5) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima. Perú.
- 6) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima. Perú.
- 7) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima. Perú.
- 8) Department of Transportation (2015). M-E- Pavement Design Manual. State of Colorado, U.S.A.
- 9) Antonio, Arenas (2017). Análisis comparativo de los métodos (AASHTO 93, Boussinesq, Ábacos de Colorado), para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera Dv. Las Vegas – Tarma, provincia de Tarma – región Junín.

ANEXO

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

E.A.P INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de Estructuras e Hidráulica

DISEÑO DE MEZCLA - MODULO DE FINURA

SOLICITANTE : Bach.

PROYECTO :

UBICACIÓN : Huancayo, Junín, Perú

SUSTITUCION POR ARENA	PROBETAS	CEMENTO	VIDRIO O VIRUTA	ARENA	PIEDRA	AGUA
2%	3	8.974	0.494	24.214	18.722	5.6
4%	3	8.974	0.988	23.719	18.722	5.6
6%	3	8.974	1.482	23.225	18.722	5.6
8%	3	8.974	1.977	22.731	18.722	5.6
10%	3	8.974	2.471	22.237	18.722	5.6
TOTAL (Kg)	15	44.87	7.41	116.13	93.61	28.20

MUESTRA : Proporcionado por el Tesista

DISEÑO : F'c = 175 Kg/cm² , Slump = 3"- 4"

❖ **PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

Descripción	Unidad	Cemento	Vidrio	Agregados	
				Fino	Grueso
Tipo		Tipo I - Andino	Molido	Natural	Natural
Tamaño Máximo Nominal	Pulg.	---	Nº16		1/2 "
Peso Específico	gr/cm ³	3.15		2.48	2.6
Peso Unitario Suelto	Kg/cm ³	---		1324.12	1504.21
Peso Unitario Compactado	Kg/cm ³	---		1709.06	1546.51
Contenido de Humedad	%	---		1.98	1.08
Absorción	%	---		1.91	0.43
Módulo de Fineza	---	---		2.73	6.77

❖ **DOSIFICACIÓN EN PESO - CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

Materiales	Peso Seco (Kg/m ³)	%Hum.	%Abs	Pesos Corregidos (Kg/m ³)
Cemento	342.86			342.86
Agregado Fino Seco	926.00	1.98	1.91	944
Agregado Grueso Seco	720.00	1.08	0.43	715.32
Agua	216.00			215.47

❖ **SUSTITUCIÓN DE % AGREGADO FINO POR VIDRIO TRITURADO Y VIRUTA DE ACERO**

Materiales	Pesos Corregidos (Kg/m ³)	%				
		2%	4%	6%	8%	10%
Cemento	342.86	342.86	342.86	342.86	342.86	342.86
Agregado Fino Seco	944.00	925.12	906.24	887.36	868.48	849.60
Agregado Grueso Seco	715.32	715.32	715.32	715.32	715.32	715.32
Vidrio Molido	---	18.88	28.61	42.92	57.23	71.53
Agua	215.47	215.47	215.47	215.47	215.47	215.47



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Laboratorio de Mecanica de Suelos



INFORME N°

PETICIONARIO:

OPERADOR:

PROYECTO:

MUESTRA:

FECHA DE RECEPCION:

FECHA DE EMISION:

ENSAYO: PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NORMA NTP 400.017 - ASTM C29) Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (NORMA NTP 400.022 - ASTM C-128)

N°	DESCRIPCION	PESO (GR)
A	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA + TARA	3000
B	PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA + TARA	3013
C	D-E	1861
D	PESO CANASTILLA SUMERGIDO EN AGUA + MUESTRA SATURADA	2720
E	PESO DE CANASTILLA SUMERGIDA EN ELN AGUA	859
F	PESO DE TARA	859
PESO ESPECIFICO APARENTE:		2.60
PESO ESPECIFICO APARENTE:		2.60
PESO ESPECIFICO NOMINAL:		2.63
ABSORCION:		0.43 %

RESUMEN DE RESULTADOS FINALES

	DESCRIPCION	M-1
1	PESO ESPECIFICO DE LA MASA	2.60 gr/cm3
2	PESO ESPECIFICO DE LA MASA SUPERFICIAL SECO	2.60 gr/cm3
3	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.60 gr/cm3
4	PORCENTAJE DE ABSORCION	0.43 %

REVISADO POR:



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Laboratorio de Mecanica de Suelos



INFORME N°

PETICIONARIO:

OPERADOR:

PROYECTO:

MUESTRA:

FECHA DE RECEPCION:

FECHA DE EMISION:

ENSAYO: PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (NORMA NTP 400.017 - ASTM C29) Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (NORMA NTP 400.022- ASTM C-128)

AGREGADO FINO

N°	DESCRIPCION	PESO (GR)
A	PESO AL AIRE DE LA MUESTRA SECA	490.62
B	PESO DE LA FIOLA + AGUA HASTA LA MARCA DEL AFORO	710
C	PESO DE LA FIOLA + MUESTRA FINA + AGUA HASTA LA MARCA DE AFORO	1012.2
S	PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	500
	PESO ESPECIFICO:	2.48
	PESO ESPECIFICO APARENTE:	2.48
	PESO ESPECIFICO NOMINAL:	2.60
	ABSORCION:	1.91 %

	DESCRIPCION	M-1
1	PESO ESPECIFICO DE LA MASA	2.48 gr/cm3
2	PESO ESPECIFICO DE LA MASA SUPERFICIAL SECO	2.4804 gr/cm3
3	PESO ESPECIFICO APARENTE	2.60 gr/cm3
4	PORCENTAJE DE ABSORCION	1.91 %



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Laboratorio de Mecanica de Suelos



INFORME N° _____
 PETICIONARIO: _____
 OPERADOR: _____
 PROYECTO: _____
 MUESTRA: _____
 FECHA DE RECEPCION: _____
 FECHA DE EMISION: _____

ENSAYO: PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO (NORMA NTP 400.017- ASTM C-29)

A: PESO APARENTE SUELTO

DESCRIPCION		M-1
1	PESO DE MOLDE (KG)	8.215
2	PESO DEL MOLDE + AGREG. (KG)	12.743
3	PESO DEL AGREG. (KG) (2-1)	4.528
4	VOLUMEN DEL MOLDE (M3)	0.003010
5	PESO UNITARIO SUELTO (KG/M3) (3/4)	1,504.21 kg/m3
6	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)	1.50 gr/cm3

B: PESO APARENTE COMPACTADO

DESCRIPCION		M-1
1	PESO DE MOLDE (KG)	8.215
2	PESO DEL MOLDE + AGREG. (KG)	12.870
3	PESO DE LA AGREG. (KG) (2-1)	4.655
4	VOLUMEN DEL MOLDE (M3)	0.00301
5	PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)	1,546.51 kg/m3
6	PESO UNITARIO COMPACTADO (gr/cm3)	1.55 gr/cm3

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO (NORMA NTP 339.185- ASTM C566)

DESCRIPCION		M-1	M-2	M-3
RECIPIENTE		157	304	142
1	PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE (gr)	229.00	249.00	268.00
2	PESO DE MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	228.00	245.00	265.00
3	CONTENIDO DE AGUA (gr)	1.00	4.00	3.00
5	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.44 %	1.66 %	1.15 %
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		1.08 %	

RESUMEN DE RESULTADOS FINALES

DESCRIPCION		M-1		M-1
1	PESO UNITARIO SUELTO	1,504.21 kg/m3	=====	1.50 gr/cm3
2	PESO UNITARIO COMPACTADO	1,546.51 kg/m3		1.55 gr/cm3
3	CONTENIDO DE HUMEDAD	1.08 %		1.08 %



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio de Mecanica de Suelos



INFORME N°

PETICIONARIO:

OPERADOR:

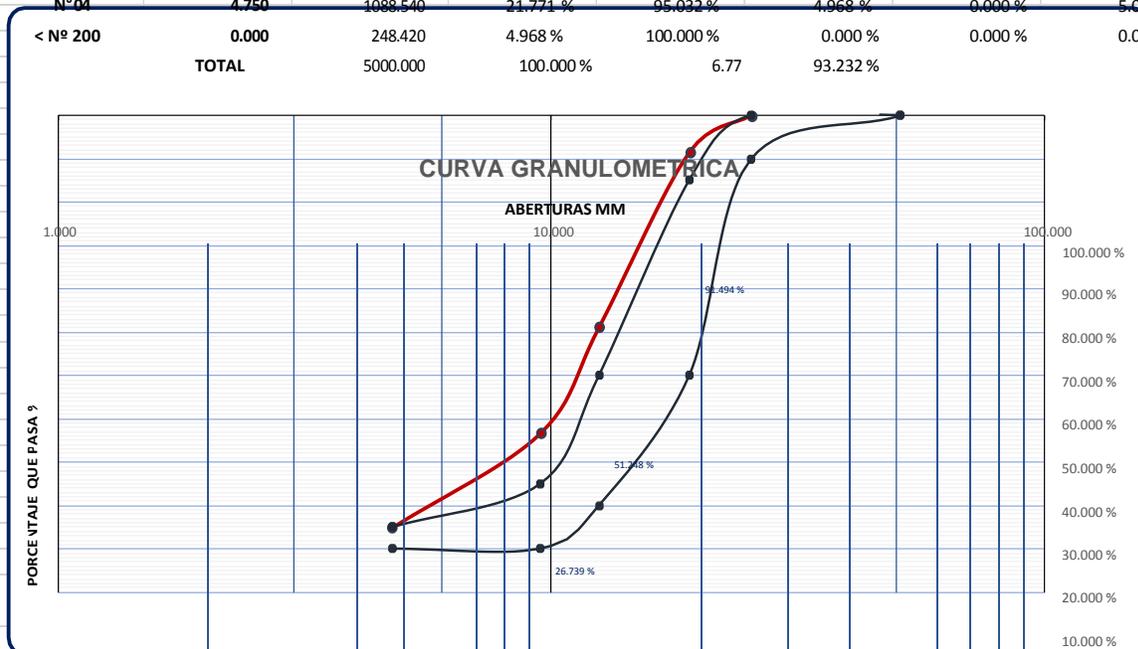
PROYECTO:

MUESTRA:

FECHA DE RECEPCION:

FECHA DE EMISION:

PESO MUESTRA:		5,000.00 gr				
TAMAÑO	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASA	REQUISITOS GRANULOMETRICOS
2"	50.800				100.000 %	100.000 %
1"	25.400	0.000	0.000 %	0.000 %	100.000 %	90.000 %
3/4"	19.050	425.300	8.506 %	8.506 %	91.494 %	40.000 %
1/2"	12.500	2012.300	40.246 %	48.752 %	51.248 %	10.000 %
3/8"	9.500	1225.440	24.509 %	73.261 %	26.739 %	0.000 %
N°04	4.750	1088.540	21.771 %	95.032 %	4.968 %	0.000 %
< N° 200	0.000	248.420	4.968 %	100.000 %	0.000 %	0.000 %
TOTAL		5000.000	100.000 %	6.77	93.232 %	



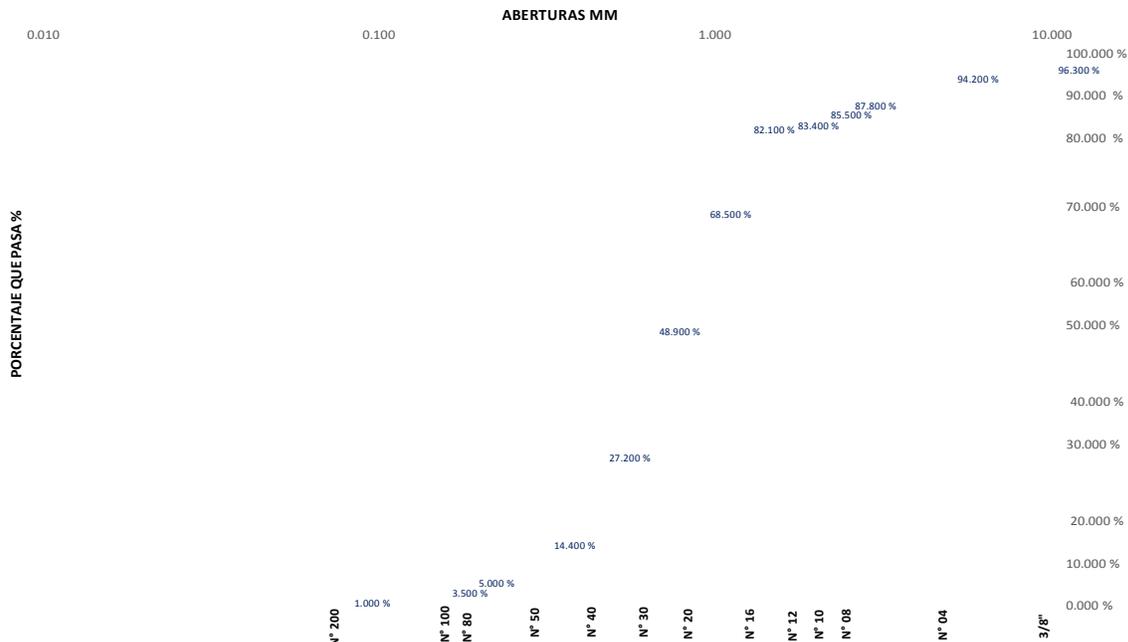
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 Laboratorio de Mecanica de Suelos

INFORME N° _____
 PETICIONARIO: _____
 OPERADOR: _____
 PROYECTO: _____
 MUESTRA: _____
 FECHA DE RECEPCION: _____
 FECHA DE EMISION: _____

PESO MUESTRA: 1,000.00 gr

TAMAÑO	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASA	REQUISITOS GRANULOMETRICOS	
				0.000 %	100.000 %		
3/8"	9.500	37.000	3.700 %	3.700 %	96.300 %	100.000 %	100.000 %
N° 04	4.750	21.000	2.100 %	5.800 %	94.200 %	95.000 %	100.000 %
N° 08	2.360	64.000	6.400 %	12.200 %	87.800 %	80.000 %	100.000 %
N° 10	2.000	23.000	2.300 %	14.500 %	85.500 %		
N° 12	1.700	21.000	2.100 %	16.600 %	83.400 %		
N° 16	1.180	13.000	1.300 %	17.900 %	82.100 %	50.000 %	85.000 %
N° 20	0.850	136.000	13.600 %	31.500 %	68.500 %		
N° 30	0.600	196.000	19.600 %	51.100 %	48.900 %	25.000 %	60.000 %
N° 40	0.425	217.000	21.700 %	72.800 %	27.200 %		
N° 50	0.300	128.000	12.800 %	85.600 %	14.400 %	5.000 %	30.000 %
N° 80	0.180	94.000	9.400 %	95.000 %	5.000 %		
N° 100	0.150	15.000	1.500 %	96.500 %	3.500 %	0.000 %	10.000 %
N° 200	0.075	25.000	2.500 %	99.000 %	1.000 %		
< N° 200	0.000	10.000	1.000 %	100.000 %	0.000 %		
TOTAL		1000.000	100.000 %				

CURVA GRANULOMETRICA



❖ DOSIFICACIÓN PARA TRES PROBETAS POR CADA SUSTITUCIÓN

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

Referencias:

Fecha fabricación: 20/08/2019

Fecha ensayo: 27/08/2019

Tipo de material: PRB 01-2% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica

Lado: 300.0 mm

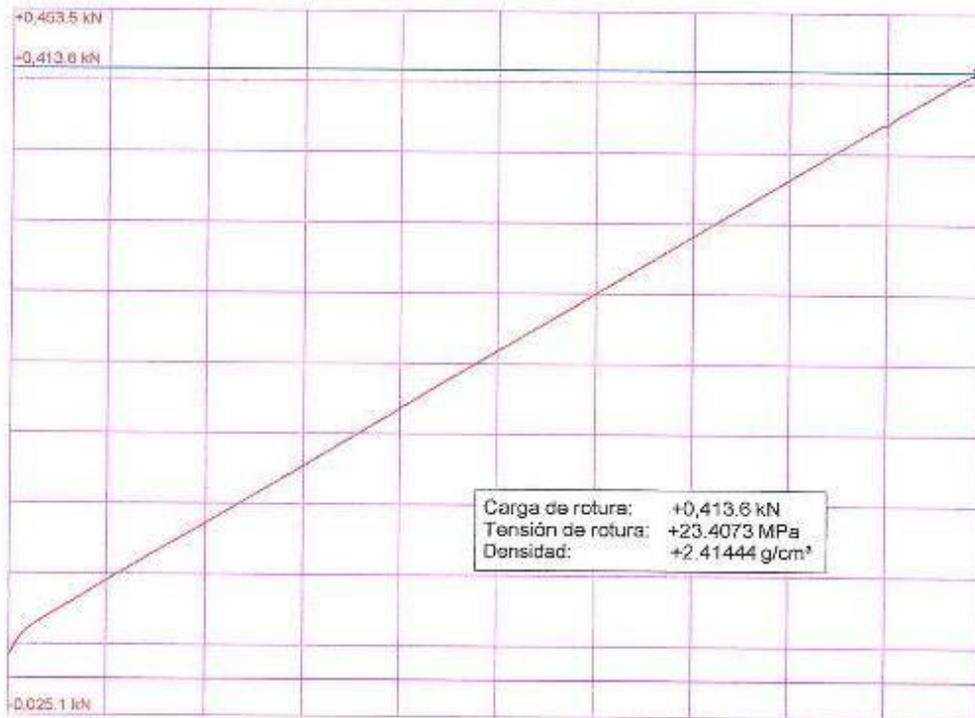
Diámetro: 150.0 mm

Peso: 12.8 kg

Precarga: +0,014.7 kN

Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-2% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

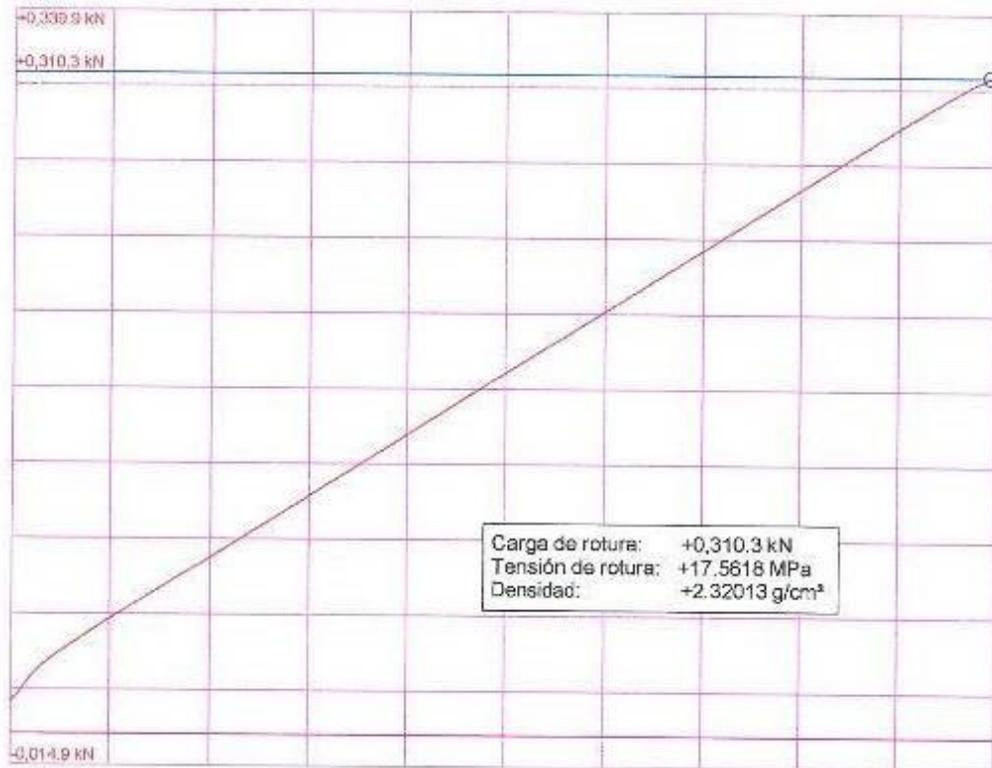
Referencias:

Fecha fabricación: 23/08/2019
Fecha ensayo: 30/08/2019
Tipo de material: PRB 01-4% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.3 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-4% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

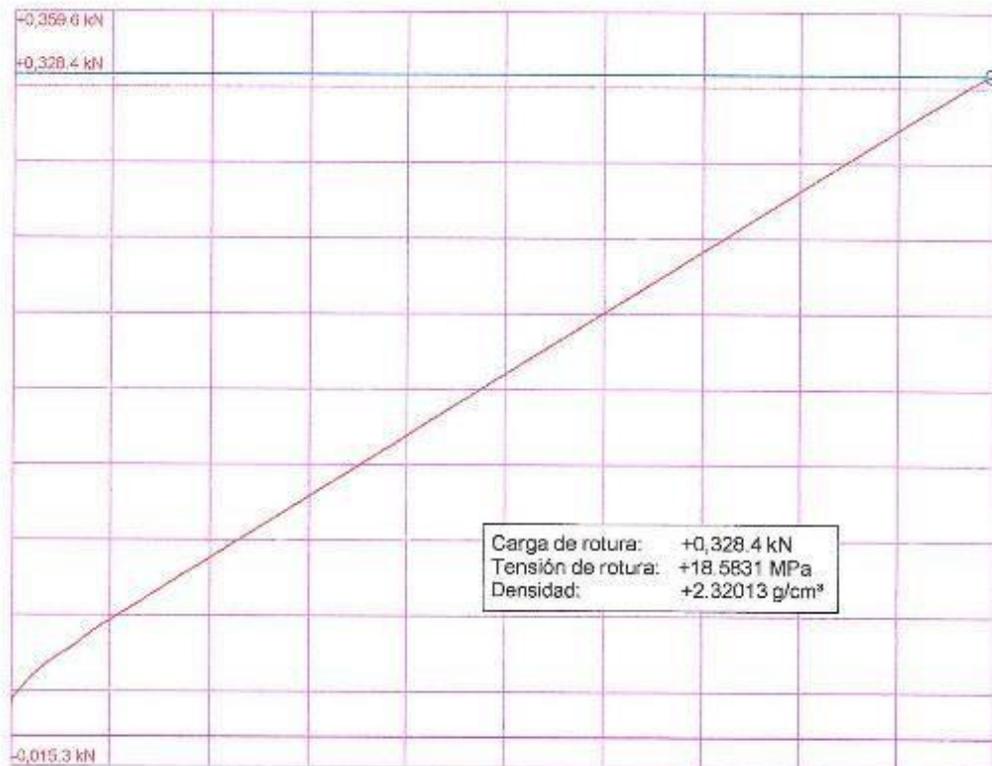
Referencias:

Fecha fabricación: 23/08/2019
Fecha ensayo: 30/09/2019
Tipo de material: PRB 01-6% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.6 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-6% VIDRIO



**Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

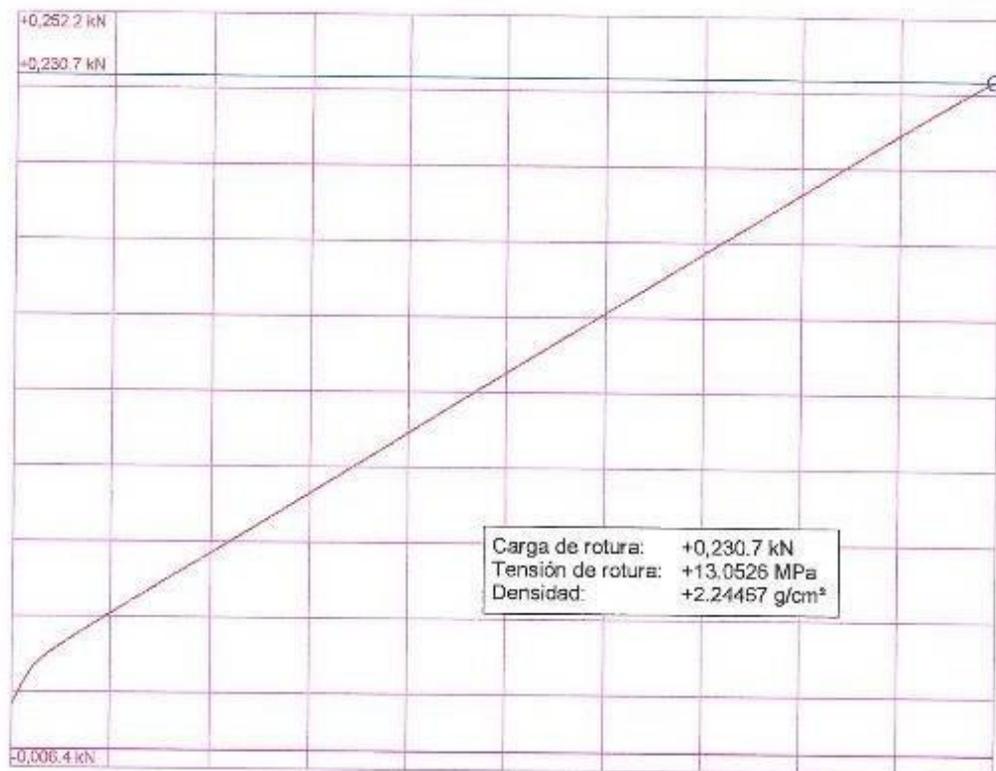
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 02/09/2019
Tipo de material: PRB 01-8% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 11.9 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-8% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

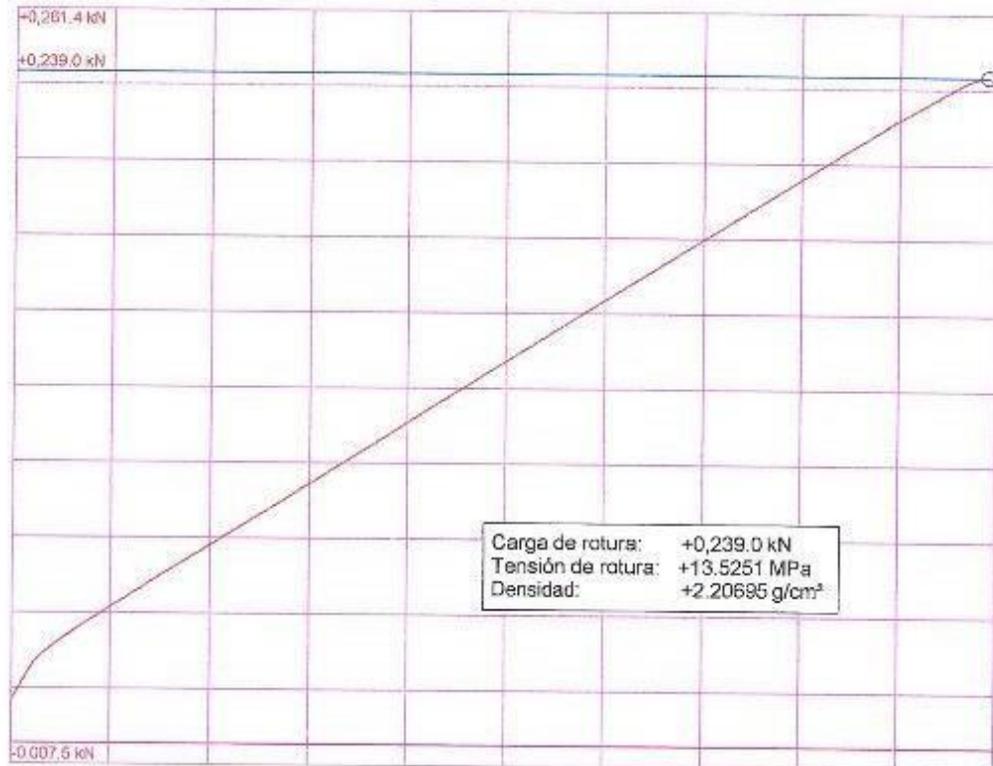
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 02/09/2019
Tipo de material: PRB 01-10% VIDRI

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 11.7 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-10% VIDRI



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

Referencias:

Fecha fabricación: 20/08/2019

Fecha ensayo: 03/09/2019

Tipo de material: PRB 02-2% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica

Lado: 300.0 mm

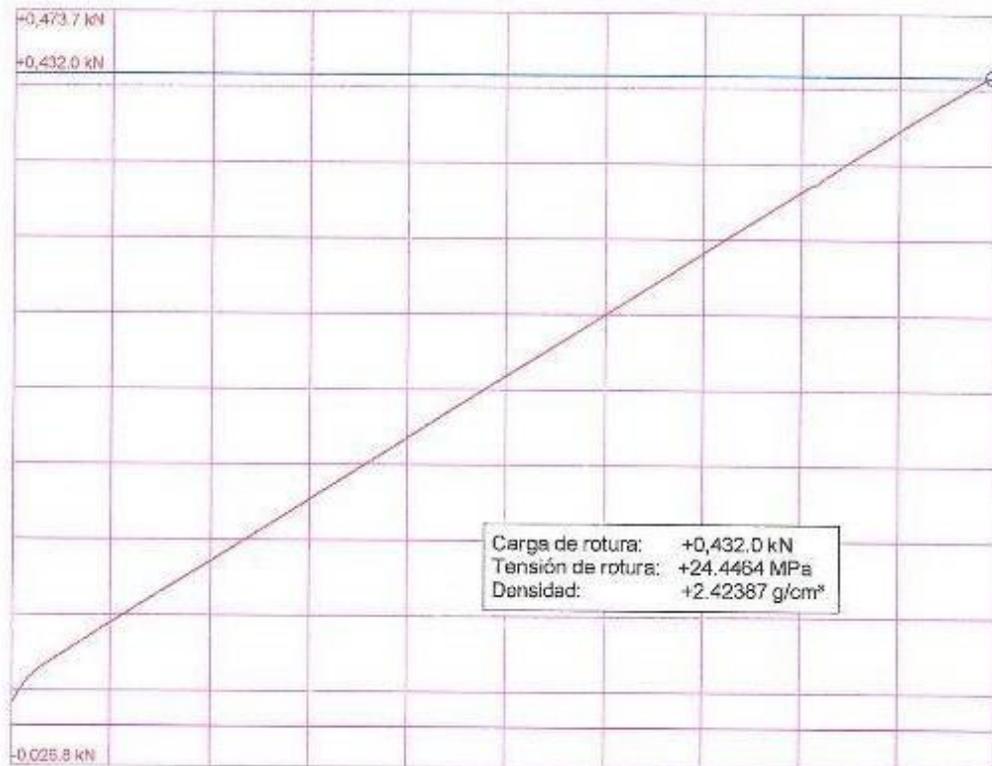
Diámetro: 150.0 mm

Peso: 12.8 kg

Precarga: +0,014.7 kN

Velocidad precarga: +0.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-2% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

Referencias:

Fecha fabricación: 23/08/2019

Fecha ensayo: 06/09/2019

Tipo de material: PRB 02-4% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica

Lado: 300.0 mm

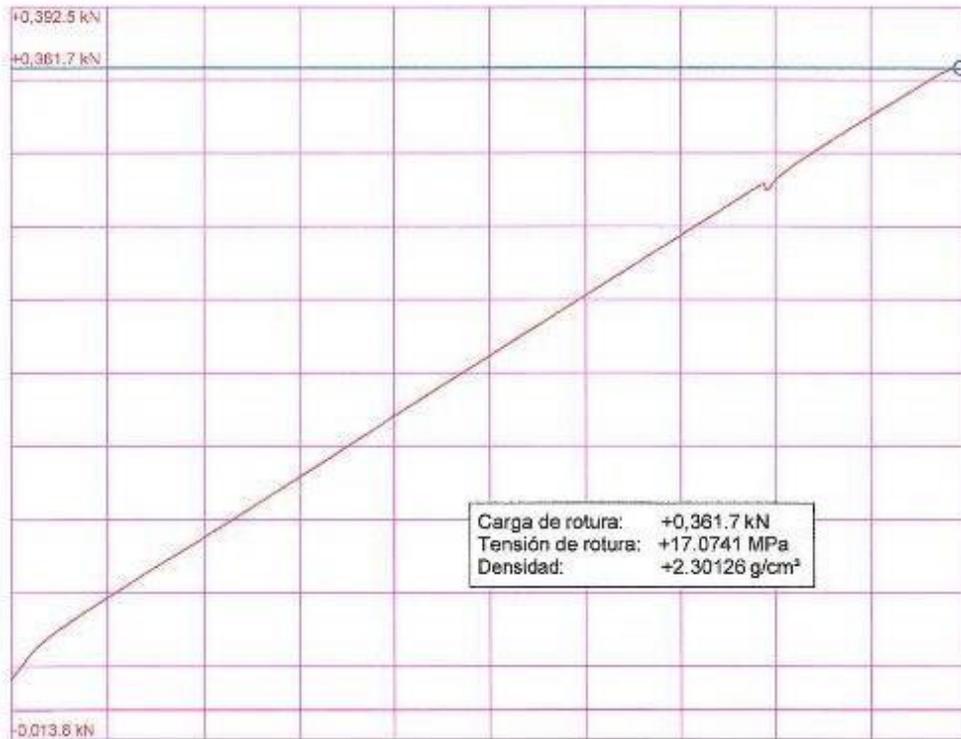
Diámetro: 150.0 mm

Peso: 12.2 kg

Precarga: +0.014.7 kN

Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-4% VIDRIO



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Mollanoma Reyes
INGENIERO EN INGENIERÍA DE
ESTRUCTURAS E HIDRÁULICA

Carlos G. Flores Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 86036

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1.471.0 kN Posición: 100.000 mm

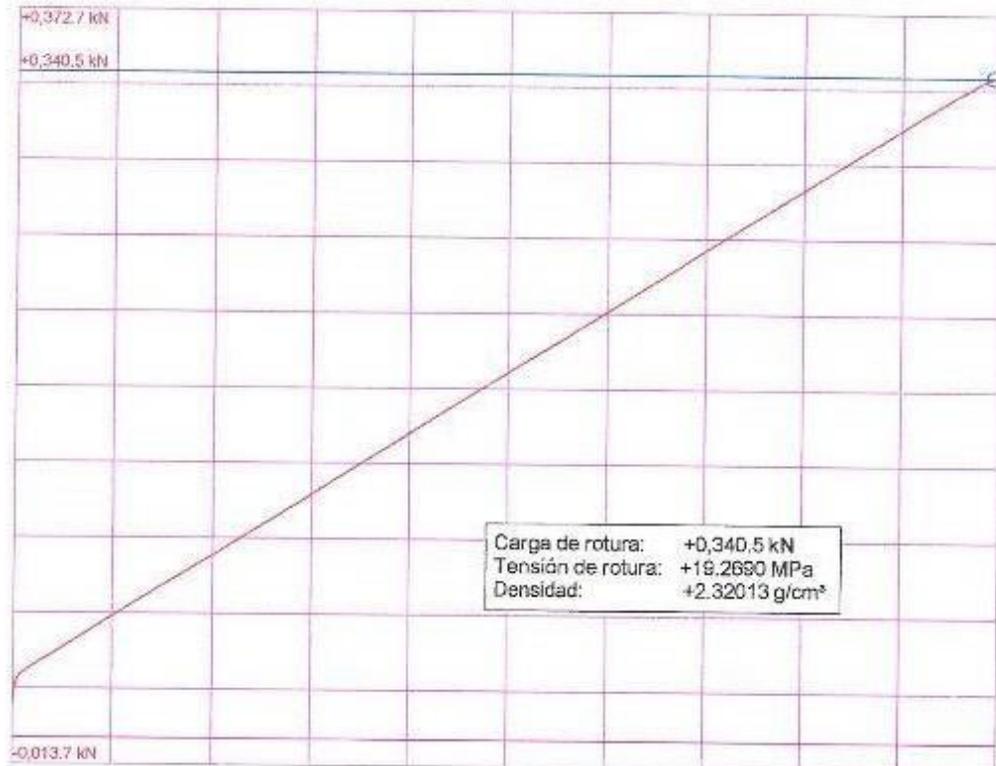
Referencias:

Fecha fabricación: 23/08/2019
Fecha ensayo: 06/09/2019
Tipo de material: PRB 02-6% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300,0 mm
Diámetro: 150,0 mm
Peso: 12,3 kg
Precarga: +0,014,7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-6% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

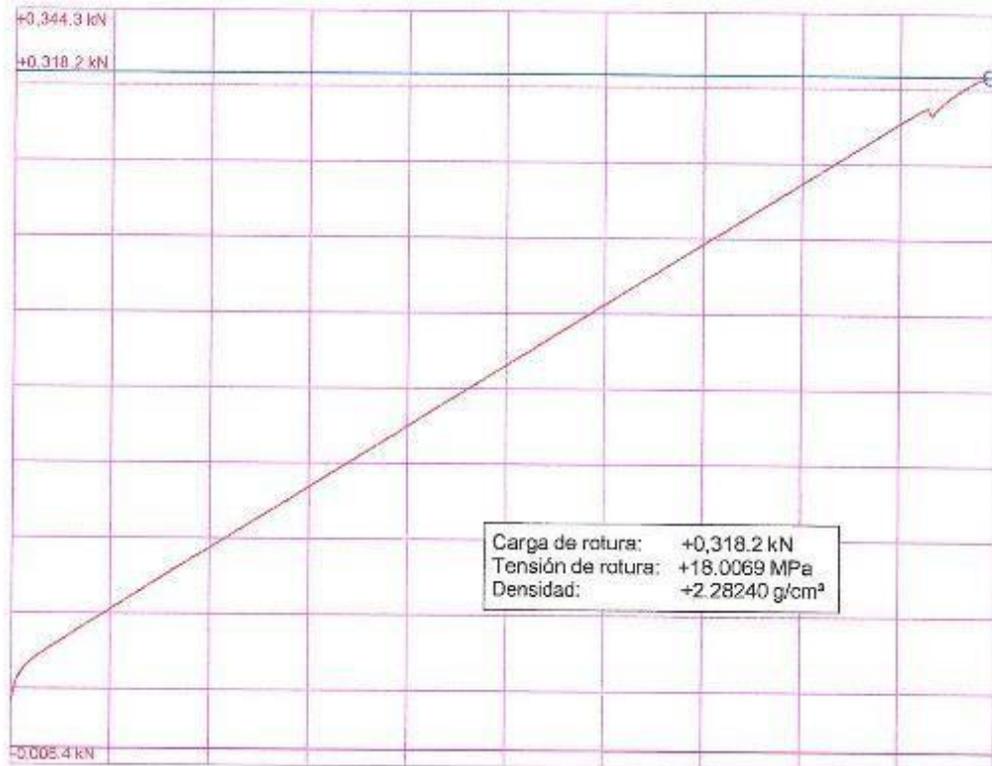
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 09/09/2019
Tipo de material: PRB 02-8% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.1 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-8% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

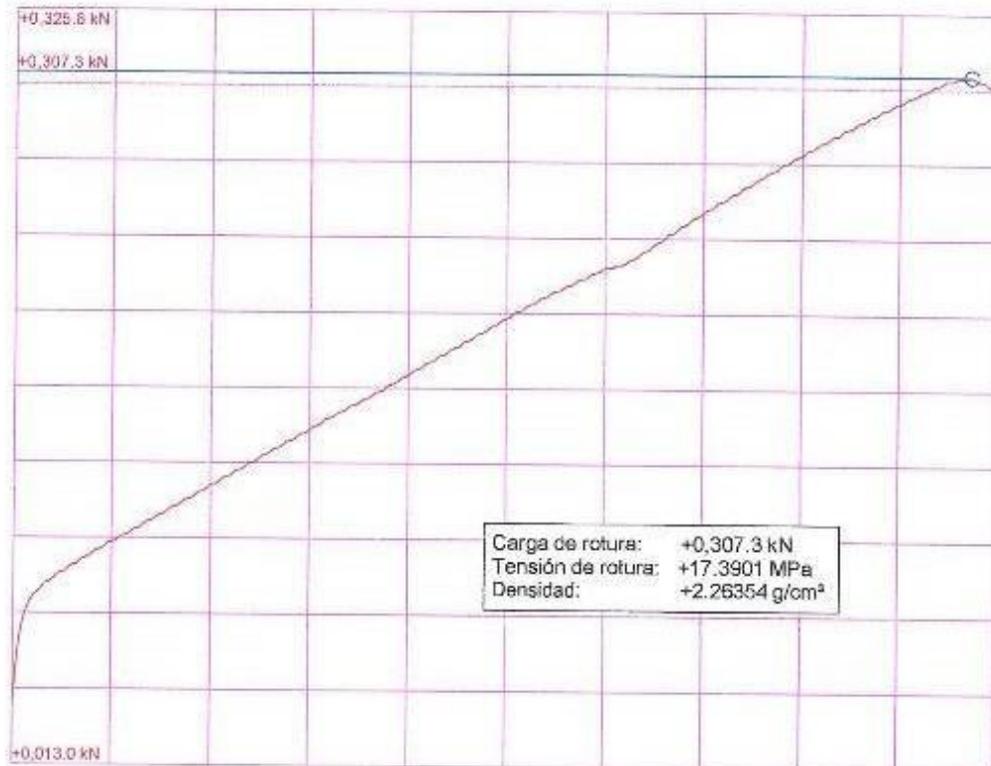
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 09/09/2019
Tipo de material: PRB 02-10% VIDRI

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.0 kg
Precarga: +0.014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-10% VIDRI



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

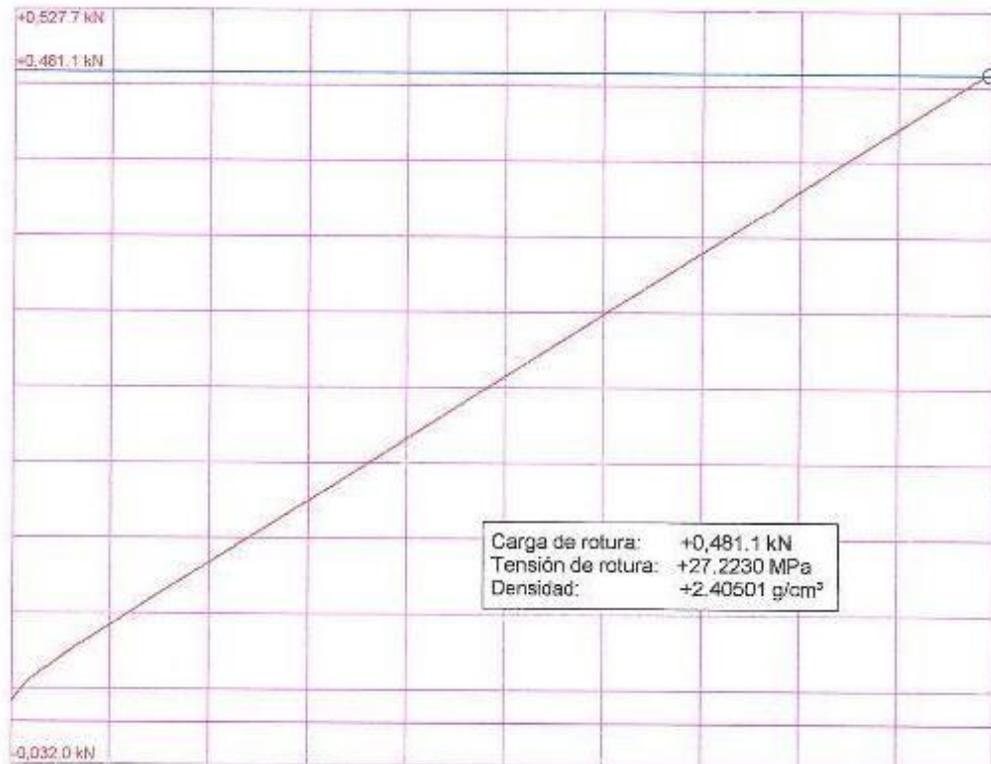
Referencias:

Fecha fabricación: 20/08/2019
Fecha ensayo: 27/08/2019
Tipo de material: PRB 03-2% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.4 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-2% VIDRIO



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Malcauyma Reyes
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS Y HORMIGÓN

FLORES ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
CIP 89834

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

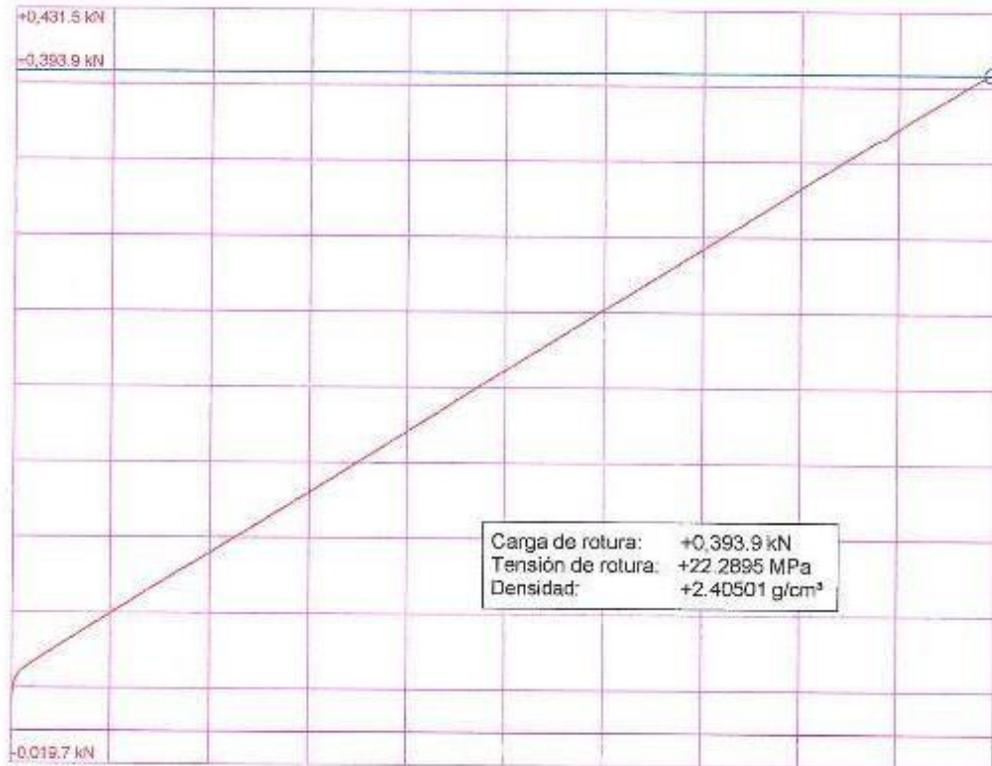
Referencias:

Fecha fabricación: 23/08/2019
Fecha ensayo: 20/09/2019
Tipo de material: PRB C3-4% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.8 kg
Precarga: +0,014,7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB C3-4% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

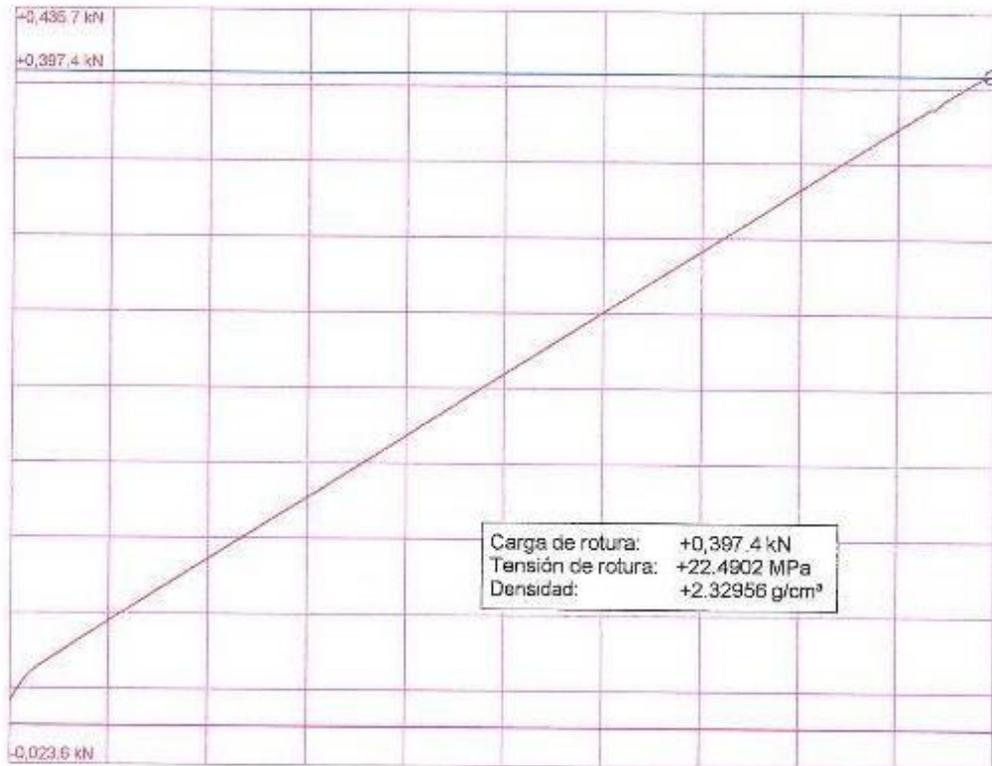
Referencias:

Fecha fabricación: 23/08/2019
Fecha ensayo: 20/09/2019
Tipo de material: PRB 03-6% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.3 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-6% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

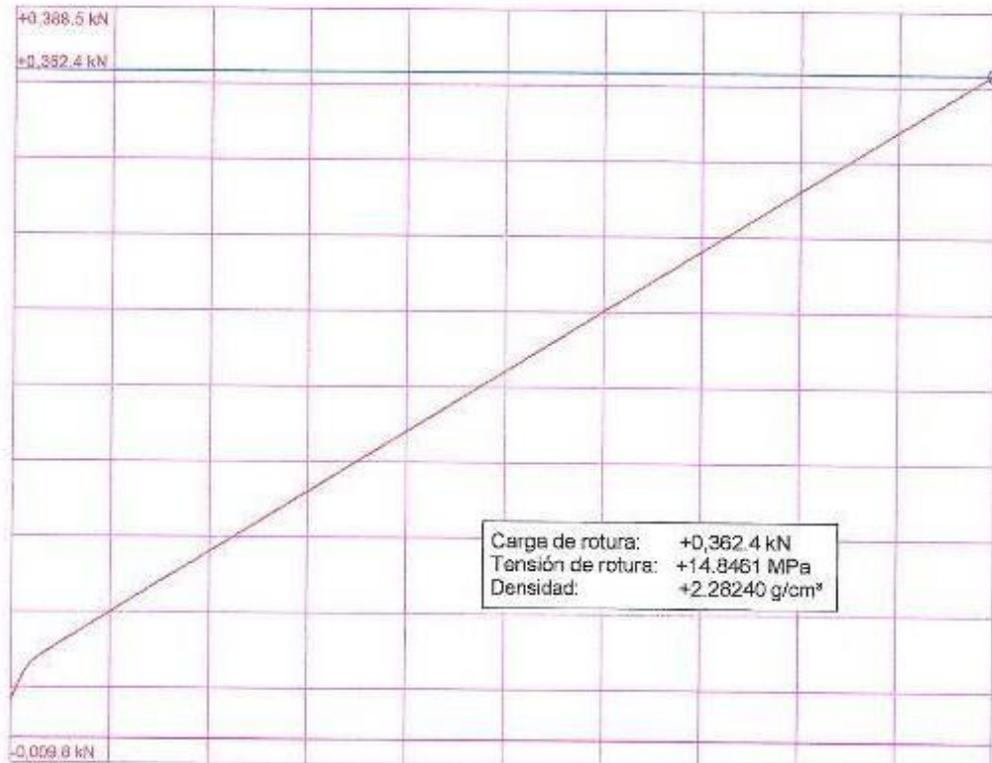
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 23/09/2019
Tipo de material: PRB 03-8% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.1 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-8% VIDRIO



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

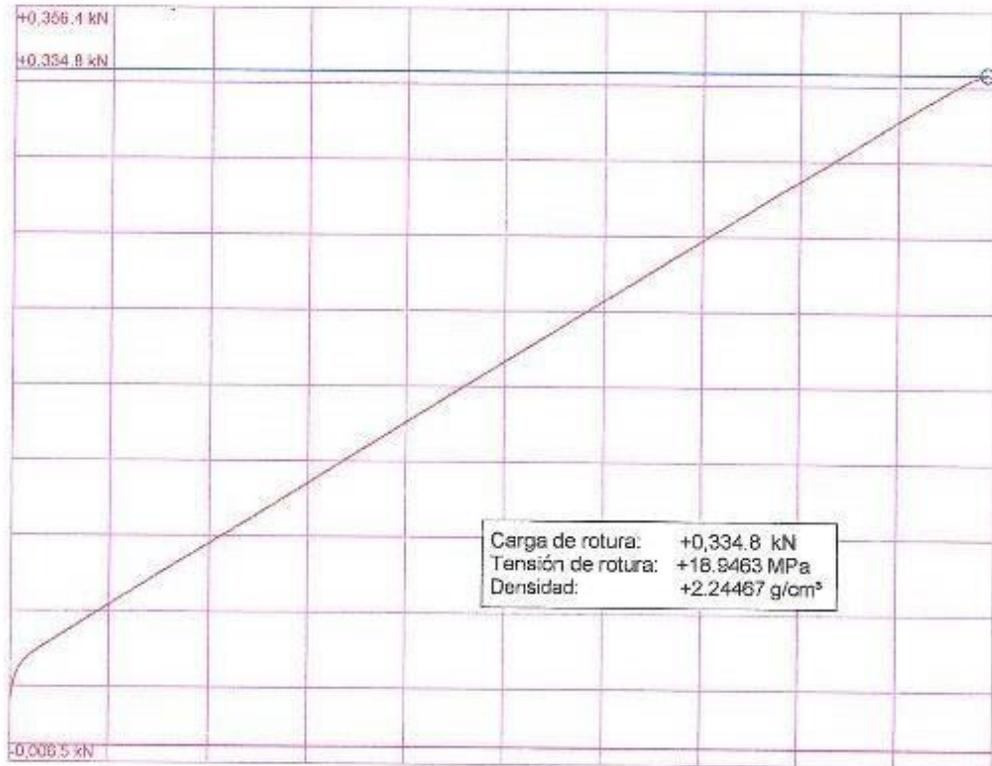
Referencias:

Fecha fabricación: 26/09/2019
Fecha ensayo: 23/09/2019
Tipo de material: PRB 03-10% VIDRI

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 11.9 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +0.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-10% VIDRI



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Malluapoma Reyes
FACULTAD DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS HIDRÁULICOS

INGENIERO CIVIL
CIP 89838

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

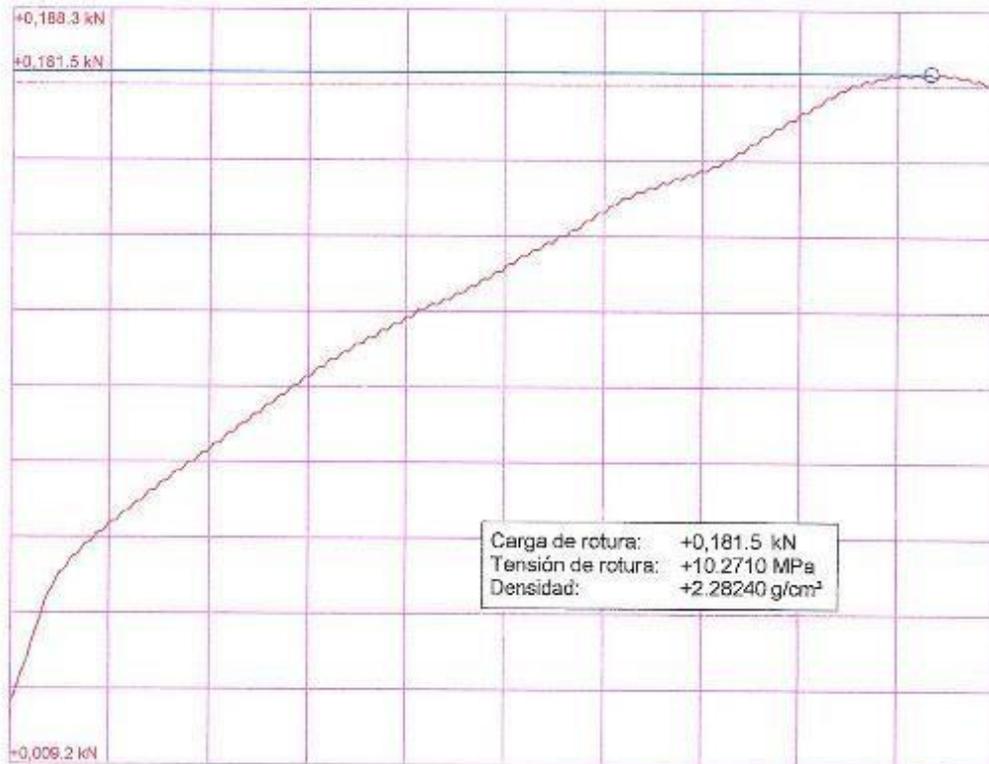
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 02/09/2019
Tipo de material: PRB 01-2% VIRUTA

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.1 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-2% VIRUTA



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Mallapoma Reyes
RESERVA DE TÍTULO Y GRADUADO DE
ESTRUCTURAS E INGENIERÍA

CARLOS G. FLORES ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
CIP 80638

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

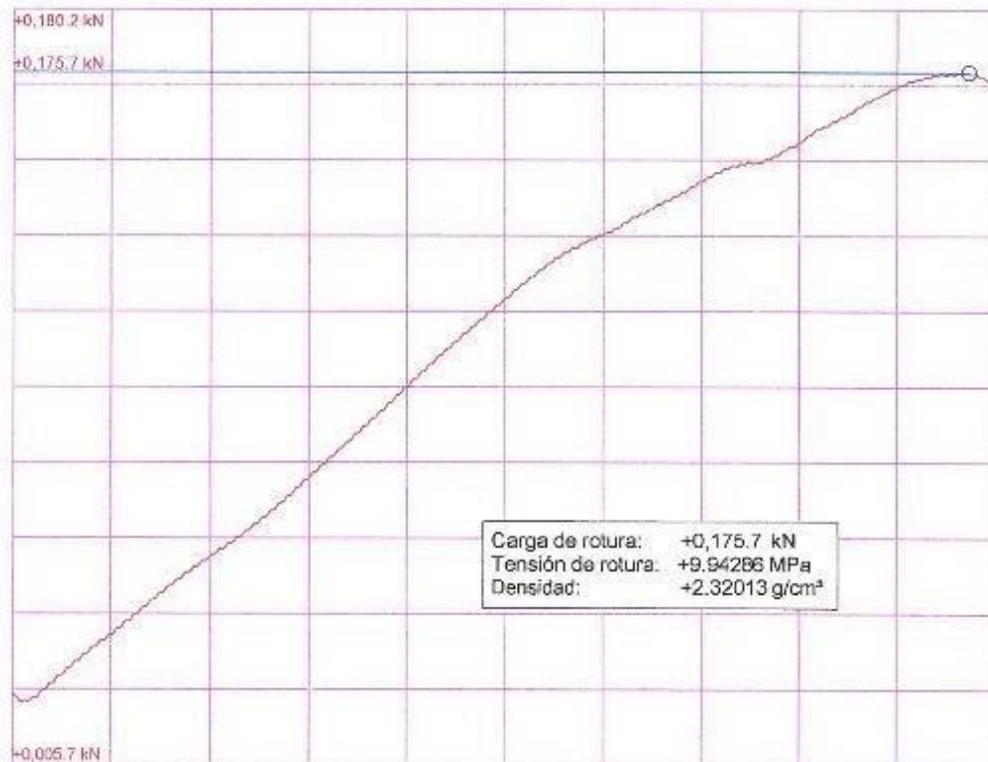
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 02/09/2019
Tipo de material: PRB 01-4% VIRUTA

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.3 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-4% VIRUTA



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Idella Apoma Reyes
RESPONSABLE DE LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS EMBALSAMICA

CARLOS G. FLORES ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
95936

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100,000 mm

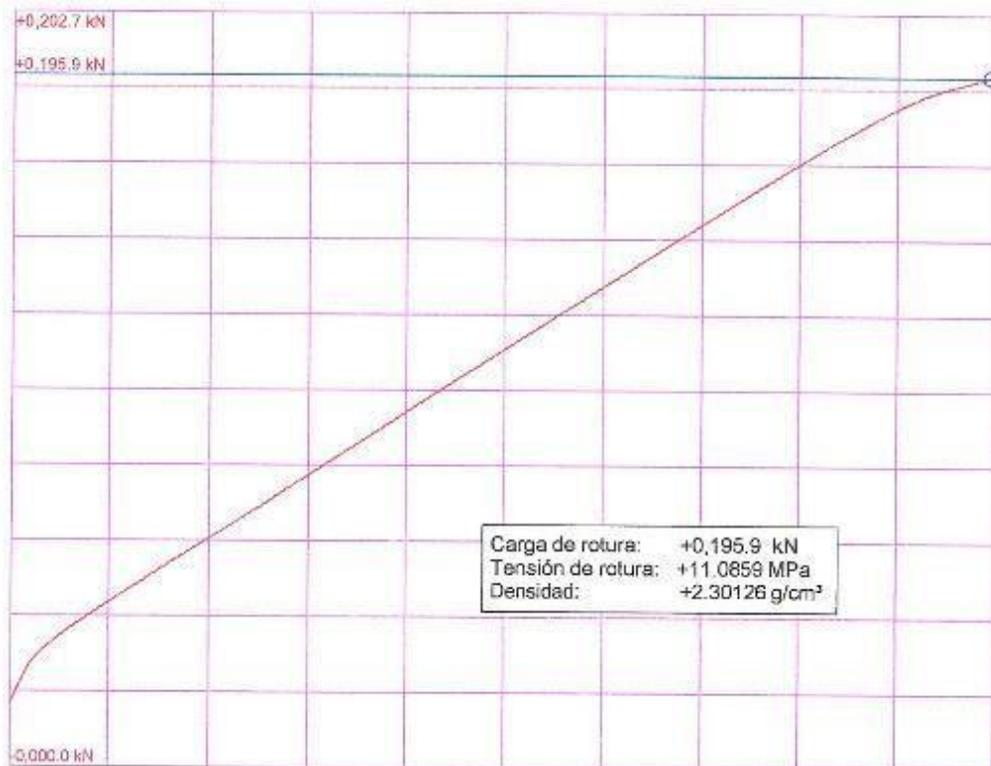
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 02/09/2019
Tipo de material: PRB 01-6% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.2 kg
Precarga: +0,014,7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-6% VIRUT



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Mallapuma Reyes
ESTRUCTURAS Y ACEROS

CARLOS G. FLORES ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
CIP 88638

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

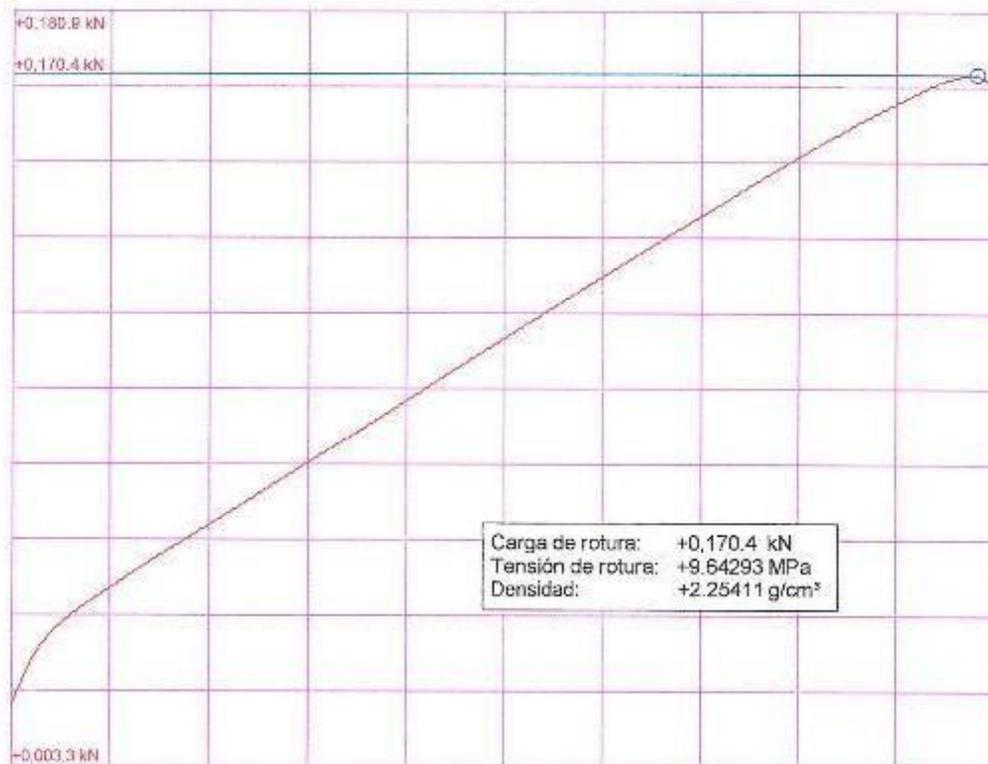
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 02/09/2019
Tipo de material: PRB 01-10% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 11.9 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 01-10% VIRUT



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Mollanuzco Reyes
ALICADO DE LOS LABORATORIOS DE
ESTRUCTURAS Y MATERIALES

CARLOS G. FLORES ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
CIP 65836

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

Referencias:

Fecha fabricación: 26/09/2019

Fecha ensayo: 09/09/2019

Tipo de material: PRB 02-2% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica

Lado: 300.0 mm

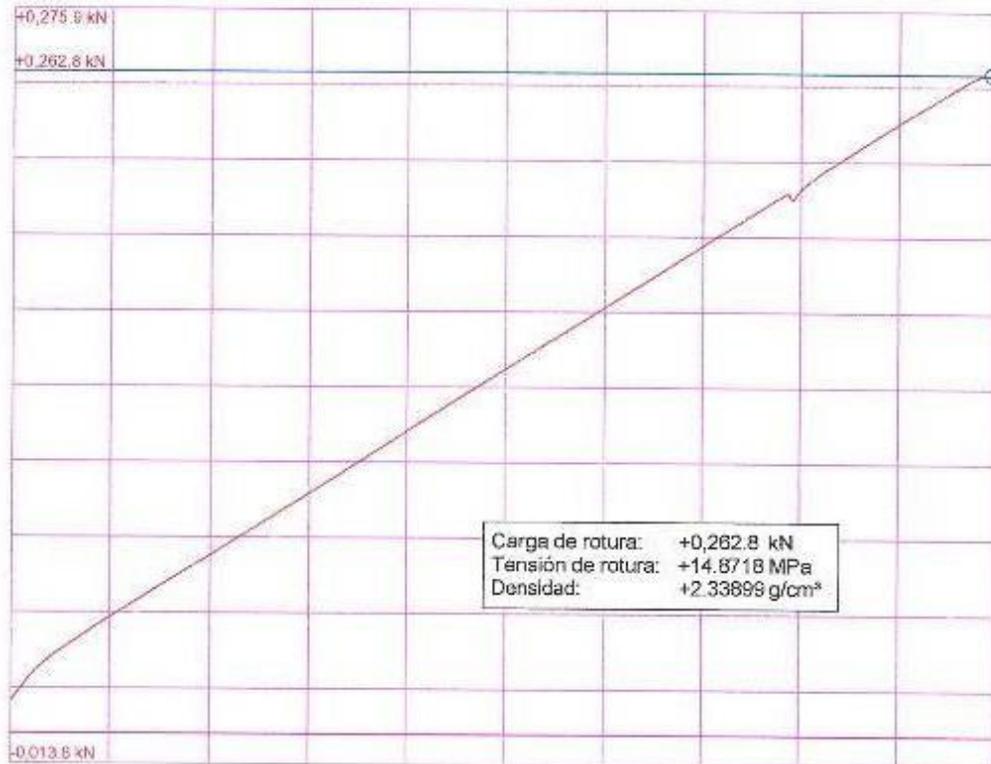
Diámetro: 150.0 mm

Peso: 12.4 kg

Precarga: +0,014.7 kN

Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-2% VIRUT



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

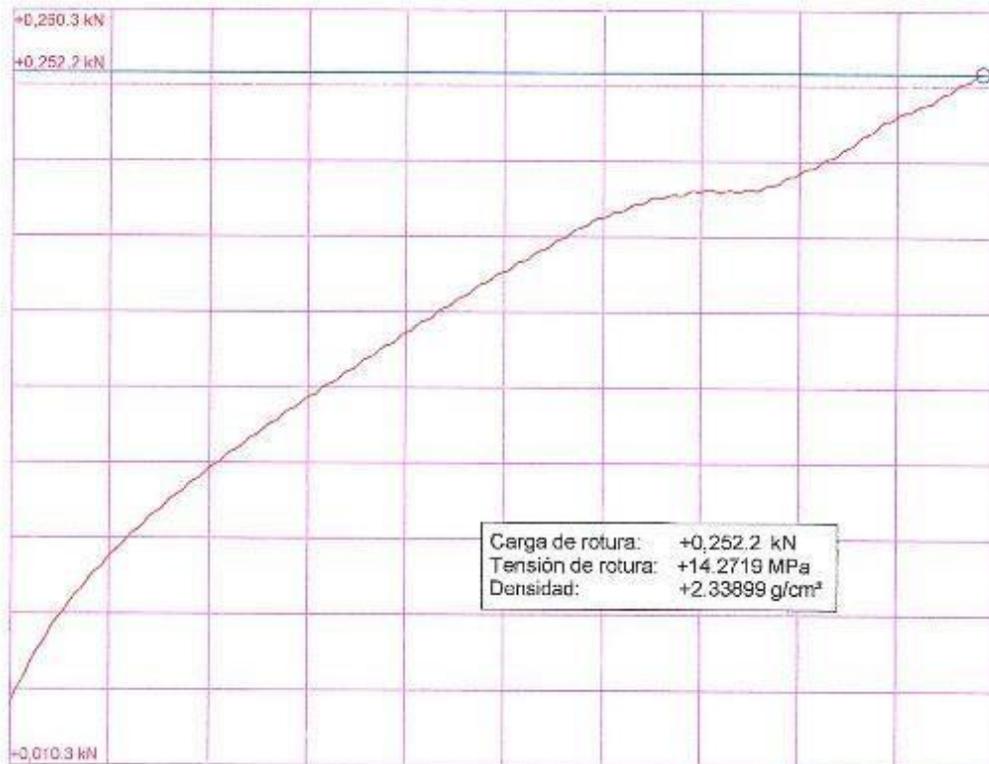
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 09/09/2019
Tipo de material: PRB 02-4% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.4 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-4% VIRUT



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

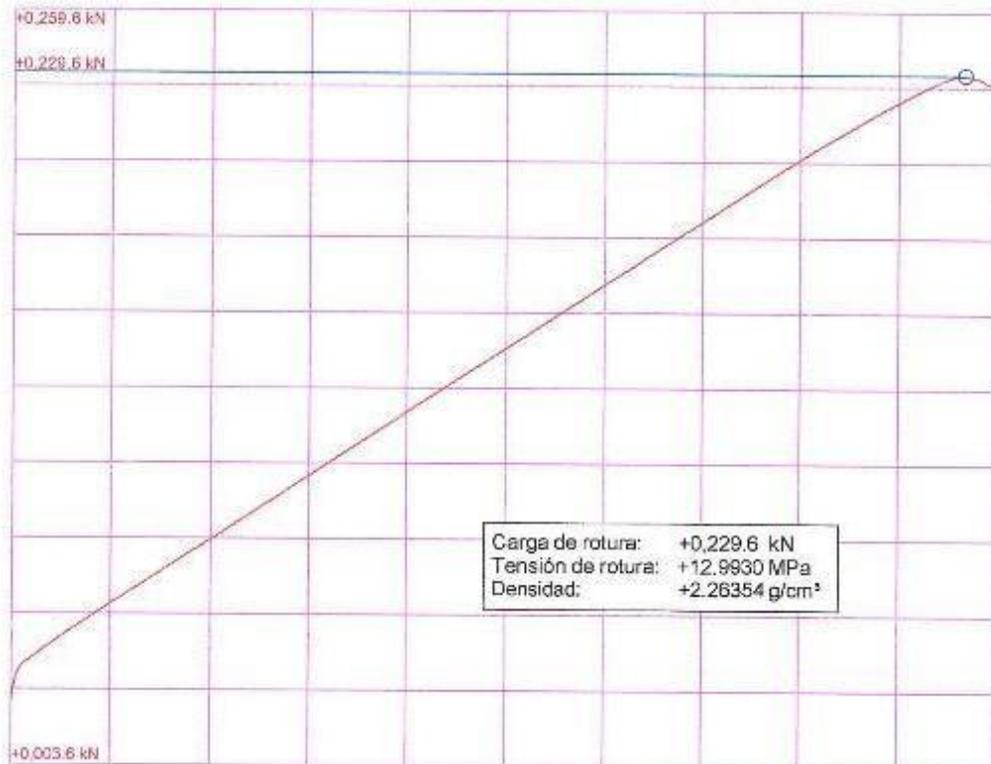
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 09/09/2019
Tipo de material: PRB 02-6% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.0 kg
Precarga: +0,014,7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-6% VIRUT



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

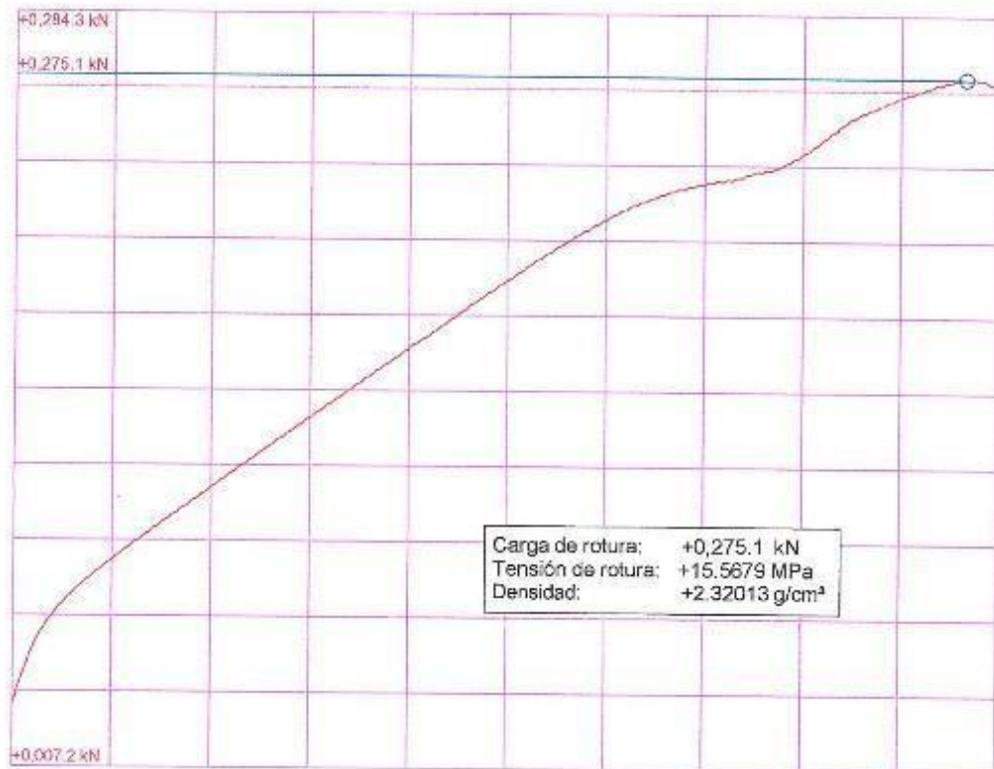
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 09/09/2019
Tipo de material: PRB 02-8% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.3 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-8% VIRUT



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

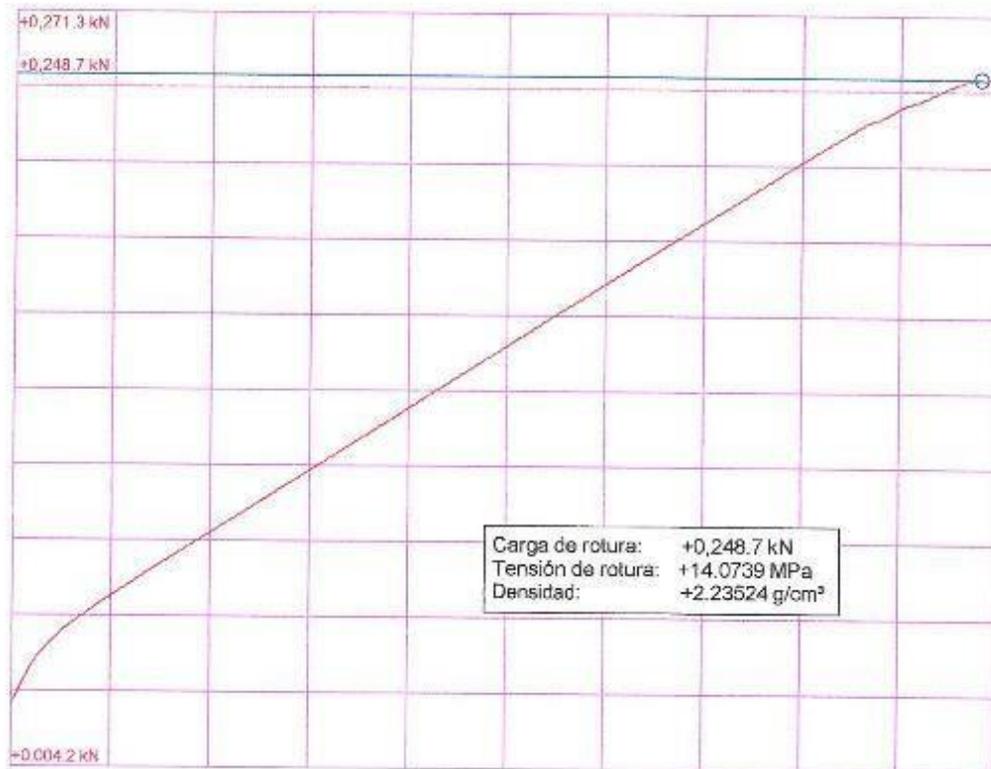
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 09/09/2019
Tipo de material: PRB 02-10% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 11.8 kg
Precarga: +0,014,7 kN
Velocidad precarga: +00,500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 02-10% VIRUT



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

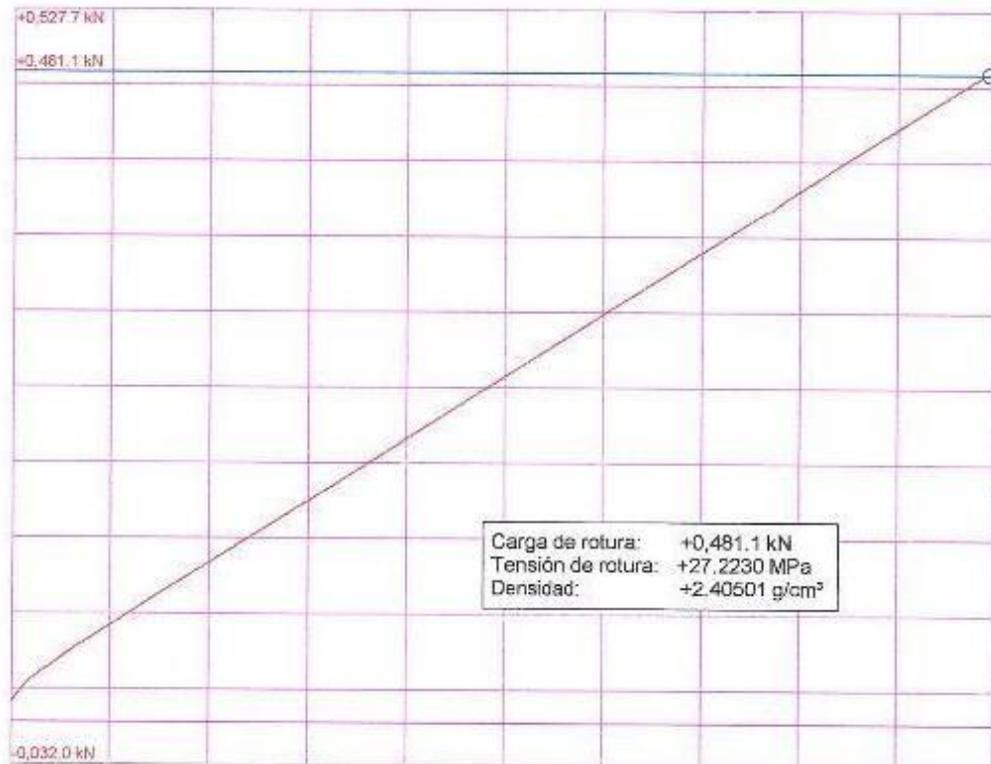
Referencias:

Fecha fabricación: 20/08/2019
Fecha ensayo: 27/08/2019
Tipo de material: PRB 03-2% VIDRIO

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.4 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-2% VIDRIO



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Malcaquima Reyes
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS Y HORMIGÓN

FLORES ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
CIP 89834

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019

Fecha ensayo: 23/09/2019

Tipo de material: PRB 03-4%VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica

Lado: 300.0 mm

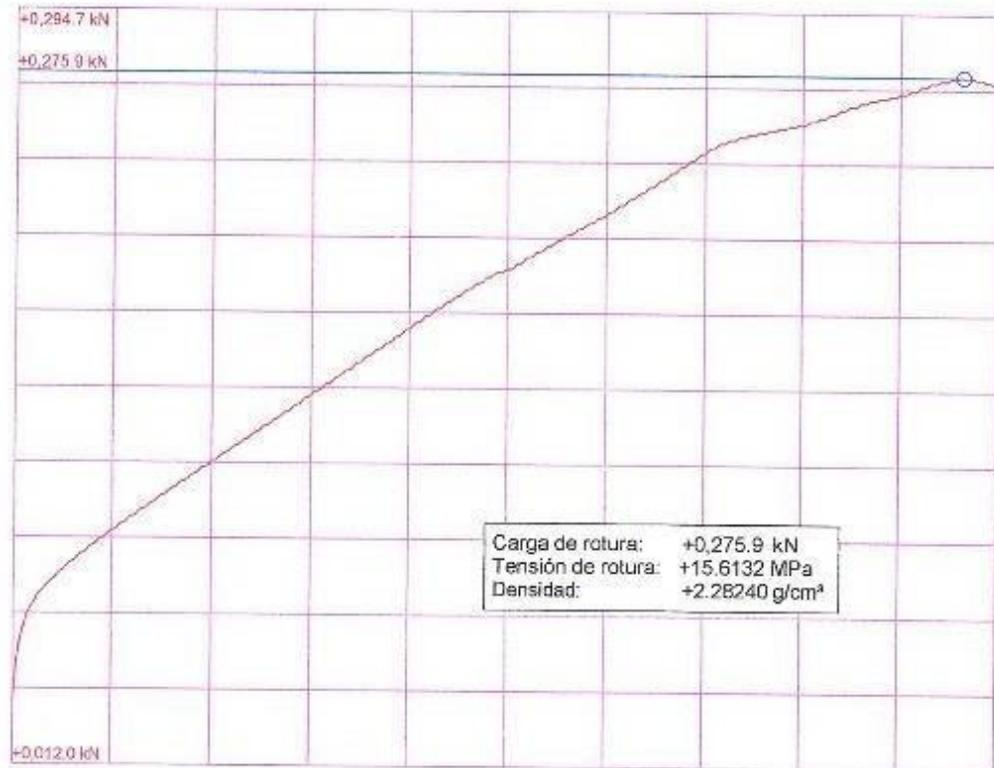
Diámetro: 150.0 mm

Peso: 12.1 kg

Precarga: +0,014.7 kN

Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-4%VIRUT



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
Ing. Christian Maldonado Reyes
PROFESOR ASISTENTE DE
FÍSICA, QUÍMICA Y MECÁNICA

CARLOS G. FLORES ESPINOZA
INGENIERO CIVIL
- CIP 61438

Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100,000 mm

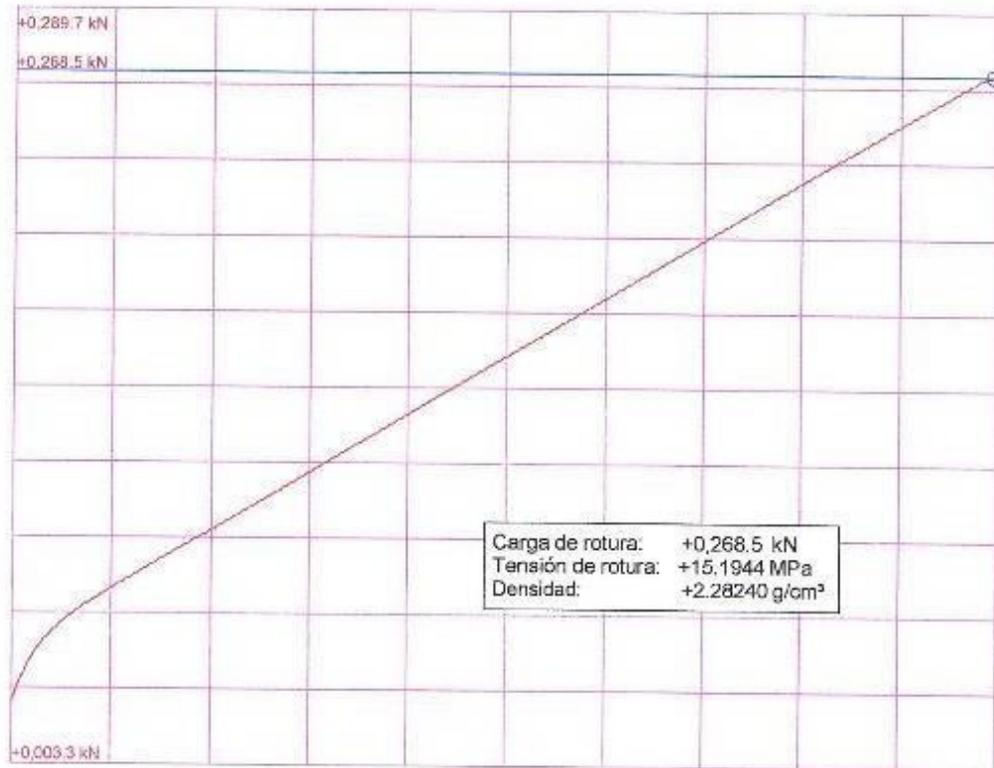
Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 23/09/2019
Tipo de material: PRB 03-6%VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 12.1 kg
Precarga: +0,014,7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-6%VIRUT



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019

Fecha ensayo: 23/09/2019

Tipo de material: PRB 03-8% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica

Lado: 300.0 mm

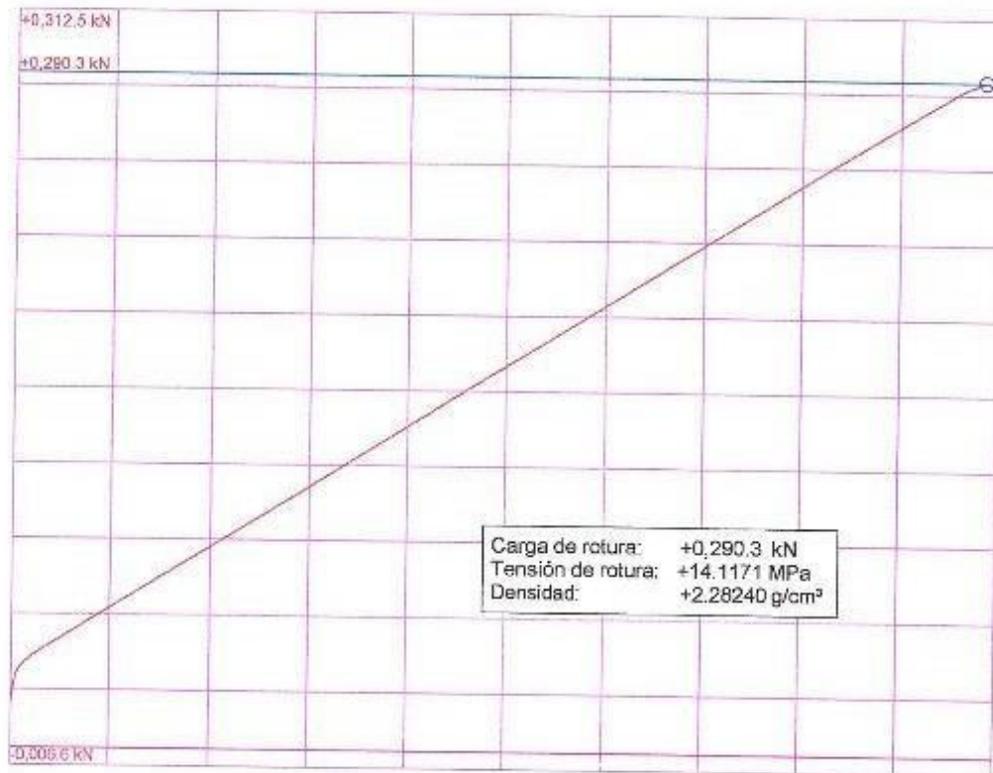
Diámetro: 150.0 mm

Peso: 12.5 kg

Precarga: +0.014.7 kN

Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-8% VIRUT



Informe de Ensayo de compresión en
Hormigón
Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 1,471.0 kN Posición: 100.000 mm

Referencias:

Fecha fabricación: 26/08/2019
Fecha ensayo: 23/08/2019
Tipo de material: PRB 03-10% VIRUT

Parámetros:

Tipo de probeta: Cilíndrica
Lado: 300.0 mm
Diámetro: 150.0 mm
Peso: 11.9 kg
Precarga: +0,014.7 kN
Velocidad precarga: +00.500 mm/s

Nombre de archivo: PRB 03-10% VIRUT

