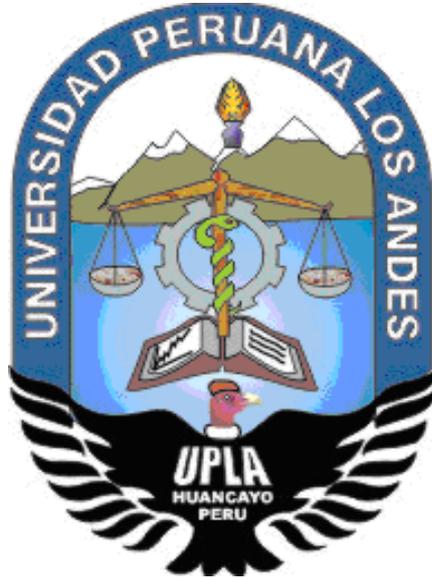


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**EFFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO
AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE
LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL
CONCRETO**

PRESENTADO POR:

Bach. ESPINOZA CHAMORRO, Gisella Milagros

Bach. TRINIDAD RAMOS, Danny Jhonny

Línea de Investigación Institucional: Transporte y Urbanismo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO (A) CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2021

CONTRATAPA

ING. RANDO PORRAS OLARTE
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios y a mis hermosos hijos Joseph y Brassia con todo mi amor.

Gisella Milagros

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos quienes me han enseñado a luchar en la vida y por estar siempre a mi lado y al mejor regalo que me dio la vida, mi hijo Rodrigo, por ser mi motivo para culminar esta investigación en esta coyuntura que vive el país y el mundo.

Danny Jhonny

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE

ING. JAVIER AMADOR NAVARRO VELIZ
JURADO

ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
JURADO

ING. ERNESTO GARCIA POMA
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO GENERAL

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	4
ÍNDICE.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS	12
ACRONIMOS Y ABREVIATURAS	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I.....	18
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. Planteamiento del Problema.....	18
1.2. Formulación y Sistematización del Problema.....	18
1.2.1. Problema General	18
1.2.2. Problemas Específicos	19
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Práctica o Social.....	19
1.3.2. Metodológica	20
1.4. Delimitaciones	20
1.4.1. Espacial.....	20
1.4.2. Temporal	22
1.4.3. Económica.....	22
1.5. Limitaciones.....	22
1.5.1. De información	22

1.5.2. Técnicas	22
1.5.3. Económicas	23
1.6. Objetivos	23
1.6.1. Objetivo General.....	23
1.6.2. Objetivos Específicos	23
CAPITULO II	25
MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes.....	25
2.1.1. Internacionales	25
2.1.2. Nacionales.....	27
2.2. Marco Conceptual.....	31
2.2.1. La Escoria	31
2.2.2. El Concreto.....	32
2.2.3. Normatividad	38
2.3. Definición de Términos	41
2.4. Hipótesis.....	43
2.4.1. Hipótesis General.....	43
2.4.2. Hipótesis Específicos	43
2.5. Variables	44
2.5.1. Definición Conceptual de la Variable.....	44
2.5.2. Definición Operacional de la Variable.....	44
2.5.3. Operacionalización de las Variables.....	45
CAPÍTULO III	46
METODOLOGÍA	46
3.1. Método de Investigación	46

3.2.	Tipo de Investigación.....	46
3.3.	Nivel de Investigación.....	46
3.4.	Diseño de Investigación.....	47
3.5.	Población y Muestra	49
3.5.1.	Población.....	49
3.5.2.	Muestra	49
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos.....	50
3.6.1.	Técnicas	50
3.6.2.	Instrumentos.....	50
3.7.	Recopilación de la Información	51
3.8.	Técnicas y Análisis de Datos	51
3.9.	Procesamiento de la Información.....	52
3.9.3.	Propiedades del Concreto.....	59
	CAPÍTULO IV.....	64
	RESULTADOS.....	64
4.2.	Presentación de Resultados	64
	CAPÍTULO V.....	84
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	84
5.1.	Discusión de Resultado General:.....	84
5.2.	Discusión de Resultados Específicos	84
	CONCLUSIONES	88
	RECOMENDACIONES	89
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
	ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Composición Química de la Escoria.....	32
Tabla 2 – Variables de Investigación.	44
Tabla 3 – Operacionalización de la Variable.....	45
Tabla 4 – Esquema del Diseño Experimental con Posprueba Únicamente y Grupo de Control de la Tesis.	48
Tabla 5 – Resultado de Ensayo de Peso Específico y Absorción de los Agregados.....	53
Tabla 6 – Resultado de Ensayo de Peso Unitario Suelto, Compactado y Absorción de los Agregados.	54
Tabla 7 – Resultado de Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados.	54
Tabla 8 – Resultado de Ensayo de Granulometría de los Agregados.....	55
Tabla 9 – Cantidad de Materiales por Metro Cúbico del Diseño de Mezcla $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	57
Tabla 10 – Cantidad de Materiales Para Cada Probeta Según el Diseño de Mezcla $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$	57
Tabla 11 – Dosificación de los Agregados (probeta cilíndrica)	58
Tabla 12 – Dosificación de los agregados (probeta rectangular)	58
Tabla 13 – Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco.	59
Tabla 14 – Clasificación del Concreto Según su Densidad (Peso unitario).	60
Tabla 15 – Temperatura Mínima y máxima del Concreto para Vaciado en Clima Frío y normal.....	61
Tabla 16 – Valores de Resistencia de Acuerdo al Tipo de Estructura.	62
Tabla 17 – Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco.	64
Tabla 18 – Resultado del Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco.....	65
Tabla 19 – Resultado del Comportamiento de la Exudación del Concreto Fresco.....	66
Tabla 20 – Clasificación del Concreto Según su Densidad (Peso Unitario).....	68
Tabla 21 – Resultados del Comportamiento de la Densidad (Peso Unitario) del Concreto Fresco.....	68

Tabla 22 – Temperatura Mínima y Máxima del Concreto Para Vaciado en Clima Frío y Normal.	70
Tabla 23 – Resultado del Comportamiento de la Temperatura del Concreto Fresco.	71
Tabla 24 – Valores de Resistencias de Acuerdo al Tipo de Estructura.....	73
Tabla 25 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 03 Días.....	74
Tabla 26 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 07 Días.....	75
Tabla 27 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 14 Días.....	76
Tabla 28 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 28 Días.....	77
Tabla 29 – Resultado del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 03 Días.....	79
Tabla 30 – Resultado del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 07 Días.....	80
Tabla 31 – Resultado del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 14 Días.....	81
Tabla 32 – Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 28 Días.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Macro y Micro Localización.....	21
Figura 2 - Esquema de Experimento y Variables.	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comportamiento de la Trabajabilidad en el Concreto Fresco.....	70
Gráfico 2 – Comportamiento de la Exudación en el Concreto Fresco.....	72
Gráfico 3 – Comportamiento de la Densidad en el Concreto Fresco.	72
Gráfico 4 – Comportamiento de la Temperatura en el Concreto Fresco.....	69
Gráfico 5 – Comportamiento de la Resistencia a la Compresión en el Concreto Endurecido.....	78
Gráfico 6 – Comportamiento de la Resistencia a la Flexión en el Concreto Endurecido.....	80

ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

ASTM	: American Society of Testing Materials.
NTP	: Norma Técnica Peruana.
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones.
CaO	: Oxido de Calcio.
SiO ₂	: Dióxido de Silicio.
Al ₂ O ₃	: Alúmina.
MgO	: Oxido de Magnesio.
Fe	: Hierro.
S	: Azufre.
Pb	: Plomo.
As	: Arsénico.
Bi	: Bismuto.
Zn	: Zinc.
Cu	: Cobre.
Sb	: Estaño.
Sn	: Antimonio.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general ¿Qué efectos produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido?, el objetivo general fue: Determinar los efectos que produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido y la hipótesis general que se contrastó fue: La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino mejora el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue la aplicada, de nivel descriptivo explicativo y de diseño experimental. La población estuvo conformada por 88 probetas de concreto en estado fresco y endurecido, no se utilizó la técnica de muestreo, sino la técnica del censo.

La principal conclusión de esta investigación fue, la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino hasta un 70% mejora el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido.

Palabras claves: Escoria de fundición, Agregado fino, Propiedades físicas y mecánicas del concreto.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What effects does foundry slag produce in replacement of fine aggregate in the behavior of the physical and mechanical properties of concrete for the fresh and hardened state? The general objective was: To determine the effects produced by the foundry slag replacing fine aggregate in the behavior of the physical and mechanical properties of concrete for the fresh and hardened state and the general hypothesis that was contrasted was: The foundry slag replacing fine aggregate improves the behavior of physical properties and concrete mechanics for the fresh and hardened state.

The general method of research was scientific, the type of research was applied, descriptive-explanatory and experimental design. The population consisted of 88 specimens of concrete in a fresh and hardened state, the sampling technique was not used, but the census technique.

The main conclusion of this research was that foundry slag replacing fine aggregate up to 70% improves the behavior of the physical and mechanical properties of concrete for the fresh and hardened state.

Keywords: Foundry slag, Fine aggregate, Physical and mechanical properties of concrete.

INTRODUCCIÓN

Las escorias de fundición son aquellos residuos o subproductos que se producen en los procesos de fundición metalúrgicos y están compuestas mayormente por fusiones homogéneas compuestas por óxidos libres o ligados. La escoria en estado sólido tiene la apariencia de fragmentos grandes de metal o partículas metálicas cubiertas.

El concreto es considerado como un material compuesto, esto debido a que tiene como componentes en su elaboración la grava (agregado grueso), arena (agregado fino), Cemento Portland y agua. El concreto presenta dos estados definidos (estado fresco y estado endurecido). El estado fresco se da con la apariencia del concreto como una “masa”, por lo que es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas, este estado se conserva durante la colocación y la compactación del concreto, entre las propiedades del concreto en estado fresco tenemos a la trabajabilidad, exudación, densidad, temperatura, contenido de aire, fluidez y la cohesividad. El estado endurecido del concreto se presenta después de que el fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece, entre las propiedades del concreto en estado endurecido se tiene a la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, densidad, durabilidad e impermeabilidad.

Para el desarrollo de esta investigación se planteó como objetivo general Determinar los efectos que produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido, en ese sentido, se realizó una serie de ensayos, entre ellos tenemos los siguientes ensayos: Trabajabilidad (Cono de Abrams), Exudación, Densidad, Temperatura, Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión.

Esta investigación está estructurado en 5 capítulos, que se detalla a continuación:

Capítulo I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, aquí se desarrolla el planteamiento, formulación y sistematización del problema, problema general y

específicos, la justificación: práctica o social y metodológica, las delimitaciones: espacial, temporal y económica, las limitaciones y los objetivos: general y específicos

Capítulo II: MARCO TEORICO, en este se trata de los antecedentes: internacionales y nacionales, el marco conceptual, las hipótesis: general y específicos y las variables

Capítulo III: METODOLOGIA, en este se describe el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recopilación de datos, recopilación de información, técnicas y análisis de datos y procesamiento de la información.

Capítulo IV: RESULTADOS, aquí se detallan los resultados obtenidos sobre los efectos de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido

Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS: en este se presenta la Discusión de los resultados obtenidos sobre los efectos de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. ESPINOZA CHAMORRO, Gisella Milagros

Bach. TRINIDAD RAMOS, Danny Jhonny

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La escoria de fundición es un material fundido que en los complejos metalúrgicos se producen en enormes cantidades, y esta situación no es ajena en la Región Junín.

Uno de los problemas que se presentan con la escoria de fundición es su almacenaje, ya que estos residuos requieren cada vez más espacio, generando efectos negativos en el medio ambiente (suelo, aire y agua), razón por la cual la utilización de la escoria reduciría dichos efectos.

Siendo la presencia de la escoria de fundición un problema, es razón que se buscan entonces alternativas para su reutilización o disposición final, por lo que resultaría interesante el uso de la escoria de fundición en la elaboración de concreto.

Por lo tanto, con esta investigación se pretende conocer que efectos produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

1.2. Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. Problema General

¿Qué efectos produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo influye el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la trabajabilidad para el concreto en estado fresco?
- b) ¿De qué manera influye el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la exudación para el concreto en estado fresco?
- c) ¿Cómo afecta el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la densidad del concreto en estado fresco?
- d) ¿Cómo influye el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la temperatura para el concreto en estado fresco?
- e) ¿Cómo incide el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido?
- f) ¿Cómo incide el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la resistencia a la flexión para el concreto en estado endurecido?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o Social

La investigación planteada ayudara a ampliar el conocimiento del uso de la escoria de fundición en el comportamiento de las propiedades del concreto, beneficiando a la población, especialmente a profesionales dedicados al rubro de la construcción, quienes podrán recomendar su uso a las instituciones públicas y privadas para las diferentes obras de construcción de acuerdo con las necesidades de la población.

1.3.2. Metodológica

La presente investigación contribuirá a identificar los efectos del uso de la escoria de fundición en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido (trabajabilidad, exudación, densidad, temperatura, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión), estos resultados servirán de base en posteriores investigaciones para validar y aprobar su uso tomando en consideración la proporción de la escoria de fundición como elemento en el diseño de la mezcla para la elaboración del concreto y reglamentarlo en la Normativa

Este estudio tiene por finalidad obtener nuevos conocimientos científicos y tecnológicos, porque tiene como propósito transformar los conocimientos existentes o modelos en objetos útiles a la sociedad buscando que las soluciones generen efectividad o productividad.

La metodología utilizada en este trabajo debe servir como pautas para realizar estudios similares en escenarios distintos dado que se trata con suma claridad sus influencias en comportamientos específicos del concreto en estado fresco y endurecido.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La presente investigación se realizó en la ciudad de Huancayo.

Región: Junín

Provincia: Huancayo

Distrito: El Tambo

Altitud: 3262 msnm

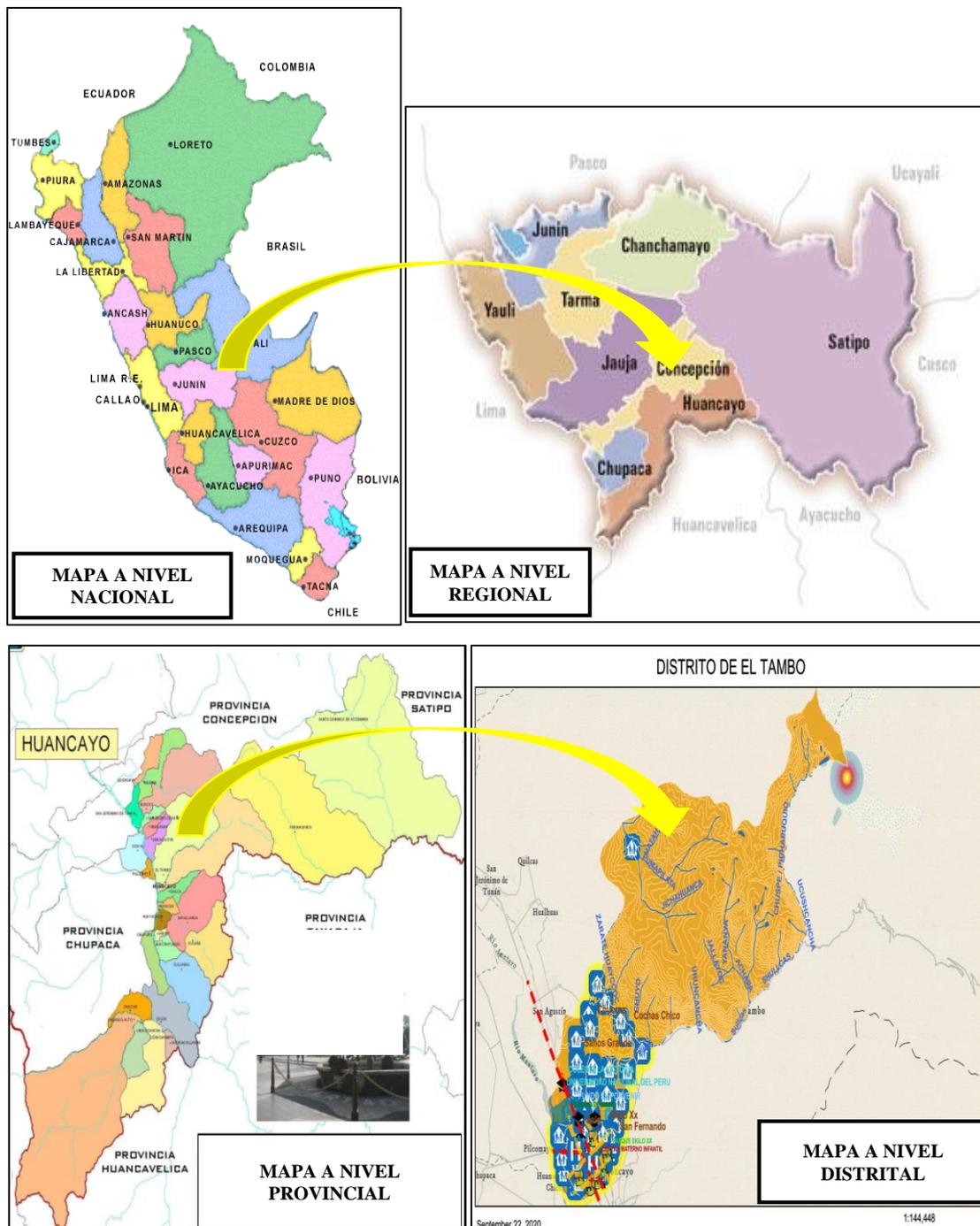
Latitud: -12.0553

Longitud: -75.2206

Superficie: 16 700 Hectáreas

Clima: La temperatura mínima en invierno es de 1C° y la temperatura máxima en verano es de 20C°.

Figura 1 – Macro y Micro Localización



Fuente: Elaboración propia

1.4.2. Temporal

Esta investigación fue desarrollada en el periodo comprendido del 01 de Julio del 2019 al 01 Diciembre del 2019, por lo que la investigación tuvo una duración de 06 meses, durante este tiempo se realizaron los ensayos de los materiales, elaboración de probetas de concreto y sus respectivos ensayos.

1.4.3. Económica

Esta investigación fue financiada con recursos propios, los mismos que se utilizaron para realizar los ensayos necesarios, obteniendo resultados confiables con respecto a la temática de la investigación respecto a las propiedades físicas y mecánicas del concreto, en base a la Norma Técnica Peruana.

1.5. Limitaciones

1.5.1. De información

La empresa DOE RUN nos facilitó la información respecto a la escoria de fundición y los elementos que la componen, asimismo nos facilitaron el material para realizar los ensayos respectivos y determinar cómo afecta el uso de ésta en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

1.5.2. Técnicas

Esta investigación se limita a estudiar el comportamiento del uso de la escoria de fundición en diferentes proporciones como agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas en estado fresco, tales como la trabajabilidad, la exudación, la densidad, la temperatura y el comportamiento en las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido, siendo éstas la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión. Nos enfocamos a aplicar la técnica de ensayos de materiales, diseño

de mezcla y ensayos del concreto en estado fresco y endurecido según las Normas Técnicas Peruanas (NTP); las Normativas Internacionales como: La Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras (AASHTO), La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y el Instituto Americano del Concreto (ACI).

1.5.3. Económicas

Se requirió de recursos económicos durante la elaboración de la investigación para realizar la adquisición de materiales (agua, cemento, agregado grueso y agregado fino) para el diseño de mezcla, así como para realizar los ensayos respectivos en el laboratorio de suelos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Analizar los efectos que produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la influencia del uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la trabajabilidad para el concreto en estado fresco.
- b) Establecer la influencia del uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la exudación para el concreto en estado fresco.
- c) Describir cómo afecta el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la densidad del concreto en estado fresco.

- d) Explicar la influencia del uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la temperatura para el concreto en estado fresco.
- e) Mostrar como incide el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido.
- f) Identificar como incide el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la resistencia a la flexión para el concreto en estado endurecido.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

(Berridi Aguirre, 2008), presento su trabajo de investigación sobre el análisis de la influencia de residuos metalúrgicos como áridos en las propiedades del hormigón, por Iokin Berridi Aguirre (2008).

El trabajo de investigación consistió en describir las acciones realizadas para analizar la influencia del uso de los residuos metalúrgicos como áridos en las propiedades del hormigón, para el cumplimiento de los objetivos el investigador ha trabajado con cuatro materiales de origen metalúrgico diferentes; arenas de fundición verde, arena de fundición con bentonita, escorias de alto horno y escorias de horno eléctrico. Los hormigones preparados han sido ensayados en la resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 días.

El investigador concluye que las propiedades de los residuos metalúrgicos son aceptables para usarlos como áridos en la preparación de hormigón, determino que los hormigones fabricados con arena de fundición química tienen mejores propiedades que los fabricados con la arena de fundición verde, los hormigones fabricados con escorias de alto horno y horno eléctrico resisten de forma similar en la resistencia a la compresión.

(Cendoya, 2009), presento su trabajo de investigación sobre efecto en la resistencia de las escorias de fundición de cobre como

agregado fino en el comportamiento resistente del hormigón, por Patricio Cendoya (2009), para la revista Chilena de Ingeniería.

La investigación se enmarcó en el estudio de la influencia que tiene la adición de la escoria de fundición de cobre en el comportamiento mecánico a flexotracción y compresión en hormigones. Los resultados obtenidos en la investigación indican que la docilidad de la mezcla se incrementa debido a la textura lisa de las escorias, puesto que se produce un aumento de la densidad del hormigón endurecido y las resistencias tanto a flexotracción como compresión se incrementan en función del contenido de escorias de fundición de cobre utilizado en la mezcla.

(Lauber, 2009), sustentó su tesis sobre la influencia de la calidad de los residuos metalúrgicos granulares utilizados como áridos en las propiedades del hormigón, por Mathieu Lauber (2009), para la Universidad Politécnica de Catalunya.

El trabajo de investigación indicado describe los procedimientos para analizar la influencia del uso de los residuos metalúrgicos como áridos en la durabilidad del hormigón, para ello se trabajó con escorias de alto horno, escorias de horno eléctrico, arenas de fundición química y arenas de fundición verde.

Los hormigones que se prepararon fueron ensayados su resistencia a la compresión a los 28 días de edad.

Como conclusión se destaca que las propiedades de los residuos metalúrgicos son aceptables para usarlos como áridos en la elaboración del hormigón, puesto que los hormigones preparados con escorias tienen las resistencias a la compresión más elevadas.

(Laica Fernández, 2018), sustentó su tesis sobre el análisis de la resistencia a compresión del hormigón al reemplazar parcialmente el agregado fino por escoria siderúrgica de horno eléctrico, por Darío Javier Laica Fernández (2018), para la Carrera de Ingeniería

Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.

El trabajo de investigación tiene como objetivo analizar los resultados obtenidos mediante ensayos de resistencia a la compresión en probetas de 100mm de diámetro por 200mm de altura en reemplazo parciales del 0%, 10%, 20% y 30% del agregado fino por escoria siderúrgica para las edades de 14, 28 y 60 días, para determinar cómo influye en la resistencia a compresión.

En la investigación se concluye que la utilización de la escoria en reemplazo parcial de la arena presenta cambios en la resistencia a la compresión del hormigón.

(Oyarzun Kneer, 2013), sustentó su tesis sobre la influencia de las escorias de cobre en la fabricación de hormigón, por Iván Alejandro Oyarzun Kneer (2013), para la Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Austral de Chile.

El investigador indica que las escorias de cobre utilizado como árido en la preparación de hormigones favorece en los resultados de la resistencia a la compresión, siendo los resultados más favorables al reemplazar no más del 50% los áridos tradicionales. El aumento de la resistencia a la compresión, también va asociado a un aumento en la densidad del producto final elaborado, lo que puede ser favorable o no dependiendo del uso que se quiera dar al hormigón.

2.1.2. Nacionales

(Alberto Mijail , 2018), sustento su tesis sobre el concreto estructural liviano con escoria y ceniza volcánicas del distrito de Yura, por Alberto Mijail Tupa Ortiz (2018), para la Escuela

Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Agustín.

Con el trabajo de investigación se busco determinar si es factible el empleo de la escoria y ceniza volcánica del distrito de Yura como agregados en la elaboración de concreto estructural liviano, para ello el investigador analizo las propiedades físicas y químicas de la escoria y ceniza volcánicas y finalmente analizo las propiedades físicas y mecánicas del concreto elaborado con escoria y ceniza volcánicas del distrito de Yura.

El investigador concluye que la escoria y ceniza volcánica son aptas física y químicamente para la elaboración de concreto estructural liviano y que es posible obtener resistencias estructurales normales y altas a partir del uso de escoria y ceniza volcánico en concreto.

(Choque Hinojosa, 2012), sustento su tesis sobre la viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote, por Rubén Pario Choque Hinojosa (2012), para la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Lircay de la Facultad de Ingeniería de Minas – Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica.

En la investigación se realizó la evaluación de la escoria producida en la planta de Siderúrgica de Chimbote (SiderPeru) para ser usado como agregado en la conformación de base y sub base, y mezcla asfáltica.

De los resultados obtenidos el investigador concluye que la escoria de acería eléctrica puede ser empleada como agregado en la conformación de bases y sub bases de pavimentos, siempre y cuando esta sea estable volumétricamente, proporcionando beneficios técnicos, ambientales y económicos comparados con el agregado granular natural.

(Melgarejo Illescas, 2019), sustento su tesis sobre la influencia de la escoria al producir concreto permeable en pavimentos urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha – 2019, por Alberto Clenin Melgarejo Illescas (2019), para la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Con el trabajo de investigación se busca determinar la influencia de la adición de escoria metálica en el concreto permeable el cual será aplicado para pavimentos urbanos en la ciudad de Cerro de Pasco, sometiendo dicho concreto a ensayos en su estado fresco y endurecido, para ello se preparó probetas de concreto donde se adicione diferentes porcentajes de escoria (5%, 15% y 20%) con respecto a la dosificación del cemento.

El investigador logro determinar la mejor resistencia a la comprensión del concreto al establecer el diseño de mezclas óptimo, que la relación entre la resistencia a la comprensión y la permeabilidad del concreto son inversamente proporcional y que la relación entre la resistencia a la comprensión y la trabajabilidad del concreto es indirectamente proporcional.

(Lopez Larrea & Pinedo Bustamante, 2015), sustento su tesis sobre el mejoramiento de las características físico mecánicas de adoquines de cemento para pavimentación, adicionando escoria de horno eléctrico en su proceso de fabricación - Nuevo Chimbote - 2015, por Marvin Jairo López Larrea y Marco Antonio Pinedo Bustamante (2015), para la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniera de la Universidad Nacional del Santa.

En el trabajo de investigación se realizó el diseño y elaboración de adoquines de cemento adicionando escoria de horno eléctrico con el objetivo de mejorar las características físicas mecánicas del

concreto y poder ser utilizados en diversas obras de pavimentación.

En la investigación se concluye que la adición de escoria de horno eléctrico en la fabricación de adoquines de cemento mejora notablemente las características físico mecánicas de los adoquines de cemento, puesto que tras la evaluación de la resistencia a la compresión de los adoquines patrón y los adicionados con la escoria de horno eléctrico se demuestra que estos últimos aumentan su resistencia a la compresión en un 31.25% respecto a la resistencia de diseño.

(Rolando , 2016), sustento su tesis sobre la valoración económica de la escoria de horno eléctrico de siderperu como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción, por Rolando Zelada Muñoz (2016), para la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo.

El investigador para establecer la viabilidad técnica de la escoria de horno eléctrico como agregado tuvo que recopilar las propiedades físicas y químicas proporcionadas por la empresa SIDERPERU, así como los resultados obtenidos por una empresa concretera local sobre los ensayos de resistencia a la compresión de concretos fabricados con dos tipo de granulometría de la escoria de horno eléctrico de SIDERPERU.

En la investigación de concluye que los concretos fabricados con escoria de horno eléctrico de SIDERPERU presentan elevadas resistencia a la compresión, tal es así que obtuvieron valores de 121.6 y 145.6% de índice de resistencia activa a los 7 y 28 días de curado respectivamente, en concretos reemplazando el 75% de la arena y el 100% del agregado grueso por la escoria de horno eléctrico.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. La Escoria

a) Definición:

(Rezola Izaguirre, 1976), define a la escoria como el producto granulado que se obtiene por el enfriamiento brusco de la ganga, el cual fuese modificado durante el proceso resultante del tratamiento de los minerales de hierro en los altos hornos.

(Boza Regueira, 2011), define a la escoria como el material secundario que se obtiene en los procesos de elaboración de los metales, y que está compuesto por: silicato de magnesio, calcio y magnesio.

(Calleja Carrete, 1982), define a la escoria como el mineral que resulta de la mezcla de los componentes no metálicos de los distintos minerales, y que es usado como fundente y/o agente reductor.

b) Utilidad:

(Calleja Carrete, 1982), señala que la escoria es el material al que se le adiciona al Clinker para la fabricación del cemento portland, esto debido a su alto índice de capacidad hidráulica potencial, ya que en el proceso de elaboración tiene la capacidad de endurecimiento por sí misma y más aún si se le agrega activadores.

c) Composición Química de la Escoria:

(Calleja Carrete, 1982), da a conocer la composición química de la escoria, el cual está conformada por una diversidad de óxidos de naturaleza básica y acida tales como:

Tabla 1 – Composición Química de la Escoria.

Escoria	
Componente	Porcentaje
CaO	6.60%
SiO ₂	33.10%
Al ₂ O ₃	1.80%
MgO	5.00%
Fe	45.60%
S	0.60%
Pb	1.20%
As	0.40%
Bi	0.02%
Zn	3.70%
Cu	0.70%
Sb	0.60%
Sn	3.60%

Fuente: Calleja, J. (1982). Escorias y Cementos Siderúrgicos. Materiales de Construcción.

d) Características:

(Aranguren Campos, 2015), refiere que la escoria granulada presenta una superficie rugosa que es de forma cubica y angular, presentando propiedades mecánicas como la resistencia a la abrasión, dureza y resistencia, así mismo la escoria presenta una capacidad calorífica con el cual puede retener calor durante mucho tiempo.

2.2.2. El Concreto

a) Definición:

(Abanto Castillo, 2017), define al concreto como una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

(Rivva López, 2000), indica que el concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante

denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado.

(Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004), señalan que el concreto es una mezcla de dos componentes: agregados (arena y grava) y pasta (cemento portland y agua).

b) Propiedades:

(Rivva López, 2000), indica que las propiedades del concreto están íntimamente asociadas con las características y proporciones relativas de los materiales integrantes; que la calidad, cantidad y densidad de la pasta es determinante en las propiedades del concreto; y que la relación agua-cemento lo es sobre las características de la pasta.

c) Propiedades en Estado Fresco:

(Rivva López, 2000), señala como propiedades del concreto en estado fresco a: la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, fraguado, calor de hidratación, densidad, y temperatura.

- **Trabajabilidad:**

(Abanto Castillo, 2017), señala que es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones, no existe ningún ensayo que permita cuantificar esta propiedad por lo que generalmente se le relaciona con el ensayo de consistencia.

(Pasquel Carbajal, 1998), señala que la trabajabilidad está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto.

- **Consistencia:**

(Abanto Castillo, 2017), señala que viene a ser el grado de humedecimiento de la mezcla, por lo que está directamente relacionado con la cantidad de agua usada.

- **Fluidez:**

(Pasquel Carbajal, 1998), indica que es una medida de la consistencia de la pasta de cemento que se expresa en términos del aumento del diámetro de un espécimen moldeado por un medio cono, después de sacudir un número específico de veces.

- **Cohesividad:**

(Pasquel Carbajal, 1998), define a la cohesividad como aquella propiedad por la cual es posible controlar la posibilidad de la segregación que se pueda dar durante la etapa de manejo de la mezcla.

- **Contenido de Aire:**

(Pasquel Carbajal, 1998), indica que está dado por la determinación del contenido de aire en una mezcla de concreto, el cual está en función de las proporciones en que se combinaron los ingredientes y del método de compactación.

- **Segregación:**

(Abanto Castillo, 2017), señala que la segregación consiste en la descomposición del concreto en sus partes que lo constituyen o lo que se puede conceptualizar como la separación del agregado grueso del mortero.

(Pasquel Carbajal, 1998), señala que consiste en las diferencias de densidades entre los componentes del concreto, lo que provoca que las partículas más pesadas desciendan.

- **Exudación:**

(Abanto Castillo, 2017), define como el proceso de ascenso de una porción de agua de la mezcla hacia la parte superior, este proceso se da a causa de la sedimentación de los sólidos.

(Pasquel Carbajal, 1998), señala que es una propiedad en la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y asciende hacia la superficie del concreto.

- **Fraguado:**

(Pasquel Carbajal, 1998), indica que el fraguado se caracteriza por los tiempos de fraguado, también conocidos como inicio de fraguado y fin de fraguado. El inicio de fraguado es el momento en que la pasta, que es una suspensión viscoelástica-plástica con una pequeña resistencia al corte, pasa a ser un sólido viscoelástico-plástico con una mayor resistencia al corte; es decir, es el momento en que la mezcla deja de ser trabajable y El fin de fraguado corresponde al momento en que comienza el endurecimiento.

- **Temperatura:**

(Pasquel Carbajal, 1998), indica que es el calor que se genera por la reacción entre el cemento y el agua.

- **Peso Unitario:**

(Pasquel Carbajal, 1998), considera al peso unitario del concreto como una propiedad de suma importancia para el

control de la calidad del concreto recién mezclado, ya que un peso unitario bajo puede indicar; cambio en la dosificación de los ingredientes, un mayor contenido de aire, mayor contenido de agua, y si el peso unitario es mayor se indicaría lo contrario.

d) Propiedades en Estado Endurecido:

(Rivva López, 2000), señala como propiedades del concreto en estado endurecido a: las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas y apariencia.

- **Resistencia Mecánica:**

(Rivva López, 2000), señala que es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

- **Durabilidad:**

(Abanto Castillo, 2017), señala que el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, la acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el tiempo de servicio.

- **Elasticidad:**

(Rivva López, 2000), señala que es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

- **Cambios de Volumen:**

(Sanchez de Guzmán , 1994), señala que es la exposición del concreto húmedo a ciclos de congelamiento y deshielo, considera que es una prueba severa para el material, especialmente cuando se mantiene en estado de saturación completa.

- **Impermeabilidad:**

(Abanto Castillo, 2017), señala que esta propiedad puede mejorarse si se reduce la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto.

- **Resistencia al Desgaste:**

(Sanchez de Guzmán , 1994), lo considera como la habilidad de la superficie del concreto para resistir el desgaste producido por fricción, frotamiento, raspaduras o percusiones.

- **Extensibilidad:**

(Enrique Pasquel, 1998), señala respecto a la extensibilidad que es una propiedad del concreto endurecido la cual hace que el concreto en estado endurecido tienda a deformarse, pero sin que ocurra agrietamiento, también considera como factores principales a que ocurra este fenómeno a la elasticidad y al flujo plástico que son producto de a la deformación del concreto. A su vez menciona que una característica del flujo plástico es que es parcialmente recuperable y está relacionado a la contracción.

e) Componentes:

- **Cemento:**

(Sanchez de Guzmán , 1994), indica que el cemento tiene propiedades tanto adhesivas como cohesivas, que le proporcionan la capacidad de aglutinar a los agregados para así formar el concreto.

- **Agua:**

(Sanchez de Guzmán , 1994), indica que a la razón de que el cemento se hidrúlico puesto que tienen la propiedad de fraguar y endurecen con la presencia del agua, por lo que experimentan una reacción química con ella, de tal manera que el agua como componente dentro del concreto es el elemento que realiza la función de hidratación de las partículas del cemento y por ende desarrollen sus propiedades aglutinantes.

- **Agregados:**

(Sanchez de Guzmán , 1994), indica que como agregados se pueden considerarse a todos aquellos materiales que posean una resistencia propia suficiente y que no interfieran y/o afecten el proceso de endurecimiento del cemento hidrúlico, lo que significa que estos agregados sean inertes y garanticen la adherencia con la pasta de cemento endurecido.

2.2.3. Normatividad

Las bases normativas que regulan la preparación y el control de calidad del concreto a nivel nacional son:

- ✓ **ACI 211 “Diseño de Mezcla de Concreto por el Método de Diseño de Peso Normal”**. El método de diseño consiste en

determinar las cantidades relativas de cada material que se dosifican en la mezcla para obtener un concreto con las prestaciones adecuadas según diseño.

- ✓ **NTP 339.035 / ASTM C 143 “Método de Ensayo Para la Medición del Asentamiento del Concreto de Cemento Portland”:** Este método consiste en que una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto.
- ✓ **NTP 339.077 “Método de Ensayo Normalizado Para la Exudación del Concreto”:** La presente Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la cantidad relativa de agua de mezclado que puede ser exudada de una muestra de concreto fresco.
- ✓ **NTP 339.046 / ASTM C138 “Método de Ensayo Para Determinar la Densidad (Peso Unitario) del Concreto”:** Este ensayo cubre la determinación de la densidad del concreto fresco y permite determinar, por medio de fórmulas, el rendimiento, contenido de cemento y el contenido de aire en el concreto.
- ✓ **NTP 339.184 / ASTM C 1064 “Método de Ensayo Normalizado Para Determinar la Temperatura de Mezclas de Concreto”:** Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la temperatura de mezclas de concreto en estado fresco.
- ✓ **NTP 339.183 “Práctica Normalizada Para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio”:**

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio bajo un control riguroso de los materiales y las condiciones de ensayo, con concretos que pueden ser consolidados por varillado o vibrado tal como se describe en esta Norma Técnica Peruana.

- ✓ **NTP 339.034 / ASTM C 39 “Método de Ensayo Normalizado Para la Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto, en Muestras Cilíndricas”**: Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto. El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.
- ✓ **NTP 339.045 / ASTM C “Método de Ensayo Para la Preparación y Curado en Laboratorio de Probetas Para Ensayo a Flexión”**. Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio bajo un control riguroso de los materiales y las condiciones de ensayo, con concretos que pueden ser consolidados por varillado o vibrado tal como se describe en esta Norma Técnica Peruana.
- ✓ **NTP 339.079 / ASTM C 293 “Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas en el Centro del Tramo”**. Esta Norma Técnica Peruana establece la

determinación de la resistencia a la flexión en probetas rectangulares.

2.3. Definición de Términos

Cemento: Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire, RNE (2016).

Cemento Portland: Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio, RNE (2016).

Concreto: Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos, RNE (2016)

Concreto Estructural: Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo al concreto simple y al concreto reforzado, RNE (2016).

Concreto Armado o Reforzado: Concreto estructural reforzado con no menos de la cantidad mínima de acero, preesforzado o no, RNE (2016).

Concreto Simple: Concreto estructural sin armadura de refuerzo o con menos refuerzo que el mínimo especificado para concreto reforzado, RNE (2016).

Concreto Ciclópeo: Es el concreto simple en cuya masa se incorporan piedras grandes, RNE (2016).

Concreto Premezclado: Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra, RNE (2016).

Concreto Preesforzado: Concreto estructural al que se le han introducido esfuerzos internos con el fin de reducir los esfuerzos potenciales de tracción en el concreto causados por las cargas, RNE (2016).

Componentes de la Escoria: Las escorias son producto de un amplio abanico de procedimientos metalúrgicos de Zinc, plomo, cobre, plata, oro, bismuto, cadmio, indio, telurio, antimonio y selenio. (Calleja Carrete, 1982)

Escorias Metalúrgicas: Escoria de fundición es el nombre aplicado al material fundido formado por las reacciones químicas entre la materia prima, los materiales añadidos al horno y las impurezas oxidadas durante el refinado del metal. Los diversos tipos de escorias tienen funciones metalúrgicas semejantes pero varían extensamente en sus propiedades físicas y químicas. (Calleja Carrete, 1982).

Agregado: Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de fundición de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico, RNE (2016).

Agregado Fino: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca, que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8"), RNE (2016).

Agregado Grueso: Agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas, RNE (2016).

Arena: Agregado fino, proveniente de la desintegración natural de las rocas, RNE (2016).

Grava: Agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de los materiales pétreos. Se encuentra comúnmente en canteras y lechos de ríos, depositado en forma natural, RNE (2016).

Piedra Triturada o Chancada: Agregado grueso, obtenido por trituración artificial de rocas o gravas, RNE (2016).

Resistencia a la Compresión del Concreto: Resistencia a la compresión del concreto empleado en el diseño y evaluada de acuerdo con las consideraciones y expresada en MPa, RNE (2016).

Resistencia a la Flexión del Concreto: Es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada, RNE (2016).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino mejora el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido.

2.4.2. Hipótesis Específicos

a) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino modifica el comportamiento de la trabajabilidad para el concreto en estado fresco.

b) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino disminuye la exudación para el concreto en estado fresco.

c) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino aumenta la densidad del concreto en estado fresco.

d) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino incrementa la temperatura para el concreto en estado fresco.

e) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino mejora la resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido.

f) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino incrementa la resistencia a la flexión para el concreto en estado endurecido.

2.5. Variables

2.5.1. Definición Conceptual de la Variable

Una variable constituye cualquier característica, cualidad o propiedad de un fenómeno o hecho que tiende a variar y que es susceptible de ser medido y evaluado.

Variable Independiente (X1): Escoria de fundición.

Concepto: Residuos que se obtienen en los procesos metalúrgicos, se puede afirmar que es un material que contiene sustancias inútiles de un mineral, que se encuentran presentes en cualquier proceso metalúrgico que involucre fundiciones.

Variable Independiente (X2): Agregado Fino

Concepto: Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca, que pasa el tamiz 9.5 mm (3/8”), RNE (2016).

Variable Dependiente (Y): Propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Concepto: Son cualidades que se pueden identificar por simple observación y/o mediciones simples, y que son inherentes a cualquier mezcla en menor o mayor grado, en función del cuidado que se tenga con ella.

2.5.2. Definición Operacional de la Variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

Tabla 2 – Variables de Investigación.

Variable Independientes (X1 y X2)	Variable Dependiente (Y)
X1: La Escoria de fundición X2: Agregado Fino	Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto

Fuente: Elaboración propia.

Existe una relación fundamental entre las variables independientes: Escoria de fundición y agregado fino y la variable dependiente Propiedades físicas y mecánicas del concreto, por lo tanto, se establece la relación $Y=f(X1, X2)$, como se muestra continuación:

$$Y = f(X1, X2)$$

$$PF \text{ y } PM = f(EF, AF)$$

Donde:

PF y PM = propiedades físicas y mecánicas del Concreto

EF = Escoria de Fundición

AF = Agregado Fino

2.5.3. Operacionalización de las Variables

Tabla 3 – Operacionalización de la Variable.

Variable	Dimensión	Indicadores
Variable Dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del concreto.	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto Fresco • Concreto Endurecido 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajabilidad • Exudación • Densidad en Estado fresco • Temperatura • Resistencia a la Compresión • Resistencia a la flexión del concreto
Variabes Independientes:		
Escoria de fundición	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de Escoria 	<ul style="list-style-type: none"> • 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90, 100%
Agregado Fino	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de Agregado Fino 	<ul style="list-style-type: none"> • 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90, 100%

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

En el presente trabajo de investigación se utilizó el método **CIENTÍFICO**, debido a que es una investigación que tiene por finalidad obtener nuevos conocimientos científicos y tecnológicos (Quispe Ancasi & Camayo Huamanculi, 2020). Partimos de que la escoria de fundición es un problema, por esta razón que se buscan alternativas para su reutilización o disposición final, en ese sentido se utilizara la escoria en reemplazo del agregado fino para la obtención del concreto y así explicar los efectos en las propiedades físicas y mecánicas.

3.2. Tipo de Investigación

Esta investigación fue **APLICADA**, dirigida a un conocimiento más completo a través de la comprensión de los aspectos fundamentales de los fenómenos, de los hechos observables o de las relaciones que establecen los entes (Quispe Ancasi & Camayo Huamanculi, 2020). El propósito de la investigación busca determinar los efectos del uso de la escoria en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

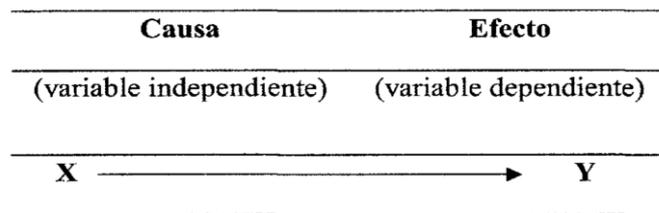
3.3. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación fue **DESCRIPTIVO - EXPLICATIVO**, dado que en primera instancia se hizo la descripción de las variables involucradas en este trabajo, y luego se buscó establecer una relación causal entre las variables independientes, con la variable dependiente a fin de establecer el resultado completo del fenómeno en estudio

3.4. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación fue el **EXPERIMENTAL** porque se pudo controlar las variables en estudio, es decir un antes sin la adición de la escoria de fundición, durante la intervención reemplazamos parte del agregado fino con escoria de fundición y el resultado se observa en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

Figura 2 – Esquema de Experimento y Variables.



Fuente: (Morlotte & Celiseo, 2020).

Como variable independiente X1 se consideró a la escoria de fundición por ser la variable que se manipuló en reemplazo del agregado fino de acuerdo a la dosificación y como variable independiente X2 se consideró al agregado fino.

Como variable dependiente Y se considera a las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

El diseño de investigación elegido en la tesis, fue el diseño experimental con posprueba únicamente y grupo de control, este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (probeta patron). Es decir, la manipulación de las variables independientes alcanza solo dos niveles: presencia y ausencia. Cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se le administra una medición sobre la variable dependiente de estudio (Morlotte & Celiseo, 2020).

En la ejecución de este diseño se siguió los siguientes pasos:

- a) Determinación de los grupos de trabajo, de los cuales solo el considerado como grupo experimental recibió las variables independientes con diferentes dosificaciones.

b) En ambos grupos, luego se midió la variable dependiente seleccionada, para poder hacer las comparaciones necesarias y extraer conclusiones.

Tabla 4 – Esquema del Diseño Experimental con Posprueba Únicamente y Grupo de Control de la Tesis.

GRUPO EXPERIMENTAL / CONTROL	VARIABLE INDEPENDIENTE	POSPRUEBA
GE Probetas de concreto con escoria y agregado fino .	X ₁ Dosificación de la escoria.	O ₁ • Trabajabilidad • Exudación • Densidad Estado fresco • Temperatura • Resistencia a la Compresión. • Resistencia a la Flexión del Concreto
	X ₂ Dosificación del Agregado Fino	
GC Probetas de concreto sin escoria.	-	O ₂ • Trabajabilidad • Exudación • Densidad en Estado fresco • Temperatura • Resistencia a la Compresión. • Resistencia a la Flexión

Fuente: Elaboración Propia.

En este diseño, la única diferencia entre los grupos debe ser la presencia- ausencia de la variable independiente X₁. Inicialmente son equivalentes y para asegurarse de que durante el experimento continúen siéndolo (salvo por la presencia o ausencia de dicha manipulación) el experimentador debe observar que no ocurra algo que solo afecte a un grupo.

El diseño de esta investigación fue tratada de la siguiente manera:

- a) En cuanto al grupo de control sin tratamiento, se tuvieron a las probetas de concreto con diseños de mezclas convencionales sin la adición de la escoria.
- b) El control experimental con tratamiento fueron hechas con las variables independientes en diferentes dosificaciones; esta consistió en adicionar un porcentaje (%) de escoria de fundición al diseño de mezcla y retirar el agregado fino en el mismo porcentaje(%).
- c) El grupo experimental, lo conformaron las mezclas resultantes de adicionar la escoria en reemplazo del Agregado fino en el mismo porcentaje (%), es decir las probetas de concreto con escoria.
- d) La posprueba mostro la medición de la variable dependiente, el cual se comparo con los resultados obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos usados en estado fresco y endurecido.

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

La población estuvo conformada por 88 probetas (8 probetas patrón y 80 probetas con la adición de escoria de fundición de 10%, 20%, 30%, 40% 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 100% en reemplazo del agregado fino), de las cuales se realizaron 44 probetas cilíndricas de 6" x 12" y 44 probetas rectangulares de de 35x13x10 cm.

3.5.2. Muestra

En esta investigación se utilizó el método de muestreo censal, donde la muestra es toda la población por ser la población pequeña

se utilizó el censo, para el efecto se hizo el análisis de las 88 probetas que conformaron la población.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

3.6.1. Técnicas

La recolección de datos consistió en la búsqueda de información a través de libros, revistas de investigación, manuales, normativas nacionales (NTP), normativas internacionales (AASHTO, ASTM y ACI) y reglamentos (RNE) sobre el concreto y la escoria, así como también la orientación profesional, con el objeto de conocer los parámetros y fundamentos teóricos a seguir en el estudio planteado.

Para esta investigación se procedió a realizar los ensayos en probetas cilíndricas de concreto de 6"x12" (NTP 339.034) y probetas rectangulares de 35x13x10 cm (NTP 339.079), con la adición de escoria de fundición como agregado fino para determinar las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido (trabajabilidad, exudación, densidad, temperatura, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión).

3.6.2. Instrumentos

Ficha de Observación: A partir de la ficha de observación se mostraron los procedimientos de operaciones matemáticas para el diseño de mezcla para las probetas cilíndricas y rectangulares ya que esta ficha contenía la dosificación de los elementos del concreto; asimismo se recopilaron los datos de observación y medición de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido (trabajabilidad, exudación, densidad, temperatura, resistencia a la compresión, y resistencia a la flexión).

Máquina de ensayo: maquina con capacidad para realizar la rotura de las probetas cilíndricas y rectangulares.

Mezcladora: mezcladora eléctrica de 1 hp.

Probetas cilíndricas: con medidas de 6" x 12"

Probetas rectangulares: con medidas de 35 x13 x 10 cm

Termómetro: termómetro digital para concreto fresco.

Cono de Abrams y accesorios: instrumento metálico que se utiliza para el ensayo que se realiza al concreto en estado fresco.

Balanza: balanza digital

3.7. Recopilación de la Información

Se utilizaron formatos que fueron elaborados en gabinete, los cuales sirvieron para presentar en forma ordenada el análisis de las variables y el resultado de los ensayos realizados al concreto en estado fresco y estado endurecido, obteniendo cuadros, esquemas, cálculos, figuras, entre otros.

3.8. Técnicas y Análisis de Datos

Se tomó en cuenta las siguientes Normativas:

- ACI 211 "Diseño de Mezcla de Concreto por el Método de Diseño de Peso Normal".
- NTP 339.035 / ASTM C 143 "Método de Ensayo Para la Medición del Asentamiento del Concreto de Cemento Portland"
- NTP 339.077 "Método de Ensayo Normalizado Para la Exudación del Concreto".
- NTP 339.046 / ASTM C138 "Método de Ensayo Para Determinar la Densidad (Peso Unitario) del Concreto"
- NTP 339.184 / ASTM C 1064 "Método de Ensayo Normalizado Para Determinar la Temperatura de Mezclas de Concreto"
- NTP 339.183 "Práctica Normalizada Para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio"

- NTP 339.034 / ASTM C 39 “Método de Ensayo Normalizado Para la Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto, en Muestras Cilíndricas”
- NTP 339.045 / ASTM C “Método de Ensayo Para la Preparación y Curado en Laboratorio de Probetas Para Ensayo a Flexión”
- NTP 339.079 / ASTM C 293 “Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas en el Centro del Tramo”

Una vez obtenidos los datos experimentales, se procedió al procesamiento de estos con la finalidad de determinar los efectos de la escoria en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido, para lo cual se usó el procesador de textos Microsoft Word y el Excel.

3.9. Procesamiento de la Información

A continuación presentamos los ensayos y cálculos realizados en la presente investigación como: ensayos a los agregados, diseño de mezcla, ensayos al concreto en estado fresco y ensayos al concreto en estado endurecido.

3.9.1. Ensayos a los Agregados

a) Peso Específico y Absorción:

Según la (NTP.400.021, 2002 y ASTM C127), (NTP 400.022 y ASTM C128), el peso específico de masa es la característica que se utiliza para el cálculo de volumen ocupado por el agregado en las mezclas de concreto, son proporcionadas o analizadas sobre la base del volumen absoluto. Los valores de absorción son usados para calcular el cambio de masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios porosos dentro de las partículas, comparados a la condición seca, cuando se estima que el agregado ha estado en contacto con el agua por el tiempo suficiente para satisfacer el potencial de absorción.

Los resultados del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino (arena gruesa) y del agregado grueso (piedra chancada), se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5 – Resultado de Ensayo de Peso Específico y Absorción de los Agregados.

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO (Arena Gruesa)	AGREGADO GRUESO (Piedra Chancada)	ESCORIA
Peso Específico de Masa	2.66 gr/cm ³	2.61 gr/cm ³	3.51 gr/cm ³
Peso Específico de Masa S.S.S	2.69 gr/cm ³	2.65 gr/cm ³	3.58 gr/cm ³
Peso Específico Aparente	2.74 gr/cm ³	2.72 gr/cm ³	3.63 gr/cm ³
Porcentaje de Absorción	1.15 %	1.63	1.95%

Fuente: HR Ingenieros Consultec S.A.C.

b) Peso Unitario Suelto y Compactado:

La norma NTP 400.017 indica los pasos a seguir para determinar el peso unitario en condición suelto o compactado del agregado fino (arena gruesa) y del agregado grueso (piedra chancada). El peso unitario nos permite determinar la cantidad de vacíos en el agregado, las proporciones del agregado y las conversiones de volumen a peso y viceversa.

Los resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino (arena gruesa) y del agregado grueso (piedra chancada), se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6 – Resultado de Ensayo de Peso Unitario Suelto, Compactado y Absorción de los Agregados.

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO (Arena Gruesa)	AGREGADO GRUESO (Piedra Chancada)	ESCORIA
Peso Unitario Suelto	1.604 kg/m ³	1.330 kg/m ³	3.335 kg/m ³
Peso Unitario Compactado	1.844 kg/m ³	1.484 kg/m ³	3.448 kg/m ³

Fuente: HR Ingenieros Consultec S.A.C.

c) Contenido de Humedad:

El contenido de humedad de acuerdo a la N.T.P. 339.185 (2013), viene a ser la cantidad de agua que posee el material en estado natural, a su vez la norma indica la metodología para determinar el porcentaje total de humedad en una muestra del agregado fino (arena gruesa) y del agregado grueso (piedra chancada) por medio del secado de dicha muestra. Es importante determinar el contenido de humedad, debido a que este parámetro afecta a la relación agua/cemento de la mezcla, factor que es determinante en la resistencia a la compresión del concreto.

Los resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino (arena gruesa) y del agregado grueso (piedra chancada), se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7 – Resultado de Ensayo de Contenido de Humedad de los Agregados.

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO (Arena Gruesa)	AGREGADO GRUESO (Piedra Chancada)	ESCORIA
Contenido de Humedad	0.43 %	0.84 %	0.14%

Fuente: HR Ingenieros Consultec S.A.C.

d) Análisis Granulométrico:

La norma N.T.P. 400.012, establece el procedimiento para realizar la distribución por tamaño de las partículas del agregado fino (arena gruesa y escoria) y del agregado grueso (piedra chancada) por medio del tamizado. Con el ensayo de granulometría se determina los valores del módulo de finura y tamaño máximo nominal, el cual adquiere importancia en el diseño y control de mezclas de concreto; la distribución del tamaño de las partículas se determina mediante los husos granulométricos los cuales representan los rangos dentro de los cuales debe encontrarse determinada gradación para así obtener la distribución de partículas más adecuadas para el diseño de mezcla de concreto y que en teoría producen las mezclas más densas y mejor graduadas.

Los resultados del ensayo granulometría del agregado fino (arena gruesa y escoria) y del agregado grueso (piedra chancada), se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8 – Resultado de Ensayo de Granulometría de los Agregados.

DESCRIPCIÓN		AG. FINO (Arena Gruesa)	ESCORIA	AG. GRUESO (Piedra Chancada)
Módulo de Finura		4.156	2.88	
Tamaño Máximo Nominal				3/4"
Tamaño Máximo				3/4"
MALLA	% RETENIDO (ARENA GRUESA)	% RETENIDO (ESCORIA)	MALLA	% RETENIDO (PIEDRA C.)
3/8"	6.2	0	2"	0
N°4	15.4	0.66	1 1/2"	0
N°8	25.4	1.68	1"	0
N°16	16.9	17.9	3/4"	50.1
N°30	19.3	58.54	1/2"	48.2
N°50	11.4	11.85	3/8"	0.8
N°100	4.6	5.16	N°4	0.2
FONDO	0.9	1.73	FONDO	0.7

Fuente: HR Ingenieros Consultec S.A.C.

3.9.2. Diseño de Mezcla

a) Diseño de Mezcla Convencional (Comité ACI 211)

Una vez determinado los ensayos de los agregados (arena gruesa, piedra chancada y escoria), se procedió a realizar el diseño de mezcla mediante el método del Comité ACI 211 para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (probeta patrón)

Procedimiento:

- Selección de la resistencia promedio.
- Selección del TMN del agregado grueso.
- Selección del asentamiento
- Selección del contenido de aire atrapado
- Selección del contenido de agua
- Selección de la relación A/C, por resistencia a compresión
- Calculo del factor cemento
- Determinación del contenido del agregado grueso
- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso.
- Determinación del volumen absoluto del agregado fino.
- Determinación del peso seco del agregado fino.
- Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.
- Corrección de los valores de diseño por humedad del agregado.
- Determinación de las proporciones en peso, de diseño y de obra.
- Determinación de los pesos por tanda de un saco.

A continuación, se presentan los resultados del diseño de mezcla realizado.

Tabla 9 – Cantidad de Materiales por Metro Cúbico del Diseño de Mezcla $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$.

MATERIAL	F'C = 210 Kg/cm²
Cemento	354.7 kg
Agua	218 lts
Agregado Fino	1031.5 kg
Agregado Grueso	724.3 kg

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido la cantidad de materiales para el diseño de mezcla para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se transformó las cantidades para 0.0053 m^3 , volumen que requieren las probetas cilíndricas y de 0.0046 m^3 , volumen que requieren las probetas rectangulares, en ese sentido, la cantidad de materiales para dichas probetas se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 10 – Cantidad de Materiales Para Cada Probeta Según el Diseño de Mezcla $f'c= 210 \text{ Kg/cm}^2$

MATERIAL	Diseño de mezcla para probeta cilíndrica	Diseño de mezcla para probeta rectangular
Cemento	1.88 kg	1.61 kg
Agua	1.16 lts	0.99 lts
Agregado Fino	5.47 kg	4.69 kg
Agregado Grueso	3.84 kg	3.30 kg

Fuente: Elaboración Propia

b) Diseño de Mezcla con Adición de Escoria de Fundición.

Para la presente investigación se consideró como variables independientes a la Escoria y el agregado fino, a continuación, se muestra la dosificación de los materiales en peso (cemento, agua, agregado grueso, agregado fino y escoria) necesarios para la elaboración de probetas.

Tabla 11 – Dosificación de los Agregados (probeta cilíndrica)

TESTIGO	DOSIFICACIÓN					
	Cemento Kg	Agua Lt	Agregado Fino Kg	Agregado Grueso Kg	Escoria Kg	% Adición de escoria
01	1.88	1.16	5.47	3.84	0.00	0%
02	1.88	1.16	4.92	3.84	0.55	10%
03	1.88	1.16	4.38	3.84	1.09	20%
04	1.88	1.16	3.83	3.84	1.64	30%
05	1.88	1.16	3.28	3.84	2.19	40%
06	1.88	1.16	2.74	3.84	2.74	50%
07	1.88	1.16	2.19	3.84	3.28	60%
08	1.88	1.16	1.64	3.84	3.83	70%
09	1.88	1.16	1.09	3.84	4.38	80%
10	1.88	1.16	0.55	3.84	4.92	90%
11	1.88	1.16	0.00	3.84	5.47	100%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12 – Dosificación de los agregados (probeta rectangular)

TESTIGO	DOSIFICACION					
	Cemento Kg	Agua Lt	Agregado Fino Kg	Agregado Grueso Kg	Escoria Kg	% Adición de escoria
01	1.61	0.99	4.69	3.30	0.00	0%
02	1.61	0.99	4.22	3.30	0.47	10%
03	1.61	0.99	3.75	3.30	0.94	20%
04	1.61	0.99	3.28	3.30	1.41	30%
05	1.61	0.99	2.81	3.30	1.88	40%
06	1.61	0.99	2.35	3.30	2.35	50%
07	1.61	0.99	1.88	3.30	2.81	60%
08	1.61	0.99	1.41	3.30	3.28	70%
09	1.61	0.99	0.94	3.30	3.75	80%
10	1.61	0.99	0.47	3.30	4.22	90%
11	1.61	0.99	0.00	3.30	4.69	100%

Fuente: Elaboración Propia

3.9.3. Propiedades del Concreto

- a) **Trabajabilidad: “Método de Ensayo para la Medición del Asentamiento del Concreto de Cemento Portland” (NTP 339.035).**

Este método es utilizado para determinar la medición de trabajabilidad del concreto, conocido también como Asentamiento “Slump”.

Tabla 13 – Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco.

CONSISTENCIA	SLUMP (Pulg)	TRABAJABILIDAD
Seca	0” – 2”	Poco Trabajable
Plástica	3” – 4”	Trabajable
Fluida	> 5”	Muy Trabajable

Fuente: (Abanto Castillo, 2017)

- b) **Exudación: “Método de Ensayo Normalizado para la Exudación del Concreto” (NTP 339.077).**

El objetivo de este ensayo es calcular la cantidad de agua de mezclado que puede ser exudada,

Para el cálculo de la exudación se utilizó las siguientes formulas:

$$\text{Exudación} \left(\frac{\text{ml}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Volumen Total de Agua Exudada}}{\text{Área Expuesta del Concreto}}$$

$$\text{Area Expuesta del Concreto (m}^2\text{)} = L * A$$

c) Densidad: “Método de Ensayo Para Determinar la Densidad (Peso Unitario) del Concreto en Estado Fresco” (NTP 339.046).

El objetivo de este ensayo de laboratorio es determinar la masa por unidad de volumen del concreto en estado fresco.

Para el cálculo del peso unitario se utilizó las siguientes formulas:

$$P. U. \left(\frac{Kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Peso de (Molde + Concreto)} - \text{Peso de Molde}}{\text{Volumen de Molde}}$$

$$\text{Volumen de Molde (m}^3\text{)} = \pi * R^2 * h$$

Tabla 14 – Clasificación del Concreto Según su Densidad (Peso unitario).

Tipo de concreto	Peso Unitario (Kg/m3)
Concretos Livianos	400 - 1700
Concretos Normales	2300 - 2500
Concretos Pesados	2800 - 6000

Fuente: (Abanto Castillo, 2017)

d) Temperatura: “Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Temperatura de Mezclas del Concreto” (NTP 339.184).

El objetivo de este ensayo de laboratorio es de medir la temperatura del concreto en estado fresco.

Se presenta la siguiente tabla elaborado según la normativa peruana NTP.

Tabla 15 – Temperatura Mínima y máxima del Concreto para Vaciado en Clima Frío y normal.

Tamaño de la Sección mm (Pulg)	Temperatura Mínima °C
<300 (<12)	13
300 - 900 (12 - 36)	10
900 - 1800 (36 - 72)	7
>1800 (>72)	5

La Máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no excederá de 32°C en ningún instante durante su producción o transporte.

Fuente: Ntp-339.144 Concreto Premezclado.

e) Resistencia a la Compresión del Concreto: “Método de Ensayo Normalizado Para la Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto, en Muestras Cilíndricas” (NTP 339.034).

Este ensayo de laboratorio se realiza para determinar la resistencia del concreto en estado endurecido.

La resistencia a la compresión de la probeta se calcula con la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P_{\text{máx}}}{A}$$

Dónde:

$f'c$: Es la resistencia de rotura a la compresión. (Kg/cm²)

$P_{\text{máx}}$: La carga máxima de rotura (Kg)

A : Área de la probeta cilíndrica (cm²).

Tabla 16 – Valores de Resistencia de Acuerdo al Tipo de Estructura.

Estructura	Resistencia F'c (Kg/cm2)
<ul style="list-style-type: none"> - Rellenos, pavimentos, andenes. - Tanques, piscinas. - Piso, plantas industriales, almacenes y bodegas. - Canchas de tenis, gimnasios - Recubrimientos inferiores en losas de concreto. - Elementos prefabricados como: paneles, tuberías, placas, etc. - Concreto lanzado 	10, 100 - 500
<ul style="list-style-type: none"> - Cimentaciones. - Columnas. - Placas macizas y aligeradas. - Muros de contención. - Prefabricados, entre otros. 	175 - 350
<ul style="list-style-type: none"> - En todas las estructuras donde se requieran condiciones particulares de durabilidad. - Ideal para construcciones industriales. 	400 - 1000

Fuente: Unicón (2019).

f) Resistencia a la Flexión: “Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas en el Centro del Tramo” (NTP 339.079).

El objetivo de este ensayo de laboratorio es determinar el módulo de rotura del concreto endurecido (viga).

Para el cálculo del peso unitario se utilizó las siguientes formulas:

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

Mr: es el módulo de rotura, en MPa.

P: Carga máxima de rotura (brinda la maquina) (N).

L: Longitud del tramo (mm).

b: Es el ancho promedio en el sector de falla (mm).

h: Altura promedio en el sector e falla (mm).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.2. Presentación de Resultados

A) Comportamiento de la Trabajabilidad Para el Concreto en Estado Fresco

En la actualidad no existe método directo para efectuar la medición de la trabajabilidad, muchos autores lo relacionan con el ensayo de revenimiento o asentamiento.

(Abanto Castillo, 2017), nos muestra la siguiente tabla para determinar la trabajabilidad del concreto en relación directa con el ensayo de revenimiento o asentamiento “Slump”:

Tabla 17 – Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco.

CONSISTENCIA	SLUMP (Pulg)	TRABAJABILIDAD
Seca	0” – 2”	Poco Trabajable
Plástica	3” – 4”	Trabajable
Fluida	> 5”	Muy Trabajable

Fuente: (Abanto Castillo, 2017)

Para determinar la trabajabilidad del concreto en estado fresco con y sin la adición de la escoria de fundición, se procedió de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.035 “Método de Ensayo Para la Medición del Asentamiento del Concreto de Cemento Portland”.

A continuación se presenta el resultado de la trabajabilidad realizado en la presente investigación:

Tabla 18 – Resultado del Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco.

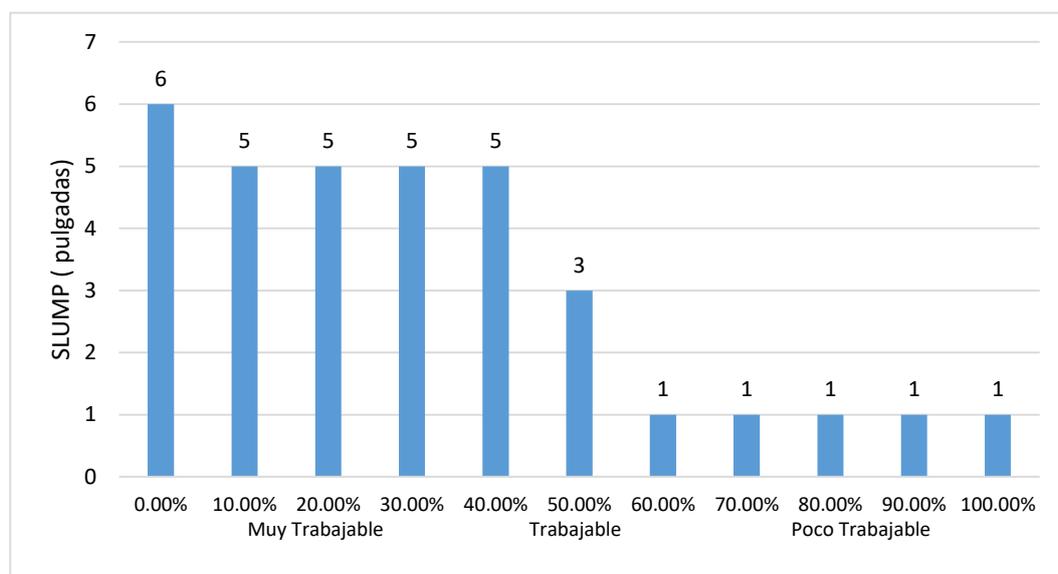
PROBETA	FECHA DE ENSAYO	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	SLUMP (Pulg)	TRABAJABILIDAD
01	06/09/2019	0.00%	6"	Muy Trabajable
02	06/09/2019	10.00%	5"	Muy Trabajable
03	06/09/2019	20.00%	5"	Muy Trabajable
04	06/09/2019	30.00%	5"	Muy Trabajable
05	06/09/2019	40.00%	5"	Muy Trabajable
06	06/09/2019	50.00%	3"	Trabajable
07	06/09/2019	60.00%	1"	Poco Trabajable
08	06/09/2019	70.00%	1"	Poco Trabajable
09	06/09/2019	80.00%	1"	Poco Trabajable
10	06/09/2019	90.00%	1"	Poco Trabajable
11	06/09/2019	100.00%	1"	Poco Trabajable

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó el cono de Abrams.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la probeta patrón (sin adición de escoria de fundición) y las probetas con adición de escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40% del peso del agregado fino presentan un concreto muy trabajable, la probeta con adición de escoria de fundición del 50% del peso del agregado fino presenta un concreto trabajable y las probetas con adición de escoria de fundición del 60%, 70%, 80%, 90% y 100% del peso del agregado fino presenta un concreto poco trabajable.

Gráfico 1 – Comportamiento de la Trabajabilidad en el Concreto Fresco



B) Comportamiento de la Exudación Para el Concreto en Estado Fresco

Para determinar la exudación del concreto en estado de fresco con y sin la adición de la escoria de fundición, se procedió de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.077 “Método de Ensayo Normalizado Para Exudación del Concreto”.

Tabla 19 – Resultado del Comportamiento de la Exudación del Concreto Fresco.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	AREA EXPUESTA DEL MOLDE (cm ²)	VOLUMEN EXTRAIDO ml		EXUDACIÓN ml/cm ²
				30 min	40 min	
01	09/09/2019	0.00%	455	4.00	1.50	0.0121
02	09/09/2019	10.00%	455	1.00	0.40	0.0031
03	09/09/2019	20.00%	455	2.10	0.20	0.0051
04	09/09/2019	30.00%	455	0.40	0.50	0.0020
05	09/09/2019	40.00%	455	0.90	0.20	0.0024
06	09/09/2019	50.00%	455	1.40	0.60	0.0044
07	09/09/2019	60.00%	455	1.80	1.00	0.0062

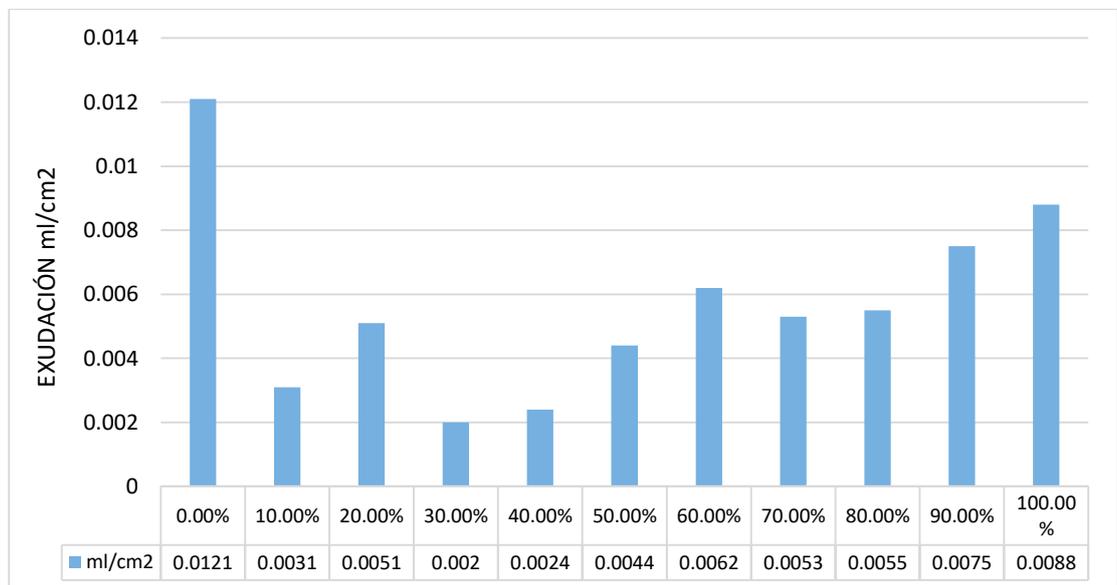
08	09/09/2019	70.00%	455	1.60	0.80	0.0053
09	09/09/2019	80.00%	455	1.50	1.00	0.0055
10	09/09/2019	90.00%	455	2.00	1.40	0.0075
11	09/09/2019	100.00%	455	1.40	2.60	0.0088

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes rectangulares (35x13x10 cm).

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la exudación para la probeta patrón (sin la adición de la escoria de fundición) es mayor a las demás probetas (con adición de escoria de fundición) cuyo valor de exudación es de 0.0121 ml/cm², así mismo se observa que dentro de las probetas con adición de la escoria de fundición; la probeta con adición de escoria de fundición del 30% del peso del agregado fino presenta el menor valor de exudación de 0.0020 ml/cm², y la muestra con adición de escoria de fundición del 100% del peso del agregado fino presenta el mayor valor de exudación en cuanto a las probetas con adición de escoria de fundición se refiere de 0.0088 ml/cm².

Gráfico 2 – Comportamiento de la Exudación en el Concreto Fresco.



C) Comportamiento de la Densidad (Peso Unitario) Para el Concreto en Estado Fresco.

Para determinar la densidad (peso unitario) del concreto en estado fresco con y sin la adición de la escoria de fundición, se procedió de acuerdo con lo indicado en la NTP 339.046 “Método de Ensayo Para Determinar la Densidad (Peso Unitario) del Concreto”.

(Abanto Castillo, 2017), nos muestra la siguiente tabla donde denomina los tipos de concreto según los pesos unitarios.

Tabla 20 – Clasificación del Concreto Según su Densidad (Peso Unitario).

Tipo de concreto	Peso Unitario (Kg/m ³)
Concretos Livianos	400 - 1700
Concretos Normales	2300 - 2500
Concretos Pesados	2800 - 6000

Fuente: (Abanto Castillo, 2017)

A continuación se presenta los resultados de los ensayos de densidad (peso unitario).

Tabla 21 – Resultados del Comportamiento de la Densidad (Peso Unitario) del Concreto Fresco.

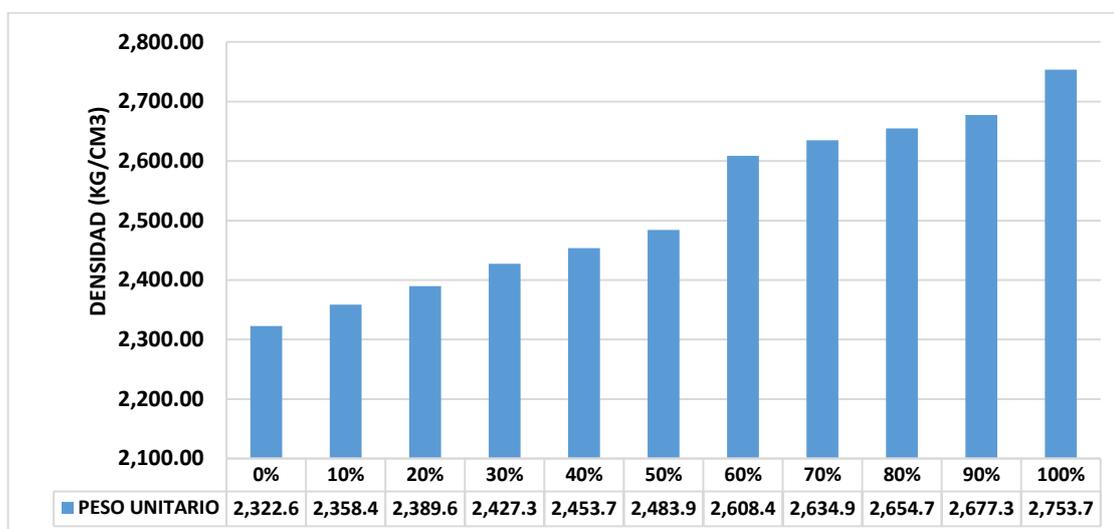
PROBETA	FECHA DE ENSAYO	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	PESO DEL MOLDE (Kg)	PESO DEL MOLDE + CONCRETO (Kg)	VOLUMEN DEL MOLDE (m ³)	PESO UNITARIO (Kg/m ³)
01	06/09/2019	0.00%	2.865	15.175	0.0053	2,322.64
02	06/09/2019	10.00%	2.870	15.370	0.0053	2,358.49
03	06/09/2019	20.00%	5.250	17.915	0.0053	2,389.62
04	06/09/2019	30.00%	5.225	18.090	0.0053	2,427.36
05	06/09/2019	40.00%	5.230	18.235	0.0053	2,453.77
06	06/09/2019	50.00%	5.285	18.450	0.0053	2,483.96
07	06/09/2019	60.00%	4.615	18.440	0.0053	2,608.49
08	06/09/2019	70.00%	2.245	16.210	0.0053	2,634.91
09	06/09/2019	80.00%	2.360	16.430	0.0053	2,654.72
10	06/09/2019	90.00%	2.235	16.425	0.0053	2,677.36
11	06/09/2019	100.00%	4.645	19.240	0.0053	2,753.77

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes metálicos de 6"x12" (15x30 cm).

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que el peso unitario del concreto en estado fresco muestra un comportamiento creciente conforme se va adicionando un cierto porcentaje de escoria de fundición (Ver gráfico N°01), estos pesos unitarios calculados toman base del valor de 2,322.64 Kg/m³ (Concreto sin adición de escoria de fundición), para luego ir incrementado el valor del peso unitario, tal es así que para la adición de escoria de fundición del 10% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,358.49 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 20% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,389.62 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 30% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,427.36 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 40% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,453.77 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 50% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,483.96 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 60% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,608.49 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 70% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,634.91 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 80% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,654.72 Kg/m³, para la adición de escoria de fundición del 90% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,677.36 Kg/m³, y para la adición de escoria de fundición del 100% en peso del agregado fino se calculó el valor del peso unitario de 2,753.77 Kg/m³.

Gráfico 3 – Comportamiento de la Densidad (Peso Unitario) en el Concreto Fresco.



Fuente: Elaboración Propia.

D) Comportamiento de la Temperatura Para el Concreto en Estado Fresco

Para determinar la temperatura del concreto en estado de fresco con y sin la adición de la escoria de fundición, se procedió de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.184 “Método de Ensayo Normalizado Para Determinar la Temperatura de Mezclas de Concreto”.

Se presenta la siguiente tabla elaborado según la normativa peruana NTP

Tabla 22 – Temperatura Mínima y Máxima del Concreto Para Vaciado en Clima Frío y Normal.

Tamaño de la Sección mm (Pulg)	Temperatura Mínima °C
<300 (<12)	13
300 - 900 (12 - 36)	10
900 - 1800 (36 - 72)	7
>1800 (>72)	5

La Máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no excederá de 32°C en ningún instante durante su producción o transporte.

Fuente: Ntp-339.144 Concreto Premezclado.

A continuación se presenta los resultados de la toma de temperatura de las probetas de concreto.

Tabla 23 – Resultado del Comportamiento de la Temperatura del Concreto Fresco.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO (°C)
01	09/09/2019	0.00%	19.90
02	09/09/2019	10.00%	20.10
03	09/09/2019	20.00%	20.20
04	09/09/2019	30.00%	20.90
05	09/09/2019	40.00%	21.30
06	09/09/2019	50.00%	21.30
07	09/09/2019	60.00%	21.40
08	09/09/2019	70.00%	21.60
09	09/09/2019	80.00%	22.10
10	09/09/2019	90.00%	22.10
11	09/09/2019	100.00%	23.40

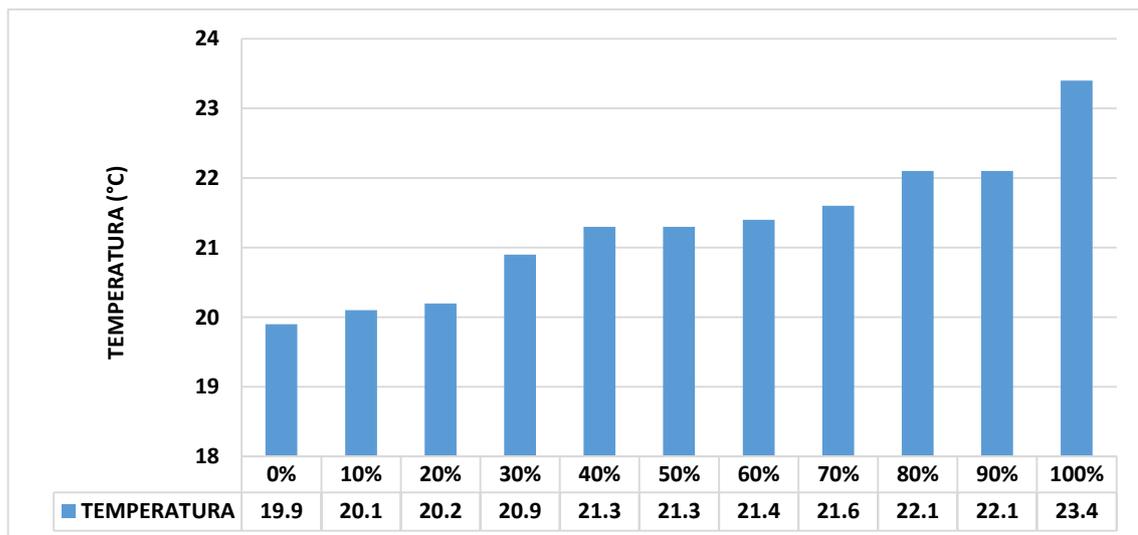
Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó termómetro de laboratorio digital.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la temperatura del concreto en estado fresco muestra un comportamiento creciente conforme se va adicionando un cierto porcentaje de escoria de fundición (Ver gráfico N°02), la temperatura toma base del valor de 19.90°C (Concreto sin adición de escoria de fundición), para luego ir incrementado el valor de la temperatura, tal es así que para la adición de escoria de fundición del 10% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 20.10°C, para la adición de escoria de fundición del 20% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 20.20°C, para la adición de escoria de fundición del 30% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 20.90°C, para la adición de escoria de fundición del 40% en peso

del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 21.30°C, para la adición de escoria de fundición del 50% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 21.30°C, para la adición de escoria de fundición del 60% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 21.40°C, para la adición de escoria de fundición del 70% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 21.60°C, para la adición de escoria de fundición del 80% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 22.10°C, para la adición de escoria de fundición del 90% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 22.10°C, y para la adición de escoria de fundición del 100% en peso del agregado fino se lectura el valor de la temperatura de 23.40°C.

Gráfico 4 – Comportamiento de la Temperatura en el Concreto Fresco.



Fuente: Elaboración Propia.

E) Comportamiento de la Resistencia a la Compresión Para el Concreto en Estado Endurecido.

Para determinar la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con y sin la adición de la escoria de fundición, se procedió de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.183 “Práctica Normalizada Para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio” y de la NTP 339.034 “Método de Ensayo Normalizado

Para la Determinación de la Resistencia a la Compresión del Concreto, en Probetas Cilíndricas”.

Tabla 24 – Valores de Resistencias de Acuerdo al Tipo de Estructura.

Estructura	Resistencia F'c (Kg/cm2)
<ul style="list-style-type: none"> - Rellenos, pavimentos, andenes. - Tanques, piscinas. - Piso, plantas industriales, almacenes y bodegas. - Canchas de tenis, gimnasios - Recubrimientos inferiores en losas de concreto. - Elementos prefabricados como: paneles, tuberías, placas, etc. - Concreto lanzado 	10, 100 - 500
<ul style="list-style-type: none"> - Cimentaciones. - Columnas. - Placas macizas y aligeradas. - Muros de contención. - Prefabricados, entre otros. 	176 - 350
<ul style="list-style-type: none"> - En todas las estructuras donde se requieran condiciones particulares de durabilidad. - Ideal para construcciones industriales. 	400 - 1000

Fuente: Unicón (2019).

A continuación se presenta los resultados de las resistencias de las probetas de concreto.

Tabla 25 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 03 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	06/09/2019	09/09/2019	3	0.00%	47
02	06/09/2019	09/09/2019	3	10.00%	38
03	06/09/2019	09/09/2019	3	20.00%	39
04	06/09/2019	09/09/2019	3	30.00%	53
05	06/09/2019	09/09/2019	3	40.00%	79
06	06/09/2019	09/09/2019	3	50.00%	86
07	06/09/2019	09/09/2019	3	60.00%	87
08	06/09/2019	09/09/2019	3	70.00%	89
09	06/09/2019	09/09/2019	3	80.00%	77
10	06/09/2019	09/09/2019	3	90.00%	74
11	06/09/2019	09/09/2019	3	100.00%	66

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes metálicos de 6"x12" y las probetas fueron roturadas a los 03 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido a los 03 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la compresión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la compresión de 47 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10% y 20% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 38 y 39 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 30%, 40%, 50%, 60% 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 53, 79, 86, 87, 89, 77, 74 y 66 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 26 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 07 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	06/09/2019	13/09/2019	7	0.00%	77
02	06/09/2019	13/09/2019	7	10.00%	62
03	06/09/2019	13/09/2019	7	20.00%	63
04	06/09/2019	13/09/2019	7	30.00%	86
05	06/09/2019	13/09/2019	7	40.00%	129
06	06/09/2019	13/09/2019	7	50.00%	140
07	06/09/2019	13/09/2019	7	60.00%	143
08	06/09/2019	13/09/2019	7	70.00%	147
09	06/09/2019	13/09/2019	7	80.00%	126
10	06/09/2019	13/09/2019	7	90.00%	121
11	06/09/2019	13/09/2019	7	100.00%	107

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes metálicos de 6"x12" y las probetas fueron roturadas a los 07 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido a los 07 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la compresión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la compresión de 77 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10% y 20% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 62 y 63 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 30%, 40%, 50%, 60% 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 86, 129, 140, 143, 147, 126, 121 y 107 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 27 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 14 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	06/09/2019	20/09/2019	14	0.00%	106
02	06/09/2019	20/09/2019	14	10.00%	85
03	06/09/2019	20/09/2019	14	20.00%	87
04	06/09/2019	20/09/2019	14	30.00%	118
05	06/09/2019	20/09/2019	14	40.00%	177
06	06/09/2019	20/09/2019	14	50.00%	192
07	06/09/2019	20/09/2019	14	60.00%	196
08	06/09/2019	20/09/2019	14	70.00%	201
09	06/09/2019	20/09/2019	14	80.00%	173
10	06/09/2019	20/09/2019	14	90.00%	166
11	06/09/2019	20/09/2019	14	100.00%	148

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes metálicos de 6"x12" y las probetas fueron roturadas a los 14 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido a los 14 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la compresión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la compresión de 106 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10% y 20% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 85 y 87 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 30%, 40%, 50%, 60% 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 118, 177, 192, 196, 201, 173, 166 y 148 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 28 – Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 28 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	06/09/2019	04/10/2019	28	0.00%	212
02	06/09/2019	04/10/2019	28	10.00%	189
03	06/09/2019	04/10/2019	28	20.00%	191
04	06/09/2019	04/10/2019	28	30.00%	220
05	06/09/2019	04/10/2019	28	40.00%	279
06	06/09/2019	04/10/2019	28	50.00%	301
07	06/09/2019	04/10/2019	28	60.00%	306
08	06/09/2019	04/10/2019	28	70.00%	318
09	06/09/2019	04/10/2019	28	80.00%	300
10	06/09/2019	04/10/2019	28	90.00%	296
11	06/09/2019	04/10/2019	28	100.00%	284

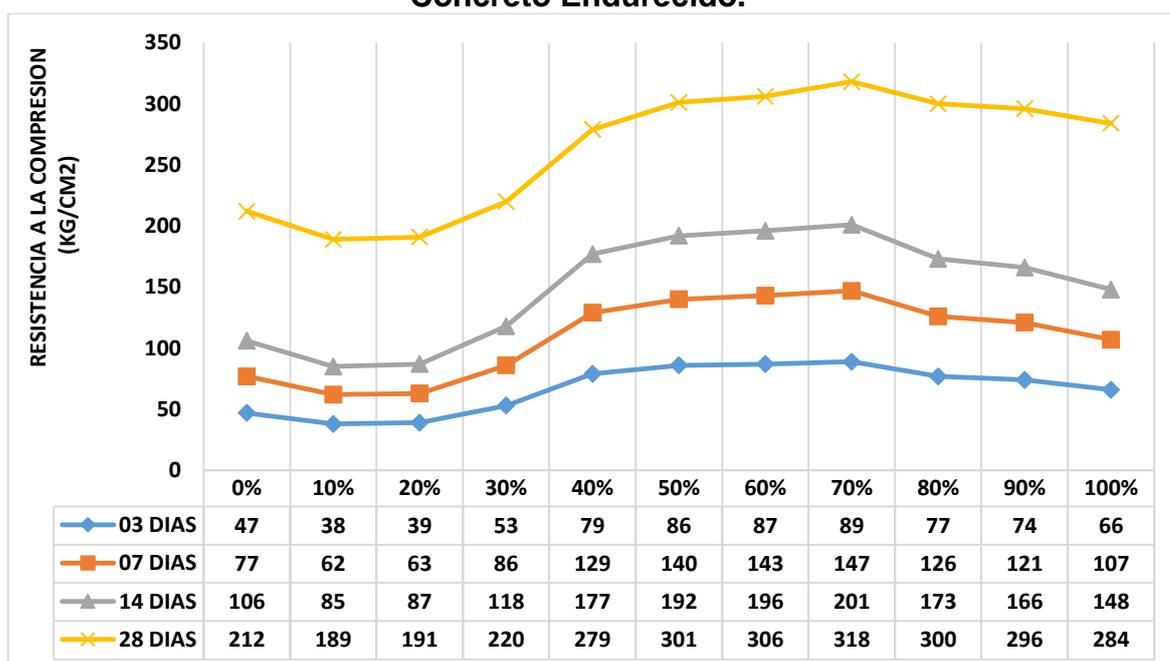
Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes metálicos de 6"x12" y las probetas fueron roturadas a los 28 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido a los 28 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la compresión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la compresión de 212 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10% y 20% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 189 y 191 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 30%, 40%, 50%, 60% 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la compresión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 220, 279, 301, 306, 318, 300, 296 y 284 Kg/cm² respectivamente.

Finalmente, para la adición de la escoria de fundición el comportamiento de la resistencia a la compresión tiene un orden ascendente hasta el 70% en peso del agregado fino, luego la resistencia a la compresión decrece en las muestras con adición de escoria de fundición del 80%, 90% y 100%, este comportamiento se evidencia a los 03, 07, 14 y 28 días de ensayo (Ver gráfico N°03).

Gráfico 5 – Comportamiento de la Resistencia a la Compresión en el Concreto Endurecido.



Fuente: Elaboración Propia.

F) Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión Para el Concreto en Estado Endurecido.

Para determinar la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido con y sin la adición de la escoria de fundición, se procedió de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.183 “Práctica Normalizada Para la Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto en el Laboratorio” y de la NTP 339.079 “Método de Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas Simplemente Apoyadas con Cargas en el Centro del Tramo”, los resultados obtenidos en el ensayo se muestran en la siguientes tablas:

Tabla 29 – Resultado del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 03 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	04/11/2019	07/11/2019	3	0.00%	24.46
02	04/11/2019	07/11/2019	3	10.00%	15.67
03	04/11/2019	07/11/2019	3	20.00%	17.10
04	04/11/2019	07/11/2019	3	30.00%	17.49
05	04/11/2019	07/11/2019	3	40.00%	17.68
06	04/11/2019	07/11/2019	3	50.00%	18.09
07	04/11/2019	07/11/2019	3	60.00%	18.54
08	04/11/2019	07/11/2019	3	70.00%	29.90
09	04/11/2019	07/11/2019	3	80.00%	25.66
10	04/11/2019	07/11/2019	3	90.00%	25.44
11	04/11/2019	07/11/2019	3	100.00%	24.54

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes rectangulares de (35x13x10 cm) y las probetas fueron roturadas a los 03 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido a los 03 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la flexión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la flexión de 24.46 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 15.67, 17.10, 17.49, 17.68, 18.09 y 18.54 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 29.90, 25.66, 25.44 y 24.54 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 30 – Resultado del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 07 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	31/10/2019	07/11/2019	7	0.00%	38.72
02	31/10/2019	07/11/2019	7	10.00%	25.47
03	31/10/2019	07/11/2019	7	20.00%	27.78
04	31/10/2019	07/11/2019	7	30.00%	28.42
05	31/10/2019	07/11/2019	7	40.00%	28.74
06	31/10/2019	07/11/2019	7	50.00%	29.40
07	31/10/2019	07/11/2019	7	60.00%	30.13
08	31/10/2019	07/11/2019	7	70.00%	48.59
09	31/10/2019	07/11/2019	7	80.00%	41.69
10	31/10/2019	07/11/2019	7	90.00%	41.34
11	31/10/2019	07/11/2019	7	100.00%	39.87

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes rectangulares de (35x13x10 cm) y las probetas fueron roturadas a los 07 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido a los 07 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la flexión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la flexión de 38.72 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 25.47, 27.78, 28.42, 28.74, 29.40 y 30.13 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 48.59, 41.69, 41.34 y 39.87 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 31 – Resultado del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 14 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	07/01/2020	21/01/2020	14	0.00%	53.57
02	07/01/2020	21/01/2020	14	10.00%	35.26
03	07/01/2020	21/01/2020	14	20.00%	38.47
04	07/01/2020	21/01/2020	14	30.00%	39.35
05	07/01/2020	21/01/2020	14	40.00%	39.79
06	07/01/2020	21/01/2020	14	50.00%	40.71
07	07/01/2020	21/01/2020	14	60.00%	41.72
08	07/01/2020	21/01/2020	14	70.00%	67.28
09	07/01/2020	21/01/2020	14	80.00%	57.73
10	07/01/2020	21/01/2020	14	90.00%	57.24
11	07/01/2020	21/01/2020	14	100.00%	55.21

Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes rectangulares de (35x13x10 cm) y las probetas fueron roturadas a los 14 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido a los 14 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la flexión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la flexión de 53.57 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 35.26, 38.47, 39.35, 39.79, 40.71 y 41.72 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 67.28, 57.73, 57.24 y 55.21 Kg/cm² respectivamente.

Tabla 32 – Comportamiento de la Resistencia a la Flexión del Concreto Endurecido a los 28 Días.

PROBETA	FECHA DE ENSAYO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	ADICIÓN DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN	F'c OBTENIDO Kg/cm ²
01	09/09/2019	07/10/2019	28	0.00%	58.15
02	09/09/2019	07/10/2019	28	10.00%	39.18
03	09/09/2019	07/10/2019	28	20.00%	42.74
04	09/09/2019	07/10/2019	28	30.00%	43.72
05	09/09/2019	07/10/2019	28	40.00%	44.41
06	09/09/2019	07/10/2019	28	50.00%	45.23
07	09/09/2019	07/10/2019	28	60.00%	46.35
08	09/09/2019	07/10/2019	28	70.00%	74.76
09	09/09/2019	07/10/2019	28	80.00%	64.14
10	09/09/2019	07/10/2019	28	90.00%	63.60
11	09/09/2019	07/10/2019	28	100.00%	61.34

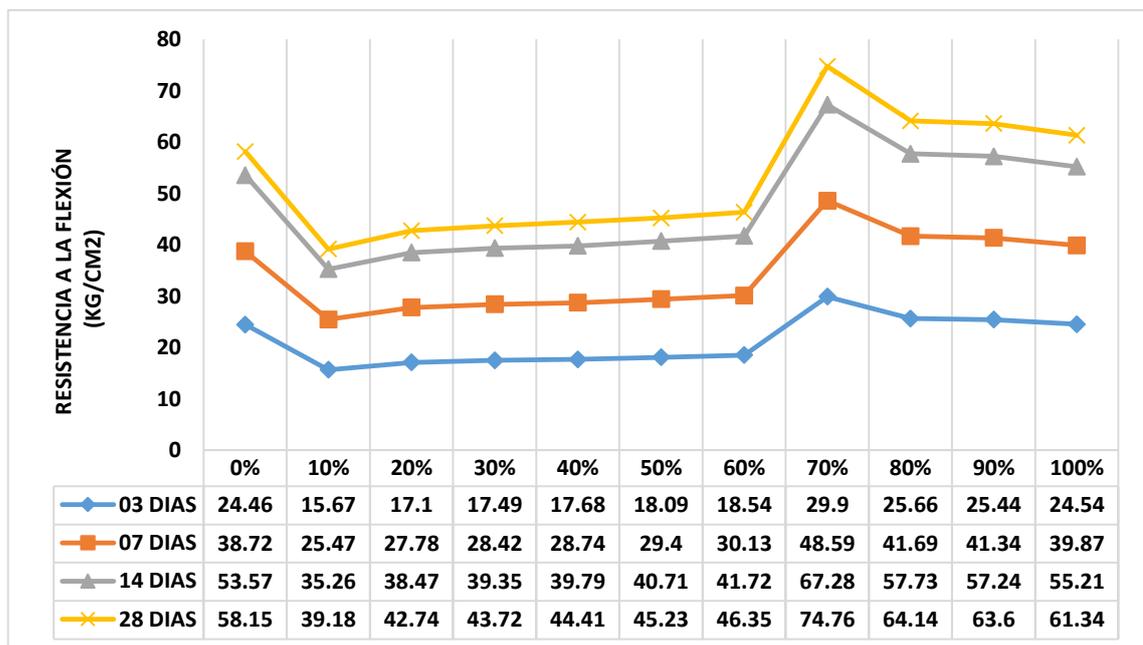
Observación: En el desarrollo de este ensayo se utilizó moldes rectangulares de (35x13x10 cm) y las probetas fueron roturadas a los 28 días de edad.

Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados mostrados, podemos apreciar que la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido a los 28 días de edad muestra una variación decreciente y creciente en comparación a la resistencia a la flexión de la probeta patrón (sin adición de la escoria de fundición), tal es así que la probeta sin adición de escoria de fundición presenta una resistencia a la flexión de 58.15 Kg/cm², para las adiciones de la escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión decrece con respecto a la probeta patrón a los valores de 39.18, 42.74, 43.72, 44.41, 45.23 y 46.35 Kg/cm² respectivamente, para las adiciones de la escoria de fundición del 70%, 80%, 90% y 100% en peso del agregado fino, la resistencia a la flexión se incrementa con respecto a la probeta patrón a los valores de 74.76, 64.14, 63.60 y 61.34 Kg/cm² respectivamente.

Finalmente, para la adición de la escoria de fundición el comportamiento de la resistencia a la flexión tiene un orden ascendente hasta el 70% en peso del agregado fino, luego la resistencia a la flexión decrece en las probetas con adición de escoria de fundición del 80%, 90% y 100%, este comportamiento se evidencia a los 03, 07, 14 y 28 días de ensayo (Ver gráfico N°05).

Gráfico 6 – Comportamiento de la Resistencia a la Flexión en el Concreto Endurecido.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de Resultado General:

El uso de la escoria de fundición en diferentes porcentajes si produce efectos en las propiedades del concreto: trabajabilidad, exudación, densidad, temperatura, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

5.2. Discusión de Resultados Específicos

A. De la Tabla 17 – Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco y la Tabla 18 – Resultado del Comportamiento de la Trabajabilidad del Concreto Fresco, podemos apreciar lo siguiente: La probeta patrón (sin adición de escoria de fundición) pertenece a una consistencia fluida con 6" de asentamiento (Slump), dando lugar a un concreto muy trabajable. Por otro lado se tiene que con las adiciones de escoria de fundición al 10%, 20%, 30% y 40% presentan un concreto fluido con 5" de asentamiento (Slump), dando lugar a un concreto muy trabajable similar al concreto patrón. La probeta con adición de escoria de fundición del 50% se aprecia una disminución del asentamiento (Slump) de 6" a 3", dando lugar a una variación al tipo de consistencia de fluida a plástica y a la trabajabilidad del concreto de muy trabajable a trabajable y la probeta con adición de escoria de fundición del 60%, 70%, 80%, 90% y 100% se aprecia una disminución considerable del asentamiento (Slump) de 6" a 1", dando lugar a una variación al tipo de consistencia de fluida a seca y a la trabajabilidad del concreto de muy trabajable a poco trabajable. Por

ende, se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino modifica el comportamiento de la trabajabilidad para el concreto en estado fresco”.

- B. De los resultados obtenidos de la tabla 19 – Resultado del Comportamiento de la Exudación del Concreto Fresco, podemos apreciar que la exudación para la probeta patrón (sin la adición de la escoria de fundición) es mayor a las demás probetas (con adición de escoria de fundición) cuyo valor de exudación es de 0.0121 ml/cm^2 , así mismo se observa que dentro de las probetas con adición de la escoria de fundición; la probeta con adición de escoria de fundición del 30% del peso de la arena gruesa presenta el menor valor de exudación de 0.0020 ml/cm^2 , y la probeta con adición de escoria de fundición del 100% del peso de la arena gruesa presenta el mayor valor de exudación de 0.0088 ml/cm^2 . Por ende, se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino disminuye la exudación para el concreto en estado fresco”.
- C. De la tabla 20 – Clasificación del Concreto Según su Densidad (Peso Unitario), la Tabla 21 – Resultados del Comportamiento de la Densidad (Peso Unitario) del Concreto Fresco y del Grafico 1 – Comportamiento del Peso Unitario en el Concreto Fresco, podemos apreciar lo siguiente: El concreto de la probeta patrón (sin adición de escoria de fundición) con densidad (peso unitario) de 2322.64 Kg/m^3 pertenece al tipo de concreto normal, por encontrarse dentro del rango de 2300 Kg/m^3 y 2500 Kg/m^3 ; las probetas de concreto con adición de escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40% y 50% cuyo resultados de densidad (peso unitario) se encuentran entre 2358.49 Kg/m^3 y 2483.96 Kg/m^3 pertenece aun al tipo de concreto normal por encontrarse dentro del rango de 2300 Kg/m^3 y 2500 Kg/m^3 ; y las probetas de concreto con adición de escoria de fundición del 60%, 70%, 80%, 90% y 100% cuyo resultados de densidad (peso unitario)

se encuentran entre 2608.49Kg/m³ y 2753.77 Kg/m³ pasan a pertenecer al tipo de concreto pesado por encontrarse dentro del rango de 2800 Kg/m³ y 6000 Kg/m³. Por ende, se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “La escoria de fundición en reemplazo del agregado aumenta la densidad del concreto en estado fresco”.

- D. De la Tabla 22 – Temperatura Mínima y Máxima del Concreto Para Vaciado en Clima Frio y Normal, Tabla 23 - Resultado del Comportamiento de la Temperatura del Concreto Fresco y del Grafico 2 - Comportamiento de la Temperatura en el Concreto Fresco, podemos apreciar que la temperatura del concreto en estado fresco de la probeta patrón (sin adición de escoria e fundición) se encuentra dentro del parámetro mínimo y máximo según muestra la tabla 27. Y las temperaturas de las probetas con adición de escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90% y 100% a pesar del incremento progresivo de cada uno de ellos se encuentran dentro del parámetro mínimo y máximo. Por ende, se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino incrementa la temperatura para el concreto en estado fresco”.
- E. De los resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del Concreto Endurecido a los 3, 7, 14 y 28 días de las tablas 25, 26, 27, 28 respectivamente y del grafico 3 - Comportamiento de la Resistencia a la Compresión en el Concreto Endurecido, podemos apreciar que la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido a los 03, 07, 14 y 28 días de edad, muestra una variación desfavorable (creciente) para las adiciones de escoria de fundición del 10% y 20% los cuales se encuentran por debajo de la resistencia patrón; favorable (creciente) para las adiciones de escoria de fundición del 30%, 40%, 50%, 60% y 70% los cuales se encuentran por encima de la resistencia patrón, siendo el 70% de adición de escoria de fundición donde alcanza su mayor resistencia el concreto y favorable (decreciente) para las adiciones de escoria de fundición

del 80%, 90% y 100% los cuales se encuentran por encima de la resistencia del concreto patrón. Por ende, se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino mejora la resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido”.

- F. De los Resultados del Comportamiento de la Resistencia a la Flexión Para el Concreto en Estado Endurecido a los 3, 7, 14 y 28 días de las tablas 29, 30, 31, 32 respectivamente y del grafico 5 - Comportamiento de la Resistencia a la Flexión en el Concreto Endurecido, podemos apreciar que la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido a los 03, 07, 14 y 28 días de edad, muestra una variación desfavorable (creciente) para las adiciones de escoria de fundición del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60% quienes se encuentran por debajo del resultado de la resistencia a la flexión del concreto patrón (viga) o módulo de rotura (MR) y favorable (decreciente) para las adiciones de escoria de fundición del 70%, 80%, 90% y 100% quienes se encuentran por encima del resultado de la resistencia a la flexión del concreto patrón (viga) o módulo de rotura (MR), siendo el 70% de adición de escoria de fundición donde alcanza su mayor resistencia a la flexión el concreto (viga) en comparación a la resistencia a la flexión de la probeta patrón (viga) (sin adición de la escoria de fundición). Por ende, se acepta la hipótesis planteada donde se indica que “La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino incrementa la resistencia a la flexión para el concreto en estado endurecido”.

CONCLUSIONES

1. El uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino produce efectos en las propiedades físicas del concreto y mejora significativamente las propiedades mecánicas al utilizar la escoria de fundición en un 70% en reemplazo del agregado fino.
2. El concreto con la adición de escoria de fundición de 10% a 40% en reemplazo del agregado fino presenta un comportamiento de Muy Trabajable, con adición de 50% de escoria de fundición en reemplazo del agregado fino presenta una condición de Trabajable y las probetas con adición de la escoria de fundición de 60% a 100% presentaron un comportamiento de poco trabajable.
3. Con la adición del 30% de escoria de fundición en reemplazo del agregado fino, la exudación disminuye a 0.002 ml/cm² respecto a la exudación de la muestra patrón (0.0121ml/cm²).
4. El uso de la escoria de fundición de 10% a 100% en reemplazo del agregado fino aumenta la densidad del concreto en estado fresco respecto a la muestra patrón (2,322.64 Kg/m³)
5. El uso de la escoria de fundición de 10% a 100% en reemplazo del agregado fino incrementa la temperatura del concreto en todas las proporciones respecto a la muestra patrón (19.9 °C)
6. La adición del 70% de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino, mejora notablemente la resistencia a la compresión del concreto obteniéndose un f'c de 318 kg/cm² en comparación a la muestra patrón (212 kg/cm²)
7. La adición del 70% de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino, incrementa la resistencia a la flexión del concreto obteniéndose un MR de 74.76 kg/cm² en comparación a la muestra patrón (58.15 kg/cm²)

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un diseño de mezcla óptimo que incluya dentro de sus componentes (cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y escoria de fundición)
2. Se sugiere evaluar las propiedades químicas de la escoria de fundición en futuras investigaciones que guarden relación con el tema investigado.
3. Realizar investigaciones donde se incluya la utilización de la escoria como un componente en la preparación del concreto, esto ayudaría a que dicho material sea reciclado y por ende se minimizaría los impactos ambientales que puedan producir la presencia de las escorias de fundición.
4. Se recomienda determinar el comportamiento del desarrollo de la resistencia a la compresión de probetas con adición de la escoria de fundición a edades superiores a los 28 días.
5. Se recomienda realizar un estudio que analice el comportamiento de muestras de concreto con adición de escoria de fundición expuestas a ciclos de hielo, deshielo y climas húmedos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima: San Marcos.
- Alberto Mijail , T. (2018). *Concreto Estructural Liviano con Escoria y Ceniza Volcánicas del Distrito de Yura*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Aranguren Campos, E. (2015). *Caracterización de una Mezcla Asfáltica Empleando Alquitrán, Escoria Granulada y Agregado de Caliza*. Bogota: Universidad Militar Nueva Granada.
- Berridi Aguirre, L. (2008). *Análisis de la Influencia de Residuos Metalúrgicos Como Áridos en las Propiedades del Hormigón*. Barcelona.
- Boza Regueira, M. (2011). *Utilización de las Escorias de Acería*. Cuba: Ciencia y Futuro.
- Calleja Carrete, J. (1982). *Escorias y Cementos Siderúrgicos. Materiales de Construcción*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Cendoya, P. (2009). *Efecto en la Resistencia de las Escorias de Fundición de Cobre Como Agregado Fino en el Comportamiento Resistente del Hormigón*. Chile: Revista Chilena de Ingeniería.
- Choque Hinojosa, R. (2012). *Viabilidad Para el Uso de la Escoria de Acería Eléctrica Como Agregado en Mezcla Asfáltica en la Ciudad de Chimbote*. Chimbote: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Estado Unidos: Portland Cement Association.
- Laica Fernández, D. (2018). *Análisis de la Resistencia a Compresión del Hormigón al Reemplazar Parcialmente el Agregado Fino por Escoria Siderúrgica de Horno Eléctrico*. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato.
- Lauber, M. (2009). *Influencia de la Calidad de los Residuos Metalúrgicos*. Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya.
- Lopez Larrea, M., & Pinedo Bustamante, M. (2015). *Mejoramiento de las Características Físico Mecánicas de Adoquines de Cemento Para Pavimentacion, Adicionando Escoria de Horno Eléctrico en su Proceso de Fabricación - Nuevo Chimbote - 2015*. Chimbote: Universidad Nacional del Santa.
- Melgarejo Illescas, C. (2019). *Influencia de la Escoria al Producir Concreto Permeable en Pavimentos Urbanos de la Ciudad de Pasco – Distrito de Yanacancha – 2019*. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Oyarzun Kneer, I. (2013). *Influencia de las Escorias de Cobre en la Fabricación de Hormigón*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Temas de Tecnología del Concreto en el Perú*. Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Quispe Anccasi, C., & Camayo Huamanculi, K. (2020). *Metodología de la Investigación Tecnológica para Ingenierías*. Huancayo.
- Rezola Izaguirre, J. (1976). *Características y Correcta Aplicación de los Diversos Tipos de Cemento*. España: Editores Tecnicos Asociados.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: Cap Peruano ACI
- Rolando , Z. (2016). *Valoración Económica de la Escoria de Horno Eléctrico de Siderperu Como Producto Alternativo a la Piedra Cantera en el Sector Construcción*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Sanchez de Guzmán , D. (1994). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogota: Bhandar Editores.

ANEXOS

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Hoja Técnica de la Escoria de Fundición – DOE RUN PERÚ.

ANEXO 03 – Diseño de Mezcla $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.

ANEXO 04 – Resultados de Rotura a la Compresión.

ANEXO 05 – Resultados de Rotura a la Flexión.

ANEXO 06 – Normas Técnicas Peruanas.

ANEXO 07 – Panel Fotográfico

ANEXO 01

Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

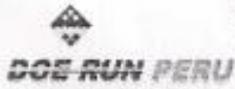
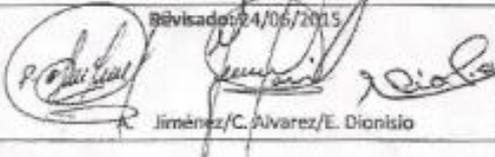
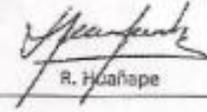
"Efectos de la Escoria de Fundición como Agregado Fino en el Comportamiento de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto"

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL ¿Qué efectos produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido?	OBJETIVO GENERAL Analizar los efectos que produce la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido.	HIPÓTESIS GENERAL La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino mejora el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del concreto para el estado fresco y endurecido.	VARIABLES INDEPENDIENTES: Escoria de fundición.	% de escoria	10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%	METODO: CIENTIFICO TIPO DE INVESTIGACION: APLICADA NIVEL DE INVESTIGACION: DESCRIPTIVO EXPLICATIVO DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL
PROBLEMAS ESPECIFICOS a) ¿Cómo influye el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la trabajabilidad para el concreto en estado fresco? b) ¿De qué manera influye el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el	OBJETIVOS ESPECIFICOS a) Determinar la influencia del uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la trabajabilidad para el concreto en estado fresco. b) Establecer la influencia del uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el	HIPÓTESIS ESPECIFICAS a) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino modifica el comportamiento de la trabajabilidad para el concreto en estado fresco. b) La escoria de fundición en reemplazo disminuye la exudación	VARIABLE DEPENDIENTE: Propiedades físicas y mecánicas del concreto.	Concreto Fresco y endurecido	10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100% a) Trabajabilidad b) Exudación c) Densidad d) Temperatura	

<p>reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la exudación para el concreto en estado fresco?</p> <p>c) ¿Cómo afecta el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la densidad para el concreto en estado fresco?</p> <p>d) ¿Cómo influye el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la temperatura para el concreto en estado fresco?</p>	<p>comportamiento de la exudación para el concreto en estado fresco.</p> <p>c) Describir cómo afecta el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la densidad del concreto en estado fresco.</p> <p>d) Explicar la influencia del uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en la temperatura para el concreto en estado fresco.</p> <p>e) Mostrar como incide el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido.</p> <p>f) Identificar como incide el uso de la escoria de fundición en reemplazo del agregado fino en el comportamiento de la resistencia a la flexión para el concreto en estado endurecido</p>	<p>para el concreto en estado fresco.</p> <p>c) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino aumenta la densidad del concreto en estado fresco.</p> <p>d) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino incrementa la temperatura para el concreto en estado fresco.</p> <p>e) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino mejora la resistencia a la compresión para el concreto en estado endurecido.</p> <p>f) La escoria de fundición en reemplazo del agregado fino incrementa la resistencia a la flexión para el concreto en estado endurecido.</p>	<p>e) Resistencia a la compresión</p> <p>f) Resistencia a la flexión</p>	
--	---	--	--	--

ANEXO 02

Hoja Técnica de la
Escoria de Fundición

 DOE RUN PERU	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES	
	ESCORIA GRANULADA DE COBRE Y PLOMO	Código: MSDS-FUN-001.01
Elaborado: 22/06/2015  R. Lorenzo	Revisado: 24/06/2015  R. Jimenez/C. Alvarez/E. Dionisio	Aprobado: 27/06/2015  R. Hualpa

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES

(MSDS)



**HOJA DE SEGURIDAD
(MATERIAL SAFETY DATA SHEET)**

NOMBRE DEL PRODUCTO: ESCORIA GRANULADA DE COBRE Y PLOMO

SECCION I: IDENTIFICACION DEL PRODUCTO E INFORMACION DEL FABRICANTE			
MARCA COMERCIAL DE LA SUSTANCIA	ESCORIA GRANULADA DE COBRE Y PLOMO		
NOMBRE COMUN O GENERICO	ESCORIA GRANULADA		
NOMBRE DE LA COMPAÑIA FABRICANTE	DOE RUN PERU S.R.L.		
DIRECCION DEL FABRICANTE	Av. Camino Real N° 456, Torre Real 3, Piso 13 - San Isidro, Lima - Perú.		
N° DE TELEFONO	51 1-215-1219 (Lima - Perú)		
TELEFONO DE EMERGENCIA	51 64 483000 Anexo 3333 (La Oroya - Junin - Perú)		
N° CAS	65996-69-2		
FAMILIA QUIMICA:	Compuestos de Fe y Si	FORMULA QUIMICA:	Mezcla de SiO ₂ , FeO, CaO, Fe ₃ O ₄ .
SECCION II: COMPOSICION E INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES			
COMPONENTES	ANALISIS TIPICO (%)	N° CAS	
Dióxido de Silicio (SiO ₂) ✓	16.00 - 38.00 %	7631-86-9	
Oxido de Hierro (FeO) ✓	30.00 - 48.00 %	1345-25-1	
Magnetita (Fe ₃ O ₄) ✓	0.80 - 3.00 %	1317-61-9	
Oxido de Calcio (CaO) ✓	5.00 - 20.00 %	1305-78-8	
Cobre (Cu) ✓	0.20 - 1.00 %	7440-50-8	
Plomo (Pb) ✓	0.70 - 3.80 %	7439-92-1	
Arsénico (As) ✓	0.30 - 1.00 %	7440-38-2	
Antimonio (Sb) ✓	0.20 - 1.00 %	7440-36-0	
Bismuto (Bi) ✓	0.01 - 0.02 %	7440-69-9	
Azufre (S) ✓	0.30 - 2.00 %	7704-34-9	
Zinc (Zn) ✓	3.00 - 12.00 %	7440-66-6	
Alúmina (Al ₂ O ₃) ✓	2.00 - 3.00 %	1344-28-1	
Plata (Ag)	25 - 50 g/t	7440-22-4	
SECCION III: IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS Y EFECTOS POR EXPOSICION			
EFECTOS POR:	DETALLE:		
INHALACION:	La inhalación aguda de escoria en polvo puede causar irritación de la nariz, garganta o de los pulmones, según el tiempo de exposición. El riesgo de daños a la salud por inhalación crónica, depende de la duración y nivel de exposición.		
INGESTION:	La ingestión de pequeñas cantidades de escoria no es perjudicial, pero grandes cantidades puede causar náuseas y vómitos y tener efectos en el tracto digestivo		
CONTACTO CON LOS OJOS:	Puede causar irritación o inflamación de los ojos leve o grave, de acuerdo al tiempo de exposición y la cantidad.		
CONTACTO CON LA PIEL:	El contacto directo con la piel puede causar irritación local.		
CARCINOGENICIDAD:	La escoria no está listada como carcinógena por la IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) y NTP (Programa Nacional de Toxicología); sin embargo, contiene cantidades de sílice cristalina, clasificada como cancerígena.		
EFECTOS AMBIENTALES POTENCIALES: La escoria es estable y no afecta la flora y fauna.			
SECCION IV: PRIMEROS AUXILIOS			
CONTACTO OCULAR:	No permitir a la persona refregarse los ojos, ya que esto le podría producir una conjuntivitis severa. Acudir al Oftalmólogo.		

OTROS EQUIPOS DE PROTECCION:	Capucha, zapatos de seguridad y guantes; también se recomienda contar con lavajos en la zona cercana al lugar de trabajo.	
SECCION IX: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS		
OLOR Y APARIENCIA:	Olor = Inodoro Apariencia = Granulada, de característica vidriosa, dura y abrasiva y partículas de filos cortantes. Es de color oscuro (de gris a negra).	
GRAVEDAD ESPECIFICA (H₂O=1):	3.0 - 3.7	
SOLUBILIDAD EN AGUA Y OTROS DISOLVENTES:	Insoluble en agua.	
COEFICIENTE DE PARTICION n-OCTANOL/AGUA:	No aplica.	
PUNTO DE FUSION:	1,150 °C	
PUNTO DE EBULLICION 1 Atm Grados F(C):	No aplica.	
DENSIDAD DE VAPOR (Aire=1):	No aplica.	
PRESION DE VAPOR: (kPa), a 520 °C:	No aplica.	
pH (en agua):	8 - 11	
VOLATILIDAD-POR CIENTO/VOLUMEN:	No volátil.	
SECCION X: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD		
ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD: Estable en condiciones normales de almacenamiento, presión y temperatura.	CONDICIONES A EVITAR: Evite dispersarlo al ambiente.	
INCOMPATIBILIDAD (MATERIALES A EVITAR): Ácidos, sales de amonio y álcalis. La escoria se disuelve en ácido fluorhídrico, produciendo gas de tetrafluoruro de silicio corrosivo.		
RIESGO DE POLIMERIZACIÓN: No ocurre.		
PRODUCTOS DE LA DESCOMPOSICION PELIGROSOS: La escoria es inerte; no se espera que se generen productos peligrosos por descomposición.		
SECCION XI: INFORMACION SOBRE TOXICOLOGIA		
La escoria no presenta características de toxicidad, según lo estipulado por el método EPA-TCLP. Efectos crónicos en los humanos: N/A Otros efectos tóxicos en los humanos: Peligroso en caso de ingestión o inhalación. Ugeramente peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante). Toxicidad en los animales: N/A		
RECOMENDACIONES	Evitar la exposición prolongada, usar el equipo de protección adecuado.	
SECCION XII: INFORMACION DE LOS EFECTOS SOBRE LA ECOLOGIA		
PRODUCTOS DE BIODEGRADACIÓN: No se degrada.		
TOXICIDAD DE LOS PRODUCTOS DE BIODEGRADACIÓN: No existe. DBO5 y DQO: No aplica.		
ECOTOXICIDAD: No se conoce toxicidad inusual en plantas o animales.		
SECCION XIII: CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICION FINAL DEL PRODUCTO		
Los restos del material deben disponerse en depósitos especialmente construídos para la disposición final de materiales peligrosos y que esté autorizado por DIGESA; el envase contaminado debe tratarse como el propio producto. No verter en ningún sistema de desagüe o alcantarillado, sobre el piso o extensión de agua.		
SECCION XIV: INFORMACION SOBRE EL TRANSPORTE		
NOMBRE PROPIO DE DESPACHO:	Escoria granulada de cobre y plomo.	
CLASIFICACION DE RIESGO:	DOT: Clase 9	GRUPO DE EMBALAJE: III (Materias poco peligrosas)
N° NACIONES UNIDAS:	UN 3077	
LIMITACIONES DE CANTIDAD:	Transporte terrestre (camiones):	30 - 35 TM
	Barcos de carga:	No

ETIQUETADO DURANTE EL TRANSPORTE:	CLASE 9: Sustancias y objetos peligrosos varios, incluidas las sustancias peligrosas para el ambiente.	
	Marca de las sustancias peligrosas para el ambiente (N° ONU 3077)	
SECCION XV: INFORMACION REGULATORIA		
RESUMEN DE RIESGO:		
Evaluación	NFPA	
SALUD	1	
INFLAMABILIDAD	0	
REACTIVIDAD	0	
SECCION XVI: OTRAS INFORMACIONES		
<p>Practicar buena higiene personal después de utilizar este material, especialmente antes de comer y beber. Separar la ropa de trabajo de la ropa personal de vestir. No es tóxico y es estable a temperatura ambiente. La información presentada aquí está basada en el conocimiento técnico y buena fe de Doe Run Peru S.R.L. La Empresa no da garantías expresas o implícitas. Los clientes son alentados a llevar a cabo sus propias pruebas.</p>		
FECHA DE ELABORACION:	27 de junio del 2015	ELABORADO POR: DOE RUN PERU S.R.L.
PARA MAYOR INFORMACION CONTACTAR:		
DOE RUN PERU S.R.L., Departamento Comercial: TEL. (511) 215-1220/215-1219 -- Lima (Perú).		

ANEXO 03

Diseño de Mezcla $f'c =$
 210kg/cm^2



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

DISEÑO DE MEZCLA F^c = 210 KG/CM² DE RESISTENCIA A COMPRESION A LOS 28 DIAS

PETICIONARIO	BACH. ESPINOZA CHAMORRO GISELLA MILAGROS - TRINIDAD RAMOS DANNY JHONNY
TESIS	EFEITOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO
FECHA DE RECEPCIÓN	02 DE AGOSTO DEL 2019
FECHA DE EMISIÓN	05 DE AGOSTO DEL 2019

CEMENTO	: ANDINO TIPO I
Peso Especifico	: 3.12

DATOS DE LABORATORIO

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO (AG)	AGREGADO GUESO (P. Chancada de 3/4")
Peso Especifico de Masa Gr/cm ³	2.66	2.61
Peso Especifico de Masa S.S.S. Gr/cm ³	2.69	2.65
Peso Especifico Aparente Gr/cm ³	2.74	2.72
Peso Unitario Suelto Kg/m ³	1604	1330
Peso Unitario Compactado Kg/m ³	1844	1484
Modulo de Fineza	4.156	
Tamaño Maximo Nominal		3/4" pulgada
Absorción	1.15%	1.63%
Humedad	0.43%	0.84%

GRANULOMETRIA AGREGADO GUESO

MALLA	% RETENIDO AGREGADO FINO	MALLA	% RETENIDO AGREGADO GUESO
3/8"	6.2	2"	0
N°4	15.4	1 1/2"	0
N°8	25.4	1"	0
N°16	16.9	3/4"	50.1
N°30	19.3	1/2"	48.2
N°50	11.4	3/8"	0.8
N°100	4.6	N°4	0.2
FONDO	0.9	FONDO	0.7



Dylan Martinez Cconcho
TEC. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
TEC. CONCRETO, MEC. SUELO Y ASFALTO



INGENIEROS CONSULTEC HR S.A.C.
Ing. Ryan Martinez
INGENIERO CIVIL - CIVIL
ESPECIALIDAD EN CONCRETO Y MEC. SUELO



**INGENIEROS
CONSULTEC HR SAC.**



Chapas C/HR/04

Elaboración de Proyectos
Ejecución y Supervisión
de Obras
Estudio de Mecánica
de Suelo
Alquiler de Equipos
de Construcción

VALORES DE DISEÑO

Tamaño Máximo A/G	3/4"
Asentamiento Slump	2" - 4"
Relación A/C de Diseño	0.58
Relación A/C de Efectiva	0.61
Factor Cemento	9 bolsas
Proporción en Peso	1, 2.91, 2.04, 26.13 L/M ³

CANTIDAD DE MATERIALES SECOS POR METRO CUBICO

Cemento	354.67 Kg	Andino Tipo I
Agua	205 Lts	Potable
Agregado Fino	1026.5 Kg	Cantera Matahuasi
Agregado Grueso	718.85 Kg	Cantera Matahuasi

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO, CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	354.7 Kg	Andino Tipo I
Agua	218 Lts	Potable
Agregado Fino	1031.5 Kg	Cantera Matahuasi
Agregado Grueso	724.3 Kg	Cantera Matahuasi



Dylan Martínez Ccencho
TEC. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
TEC. CONCRETO INC. SUCUR Y AVALUO



INGENIEROS CONSULTEC HR S.A.C.

Ing. R. J. Martínez Esteban
INGENIERO CIVIL - CIP. 100208
TEC. CONCRETO INC. SUCUR Y AVALUO



Calle los Rosales N° 225 - El Tambo - Huancayo (Entre Julio Sumar y Rosales)
Cel./ RPM: (#) 988 008215 / (#) 988 008217 / (#) 965 028369 / consultechr@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

ENSAYO DE MATERIALES: ESCORIA DE FUNDICIÓN LA OROYA

PETICIONARIO	BACH. ESPINOZA CHAMORRO GISELLA MILAGROS – TRINIDAD RAMOS DANNY JHONNY
TESIS	EFFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO
FECHA DE RECEPCIÓN	02 DE AGOSTO DEL 2019
FECHA DE EMISIÓN	05 DE AGOSTO DEL 2019

DATOS DE LABORATORIO

DESCRIPCIÓN	ESCORIA
Peso Especifico de Masa Gr/cm ³	3.51
Peso Especifico de Masa S. S. S. Gr/cm ³	3.58
Peso Especifico Aparente Gr/cm ³	3.63
Peso Unitario Suelto Kg/m ³	3335
Peso Unitario Compactado Kg/m ³	3448
Modulo de Fineza	2.88
Absorción	1.95%
Humedad	0.14%

GRANULOMETRIA ESCORIA DE FUNDICIÓN

MALLA	% RETENIDO AGREGADO FINO
2"	0.00
1 1/2"	0.00
1"	0.00
3/4"	0.00
1/2"	0.00
3/8"	0.00
N°4	0.66
N°8	1.68
N°16	17.9
N°30	58.54
N°50	11.85
N°100	5.16
FONDO	4.21


Dylana Martínez Coencho
T.E.C. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
REG. CORP/19 INC. 01605747419


Ing. E.A. Martínez Este
INGENIERO CIVIL - O.P. 19000
REG. CORP/19 INC. 01605747419

DISEÑO DE MEZCLA

CUADROS DE DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Cemento	
Marca y tipo	Ardino
Procedencia	Cementos Lima
Densidad relativa	3120 Kg/m ³

Agua	
Tipo	Agua potable de la red pública de Huancayo
Peso específico	1000 Kg/m ³

Agregados		
Tipo	Fino	Grueso
Cantera	Río de Hoyo	Río de Hoyo
Perfil		
Peso unitario suelto Kg/m ³	1604	1330
Peso unitario compactado Kg/m ³ (bo)	1844	1484
Peso específico seco o masa Kg/m ³	2660	2610
Módulo de finura	4.156	
TMN	—	3/4"
% de absorción	1.15%	1.65%
Contenido de humedad %	0.43%	0.84%

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

Resistencia a la compresión especificada	210 Kg/Cm ²
Desviación estándar promedio en obra	Kg/Cm ²
Tipo de Asentamiento	Mezcla plástica

Método ACI 211

Este procedimiento propuesto por el comité ACI 211, está basado en el empleo de tablas confeccionadas por el Comité ACI 211.

A. Selección de la resistencia requerida (F'cr)

Caso 01: Contamos con escasos ensayos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico

Para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar el F'cr.

F'c especificado	F'cr (Kg/cm ²)
<210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
>350	F'c + 98

Entonces F'cr = **280 Kg/cm²**

B. Selección del TMN del agregado grueso

Entonces TMN = **3/4" Kg/cm²**

C. Selección del asentamiento (Tabla 01)

Tabla 01: Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MAXIMO	SLUMP MINIMO
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y caladuras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ocioso	2"	1"

Según las especificaciones del proyecto el concreto es plástico, por lo tanto presentará un asentamiento de 2" a 4".

Asentamiento = Slump = **2" - 4"**

D. Seleccionar el contenido de aire atrapado (Tabla 02)

Tabla 02: Contenido de aire atrapado

TNM del agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3
1/2"	2.5
5/8"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Dado las condiciones especificadas no se requiere incluir aire, de la tabla 02 se tiene:

TNM	5"	=	2 %
-----	----	---	-----

E. Seleccionar el contenido de agua (Tabla 03)

Tabla 03: Volumen de agua por m³

Asentamiento	Agua en Lt/m ³ , para TNM agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	5/8"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	168	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	—
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	135	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	—

Si TNM =	5"	y el Asentamiento =	3" a 4"	Vol. agua =	205	Lt/m ³
----------	----	---------------------	---------	-------------	-----	-------------------

F. Selección de la relación A/C, sea por resistencia a compresión o por durabilidad (Tabla 04 y 07)

Tabla 04: Relación agua/cemento por resistencia

F'cr Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire inc.	Concreto con aire inc.
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Para F'cr = 280.00 Kg/cm² interpolamos los 6 elementos.

a/c	-	0.62	=	0.55	-	0.62
280.00	-	250	=	300	-	250

A/C =	0.578
-------	-------

D. Cálculo de contenido de cemento (E₁)/F)

Se calculará dividiendo el contenido de agua(e) entre la relación a/c (f) obtenidos, (e₁/f), así tenemos:

Vol. Agua =	205 Lt/m ³
A/C =	0.578

Cemento =	354.67 Kg	↔	8.35 Bolsas
-----------	-----------	---	-------------

Por el método del ACI 211

H. Seleccionar el peso del agregado grueso (Tabla 05), proporciona el valor de b/b_o , donde b y b_o son pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso

Tabla 05: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto

TNM del A.G.	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de finura del fino (b/b_o)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Interpolamos

b/b_o	-	0.82	=	4.16	-	2.80
0.60	-	0.82	=	3.00	-	2.80
$b/b_o =$	0.484					

De la tabla 05 se tiene: $b/b_o = 0.48$

Además el p.u. compactado del A.G. es:

= 1484 Kg/m³

Entonces el peso del A.G. = $(b/b_o) \times p.u.c$

Peso del A.G. = 718.85 Kg

I. Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino

Material	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Cemento (Kg)	354.7	3120	0.1137
Agua (Lt)	205	1000	0.2050
Agregado G. (Kg)	718.83	2610	0.2754
Aire (%)	2		0.0200
Total =			0.6141 m ³

J. Cálculo del volumen del agregado fino

$\bar{V} = 0.6141$ m³ Donde \bar{V} es la suma de los materiales obtenidos hasta el momento
 Volumen del agregado fino = $1 - (\bar{V}) = 0.3859$ m³

K. Cálculo del peso en estado seco del agregado fino

Dato: Peso específico del A.F. = 2660 Kg/m³

Peso Seco del A. F. = $(\bar{V}) \times \text{Peso esp. Seco} = 1026.30$ Kg/m³

L. Presentación del diseño en estado seco

Material	Peso Seco/m ³
Cemento (Kg)	354.67
Agua (Lt)	205
Agregado F. (Kg)	1026.30
Agregado G. (Kg)	718.83
Aire (%)	2

M. Corrección del diseño por aporte de humedad de los agregados

Contenido de humedad A.F. =	0.43%	Peso seco A.F. =	1026.5
Contenido de humedad A.G. =	0.84%	Peso seco A.G. =	718.8

Peso A.F. =	1026.5	+	0.43%	=	1051.50 Kg/m3
Peso A.G. =	718.8	+	0.84%	=	724.30 Kg/m3

Contenido de humedad A.F. =	0.43%	% de Absorción A.F. =	1.15%
Contenido de humedad A.G. =	0.84%	% de Absorción A.G. =	1.63%

A.F. =	0.43%	-	1.15%	=	-0.72%	----- X
A.G. =	0.84%	-	1.63%	=	-0.79%	----- Y
					-1.51%	

Aporte de humedad de los agregados

A.F. =	Peso seco A.F. x (X)/100 =	1026.50	X	-0.72%	-7.39 Lt/m3
A.G. =	Peso seco A.G. x (Y)/100 =	718.8496	X	-0.79%	-5.68 Lt/m3

Volumen Total de Agua de los Agregados =	-13.07 Lt/m3
--	--------------

Agua efectiva = Contenido de agua - Volumen Total de Agua de los Agregados

Agua efectiva =	205	-	-13.07	=	218.07 Lt/m3
-----------------	-----	---	--------	---	--------------

N. Presentación del diseño en estado húmedo

Material	Peso Húmedo/m3
Cemento (Kg)	354.7
Agua (lt)	218
Agregado F. (Kg)	1031.3
Agregado G. (Kg)	724.3
Aire (%)	2

C	AF	AG	A
354.7	1031.3	724.3	218
354.7	354.7	354.7	354.7

1.00 : 2.91 : 2.04 : 0.61

RESULTADO DE PROPORCIONES EN PESO

1	2.91	2.04	26.13 n/bl
---	------	------	------------

ANEXO 04

**Resultados de la Rotura
a la Compresión**



RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE TESTIGOS DE CONCRETO DE F'c = 210 kg/cm²

PETICIONARIO	BACH. ESPINOZA CHAMORRO GISELLA MILAGROS - TRINIDAD RAMOS DANNY JHONNY
TESIS	EFFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO
FECHA DE RECEPCIÓN	20 DE SETIEMBRE DE 2019
FECHA DE EMISIÓN	20 DE SETIEMBRE DE 2019
Código	NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)
Título	HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. Ed.
Código	ASTM C39/C39M - 14a
Título	Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	f _c (kg/cm ²)
01	Probeta Patron	6/09/2019	9/09/2019	3	47
02	Probeta con 10% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	38
03	Probeta con 20% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	39
04	Probeta con 30% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	53
05	Probeta con 40% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	79
06	Probeta con 50% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	86
07	Probeta con 60% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	87
08	Probeta con 70% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	89
09	Probeta con 80% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	77
10	Probeta con 90% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	74
11	Probeta con 100% de Escoria	6/09/2019	9/09/2019	3	66

Observaciones:

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Presna de Concreto: PYS, Serie N°91, Capacidad 200000 kg, Indicador Digital HWEIGH, Modelo 315-X5, serie N°0332585, Certificado de Calibración N°1034/2014 (setiembre 2014), Celda Patron Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP, Expediente: INF-LE 251-13


Dylan Martínez Ccercho
TEC. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
TEC. CONCRETO (DE. SUELO Y ASFALTO)


INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.

Dylan Martínez Ccercho
TEC. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
TEC. CONCRETO (DE. SUELO Y ASFALTO)



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE TESTIGOS DE CONCRETO DE F'C = 210 kg/cm²

PETICIONARIO BACH. ESPINOZA CHAMORRO GISELLA MILAGROS - TRINIDAD RAMOS DANNY JHONNY
TESIS EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL
FECHA DE RECEPCIÓN 20 DE SETIEMBRE DE 2019
FECHA DE EMISIÓN 20 DE SETIEMBRE DE 2019

Código NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. Ed.

Código ASTM C39/C39M - 14a
Título Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	f _c (kg/cm ²)
01	Probeta Patron	6/09/2019	13/09/2019	7	77
02	Probeta con 10% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	62
03	Probeta con 20% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	63
04	Probeta con 30% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	86
05	Probeta con 40% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	129
06	Probeta con 50% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	140
07	Probeta con 60% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	143
08	Probeta con 70% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	147
09	Probeta con 80% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	126
10	Probeta con 90% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	121
11	Probeta con 100% de Escoria	6/09/2019	13/09/2019	7	107

Observaciones:

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: PYS, Serie N°91, Capacidad 200000 kg, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X5, serie N°0332555, Certificado de Calibración N°1034/2014 (setiembre 2014), Celda Patron Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP, Expediente: INF-LE 251-13



Dylann Martínez Cerezo
 TEC. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 TEC. CONCRETO MEC. SUELO Y ASFALTO



Martín
 CIVIL -
 TIT. MLC.



**BORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE TESTIGOS DE CONCRETO DE F'c = 210 kg/cm²

PETICIONARIO BACH. ESPINOZA CHAMORRO GISELLA MILAGROS - TRINIDAD RAMOS DANNY JHONNY
TESIS EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO
FECHA DE RECEPCIÓN 20 DE SETIEMBRE DE 2019
FECHA DE EMISIÓN 20 DE SETIEMBRE DE 2019
Código NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. Ed.
Código ASTM C39/C39M - 14a
Título Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	f _c (kg/cm ²)
01	Probeta Patron	6/09/2019	20/09/2019	14	108
02	Probeta con 10% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	85
03	Probeta con 20% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	87
04	Probeta con 30% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	118
05	Probeta con 40% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	177
06	Probeta con 50% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	192
07	Probeta con 60% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	196
08	Probeta con 70% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	201
09	Probeta con 80% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	173
10	Probeta con 90% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	166
11	Probeta con 100% de Escoria	6/09/2019	20/09/2019	14	148

Observaciones:

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-88/INDECOPI - CRT del 07.01.1988)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: PYS, Serie N°01, Capacidad 200000 kg, Indicador Digital HIWEIGH, Modelo 315-X5, serie N°0332566, Certificado de Calibración N°1034/2014 (setiembre 2014), Celda Patron Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP, Expediente: INF-LE 251-13



Dylann Martínez Ccoena
 TEG. LABORATORIO
 INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
 TEG. CONCRETO Y ESCORIA



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE TESTIGOS DE CONCRETO DE $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

PETICIONARIO BACH. ESPINOZA CHAMORRO GISELLA MILAGROS - TRINIDAD RAMOS DANNY JHONNY
TESIS EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO
FECHA DE RECEPCIÓN 20 DE SETIEMBRE DE 2019
FECHA DE EMISIÓN 20 DE SETIEMBRE DE 2019
Código NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)
Título HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. Ed.
Código ASTM C39/C39M - 14a
Título Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	f_c (kg/cm ²)
01	Probeta Patron	6/09/2019	4/10/2019	28	212
02	Probeta con 10% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	189
03	Probeta con 20% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	191
04	Probeta con 30% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	220
05	Probeta con 40% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	279
06	Probeta con 50% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	301
07	Probeta con 60% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	306
08	Probeta con 70% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	318
09	Probeta con 80% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	300
10	Probeta con 90% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	296
11	Probeta con 100% de Escoria	6/09/2019	4/10/2019	28	284

Observaciones:

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1983)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACIÓN DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-88/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: PYS, Serie N°91, Capacidad 200000 kg, Indicador Digital HWEIGH, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de Calibración N°1034/2014 (setiembre 2014), Celda Patron, Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la PUCP, Expediente: INF-LE 251-13



Dylan Martínez Cuencho
T.C. LABORATORIO
INGENIEROS CONSULTEC HR SAC.
T.C. CONSULTORÍA, DISEÑO Y ASISTENCIA

ANEXO 05

Resultados de la Rotura
a la Flexión

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

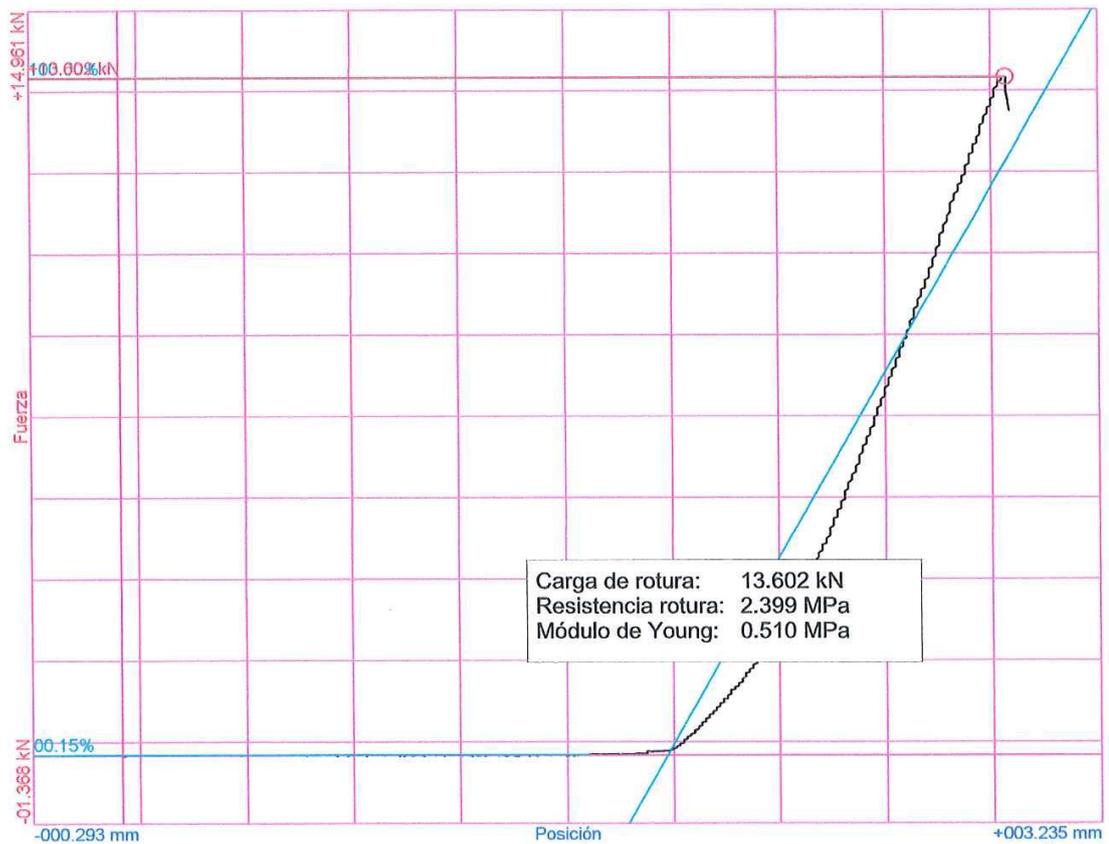
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 0% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 0% ESCO-001




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

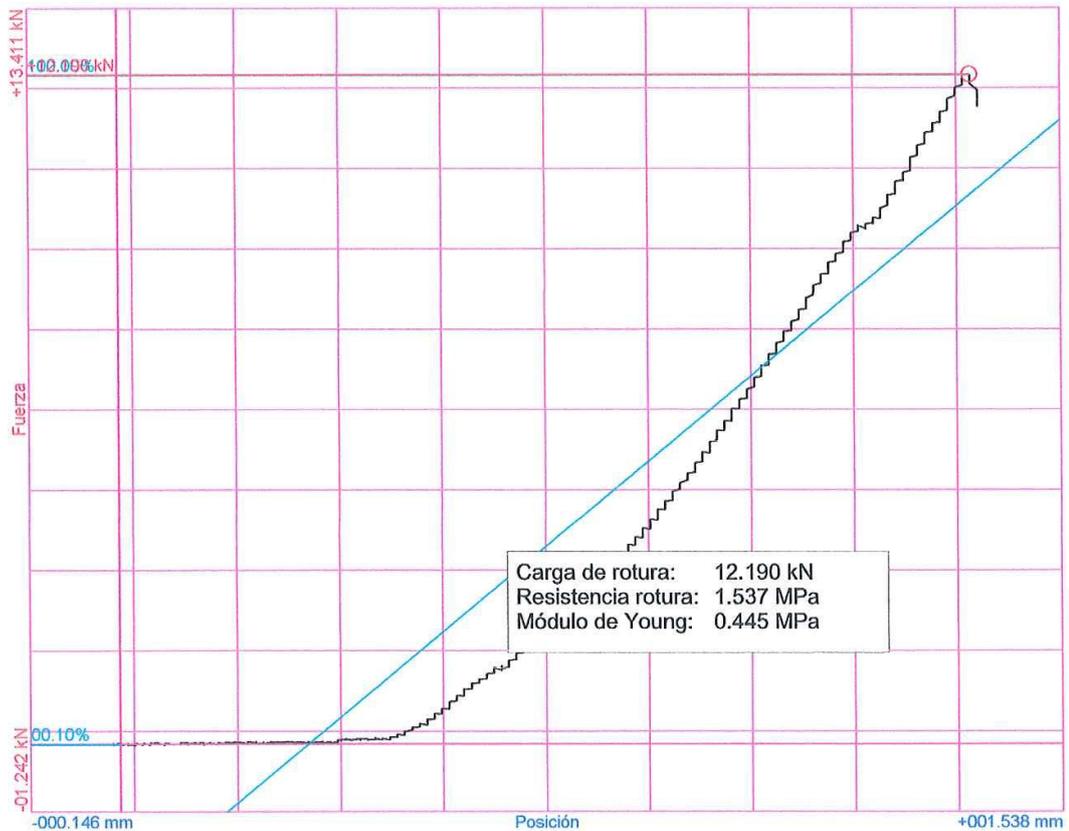
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 10% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 000.90 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 10% ESCO-001




Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructura e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

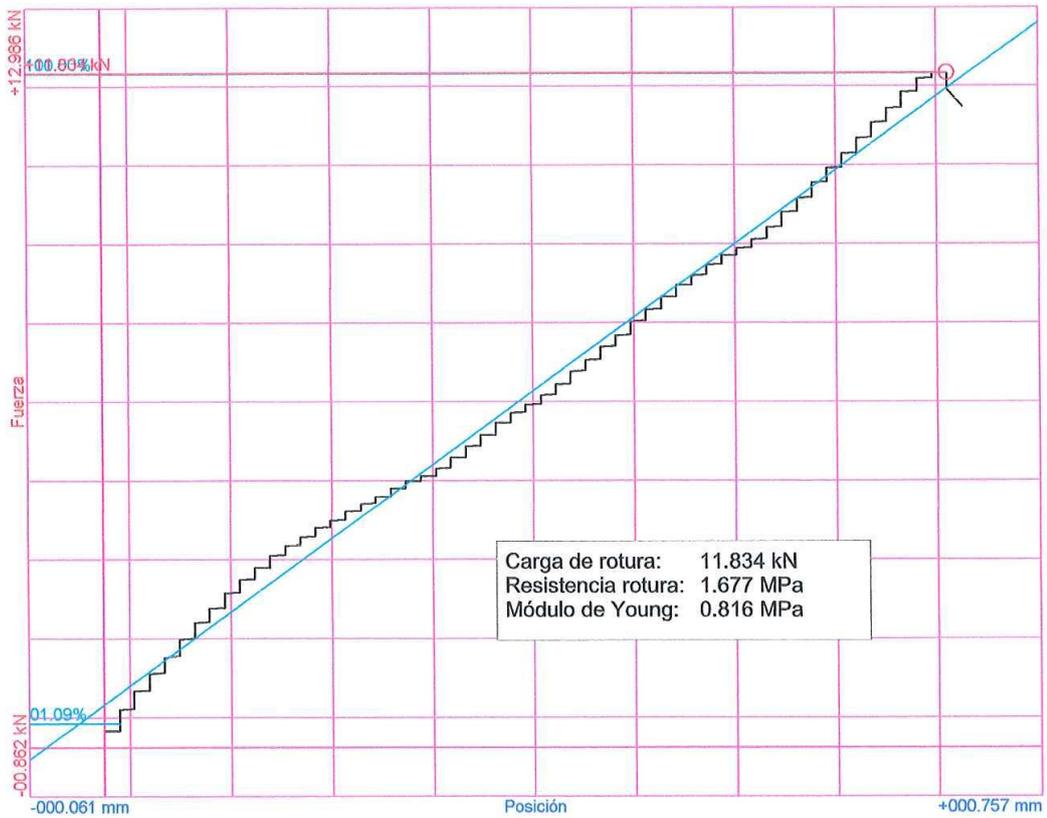
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 20% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 015.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 20% ESCO-001



Christian Mallapoma Reyes
Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

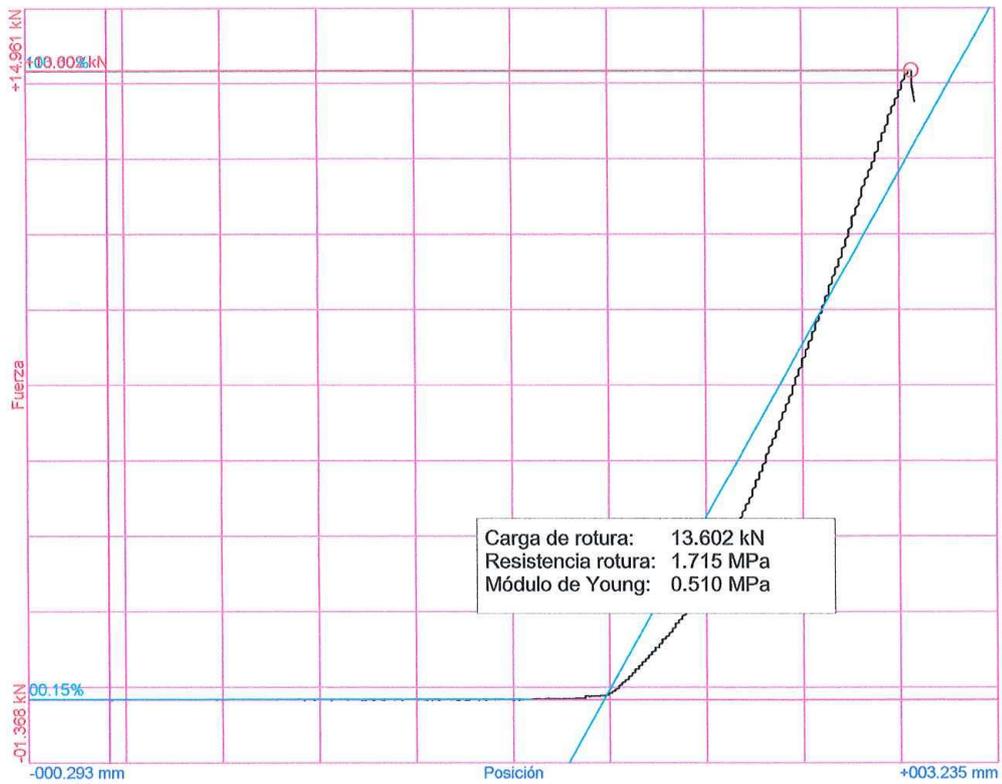
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 30% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 30% ESCO-001



Christian Reyes
Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

**Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos
Universidad Peruana Los Andes**

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

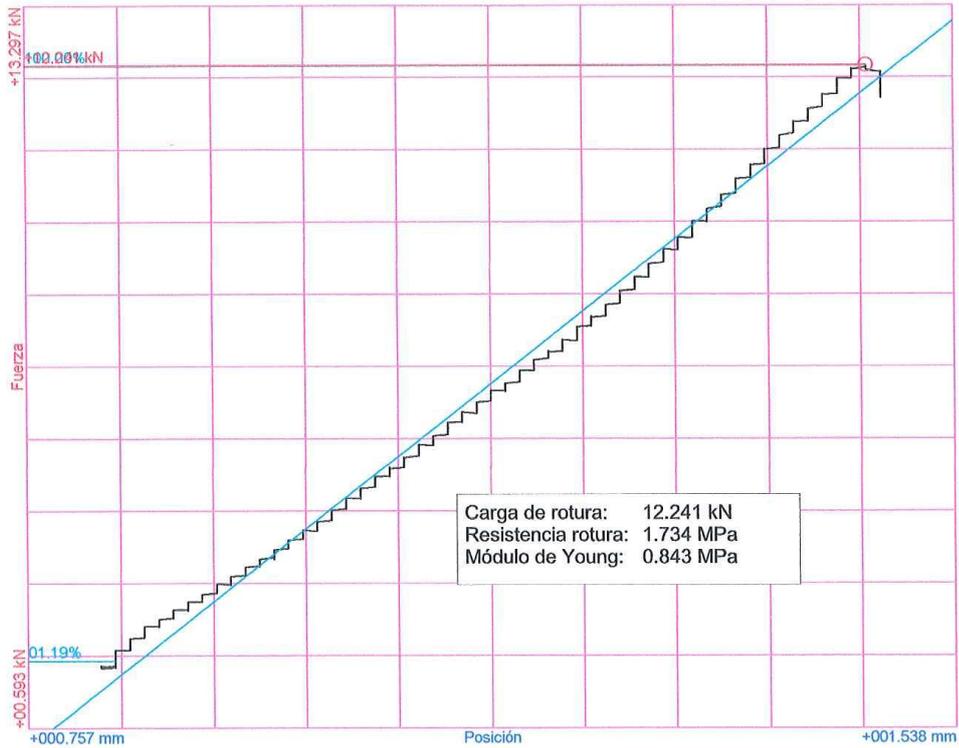
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 40% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 40% ESCO-001



Christian Mallaupoma Reyes
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

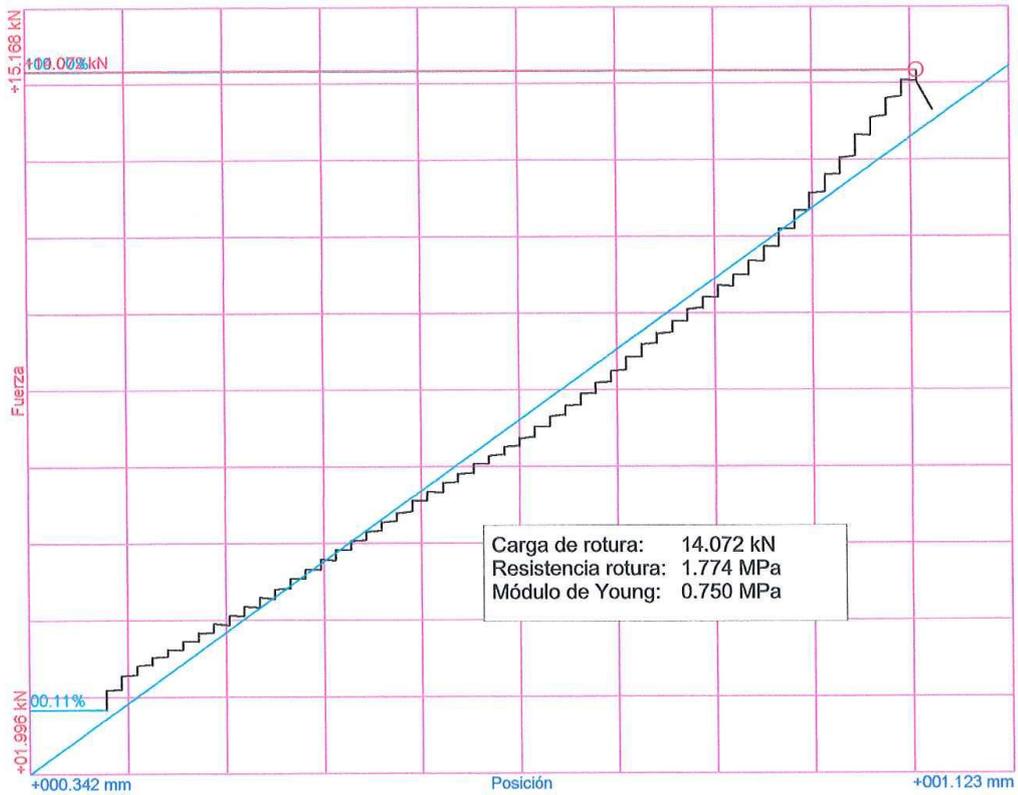
Referencias:

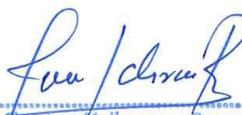
Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 50% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 001.50 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 50% ESCO-001




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

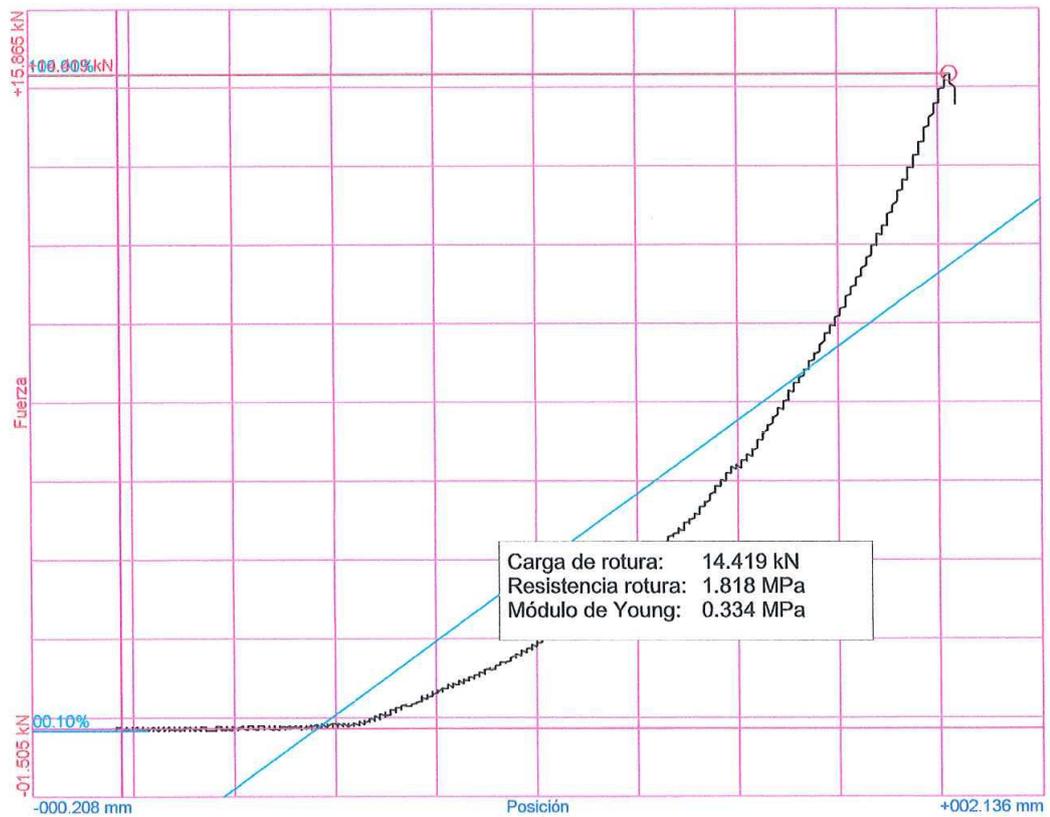
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 60% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 001.10 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 60% ESCO-001




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

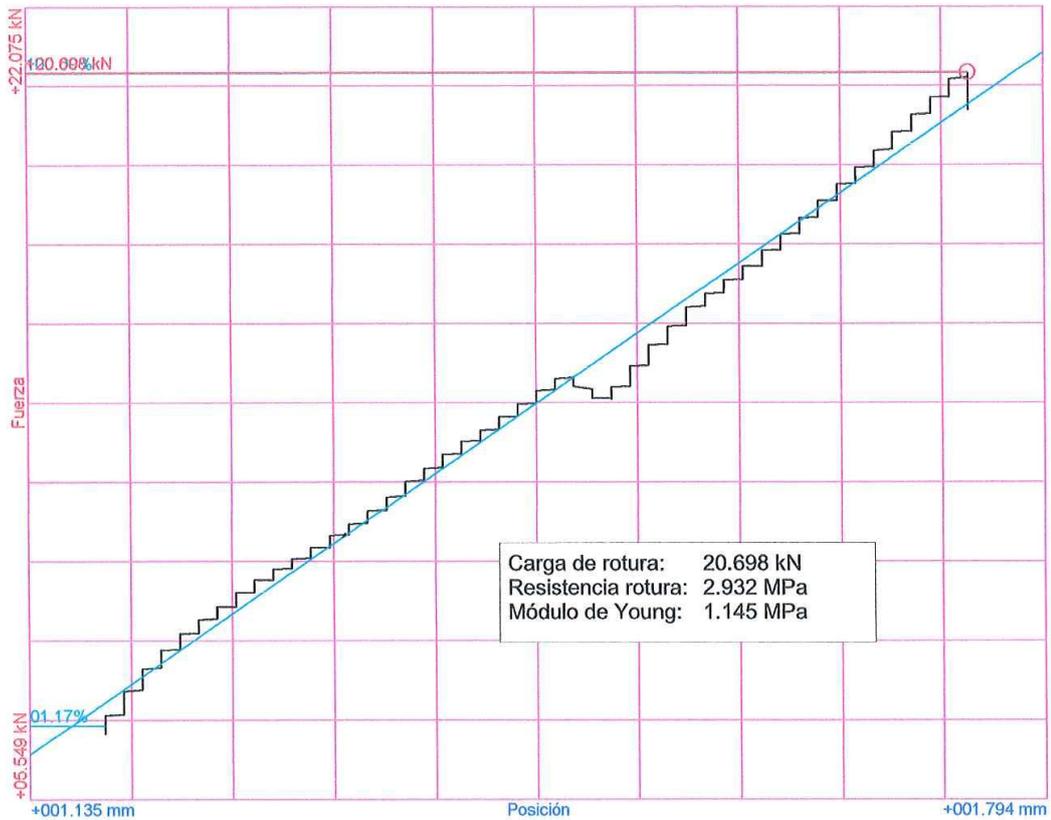
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 70% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 70% ESCO-001



Christian Mallaupoma
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

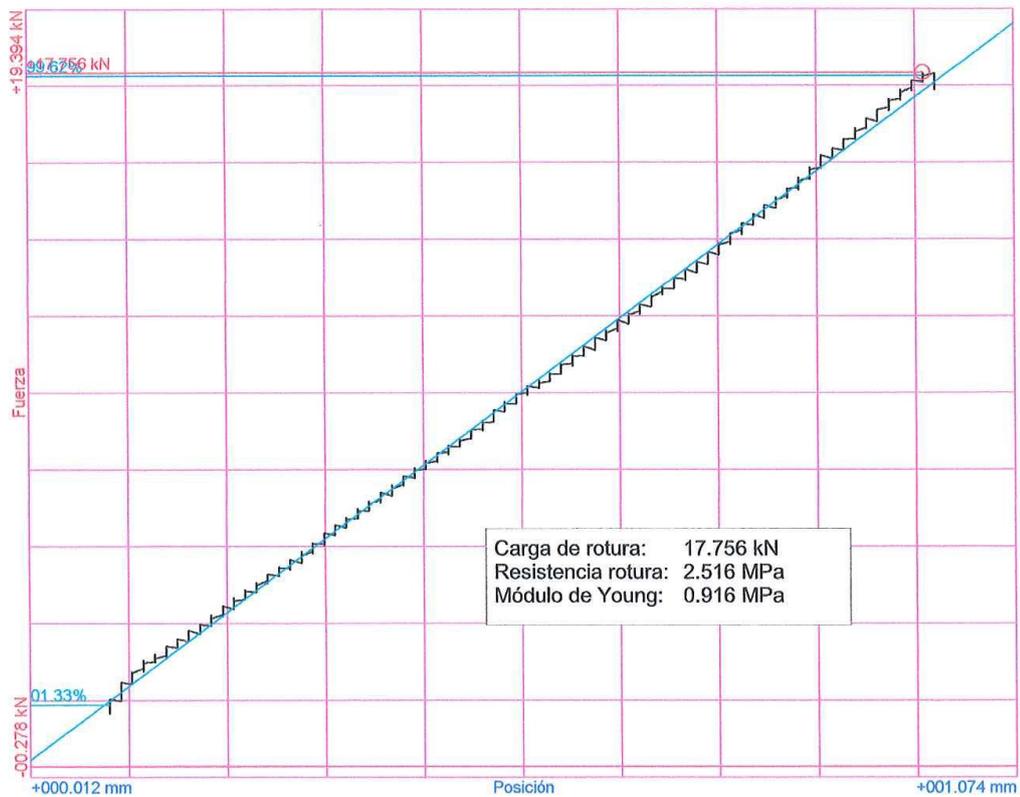
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 80% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 80% ESCO-001



Christian Mallapoma Reyes
Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

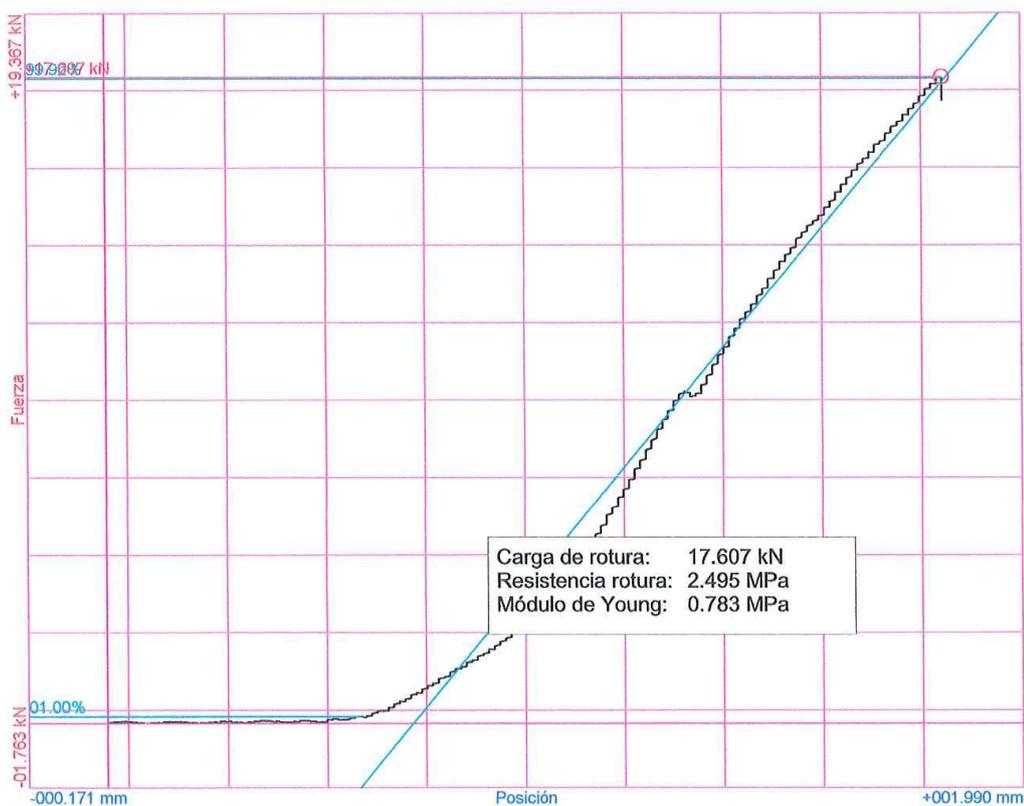
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 90% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 90% ESCO-001



Christian Matallana Reyes
Ing. Christian Matallana Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

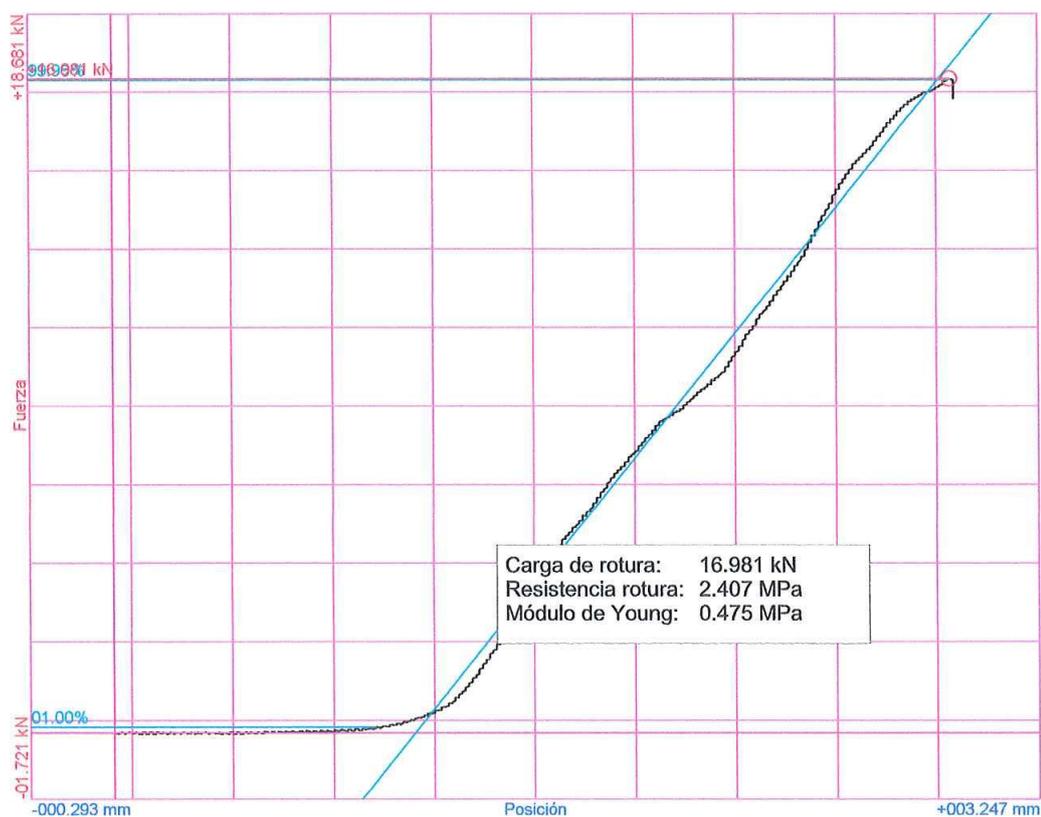
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V.100% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 100% ESCO-001




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

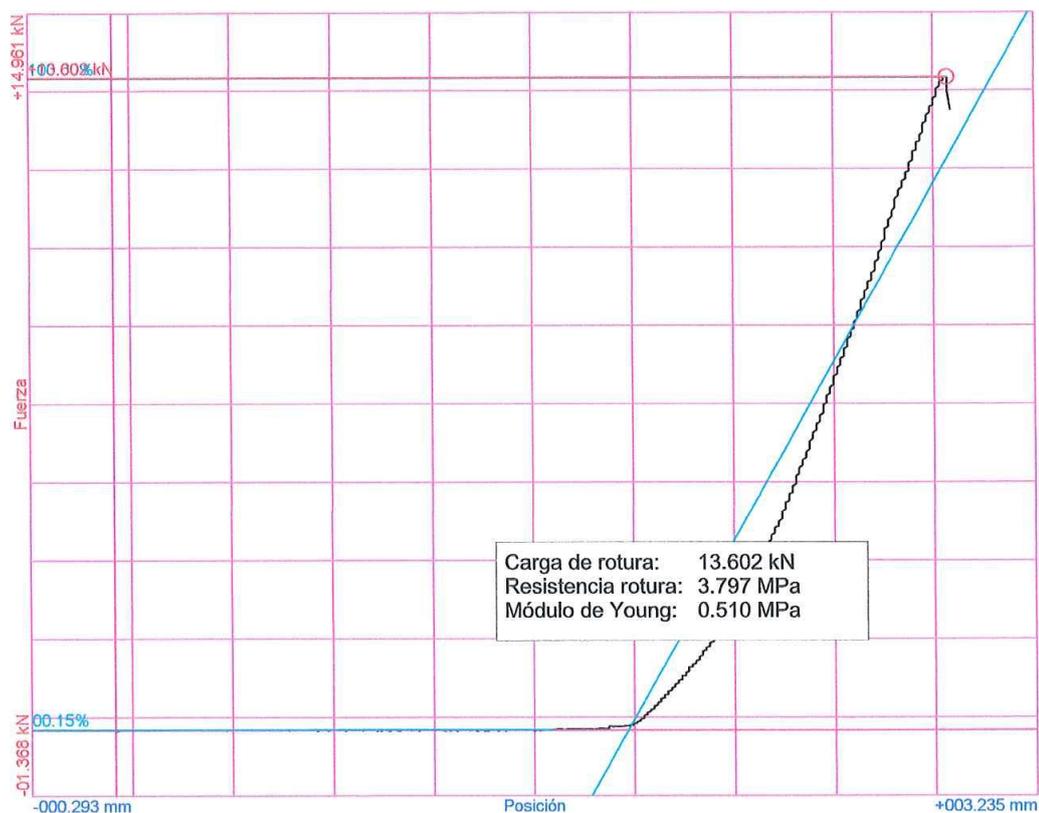
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 0% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 0% ESCO-001



Christian Mallaupoma Reyes
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

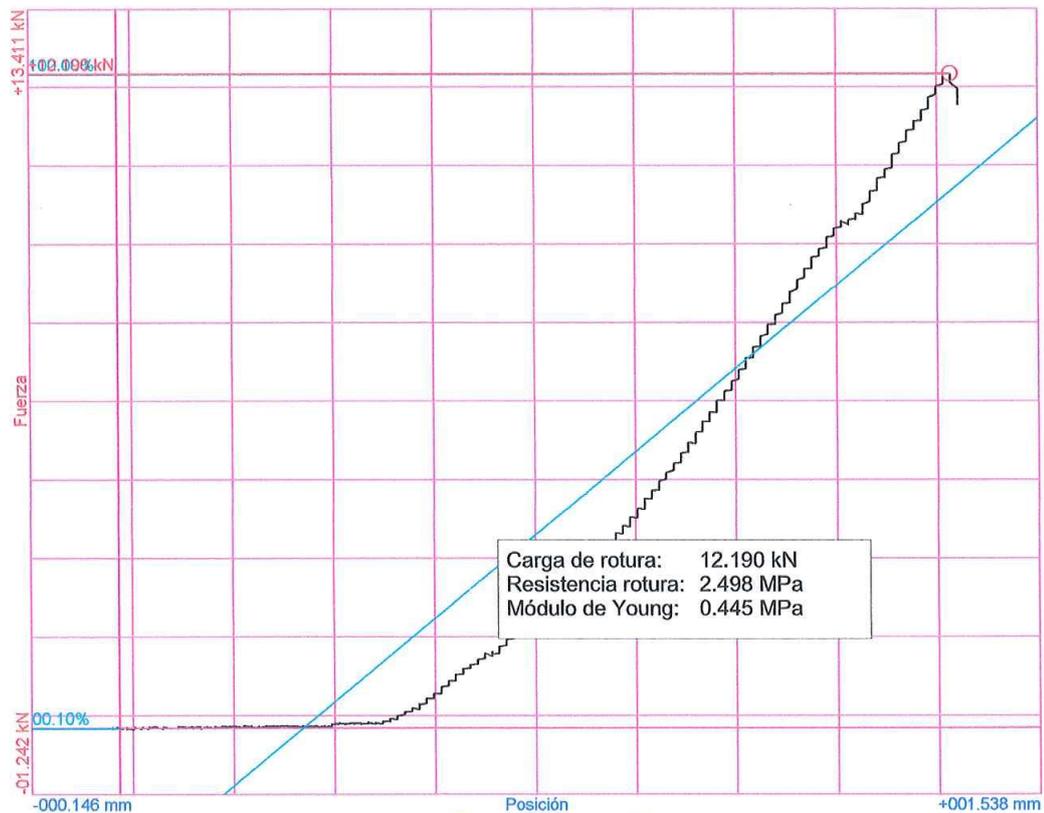
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 10% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 000.90 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 10% ESCO-001



Christina Reyes
Ing. Christina Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

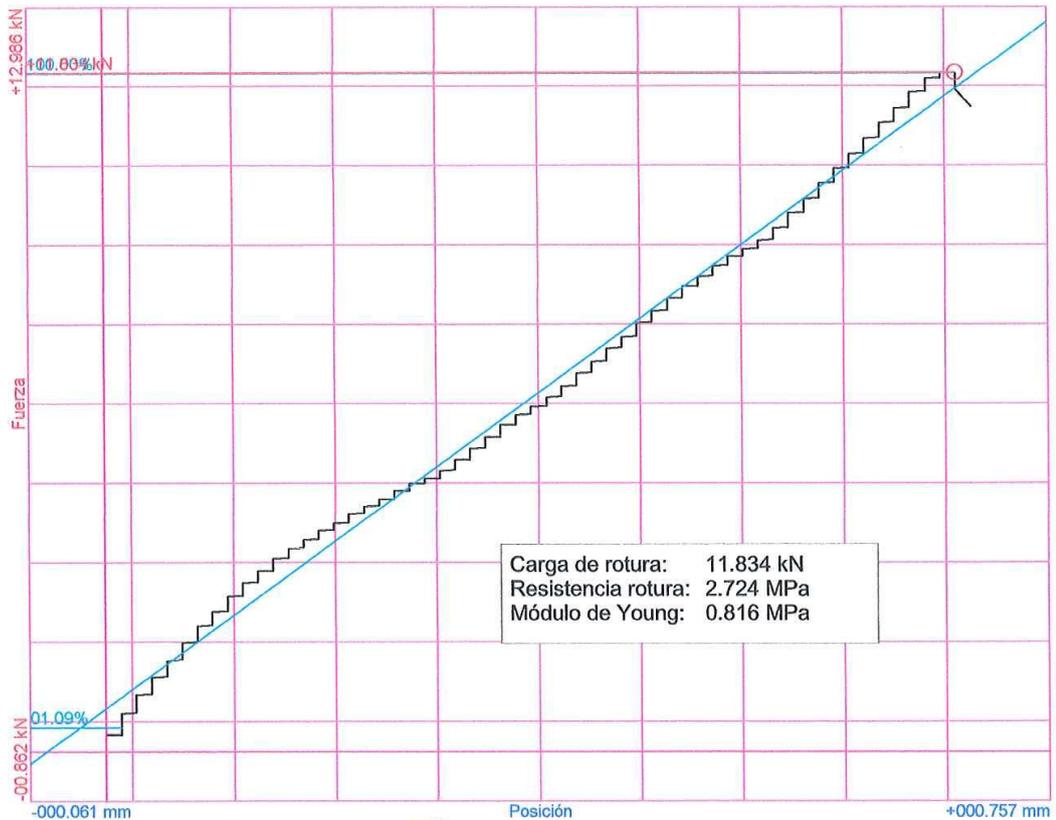
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 20% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 015.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 20% ESCO-001



Rece / clon 2
Ing. Christian Millaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

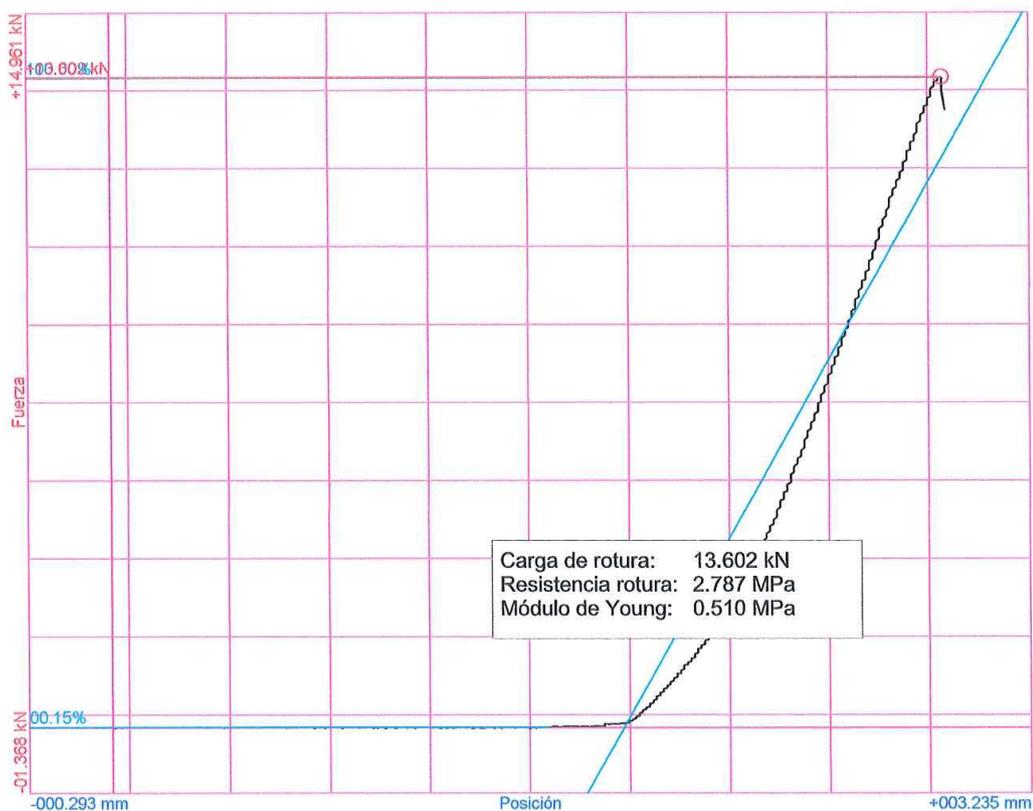
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 30% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 30% ESCO-001




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

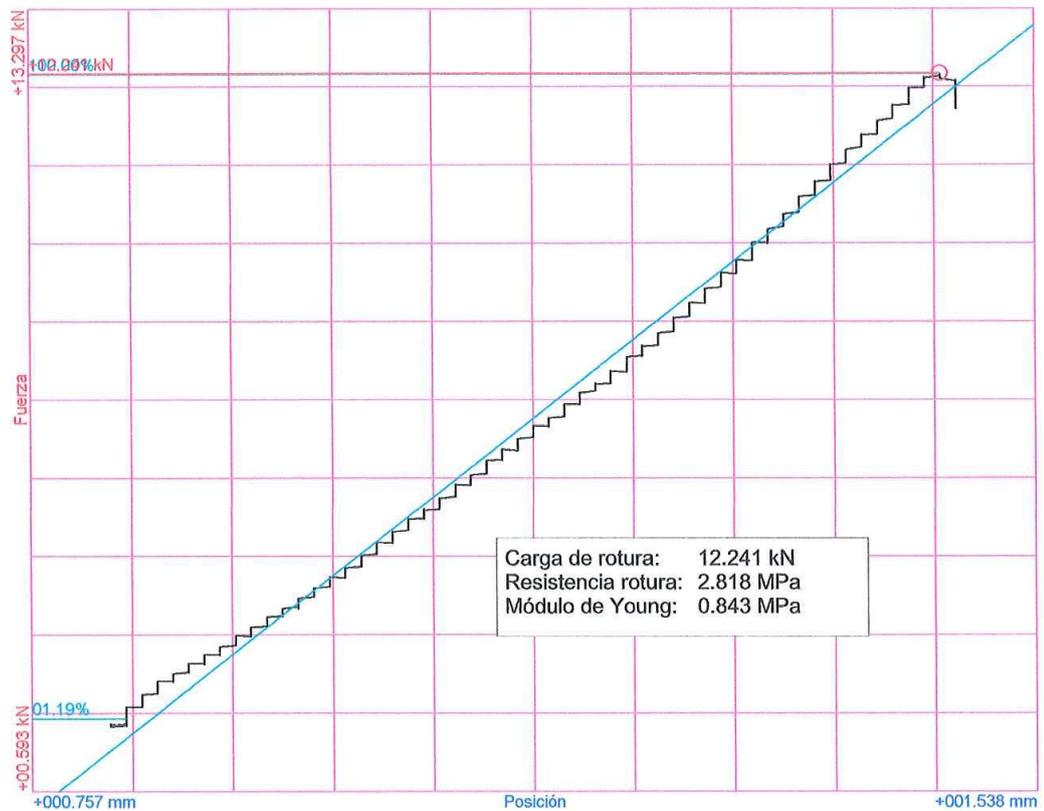
Referencias:

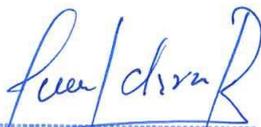
Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 40% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 40% ESCO-001




Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

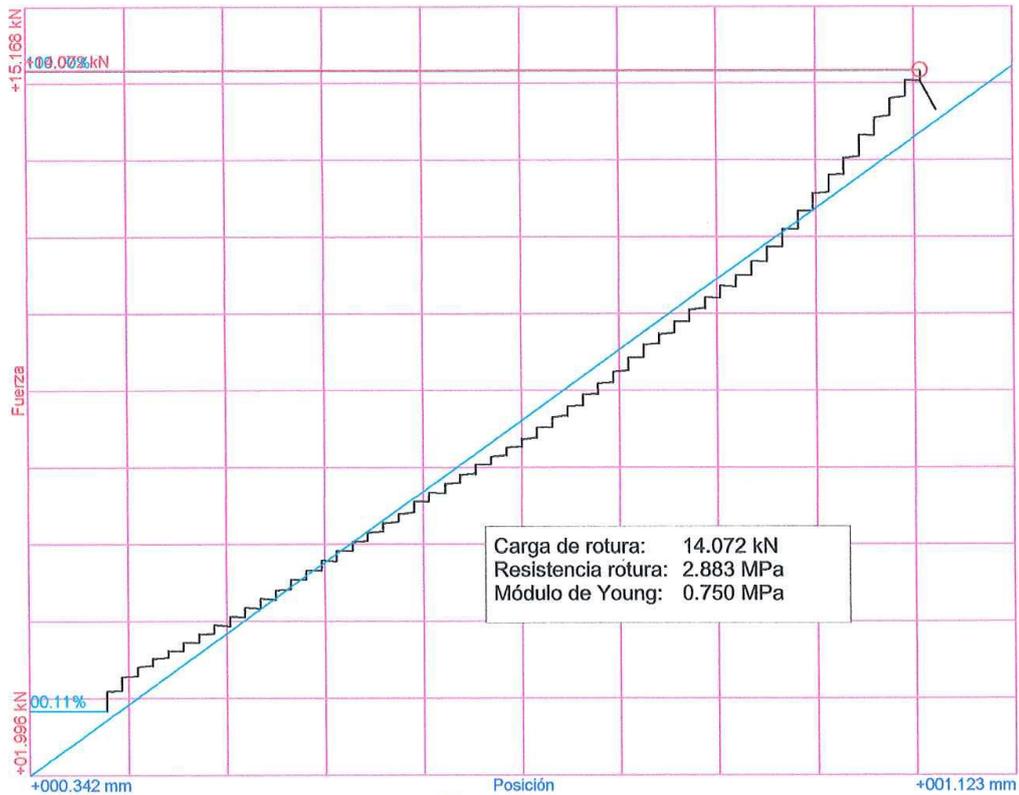
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 50% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 001.50 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 50% ESCO-001



Christian M...
Ing. Christian Malmipoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

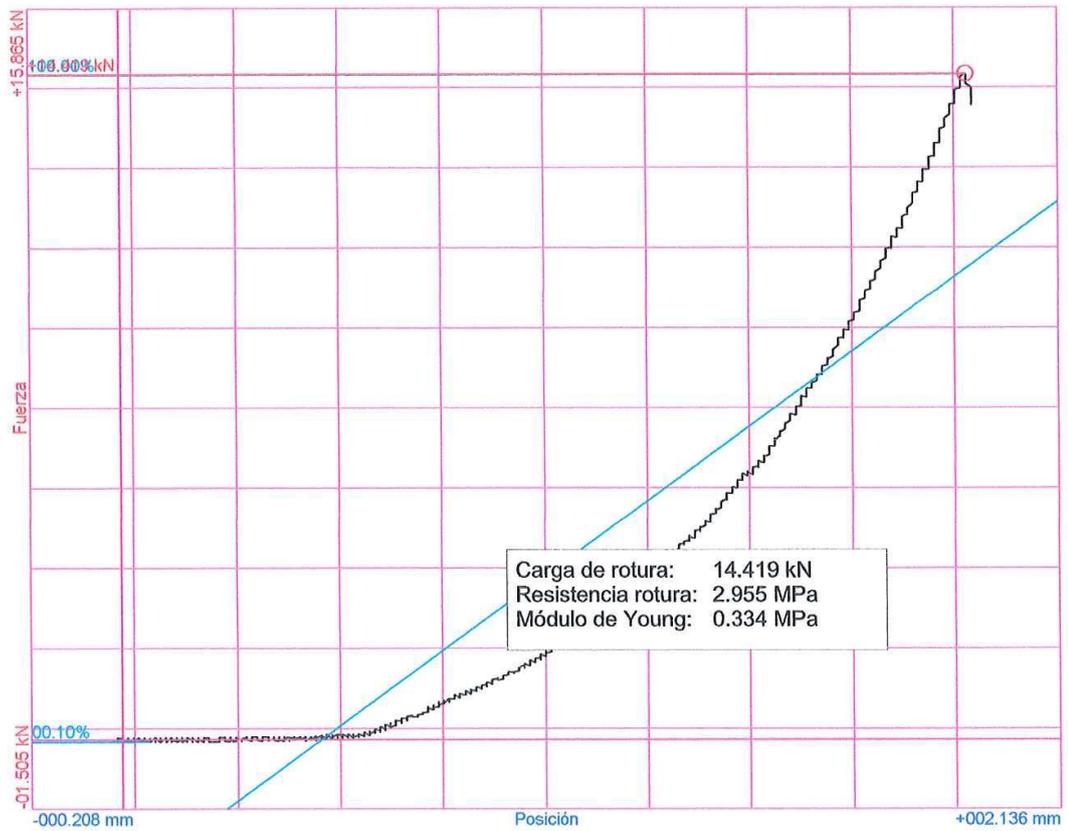
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 60% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 001.10 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 60% ESCO-001



Christian Mallaupoma Reyes
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

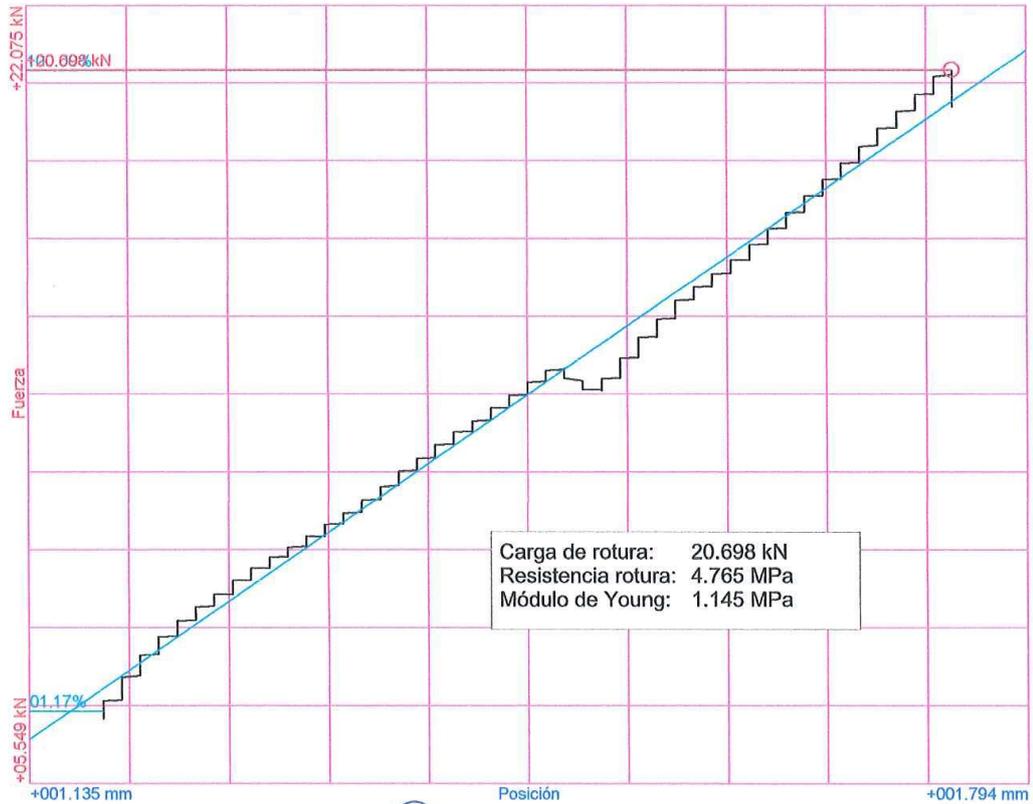
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 70% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 70% ESCO-001



Free/Chris R
Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

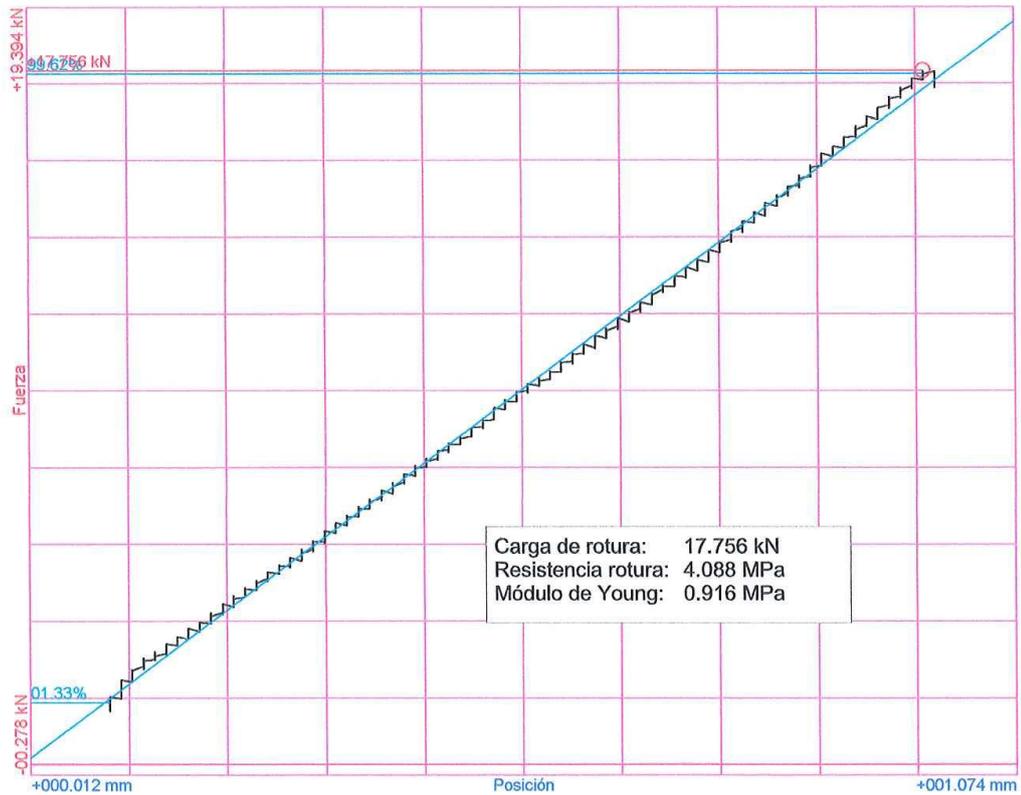
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 80% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 80% ESCO-001



Christian Mallapoma Reyes
Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

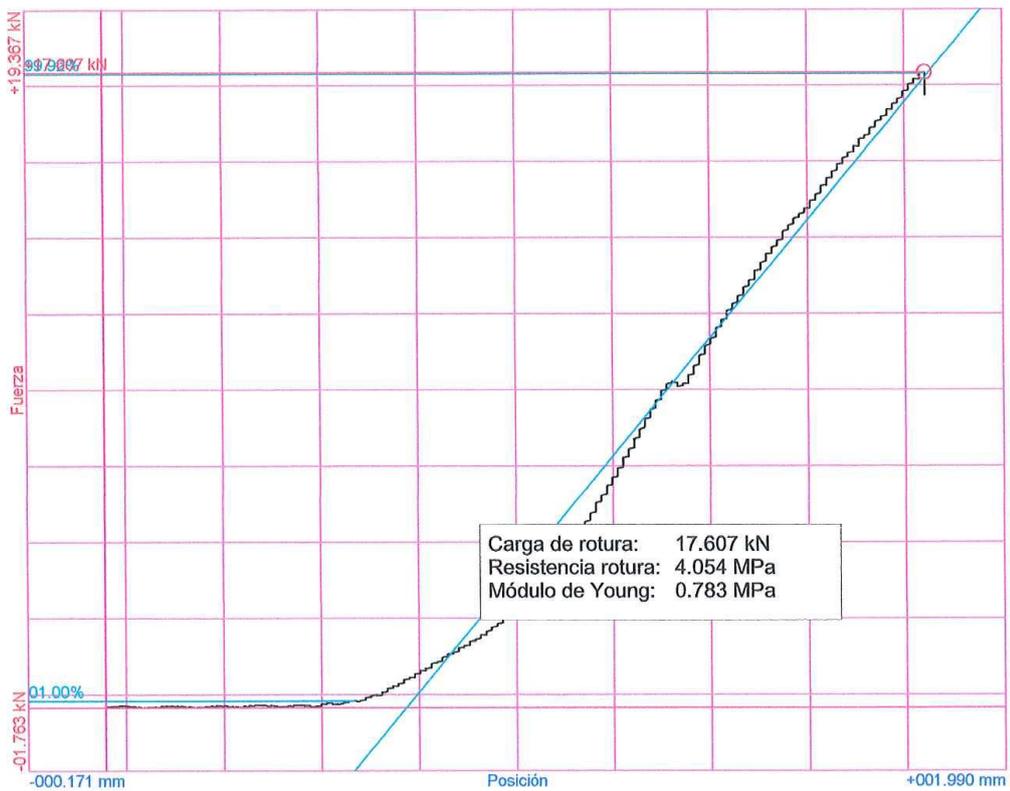
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V. 90% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 90% ESCO-001




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

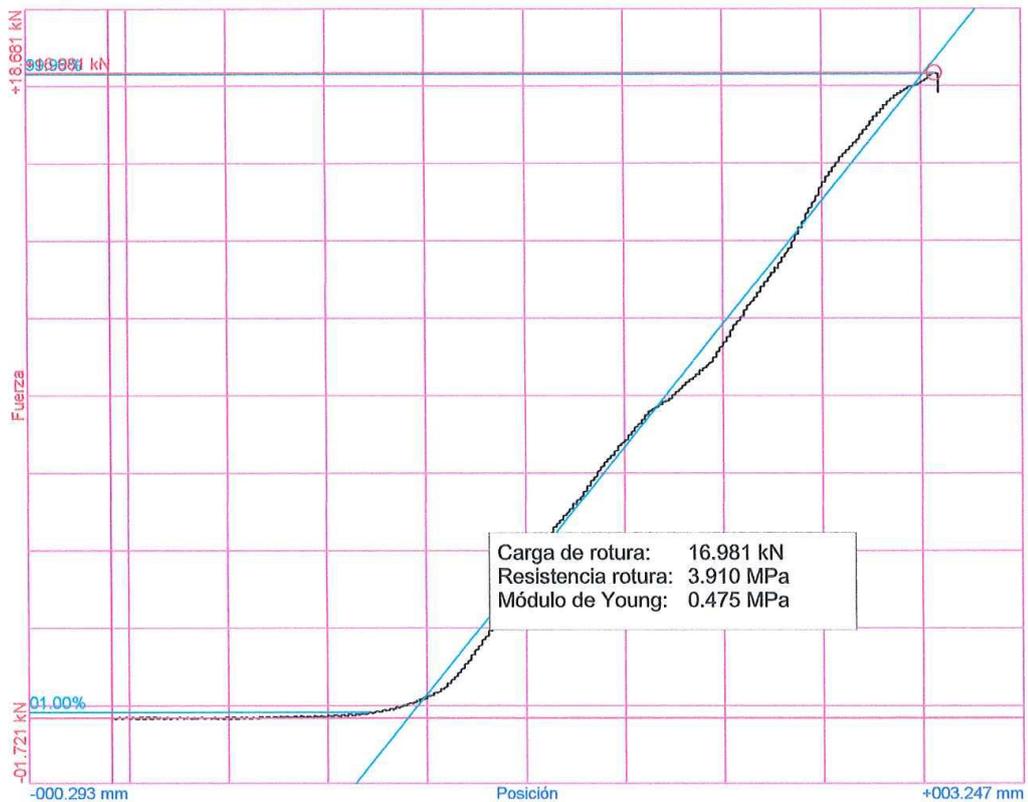
Referencias:

Fecha: 07/11/2019
Probeta: V.100% ESCO-001

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 100% ESCO-001




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

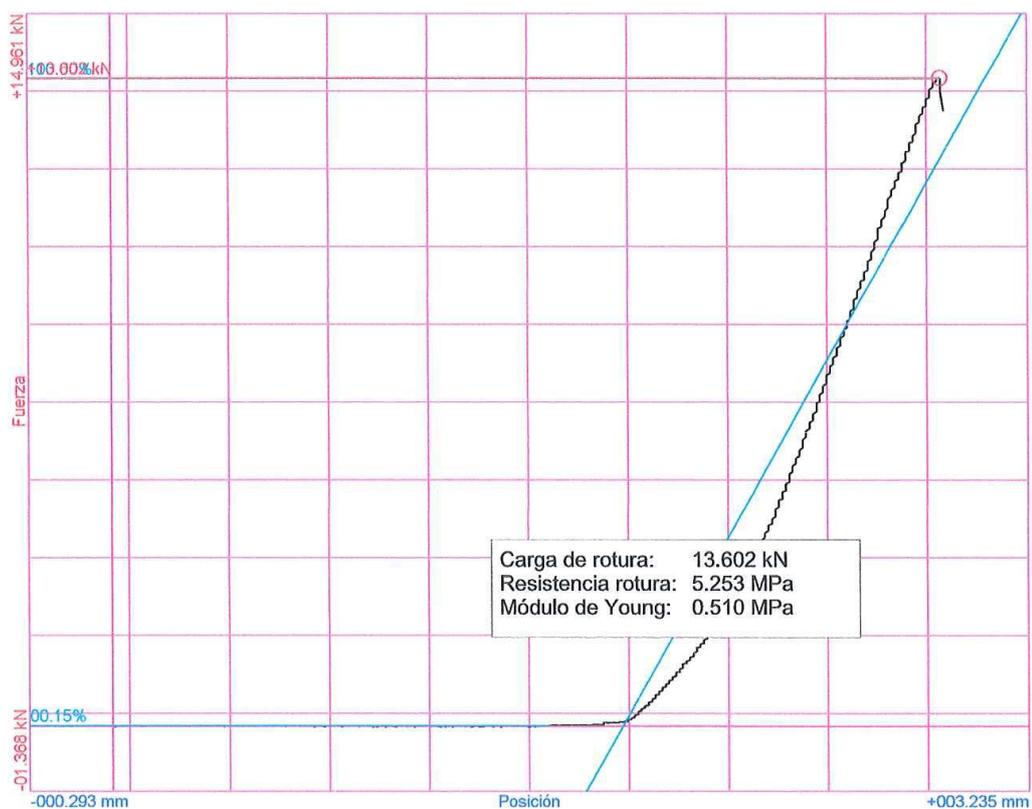
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 0% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 0% ESC.




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

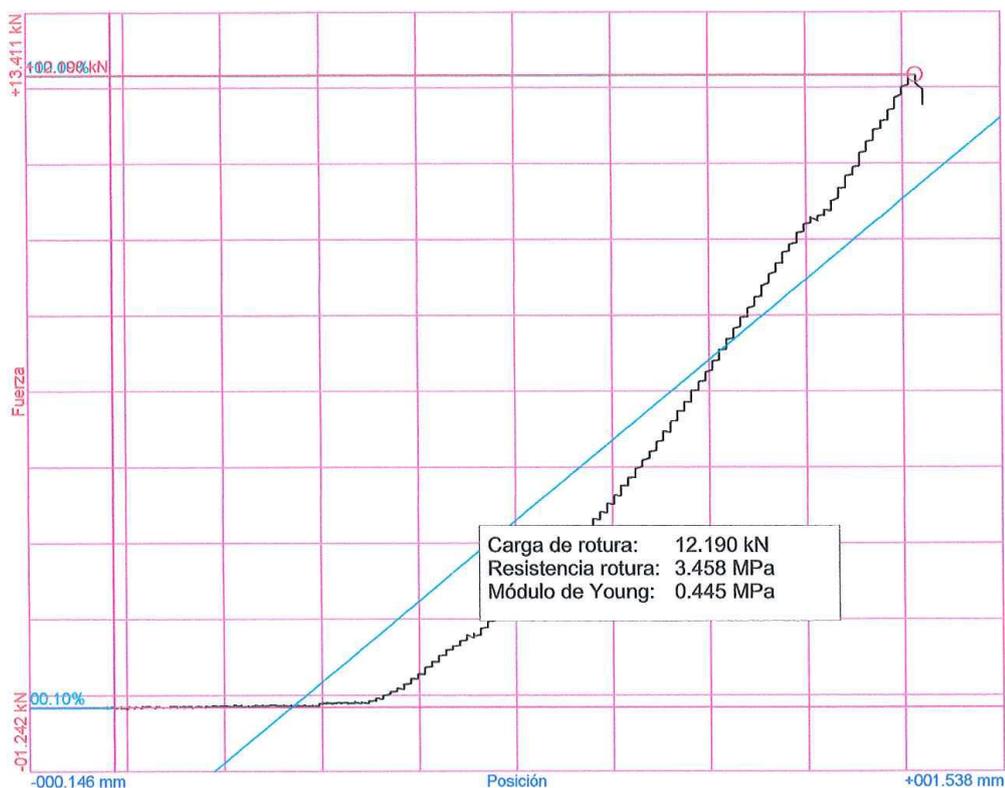
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 10% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 000.90 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 10% ESC.



Christian Mallapoma Reyes
Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

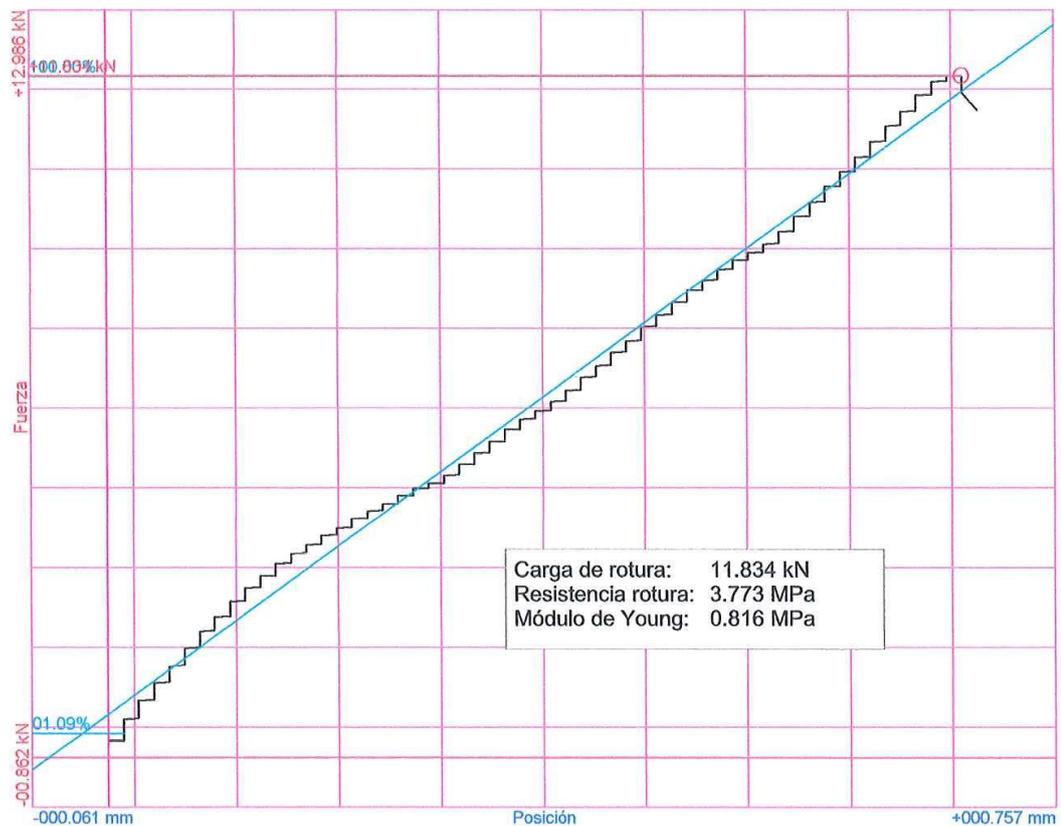
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 20% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 015.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 20% ESC.



Christian Mallapoma Reyes
Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

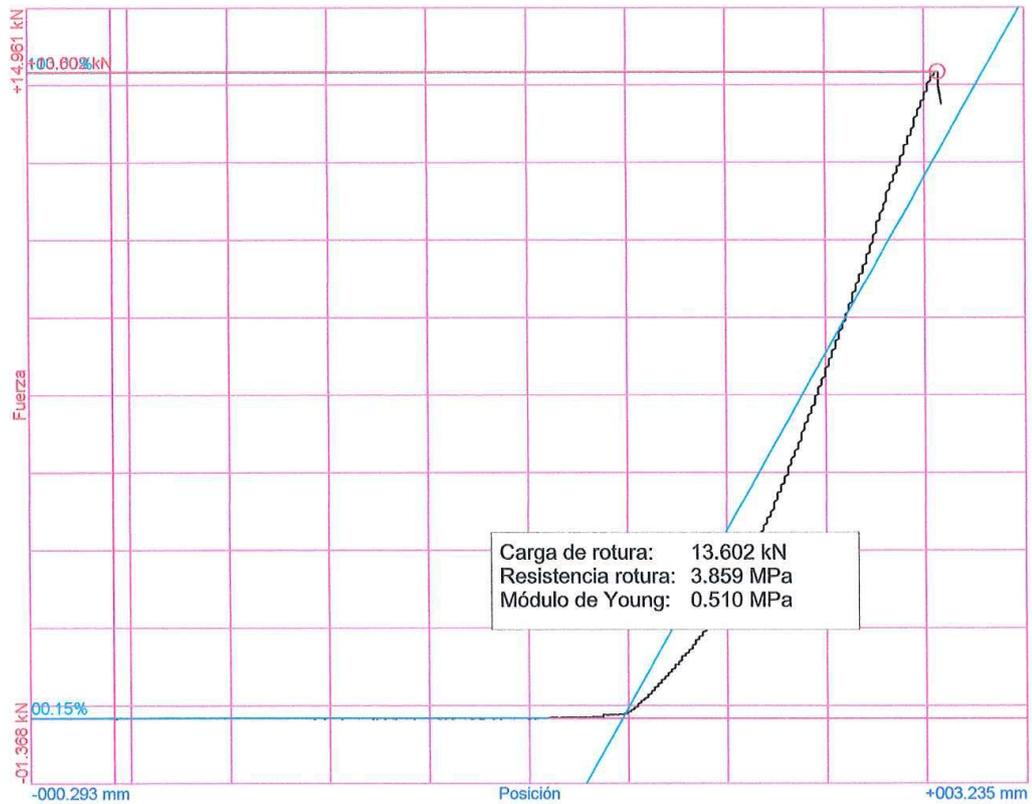
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 30% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 30% ESC.



Christian Mallaupoma Reyes
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

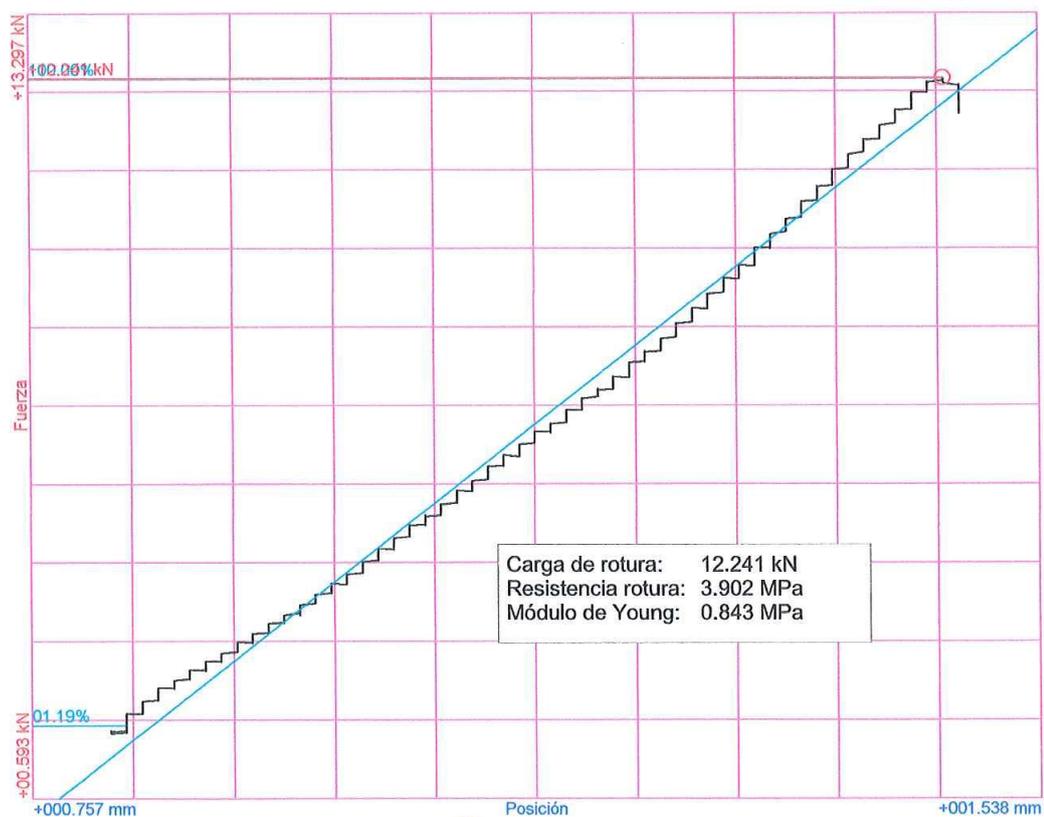
Referencias:

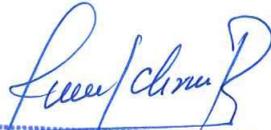
Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 40% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 40% ESC.




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

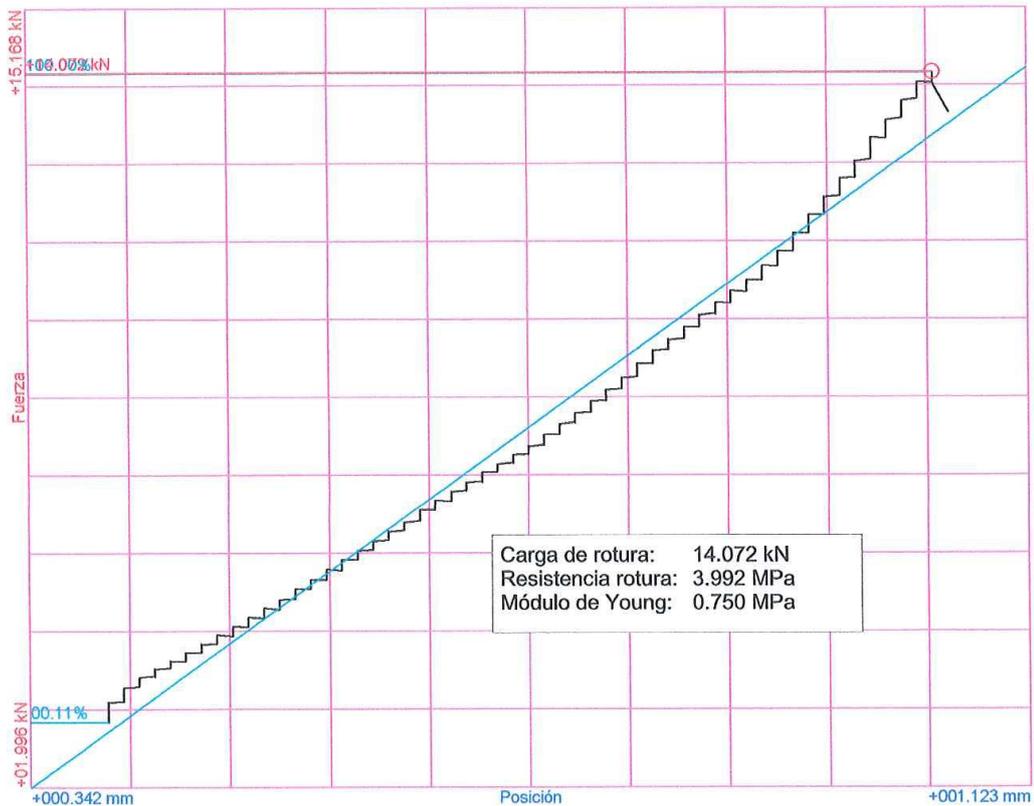
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 50% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 001.50 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 50% ESC.




Ing. Christian Mallapoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

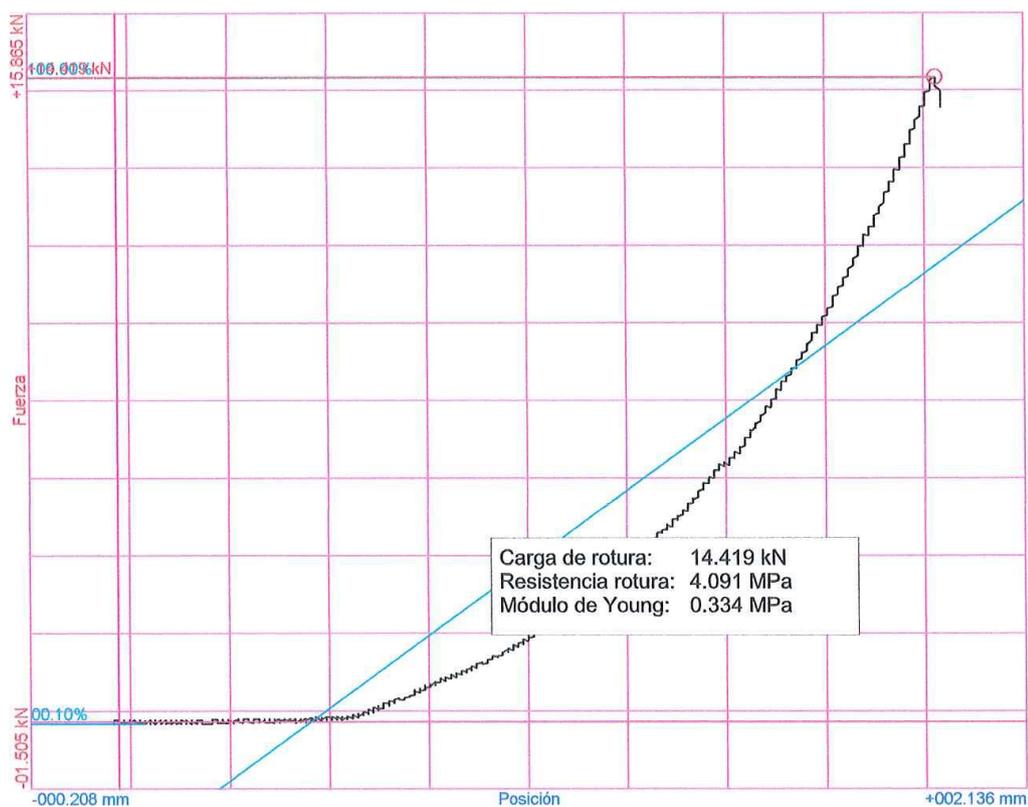
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 60% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 001.10 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 60% ESC.




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

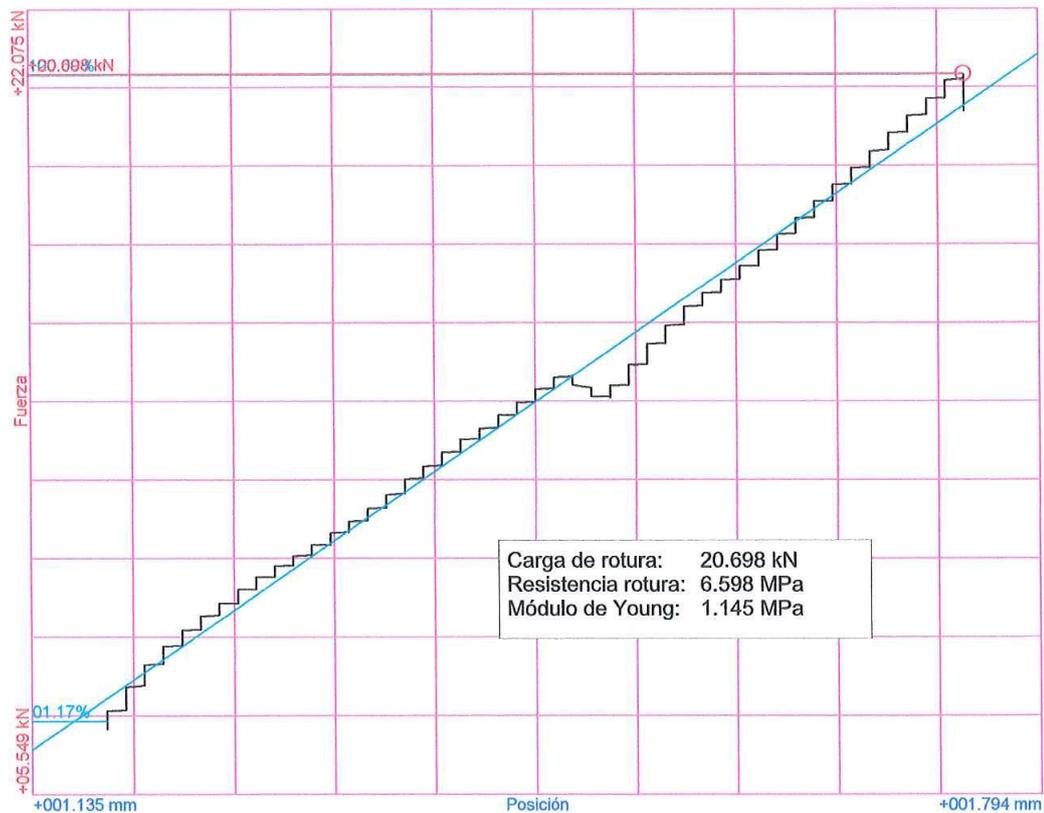
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 70% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 70% ESC.




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

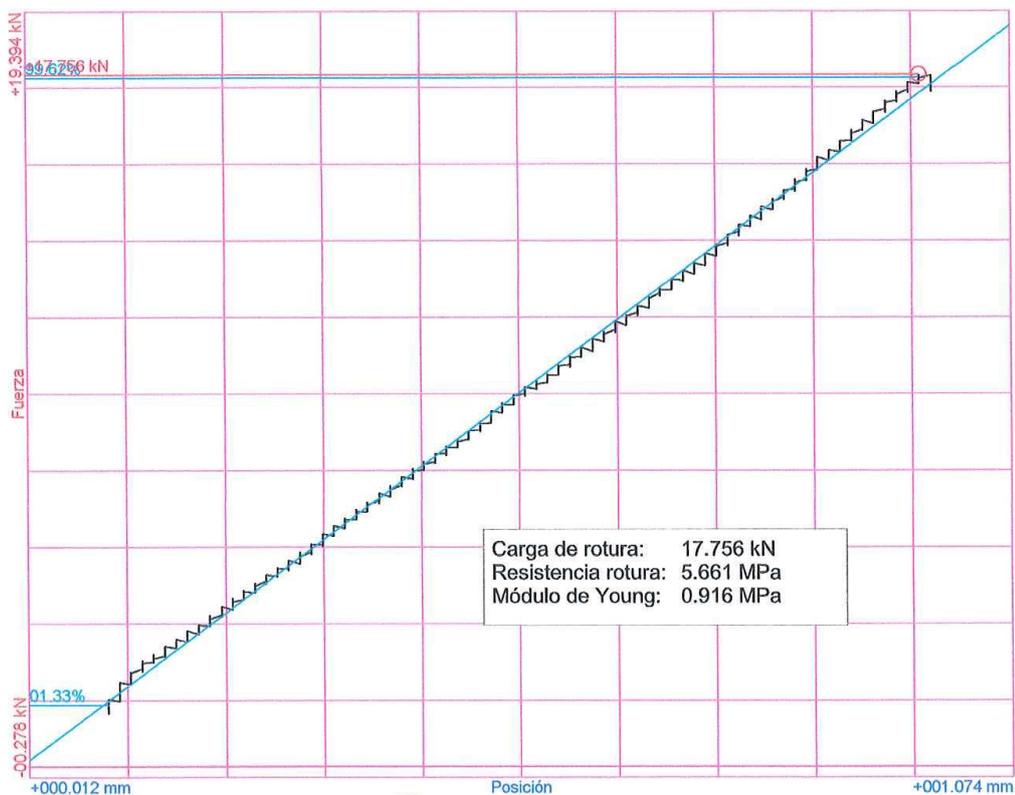
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 80% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 80% ESC.



Christian Mallaupoma Reyes
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

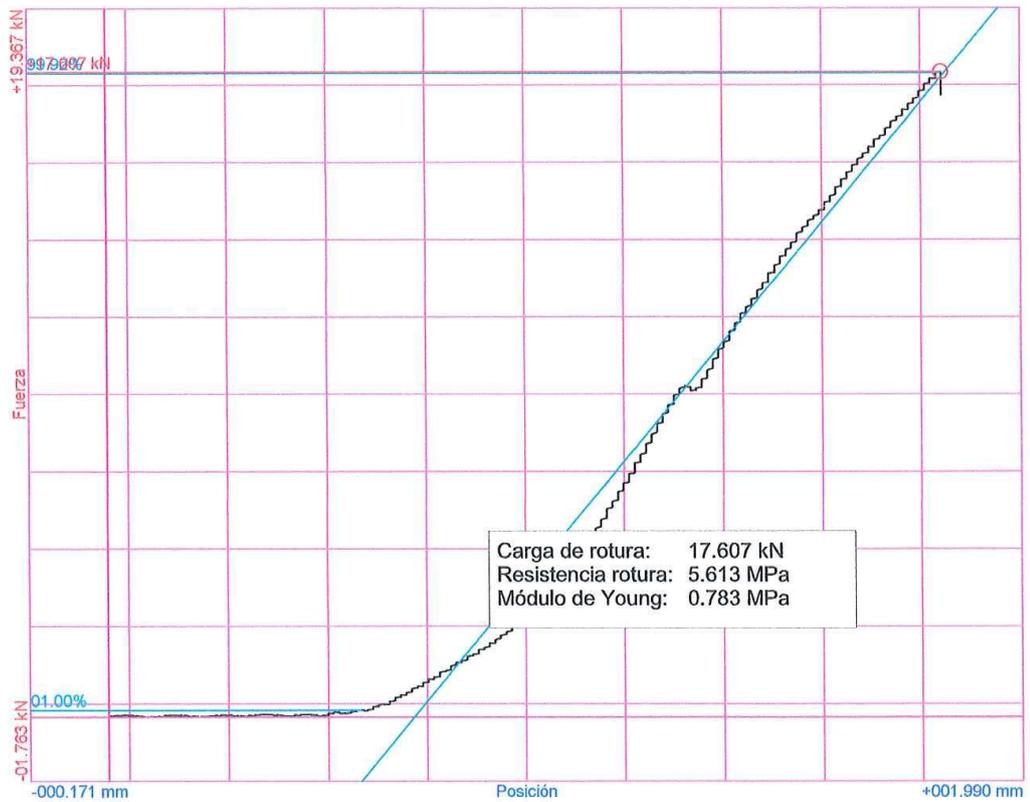
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V. 90% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 90% ESC.




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

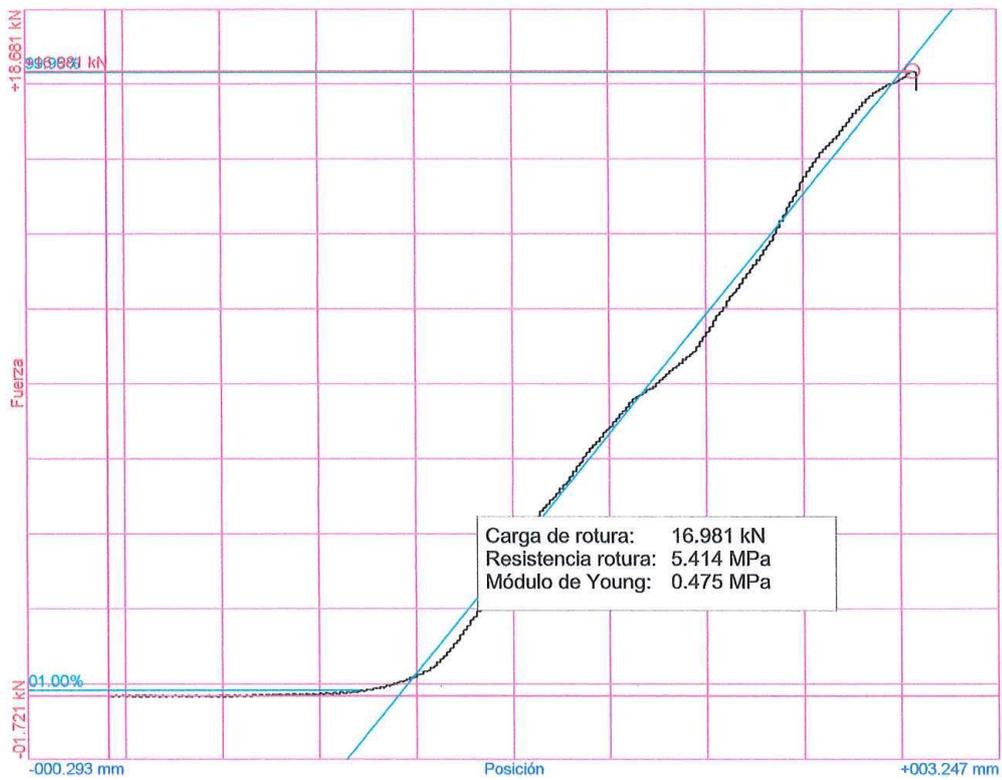
Referencias:

Fecha: 21/01/2020
Probeta: V.100% ESC.

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 100% ESC.



Christian Mataupoma Reyes
Ing Christian Mataupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

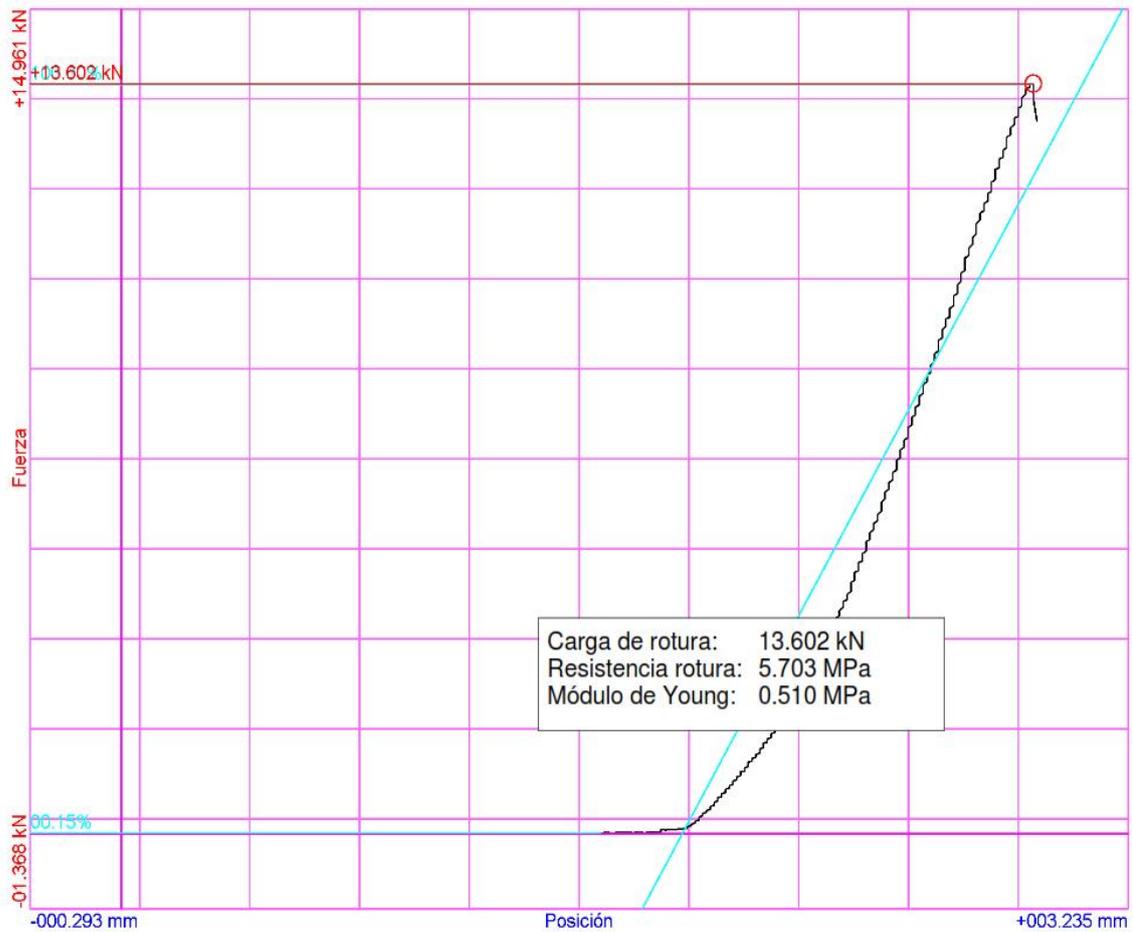
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 0% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 0% ESCO-004



Christian Mallaupoma Reyes
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

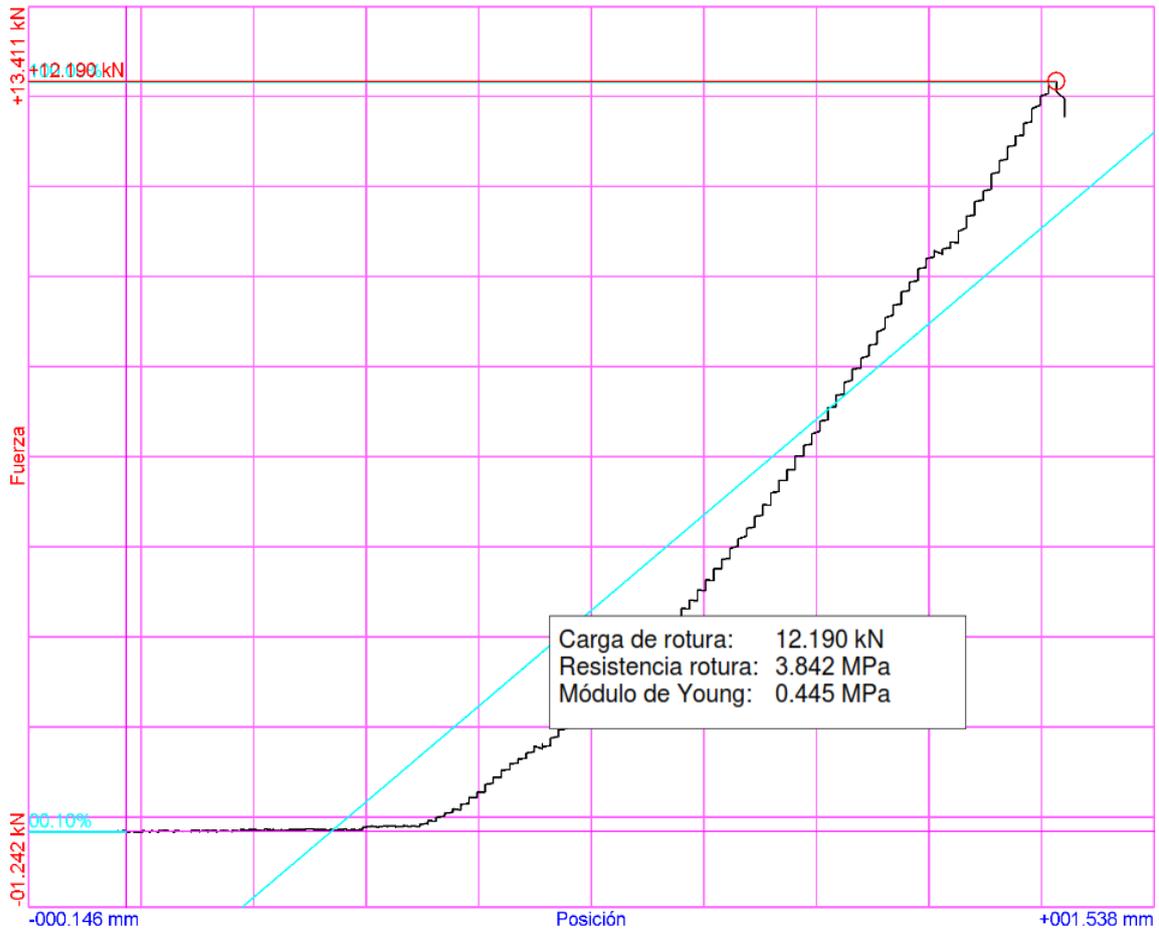
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 10% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 000.90 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 10% ESCO-004



Lucy/Christina
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

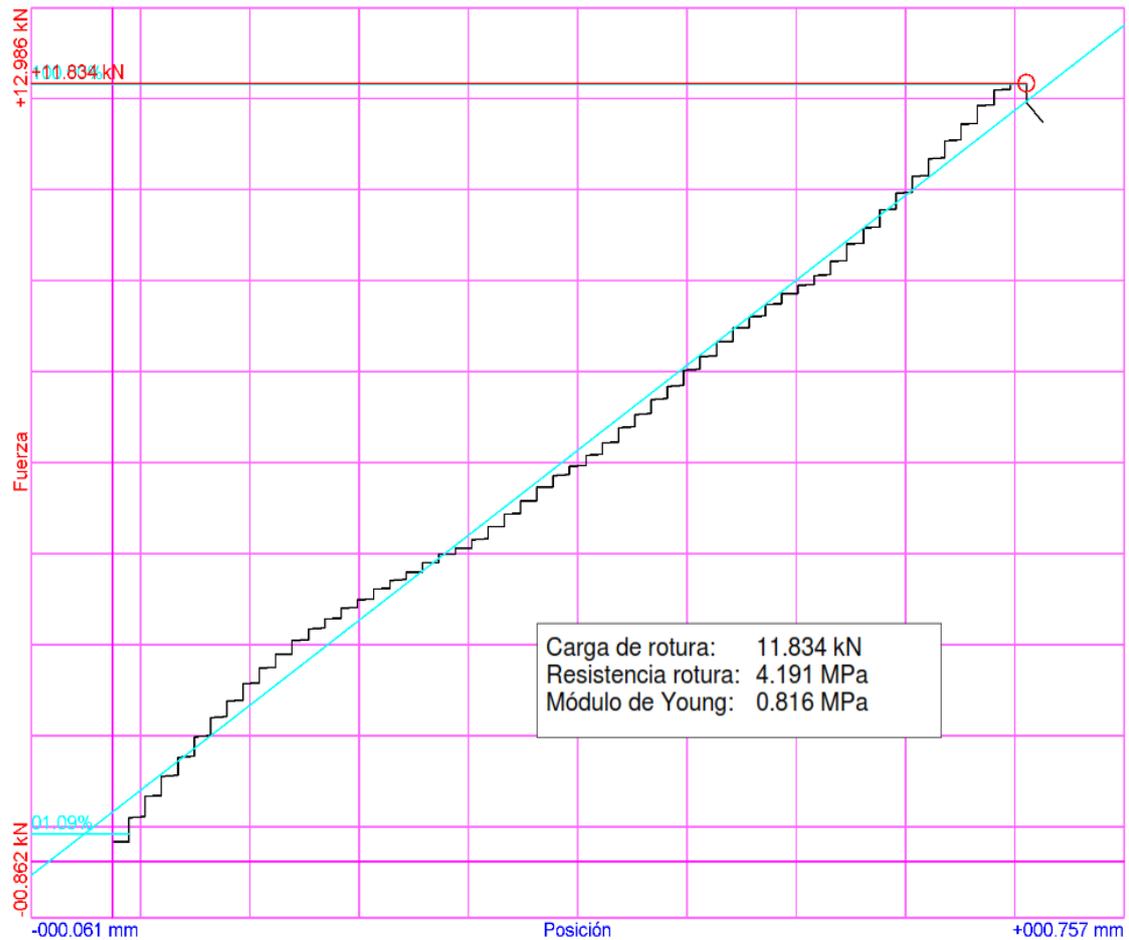
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 20% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 015.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 20% ESCO-004




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

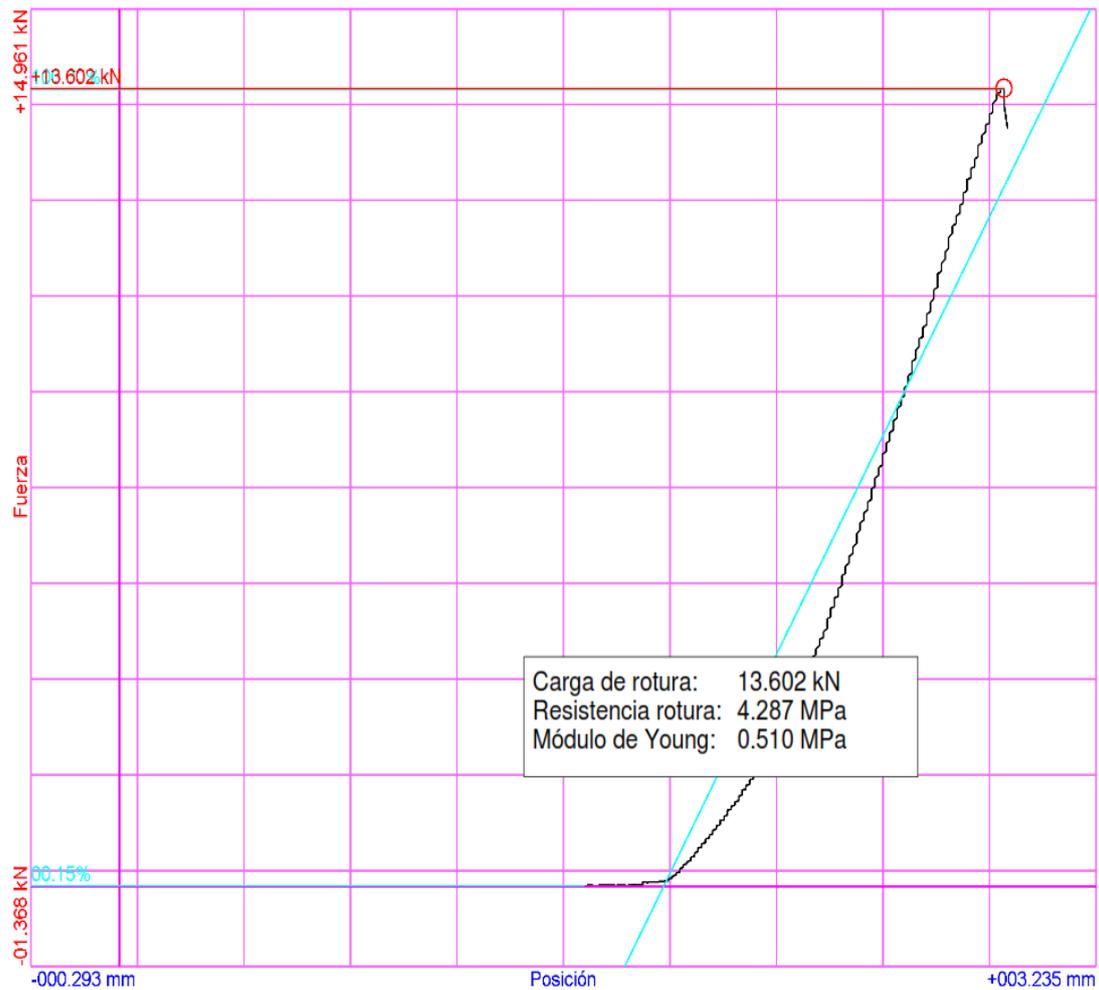
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 30% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 000.74 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 30% ESCO-004



Fuerza/Christian R
Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

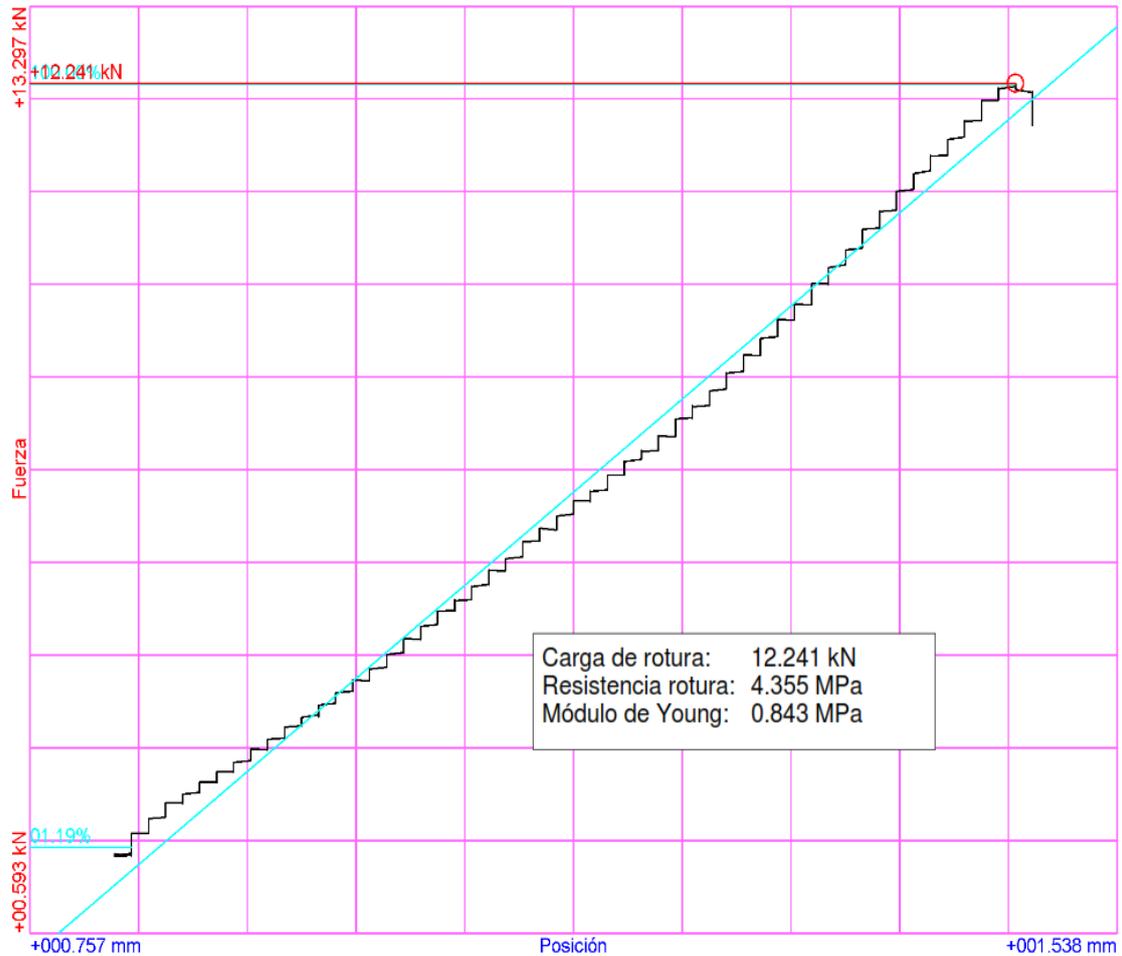
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 40% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 40% ESCO-004




Ing. Christian Mallavpona Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

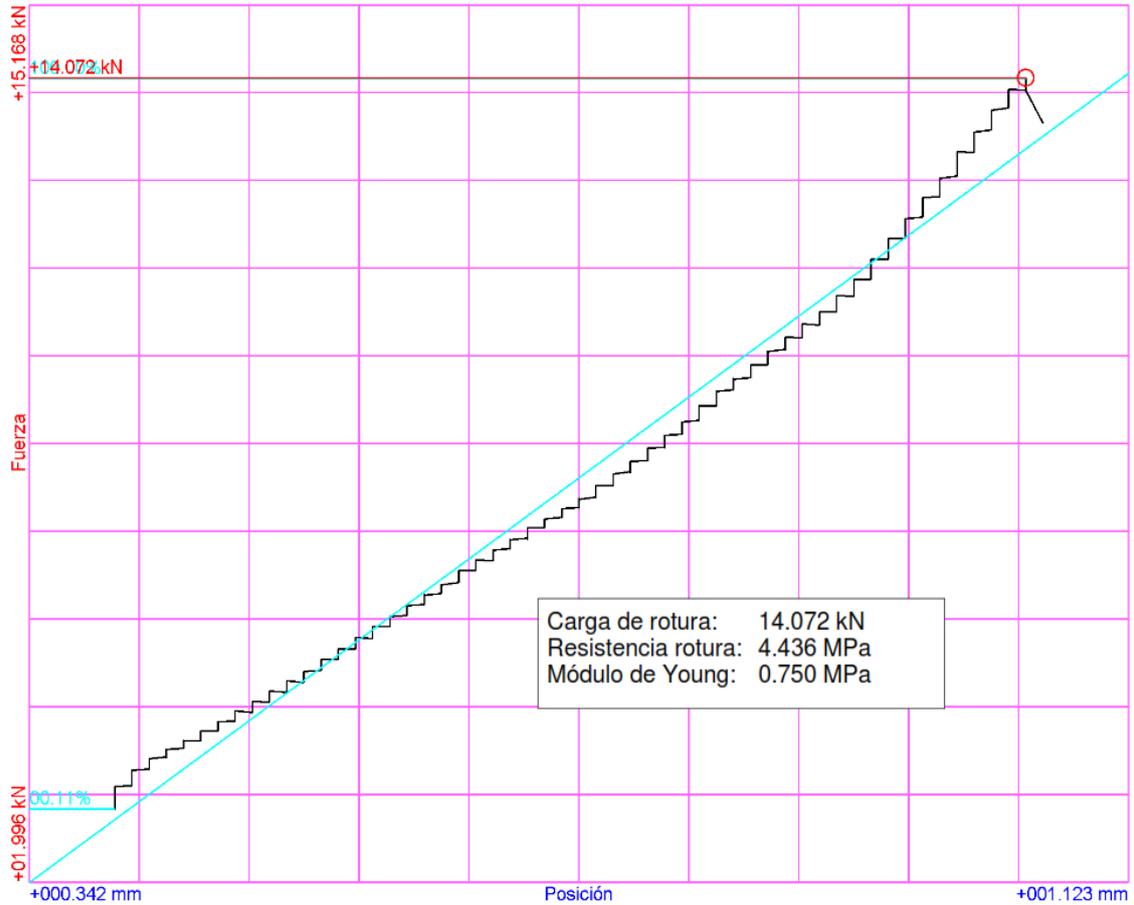
Referencias:

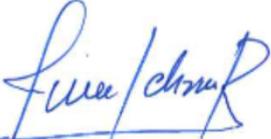
Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 50% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 001.50 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 50% ESCO-004




Ing/Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

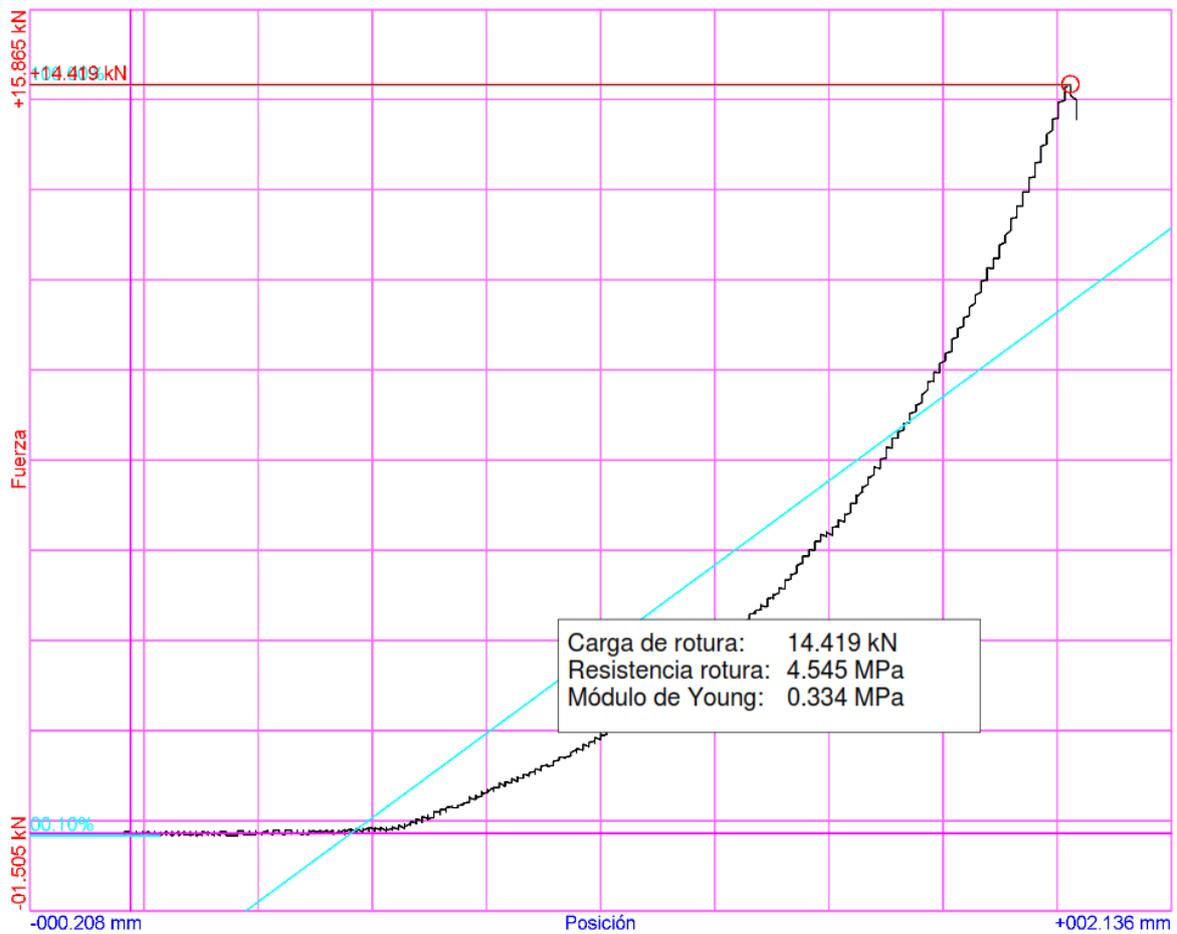
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 60% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 001.10 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 00.10 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 140.0 mm
Espesor: 100.0 mm

Nombre de archivo: V. 60% ESCO-004




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

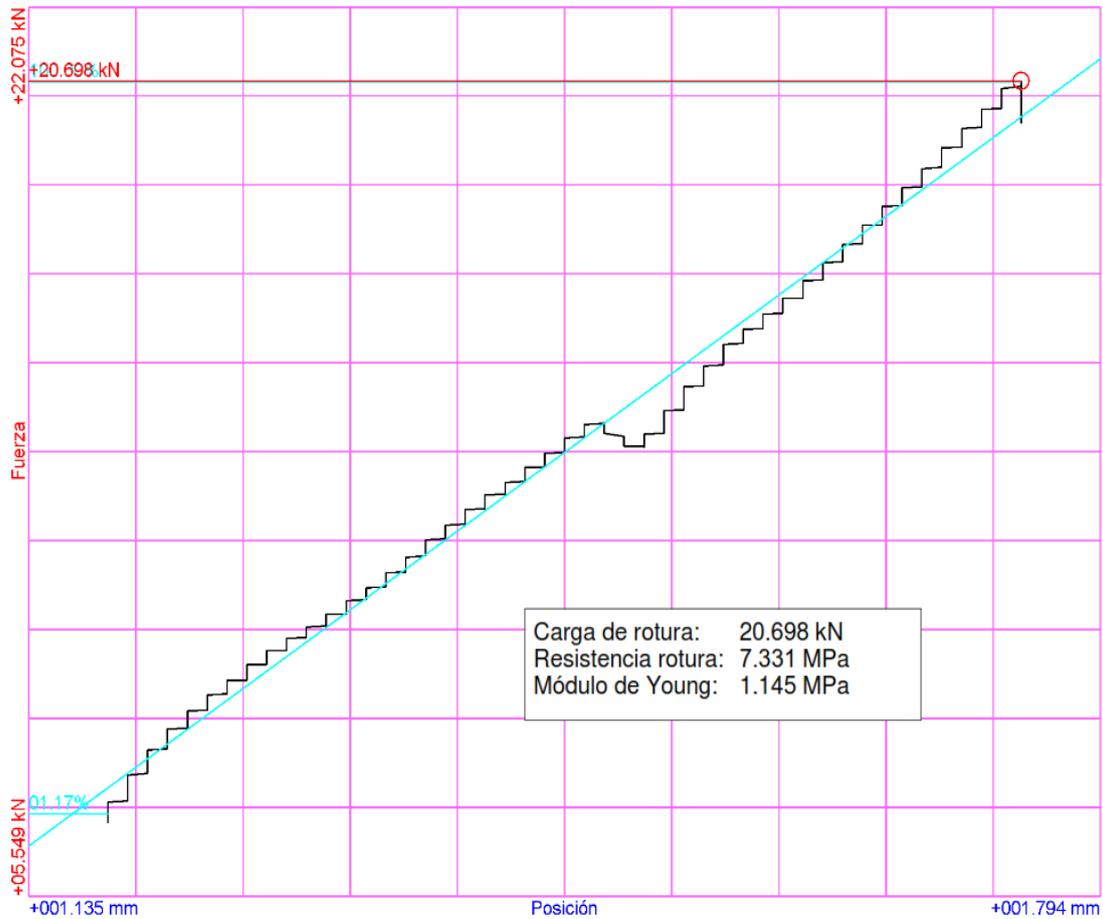
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 70% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 70% ESCO-004




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

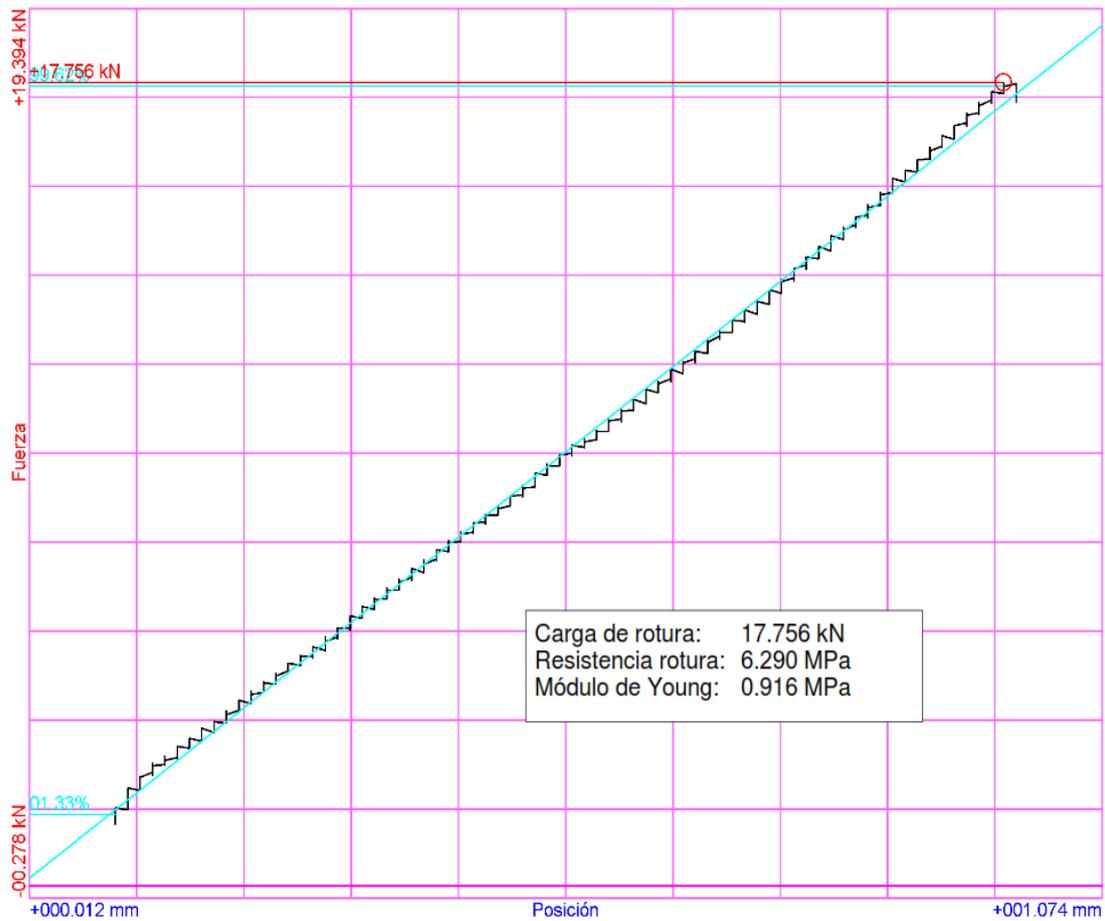
Referencias:

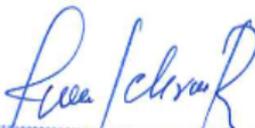
Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 80% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 80% ESCO-004




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

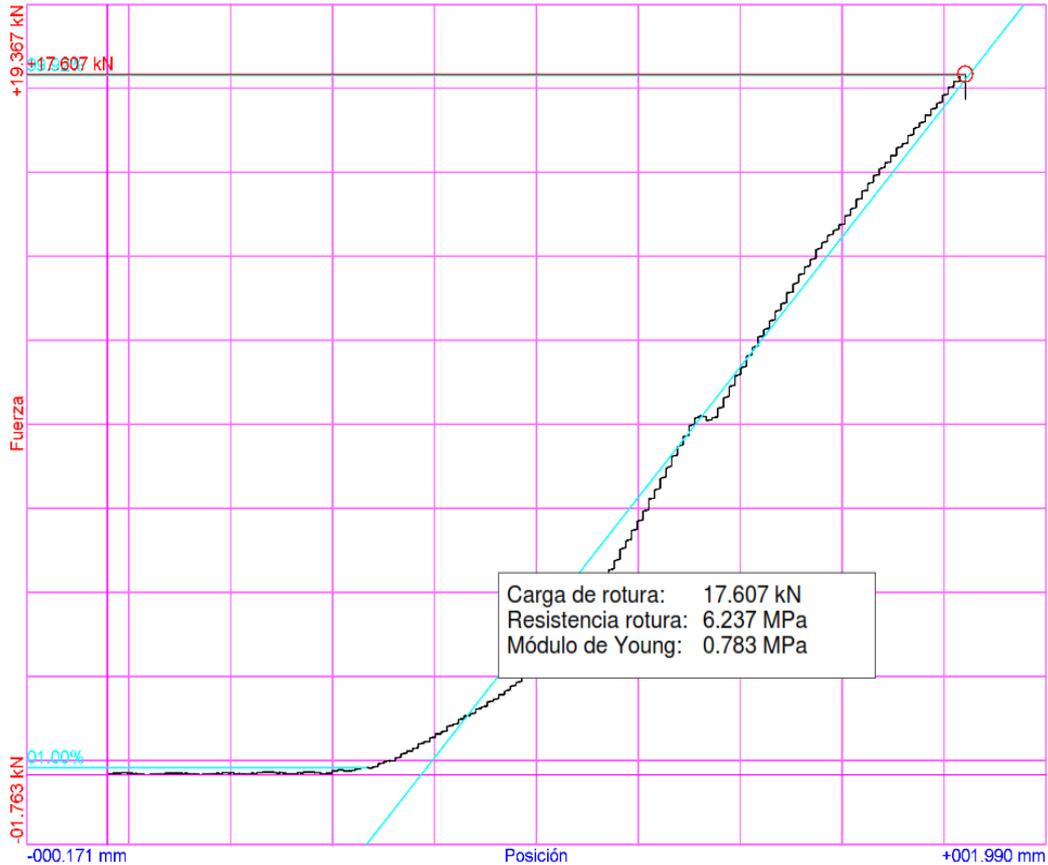
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V. 90% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Límite superior: 99.99 %
Límite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 90% ESCO-004




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

Informe de Ensayo de flexión a 3 puntos Universidad Peruana Los Andes

Fondos de escala de los canales analógicos:

Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm

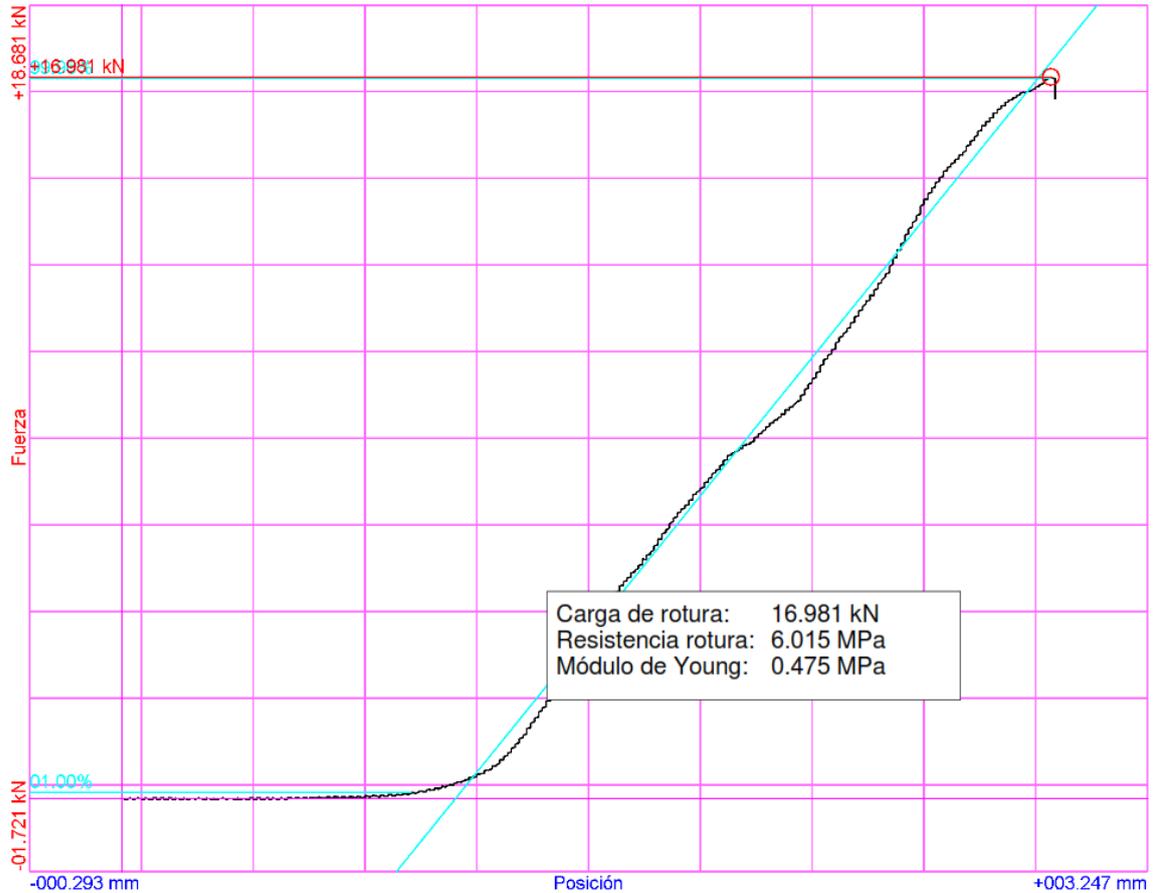
Referencias:

Fecha: 07/10/2019
Probeta: V.100% ESCO-004

Parámetros:

Velocidad: 010.00 mm/min
Limite superior: 99.99 %
Limite inferior: 01.00 %
Distancia rodillos: 300.0 mm
Ancho: 113.0 mm
Espesor: 105.0 mm

Nombre de archivo: V. 100% ESCO-004




Ing. Christian Mallaupoma Reyes
Responsable del Laboratorio
Estructuras e Hidráulica

ANEXO 06

Normas Técnicas

Peruanas

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.035
2009

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145
Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

CONCRETE. Standard test method for mesure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2009-12-23
3ª Edición

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20
I.C.S.: 91.100.10
Descriptores: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

Precio basado en 09 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. RESUMEN DEL MÉTODO	2
5. APARATOS	3
6. MUESTRA	5
7. PROCEDIMIENTO	6
8. INFORME	7
9. PRECISIÓN Y SESGO	7
10. ANTECEDENTE	9

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio a setiembre de 2009, utilizando como antecedente a la norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado presentó a la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias -CNB-, con fecha 2009-09-14, el PNTP 339.035:2009, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2009-10-24. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 339.035:2009 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland**, 3ª Edición, el 20 de febrero de 2010.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 339.035:1999 HORMIGÓN. Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams y fue tomada en su totalidad de la norma ASTM C 143/C143-2008. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM
Presidente	Manuel Gonzáles de la Cotera Scheirmüller - ASOCEM
Secretaría	Vanna Guffanti Parra

ENTIDAD	REPRESENTANTE
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Victor Granados Ricardo Gutiérrez
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.	Violeta Noriega
PREMIX S.A.	Carlos Forero
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
UNICON	Enrique Pasquel José Alvarez
SIKA PERÚ S.A.	Patricio Arellano
CONSULTOR	Juan Ávalo
CONSULTOR	Ana Biondi
MTC Dirección de Estudios Especiales	Mario Gamarra
MVCS	Daniel Carrión
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Enrique Rivva
PUCP	Gladys Villa García
UNI	Ana Torre Rafael Cachay
URP	Enriqueta Pereyra Liliana Chavarria
SENCICO	Oliver Comejo

---oooOooo---

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland, tanto en el laboratorio como en el campo.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas en vigencia en todo momento.

2.1 Norma Técnica Peruana

- 2.1.1 NTP 339.036:1999 HORMIGÓN (concreto). Práctica normalizada para muestreo de mezclas de hormigón fresco

2.2 Norma Técnica de Asociación

- 2.1.2 ASTM C 670:2003 Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

3. CAMPO DE APLICACIÓN

3.1 Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar el asentamiento del concreto plástico de cemento hidráulico.

NOTA 1: Este método de ensayo originalmente fue desarrollado para proporcionar al usuario de una técnica para monitorear la consistencia del concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio, con estricto control de todos los materiales del concreto, se ha encontrado que el asentamiento del concreto se incrementa proporcionalmente con el contenido de agua para una mezcla dada y por lo tanto, está relacionado inversamente con la resistencia del concreto. Sin embargo, bajo condiciones de campo, tal relación con la resistencia no se demuestra clara y consistentemente. Se debe tener cuidado en relacionar los resultados del asentamiento obtenido en campo con la resistencia del concreto.

3.2 Este método se aplica para concretos plásticos con agregados hasta 37,5 mm de tamaño. Si el agregado es mayor, el método es aplicable cuando el ensayo se realiza con la porción de concreto que pasa el tamiz 37,5 mm, retirando los agregados mayores, conforme se describe en la NTP 339.036.

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

NOTA 2: Para este ensayo es importante tener en cuenta que los concretos que tienen asentamientos menores a 15 mm pueden no ser adecuadamente plásticos y, los concretos que tienen asentamientos mayores a 230 mm, pueden no ser adecuadamente cohesivos. Se debe tener cuidado en la interpretación de los resultados.

4. RESUMEN DEL MÉTODO

Una muestra de concreto fresco mezclado, se coloca en un molde con forma de cono trunco, y se compacta por varillado. El molde se retira hacia arriba permitiendo que el concreto se asiente. La distancia vertical entre la posición inicial y la desplazada, medida en el centro de la superficie superior del concreto, se informa como el asentamiento del concreto.

5. APARATOS

5.1 Moldes: El espécimen de ensayo deberá ser formado en un molde de metal no atacable por pasta de cemento. El metal deberá tener un espesor mínimo de 1,5 mm y si el molde se ha formado por el proceso de embutido, no debe tener en ningún punto un espesor menor que 1,15 mm. El molde debe tener la forma de la superficie lateral de un tronco de cono, con un diámetro de 200 mm (8 pulgadas) en la base inferior, un diámetro superior de 100 mm (4 pulgadas) y una altura de 300 mm (12 pulgadas). La tolerancia de los diámetros y alturas individuales debe estar entre ± 3 mm de las dimensiones establecidas. La base superior e inferior del molde deben ser abiertas y paralelas entre sí formando ángulo recto con el eje del cono. El molde debe estar provisto con piezas de soporte y agarraderas similares a las mostradas en la Figura 1. El interior del molde deberá ser relativamente liso y libre de cualquier protuberancia. El molde no deberá presentar abolladuras, deformaciones o restos de concreto en su interior. Se acepta el uso de un molde sujeto por medio de abrazaderas a una placa base no absorbente, siempre que la disposición de las abrazaderas, sea tal que puedan ser completamente liberadas sin mover el molde y que la placa base sea de tamaño suficiente para contener el concreto revenido en un ensayo aceptable.

5.1.1 Se debe verificar y registrar las dimensiones del molde para determinar su conformidad con las dimensiones especificadas, al momento de comprarlo o, en su primera puesta en servicio y por lo menos una vez al año posteriormente.

5.1.2 Moldes con materiales alternativos

5.1.2.1 Se aceptan los moldes con materiales diferentes al metal, si cumplen los siguientes requisitos: El molde debe cumplir con la forma, altura y dimensiones internas establecidas en el apartado 5.1. El molde debe ser lo suficientemente rígido para mantener las dimensiones especificadas y tolerancias durante el uso, asimismo debe resistir las fuerzas de impacto y debe ser no absorbente. El molde debe demostrar que proporciona resultados de ensayo comparables a aquellos obtenidos usando un molde metálico que cumple con los requisitos establecidos en el apartado 5.1. La comparación debe ser demostrada por el fabricante utilizando un laboratorio de ensayo acreditado. El ensayo para demostrar la comparación, debe consistir de no menos de 10 pares de ensayos consecutivos de comparaciones, para tres rangos diferentes de asentamientos entre 50 mm a 200 mm (Véase la nota 3). Ningún resultado de ensayo individual debe variar más de 15 mm respecto del obtenido usando el molde metálico.

El promedio de resultados de ensayos obtenidos para cada rango de asentamiento usando el molde construido con material alternativo, no debe variar más de 6 mm respecto del promedio de resultados de ensayos obtenidos con el molde de metal. El fabricante debe tener disponibles al usuario y autoridades de inspección, los reportes históricos de ensayos comparativos (Véase la nota 4). Si se realiza algún cambio en el material o método de fabricación del molde, los ensayos comparativos se deben repetir.

NOTA 3: La frase "comparaciones de pares consecutivos", no significa sin interrupción o todos en el mismo día. En un programa seleccionado por la entidad de ensayos, los pares de ensayos correspondientes a 10 pares consecutivos, se pueden realizar en grupos pequeños. El término "consecutivos" previene ignorar pares de ensayos que puedan no cumplir con los criterios de comparación.

NOTA 4: Debido a que el asentamiento del concreto decrece con el tiempo y altas temperaturas, resultaría ventajoso para los ensayos de comparación ser realizados alternando entre conos de metal y conos de material alternativo, aplicar diversas técnicas, para minimizar el tiempo entre los procedimientos de ensayo.

5.1.2.2 Si se sospecha de la condición individual de cualquier molde de estar fuera de las tolerancias de fabricación, se deberá realizar un ensayo comparativo. Si los resultados del ensayo difieren en más de 15 mm del obtenido usando el molde de metal, se deberá retirar el molde del servicio.

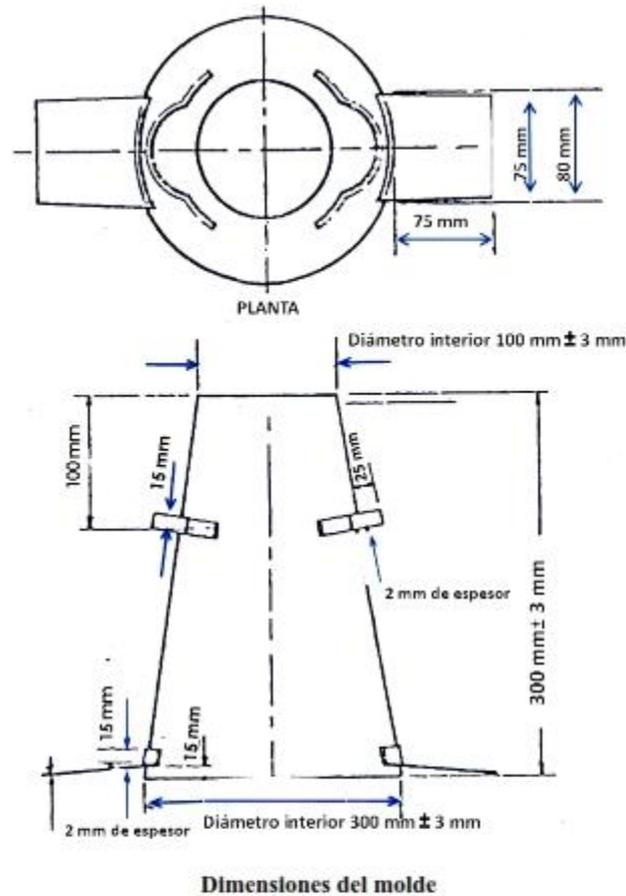
5.2 Barra compactadora: Una barra cilíndrica de acero liso, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, que tiene su extremo de compactación, o ambos, redondeado a una semiesfera con un diámetro de 16 mm.

5.3 Dispositivo de medida: Una regla, cinta métrica de metal o instrumento similar rígido o semirígido, cuya longitud de medición debe estar marcada en incrementos de 5 mm o menores. La longitud del instrumento debe ser por lo menos de 300 mm.

5.4 Cucharón: De tamaño apropiado y forma adecuada para obtener la cantidad suficiente y representativa de concreto del recipiente que contiene la muestra y colocarla sin derramar en el molde.

6. MUESTRA

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



mm	2	3	15	25	75	80	100	200	300
pulg	1/16	1/8	1/2	1	3	3 1/8	4	8	12

FIGURA 1 - Molde para el ensayo de asentamiento

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Se humedece el molde y se coloca sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda. El molde se fija firmemente en su lugar durante el llenado pisando las aletas o asegurando las abrazaderas a la placa de base descrita en el apartado 5.1, manteniendo limpio el perímetro. Con la muestra de concreto obtenido de acuerdo con el Capítulo 6, se llena el molde vaciando el concreto en tres capas, de modo que cada capa corresponda a aproximadamente a la tercera parte del volumen del molde (Véase la nota 5). Se coloca el concreto en el molde usando el cucharón descrito en el apartado 5.4. El concreto se vacía moviendo el cucharón alrededor del perímetro del molde, para asegurar la distribución del concreto con la mínima segregación.

NOTA 5: Un tercio del volumen del molde lleno corresponde una altura de asentamiento de 70 mm. Dos tercios del volumen del molde lleno corresponden a una altura de 160 mm.

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

7.3 El molde se llena por exceso antes de compactar la última capa. Si como resultado de la operación de varillado hubiere una deficiencia material, se debe añadir la cantidad suficiente para mantener un exceso de concreto sobre la parte superior del molde en todo momento. Luego se procede a enrasar rodando la barra compactadora sobre el borde superior del molde. Se continúa asegurando el molde firmemente contra la base y se elimina el concreto sobrante alrededor del molde para evitar interferencias con el movimiento del concreto que se asienta. Se retira inmediatamente el molde del concreto levantándolo cuidadosamente en dirección vertical. Se levanta el molde una altura de 300 mm en $5\text{ s} \pm 2\text{ s}$ con un movimiento ascendente firme, evitándose los movimientos laterales o torsionales. La operación completa desde el principio de llenado del molde hasta su retiro se hará sin interrupción y en un tiempo no mayor de 2,5 min.

7.4 Se mide inmediatamente el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la del centro desplazado de la cara superior del cono deformado. En caso de que se presente una falla por corte, donde se aprecia una separación de una parte de la masa (Véase la nota 6), este ensayo será desechado y debe realizarse uno nuevo con otra parte de la muestra.

NOTA 6: Si la falla por corte ocurre dos veces consecutivas en una mezcla de concreto, probablemente el concreto carece de la plasticidad y cohesión necesaria para que el ensayo de asentamiento sea aplicado.

8. INFORME

Informar el asentamiento de la muestra de concreto, medido en milímetros con aproximación a los 5 mm , durante el ensayo.

9. PRECISIÓN Y SESGO

9.1 Precisión: La precisión estimada para este método está basada sobre resultados de ensayos conducidos por Fayetteville, Arkansas, por 15 técnicos de 14 laboratorios representativos de tres estados de USA. Todos los ensayos se realizaron en tres rangos de asentamientos, entre 25 mm a 160 mm , usando la carga de un camión mezclador de concreto. El concreto fue preparado, entregado y ensayado para un asentamiento bajo, luego se le adicionó agua y remezcló el concreto remanente para obtener, en forma independiente, un asentamiento moderado y finalmente un asentamiento alto. La mezcla de concreto fue preparada usando agregado triturado de huso N° 67, arena lavada de río y un contenido de 227 kg de material cementicio por metro cúbico de concreto. Los 227 kg de material cementicio fueron divididos igualmente entre cemento Tipo I y II, según NTP 334.009, y ceniza volante clase C. Se usó doble dosaje de un aditivo químico retardador para minimizar la pérdida de asentamiento y mantener la trabajabilidad del concreto. La temperatura del concreto se mantuvo entre el rango de 30 °C a 34 °C . Para un rango de asentamiento se obtuvo un resultado promedio de 17 mm , durante los 20 minutos requeridos para desarrollar una serie de 6 ensayos de asentamiento. Los ensayos fueron realizados alternativamente, usando moldes de metal y plástico. Se realizaron un total de 270 ensayos de asentamiento.

9.1.1 Medida de la variabilidad: Se determinó que la desviación estándar es la medida más consistente de la variabilidad y que cambia con el valor del asentamiento.

9.1.2 Precisión de un solo operador: La desviación estándar de un solo operador representada por (1s) se muestra en la Tabla 1 para valores promedio de asentamiento. Los resultados informados para lecturas de réplicas aplican a ensayos conducidos por el mismo operador que realiza ensayos sucesivos, uno inmediatamente a continuación de otro. Resultados aceptables de dos ensayos apropiadamente realizados por el mismo operador, sobre el mismo material (Véase la nota 7), no deben diferir uno de otro en más de (d2s) valor de la última columna de la Tabla 1, para un asentamiento apropiado y un solo operador.

9.1.3 Precisión multilaboratorio: La desviación estándar de multilaboratorios representada por (1s) se muestra en la Tabla 1 para valores promedio de asentamiento. Los resultados informados para lecturas de réplicas aplican a ensayos conducidos por diferentes operadores de diferentes laboratorios que realizan separadamente ensayos en menos de 4 min. Por lo tanto, resultados aceptables de dos ensayos de asentamientos apropiadamente realizados sobre el mismo material, por dos diferentes laboratorios (Véase la nota 7), no deben diferir uno de otro en más de (d2s) valor de la última columna de la Tabla 1, para un asentamiento apropiado y precisión multilaboratorios.

NOTA 7: El término "mismo material" es usado para identificar una mezcla de concreto fresco de la misma tunda.

9.2 Sesgo: Este método de ensayo no tiene sesgo puesto que el asentamiento es definido solamente en términos de este ensayo.

TABLA 1 – Precisión

Asentamiento y tipo de operador	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Un solo operador	mm	mm
• Asentamiento 30 mm	6	17
• Asentamiento 85 mm	9	25
• Asentamiento 160 mm	10	28
Multilaboratorio		
• Asentamiento 30 mm	7	20
• Asentamiento 85 mm	10	28
• Asentamiento 160 mm	13	37

^A Este número representa respectivamente, los límites (1s) y (d2s) como se describen en la norma ASTM C 670.

10. ANTECEDENTE

ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of
Hydraulic Cement Concrete

Prohibida su reproducción total o parcial

CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para
exudación del concreto

CONCRETE. Standard test methods for bleeding of concrete

2013-01-16
3ª Edición

R.0006-2013/CNB-INDECOPI Publicada el 2013-02-01

Precio basado en 12 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Exudación, concreto, hormigón; exudación del concreto

© INDECOPI 2013

© INDECOPI 2013

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INDECOPI.

INDECOPI

Calle de La Prosa 104, San Borja
Lima- Perú
Tel.: +51 1 224-7777
Fax.: +51 1 224-1715
asesorlamoz@indecopi.gob.pe
www.indecopi.gob.pe

© INDECOPI 2013 – Todos los derechos son reservados ⁱ

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	ii
PREFACIO	iii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
PARTE I: MÉTODO A - MUESTRA CONSOLIDADA POR VARILLADO	3
4. APARATOS	3
5. MUESTRA DE ENSAYO	4
6. PROCEDIMIENTO	4
7. CÁLCULO	5
PARTE II: MÉTODO B - MUESTRA CONSOLIDADA POR VIBRACIÓN	6
8. APARATOS	6
9. CICLO VIBRATORIO	7
10. MUESTRA DE ENSAYO	7
11. PROCEDIMIENTO	7
12. CÁLCULO	8
13. REPORTE	8
14. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN	8
15. ANTECEDENTES	9
ANEXO A	10

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a agosto de 2012, utilizando como antecedentes a los documentos que se mencionan en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado, presentó a la Comisión de Normalización y Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias –CNB-, con fecha 2012-08-29, el PNTP 339.077:2012, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública 2012-11-15. No habiéndose presentado observaciones fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 339.077:2013 CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto**, 3ª Edición, el 01 de febrero de 2013.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 339.077:2003. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a la terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM
Presidente	Manuel Gonzales de la Cotera Scheirmüller - ASOCEM
Secretaria	Juan Avalo Castillo
ENTIDAD	REPRESENTANTE
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.	Juan Harman

PREMIX S.A.	Patricia Bayón
UNICON	Carlos Forero
SIKA PERÚ S.A.	José Álvarez
CONSULTOR	Patricio Arellano
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – Dirección de Estudios Especiales de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles	Ana Biondi
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	Mario Gamarra José Marín
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Daniel Carrión Roberto Prieto
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ - Capitulo de Civiles	Wilfredo Quintana
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA	Enrique Rivva
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	Juan Ginocchio Gladys Villa García
SENCICO	Ana Torre Rafael Cachay
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Vanna Guffanti
QUÍMICA SUIZA S.A.	Victor Granados Edgar García
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	Milan Pejnovic
	Enriqueta Pereyra Liliana Chevarría

---oooOooo---

CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto

1. OBJETO

La presente Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la cantidad relativa de agua de mezclado que puede ser exudada de una muestra de concreto fresco. Se incluyen dos métodos los cuales difieren, fundamentalmente en el grado de vibración al cual se somete la muestra.

Cuando se ensaye una misma muestra por ambos métodos, no se producirán los mismos resultados. Cuando se comparan varios concretos, todos los ensayos serán conducidos bajo un mismo método y si las tandas son de similar peso unitario, no deberán diferir en más de 1 kg.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-------|------------------|--|
| 2.1.1 | NTP 339.036:2011 | HORMIGÓN. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco |
| 2.1.2 | NTP 339.046:2008 | HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire |
- © INDECOPI 2013 – Todos los derechos son reservados

(método gravimétrico) del hormigón
(concreto)

2.1.3 NTP 339.183:2012 CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

2.2 Norma Técnica de Asociación

2.2.1 ASTM C 670:2010 Práctica para preparación de los términos precisión y tendencia para métodos de ensayo en materiales de construcción

3. CAMPO DE APLICACIÓN

3.1 Esta Norma Técnica Peruana se aplica para determinar los efectos de las variables de la composición, tratamiento, intemperismo u otros factores en la exudación del concreto. Asimismo, es aplicado para determinar el cumplimiento de un producto o tratamiento con un requerimiento relativo a su efecto sobre la exudación del concreto.

3.2 **Método A:** Para una muestra consolidada solamente por varillado y ensayada sin disturbación, que simula las condiciones en las cuales el concreto, luego de su colocación, no ha sido sujeto a vibración.

3.3 **Método B:** Para una muestra consolidada por vibración y ensayada con periodos de vibración posteriores, que simula las condiciones en las cuales el concreto, después de colocado, es sujeto a vibración.

PARTE I: MÉTODO A - MUESTRA CONSOLIDADA POR VARILLADO

4. APARATOS

4.1 Recipiente cilíndrico: Un envase cilíndrico de aproximadamente 14 L de capacidad, con diámetro interior de $255 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ y una altura interior de $280 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. El envase será fabricado de metal con un espesor de 2,67 mm a 3,40 mm, y será reforzado en su extremo superior con un anillo de 2,67 mm a 3,40 mm y 40 mm de ancho. El interior será plano y libre de corrosión, pintura o lubricante.

4.2 Báscula: De suficiente capacidad para determinar la masa requerida con una precisión de 0,5 %. Las balanzas o básculas se deben calibrar al menos una vez al año o siempre que haya motivos para cuestionar la exactitud de los equipos. El equipo que no está en condiciones de funcionamiento o fuera de la tolerancia se marcará como tal y deberá estar fuera de servicio hasta su corrección.

4.3 Pipeta, o instrumento similar para extraer el agua libre de la superficie del espécimen de ensayo.

4.4 Probeta graduada: De 100 mL de capacidad para coleccionar y medir la cantidad de agua extraída.

4.5 Varilla compactadora: De acero, lisa de 16 mm de diámetro, y de aproximadamente 610 mm de longitud con punta semiesférica, teniendo el extremo redondeado con una punta semiesférica para el apisonado, cuyo diámetro es de 16 mm.

Los aparatos mencionados en los apartados 4.6, 4.7 y 4.8 serán requeridos si el procedimiento de medición de la cantidad de agua exudada recogida es la que involucra el pesado, evaporación y repesado.

4.6 Recipiente metálico (opcional): De 1000 mL de capacidad para coleccionar las aguas sobrenadantes y sedimentos decantados.

4.7 Balanza (opcional): Con una sensibilidad de 1 g, para determinar la masa del agua decantada y los sedimentos.

4.8 Hornilla (opcional): Una pequeña hornilla u otra fuente de calor para evaporar el agua decantada.

5. MUESTRA DE ENSAYO

5.1 El concreto elaborado en laboratorio se preparará de acuerdo con la NTP 339.183. Para concretos elaborados en campo, se tomará muestra de concreto de acuerdo con la NTP 339.036. El aparato descrito en este método de ensayo permite el uso de concreto con agregados de tamaño máximo nominal hasta 50 mm. Concretos con agregados de tamaños máximos nominales mayores serán tamizados por el tamiz normalizado de 3,75 mm, ensayando la porción que pasa por todo el tamiz.

5.2 Llenar el recipiente con el concreto de acuerdo con el método NTP 339.046; excepto que la altura de llenado será $254 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$. Nivelar el concreto a una superficie razonablemente plana con un mínimo movimiento de la paleta.

6. PROCEDIMIENTO

Durante el ensayo, mantener la temperatura ambiente entre $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $24 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Inmediatamente después de nivelar la superficie de la muestra, registrar la hora y determinar la masa del recipiente y su contenido. Colocar el recipiente y su contenido sobre una plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones y cubrir el recipiente, para evitar la evaporación de la exudación. Mantener cubierto el recipiente mientras dure el ensayo. Retirar (con la pipeta o un instrumento similar) el agua que se acumuló sobre la superficie a intervalos de 10 min durante los primeros 40 min, y luego a intervalos de 30 min hasta que cese la exudación, registrar el tiempo de la última observación.

Para facilitar la extracción del agua de exudación, se inclina el recipiente cuidadosamente colocando un taco de aproximadamente 50 mm de espesor debajo de uno de los lados del recipiente 2 min antes de extraer el agua. Después que el agua haya sido extraída, se devuelve el recipiente a su posición original sin golpearlo. Después de cada extracción se transfiere el agua a la probeta graduada de 100 mL. Se anota la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia. Cuando se requiere solamente el volumen total de agua exudada, el procedimiento de extracción periódica puede ser omitido y la extracción se hará de una sola operación. Si se desea obtener el peso del agua exudada sin inclusión de materias extrañas, se deberá decantar cuidadosamente el contenido del cilindro en el

© INDECOPI 2013 – Todos los derechos son reservados

recipiente metálico. Determinar y registrar la masa del recipiente metálico y su contenido; luego secarlo hasta peso constante y registrar los resultados finales. La diferencia entre las dos masas (D), es igual a la masa del agua de exudación.

La masa de las materias extrañas también se puede obtener, si se desea, determinando inicialmente la masa de la tara del vaso de precipitados.

7. CÁLCULO

7.1 Calcular el volumen de agua de exudación por unidad de superficie, V, como se indica a continuación:

$$V = \frac{V_1}{A} \quad (1)$$

Donde:

V_1 - Volumen de agua exudada medida durante el intervalo de tiempo seleccionado, en mL.

A - Área expuesta del concreto, en cm^2

Puede determinarse la velocidad de exudación, comparando el volumen del agua de exudación para cada intervalo igual de tiempo.

7.2 Calcular el agua de exudación acumulada, expresada como porcentaje del agua de mezclado neta contenida en la probeta de ensayo, con la siguiente expresión:

$$C = \left(\frac{W}{W}\right)S \quad (2)$$

$$\text{Exudación, \%} = (D / C) \times 100$$

Donde:

C - Masa del agua en la muestra de ensayo, en g

W	-	Masa total de la tanda, en kg
w	-	Agua de mezclado neta (la cantidad de agua total menos el agua absorbida por los agregados), en kg
S	-	Masa de la muestra, en g
D	-	Masa del agua de exudación, en g, o el volumen total extraído de la muestra de ensayo, en cm ³ , multiplicado por 1 g/cm ³

PARTE II: MÉTODO B - MUESTRA CONSOLIDADA POR VIBRACIÓN

8. APARATOS

8.1 Mesa vibratoria: Sobre la cual deberá estar fijado el recipiente que se llenará con la muestra. La mesa estará equipada con un dispositivo que imparta al recipiente la vibración adecuada de periodos intermitentes de duración, frecuencia y amplitud reproducibles según lo prescrito en el capítulo 8 (véase Figura 1 del Anexo A).

La vibración adecuada será proporcionada por un motor eléctrico de un 93W [1/8-hp], que está atornillado a la mesa, a cuyo eje se ajusta, por medio de un tornillo de fijación, una pequeña excéntrica cuya masa es de aproximadamente 110 g. La excéntrica debe ser fabricada a partir de una varilla laminada en frío, de acuerdo con los detalles y las dimensiones mostradas en la Figura 2. El agujero a través de la excéntrica deberá ser de 13,5 mm o un tamaño adecuado para sujetar el eje del motor. La mesa deberá apoyarse en soportes de goma que descansan sobre una losa de concreto. La losa de concreto debe estar separada de la base por una capa de corcho, como se muestra en la Figura 2 (véase Anexo A).

8.2 Dispositivo de medición de tiempo: Permitirá regular los periodos de vibración de la mesa vibratoria, de acuerdo con las disposiciones del capítulo 8.

8.3 Recipiente: Un recipiente de acero de 290 mm de diámetro en la cima y 280 mm de diámetro en el fondo y 285 mm de altura, con una cubierta metálica, de acuerdo con los detalles se indican en la Figura 3 (véase Anexo A).

8.3.1 El resto del aparato es idéntico a lo indicado en el Método A.

9. CICLO VIBRATORIO

El ciclo vibratorio será como sigue: vibrar por 3 s , parar 30 s . Sin embargo, debido a la inercia del motor después de haber sido apagado, el periodo de vibración perceptible es aproximadamente 7 s .

10. MUESTRA DE ENSAYO

10.1 La muestra se preparará de acuerdo a lo indicado en el Método A.

10.2 La muestra será colocada en el recipiente a una profundidad de aproximadamente a la mitad del promedio de los diámetros de éste. La muestra de ensayo será regulada por peso, entre $20 \text{ Kg} \pm 0,5 \text{ Kg}$.

11. PROCEDIMIENTO

11.1 Consolidación de la muestra de ensayo: Se consolidará la muestra en el recipiente por medio de vibración hasta un grado deseado. Se considerará que se ha aplicado suficiente vibración, cuando la superficie del concreto parezca estar relativamente lisa. El procedimiento de vibración se detiene, inmediatamente después de la primera apariencia de agua de segregación por el concreto, observándose una película brillante en la superficie. Para algunas mezclas con ciertos contenidos de agua o plásticas, no será necesario mayor esfuerzo de consolidación que el empleado para colocar la muestra en el recipiente y la colocación de este en la plataforma de ensayo.

11.2 Vibración intermitente: Colocar la cubierta sobre el recipiente y el recipiente en la mesa vibratoria. Engrape con fuerza la cubierta en el recipiente con la tapa hacia abajo. Registrar el tiempo de inicio del arranque del motor. Continuar la vibración intermitente por 1 h .

11.3 Determinación del agua de exudación: Los periodos intermitentes de vibraciones no permiten la determinación del agua de exudación, en un número de intervalos de tiempo diferentes. Determinar el volumen total del agua de exudación como se indica en el Método A.

12. CÁLCULO

Calcular el porcentaje de agua de exudación, de acuerdo a lo indicado en el Método A.

13. REPORTE

13.1 Proporción de mezcla de concreto.

13.2 Procedencia e identificación de cada material usado.

13.3 Método usado para la recolección de los datos de exudación (Método A o B).

13.4 Volumen de agua de exudación por unidad de área de superficie y el agua de exudación acumulada, expresada en porcentaje del agua neta de mezcla contenida dentro de la muestra de ensayo.

13.5 Tiempo transcurrido que se requiere para el cese de la exudación.

14. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN

14.1 Precisión

14.1.1 Método A: No se dispone de datos para evaluar directamente la precisión del Método A. Sin embargo, existen razones para creer que la precisión del Método A es

© INDECOPI 2013 – Todos los derechos son reservados

por lo menos, tan buena como la del método B. Los valores dados para el Método B serán utilizados como límites máximos de precisión para el Método A.

14.1.2 Método B: La desviación estándar para un operador-multitandas (1s) por día ha sido establecida en 0,71 % para un rango de exudación de 0 % a 10 % , 1,06 % para un rango de 10 % a 20 % y 1,77 % para rangos mayores de 20 % . Luego, los resultados de dos ensayos conducidos por el mismo operador en un mismo día, sobre tandas diferentes de la misma mezcla, no diferirán en más de 2,0 % (d2s) para un rango de 0 % a 10 % ; 3,0 % para un rango de 10 % a 20 % y 5,0 % para rangos mayores de 20 % . (Véase Nota 1).

NOTA 1: Estos números representan los límites (1s) y (d2s), respectivamente, como se indica en la norma ASTM C 670.

14.2 Desviación: La desviación de este método de ensayo no ha podido ser determinada, porque puede ser definido solamente en términos de método de ensayo.

15. ANTECEDENTES

15.1	NTP 339.077:2003	HORMIGÓN (CONCRETO). Métodos de ensayo normalizados para exudación del hormigón (concreto)
15.2	ASTM C232/C232M:2009	Standard test methods for bleeding of concrete

ANEXO A
(NORMATIVO)

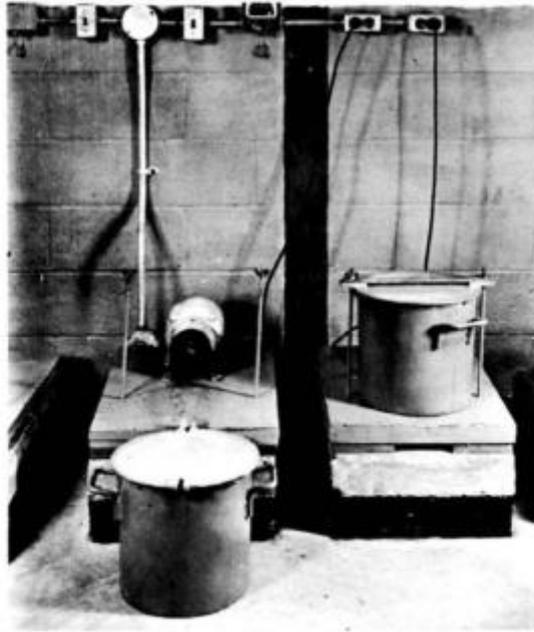


FIGURA 1 - Plataforma vibratoria y temporizador

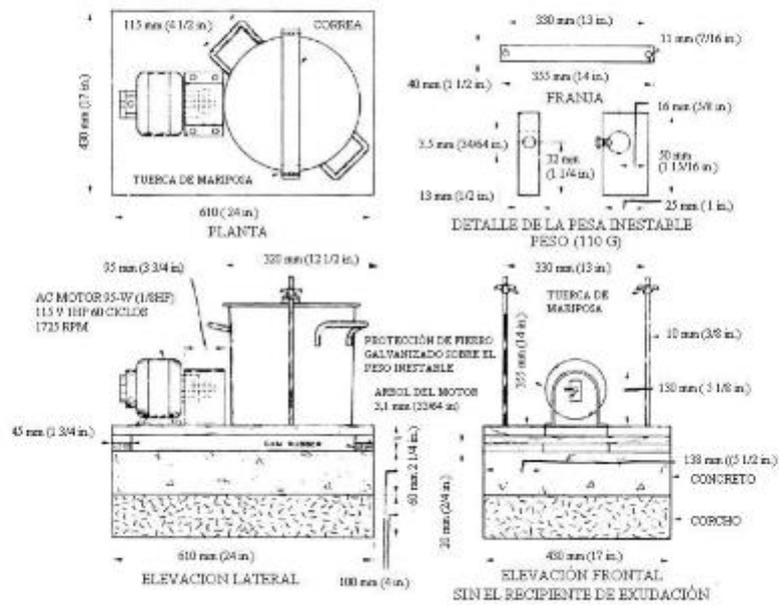


FIGURA 2 - Detalle de la mesa vibratoria

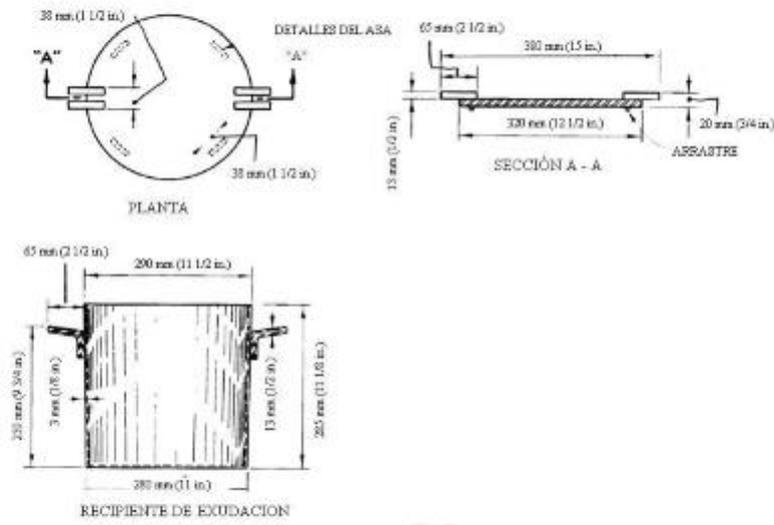


FIGURA 3 - Recipiente y cubierta metálica

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

CONCRETE. Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C138 / C138M - 08 Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA.
-Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-09-03
2ª Edición

R.005-2008/INDECOPI-CNB. Publicada el 2008-09-26 Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Contenido de aire, contenido de cemento, concreto, rendimiento relativo, peso unitario, rendimiento, hormigón, método de ensayo, densidad, método gravimétrico

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. TERMINOLOGÍA	2
5. APARATOS	3
6. MUESTRA	4
7. PROCEDIMIENTO	5
8. CÁLCULO	7
9. INFORME	8
10. PRECISIÓN Y SESGO	9
11. ANTECEDENTE	10

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a abril de 2008, utilizando como antecedente a la norma ASTM C138 / C138M - 2008 Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado, Hormigón Pretensado, presentó a la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias -CNB-, con fecha 2008-05-08, el PNT 339.046:2008, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2008-07-05. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 339.046:2008 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)**, 2ª Edición, el 26 de setiembre de 2008.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 339.046:1979 y fue tomada en su totalidad de la norma ASTM C138 / C138M - 2008. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM
Presidente	Manuel Gonzáles de la Cotera Scheirmüller - ASOCEM
Secretaría	Vanna Guffanti Parra

ENTIDAD	REPRESENTANTE
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Victor Granados Ricardo Gutiérrez
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
DURACRETO S.A.	Manuel Tami P. Manuel Tami O.
FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.	Violeta Noriega
PREMIX S.A.	Carlos Forero
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
UNICON	José Alvarez
CONSULTOR	Juan Ávalo
CONSULTOR	Ana Biondi
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - Oficina de Apoyo Tecnológico	Mario Gamarra
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	Carlos Carbajal
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
ASOCEM	Manuel Gonzáles De La Cotera
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Enrique Rivva
PUCP	Julia Mendoza Gladys Villa García
UNI	Ana Torre Rafael Cachay
URP	Enriqueta Pereyra Liliana Chavarria
SENCICO	Vanna Guffanti

---oooOooo---

iii

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece un método de ensayo para determinar la densidad (véase Nota 1) del hormigón (concreto) fresco y da las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y el contenido de aire del hormigón (concreto). El rendimiento se define como el volumen de hormigón (concreto) producido con una mezcla de cantidades conocidas de los materiales componentes.

NOTA 1: El peso unitario era la terminología anterior que describía la propiedad determinada por el presente método de ensayo que es la masa por unidad de volumen.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. La edición indicada estaba en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar la edición reciente de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

- 2.1.1 NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

2.1.2	NTP 334.009:2005	CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos
2.1.3	NTP 339.036:1999	HORMIGON. Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco
2.1.4	NTP 334.005:2001	CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento Portland
2.1.5	NTP 339.080:1981	HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas. Ensayo tipo hidráulico

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica al hormigón (concreto).

4. TERMINOLOGÍA

4.1 Símbolos

A	Contenido de aire (porcentaje de poros) en el hormigón (concreto);
C	Contenido actual de cemento, en kg/m^3 ;
C_s	masa de cemento en el lote, en kg;
D	densidad (peso unitario) del hormigón (concreto), en kg/m^3
M	masa total de todos los materiales en la tanda, en kg (véase Nota 3)
M_c	masa del recipiente de medida lleno de hormigón (concreto), en kg
M_m	masa del recipiente de medida, en kg
R_v	rendimiento relativo
T	densidad teórica del hormigón (concreto) calculada sobre una base libre de aire, en kg/m^3 (véase Nota 2)
Y	rendimiento, volumen de hormigón (concreto) producido por tanda, en m^3

Y_d	volumen de diseño de hormigón (concreto) por tanda, en m^3
Y_f	volumen producido de hormigón (concreto) por tanda, en m^3
V	volumen absoluto total de los ingredientes componentes de la mezcla, en m^3
V_m	volumen del recipiente de medida, en m^3

NOTA 2: La densidad teórica es, habitualmente, una determinación de laboratorio, cuyo valor se asume que permanece constante para todas las mezclas que se hacen usando ingredientes, componentes y proporciones idénticas. Se calcula con la fórmula siguiente:

$$T = M/V \quad (1)$$

El volumen absoluto de cada ingrediente en pies cúbicos es igual al cociente de la masa de ese ingrediente dividido entre el producto de su gravedad específica multiplicada por 62,4. El volumen absoluto de cada ingrediente en metros cúbicos es igual a la masa del ingrediente en kilogramos divididos entre 1 000 veces su gravedad específica. Para los componentes agregados, la gravedad específica a granel y masa deben estar basadas en la condición de superficie saturada y superficie-seca. Para el cemento, la gravedad específica real debe determinarse por el método NTP 334.005. Un valor de 3,15 puede usarse para los cementos que cumplen los requisitos de la NTP 334.009.

NOTA 3: La masa total de todos los materiales de la mezcla, es la suma de las masas del cemento, el agregado fino en la condición usada, el agregado grueso en la condición usada, el agua de mezclado adicionada, y cualquier otro material sólido o líquido usado.

5. APARATOS

5.1 Balanza: Con una precisión de 45 g o dentro del 0,3 % de la carga de ensayo, cualquiera lo que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso. Se considera que el rango de uso se extiende desde la masa del recipiente de medida vacío a la masa del recipiente de medida más sus contenidos a $2\,600\text{ kg/m}^3$.

5.2 Barra compactadora: Una barra cilíndrica recta, de acero de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo su extremo de compactación redondeado a una punta semiesférica de diámetro 16 mm.

5.3 Vibrador interno: Vibrador interno con eje rígido o flexible, impulsado preferentemente por motores eléctricos. La frecuencia de vibración será de 7 000 vibraciones por minuto o mayor durante el uso. El diámetro externo o la dimensión lateral del elemento vibrante serán por lo menos de 19 mm y no mayor que 38 mm. La longitud del cabezal del vibrador será por lo menos 600 mm.

5.4 Recipiente de medida: Recipiente cilíndrico de acero u otro metal adecuado (véase Nota 4). La capacidad mínima del recipiente de medida debe cumplir los requisitos de la Tabla 1 según el tamaño nominal del agregado en el hormigón (concreto) a ser ensayado. Todos los recipientes de medida, salvo los utilizados para determinar el contenido de aire que también se especifican en la presente NTP, deben cumplir con los requisitos de la NTP 400.017. Cuando se utilicen recipientes de medida para determinar el contenido de aire, cumplirán los requisitos de la NTP 334.080, y se calibrarán volumétrica mente como se describe en la NTP 400.017. El extremo superior del recipiente medidor de aire será liso y plano dentro de los 0,3 mm . (Véase Nota 5).

NOTA 4: El metal no debe estar sujeto al ataque por la pasta de cemento. Sin embargo, pueden usarse materiales reactivos como las aleaciones de aluminio en los casos donde como consecuencia de una reacción inicial, una película superficial se forma rápidamente protegiendo el metal contra la corrosión.

NOTA 5: El borde superior es satisfactoriamente plano si una lámina de calibración de 0,3 mm no puede insertarse entre el borde del recipiente y una pieza de 6 mm o una placa de vidrio grueso, colocado en la parte superior de recipiente.

5.5 Placa de alisado: Placa plana de forma rectangular, de metal con espesor mínimo de 6 mm o de acrílico de por lo menos 12 mm de espesor, con una longitud y ancho 50 mm mayor que el diámetro del recipiente de medición con que será usado. Los bordes de la placa serán lisos y rectos dentro de una tolerancia de 2 mm .

5.6 Mazo: Un mazo (con cabeza de caucho o cuero) que tenga una masa de 600 ± 200 g para usar con recipientes de medición de 14 L o más pequeños, y un mazo con masa de $1\ 000 \pm 200$ g para usar con recipientes más grandes.

5.7 Cuchara: De tamaño apropiado para que la cantidad de hormigón (concreto) obtenido del recipiente de muestreo, sea representativa y suficiente tal que no se derrame durante su colocación en el recipiente de medición.

6. MUESTRA

6.1 La muestra se obtiene de mezcla de hormigón (concreto) fresco de acuerdo con la NTP 339.036.

TABLA 1 - Capacidad de los recipientes de medición

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Capacidad del recipiente de medición ^A	
pulg	mm	pie ³	L
1	25,0	0,2	6
1 ½	37,5	0,4	11
2	50	0,5	14
3	75	1,0	28
4 ½	112	2,5	70
6	150	3,5	100

^A Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar hormigón (concreto) que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeño que los listados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal listado.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Seleccionar el método de consolidación del hormigón (concreto) en ensayo, en función del asentamiento del mismo, a menos que el método esté definido en las especificaciones del trabajo que se está realizando. Los métodos de consolidación son apisonado y vibración interior. Para hormigones (concretos) con un asentamiento mayor que 75 mm se debe aplicar el método de apisonado. Para hormigones (concretos) con asentamiento entre 25 mm a 75 mm se aplica apisonado o vibrado. Hormigones (concretos) con asentamiento menor de 25 mm se debe aplicar el método de consolidación por vibración.

NOTA 6: Hormigón (concreto) no plástico, como normalmente se usa en la fabricación de tubos y unidades de albañilería, no están cubiertos por este método de ensayo.

7.2 Colocar el hormigón (concreto) en el recipiente de medición usando la cuchara descrita en el apartado 5.7. Se mueve la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del hormigón (concreto) con segregación mínima. Llenar el recipiente de medición en el número de capas requeridas por el método de consolidación (apartados 7.3 ó 7.4).

7.3 Consolidación del hormigón (concreto) por apisonado: Colocar el hormigón (concreto) en el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen. Apisonar cada capa con 25 golpes de la barra compactadora cuando se utilicen recipientes de medida nominal de 14 L o más pequeños; 50 golpes cuando se utilicen recipientes de medida nominal de 28 L y un golpe por cada 15 cm² de superficie para recipientes de medición más grandes. Apisonar la capa del fondo a través de todo su espesor pero evitando que la barra compactadora no golpee fuertemente el fondo del recipiente. Distribuir los golpes uniformemente sobre la sección transversal del recipiente y para la segunda y tercera capa, la barra compactadora debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa subyacente. Después de que cada capa ha sido apisonada se debe golpear con el mazo (véase 5.6) los lados del recipiente, 10 a 15 veces, usando la fuerza apropiada para cerrar cualquier poro causado por la barra de apisonado y eliminar las burbujas grandes de aire atrapadas. Agregar la última capa para evitar el sobrellenado.

7.4 Consolidación del hormigón (concreto) por vibración: Llenar con hormigón (concreto) el recipiente de medida en dos capas aproximadamente iguales y vibrar. Colocar todo el hormigón (concreto) para cada capa en el recipiente de medida antes de empezar la vibración de esa capa. Insertar el vibrador en tres puntos diferentes de cada capa. Al vibrar la primera capa, el vibrador no debe descansar o tocar el fondo o lados del recipiente de medición. En la consolidación de la última capa, el vibrador penetrará en la capa subyacente aproximadamente 25 mm. Se debe cuidar que el vibrador se retire de tal manera que ninguna bolsa de aire se forma en el espécimen. La duración requerida de vibración dependerá en la trabajabilidad del hormigón (concreto) y la efectividad del vibrador (véase Nota 7). La vibración se continua por un tiempo suficiente para lograr la consolidación apropiada del hormigón (concreto) (véase Nota 8). Observar y registrar una duración constante de vibración para un tipo particular de hormigón (concreto), vibrador y recipiente de medida.

NOTA 7: Usualmente se determina que se ha aplicado la vibración suficiente cuando la superficie del hormigón (concreto) se pone relativamente lisa.

NOTA 8: La sobre vibración puede causar la segregación y pérdida de cantidades apreciables de aire intencionalmente incorporado.

7.5 En la consolidación de la capa final, el recipiente de medición no debe contener un exceso sustancial o falta de hormigón (concreto). Un exceso de hormigón que sobresale aproximadamente 3 mm sobre el borde superior del recipiente se considera óptimo. Una cantidad pequeña de hormigón (concreto) puede agregarse para corregir la falta de material. Si el recipiente de medida contiene un gran exceso de hormigón (concreto) a la realización de consolidación de la capa final, quitar una porción representativa de hormigón (concreto) del exceso con una paleta o cucharón grande e

inmediatamente realizar la consolidación antes de que el recipiente de medición sea golpeado por fuera.

7.6 Alisado: Después de la consolidación, se debe alisar y terminar suavemente la superficie del hormigón (concreto) del borde superior del recipiente con la placa plana de alisado que se usa con gran cuidado para dejar el recipiente de medida nivelado y lleno. Se logra un mejor terminado de la superficie presionando la placa de alisado sobre los 2/3 de la superficie del hormigón (concreto) del borde superior del recipiente de medida para cubrir y retirando la placa con un movimiento de sierra terminado sólo el área originalmente cubierta. Luego coloque la placa en la cima de la medida, cubrir el original dos terceras partes de la superficie y continuar con la presión vertical y un movimiento serrando para cubrir la superficie entera de la medida y continuar avanzando hasta que resbale completamente fuera de la medida. Varios golpes finales con el borde inclinado del plato producirán una superficie acabada lisa.

7.7 Limplado y pesado: Después del alisado de la superficie superior del recipiente se limpia todo el hormigón (concreto) en exceso y adherido a las paredes exteriores del recipiente de medición y luego se determina la masa del hormigón con una exactitud conforme los requisitos del apartado 5.1.

8. CÁLCULO

8.1 Densidad (peso unitario): Calcular la masa neta del hormigón (concreto) en kilogramos substrayendo la masa del recipiente de medida, M_m , de la masa del recipiente de medida lleno de hormigón (concreto), M_c . Calcular la densidad, D , dividiendo la masa neta de hormigón (concreto) por el volumen de la medida, V_m como sigue:

$$D = (M_c - M_m) / V_m \quad (2)$$

8.2 Rendimiento: Calcular el rendimiento como sigue:

$$Y(m^3) = M/D \quad (3)$$

8.3 Rendimiento relativo: Es la relación entre el volumen real de hormigón (concreto) al volumen de diseño para la mezcla (véase Nota 9). Se calcula como sigue:

$$R_y = Y/Y_d \quad (4)$$

NOTA 9: Un valor por R_y mayor que 1,00 indica un exceso de hormigón (concreto) que se produce, un valor menor de esto indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

8.4 Contenido de cemento: Calcular el contenido actual de cemento como sigue:

$$C = C_b/Y \quad (5)$$

8.5 Contenido de aire: Calcular el contenido de aire como sigue:

$$A = [(T - D)/T] \times 100 \quad (6)$$

o

$$A = [(Y - V)/Y] \times 100 \text{ (unidades del SI)} \quad (7)$$

9. INFORME

Se deberá informar lo siguiente:

- Identificación del hormigón (concreto) representado por la muestra.
- Fecha del ensayo.
- Volumen del recipiente de medición con una aproximación de 0,01 L.

- Peso unitario con una aproximación de $1,0 \text{ kg/m}^3$.
- Rendimiento, cuando sea requerido, con una aproximación de $0,1 \text{ m}^3$.
- Rendimiento relativo, cuando sea requerido, con una aproximación de 0,01.
- Contenido de cemento, cuando sea requerido, con una aproximación de $0,5 \text{ kg}$.
- Contenido de aire, cuando sea requerido, con una aproximación de 0,1 %.

10. PRECISIÓN Y SESGO

10.1 Las siguientes estimaciones de precisión para este método de ensayo están basadas en banco de datos de varios sitios proporcionados por la National Ready Mixed Concrete Association. Los datos representan mezclas de hormigón (concreto) con un rango de asentamiento que va de 75 mm a 150 mm y densidad que va de $1\ 842$ a $2\ 483 \text{ kg/m}^3$ e incluido aire incorporado y aire no incorporado al hormigón (concreto). El estudio fue realizado usando un recipiente de medición de 7 L y 14 L.

10.1.1 Precisión de un solo operador: Para un solo operador se ha encontrado una desviación normal de la densidad de la mezcla de hormigón (concreto) fresco de $10,4 \text{ kg/m}^3$ (1s). Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por el mismo operador con la misma muestra, no deben diferir por más de $29,6 \text{ kg/m}^3$ (d2s).

10.1.2 Precisión de multioperadores: Se ha encontrado que la desviación normal de la densidad de la mezcla de hormigón (concreto) fresco es de $13,1 \text{ kg/m}^3$ (1s). Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por los dos operadores en la misma muestra de hormigón no deben diferir por más de $37,0 \text{ kg/m}^3$ (d2s).

10.2 Sesgo: Este método de ensayo no tiene ningún sesgo desde que la densidad sólo se define en términos de este método de ensayo.

11. ANTECEDENTES

- | | | |
|------|--------------------------|---|
| 11.1 | ASTM C138 / C138M - 2008 | Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete |
| 11.2 | NTP 339.046:1979 | HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón |

Prohibida su reproducción total o parcial

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.184
2002**

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

Lima, Perú

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

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

**2002-05-16
1ª Edición**

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

Precio basado en 05 páginas

LC.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

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

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. APARATOS	2
5. CALIBRACIÓN DEL DISPOSITIVO PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA	3
6. MUESTREO DEL HORMIGÓN (CONCRETO)	3
7. PROCEDIMIENTO	4
8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS	5
9. ANTECEDENTE	5

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de julio a diciembre del 2001, utilizando como antecedente a la ASTM C 1064/C 1064 M:1999.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT, con fecha 2001-12-27, el PNTP 339.184:2001, para su revisión y aprobación; siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2002-03-11. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 339.184:2002 **HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto)**, 1ª Edición, el 30 de mayo del 2002.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana fue tomada en su totalidad de la ASTM C 1064/C 1064 M:1999. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA	Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción - SENCICO
PRESIDENTE	Carlos Pérez Bardález
SECRETARIA	Vanna Guffanti Parra
ENTIDAD	REPRESENTANTE
UNICON	Enrique Pasquel

DURACRETO S.A.	Francisco Gómez De La Torre
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Víctor Granados
ETERNIT S.A.	Mauro Quezada
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
COSAPI	Javier Martín Arranz
MTCVC-DIRECCIÓN GENERAL DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN	Teresa Barba
INADE	María Antonieta Chevarría
INVERMET	Guillermo Vivanco
ASOCEM	Manuel Gonzáles De La Cotera
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Ana Biondi
PUCP	Julia Mendoza
URP	Gonzalo Luque
SENCICO	Carlos Pérez Vanna Guffanti

—oooOooo—

DURACRETO S.A.	Francisco Gómez De La Torre
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Víctor Granados
ETERNIT S.A.	Mauro Quezada
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
COSAPI	Javier Martín Arranz
MTCVC-DIRECCIÓN GENERAL DE VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN	Teresa Barba
INADE	María Antonieta Chevarría
INVERMET	Guillermo Vivanco
ASOCEM	Manuel Gonzáles De La Cotera
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Ana Biondi
PUCP	Julia Mendoza
URP	Gonzalo Luque
SENCICO	Carlos Pérez Vanna Guffanti

—oooOooo—

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

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto) en estado fresco.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-----|------------------|--|
| 2.1 | NTP 339.047:1979 | HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón |
| 2.2 | NTP 339.036:1999 | HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para muestreo de mezclas de hormigón (concreto) fresco |

3. CAMPO DE APLICACIÓN

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

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

4. APARATOS

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

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

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

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

5. CALIBRACIÓN DEL DISPOSITIVO PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA

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

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

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

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

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

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

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

6. MUESTREO DEL HORMIGÓN (CONCRETO)

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

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

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

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

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

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

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

7. PROCEDIMIENTO

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

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

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

8. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Registrar la temperatura medida con una aproximación de 0,5 °C .

9. ANTECEDENTE

ASTM C 1064:1999

Standard test method for temperature of
freshly mixed Portland cement concrete

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

CONCRETE . Standard Test method for Compressive Strength of cylindrical concrete specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C39/C39M-05e1 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. –Reimpreso por autorización de ASTM International

2008-01-02
3ª Edición

R.001-2008/INDECOPI-CRT. Publicada el 2008-01-25

Precio basado en 18 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

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

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	3
4. SÍNTESIS DEL MÉTODO DE ENSAYO	3
5. SIGNIFICADO Y USO	3
6. APARATOS	4
7. PROBETAS	10
8. PROCEDIMIENTO	11
9. CÁLCULOS	13
10. REPORTE	14
11. PRECISIÓN Y SESGO	15
12. ANTECEDENTES	17
ANEXO A	18

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio a setiembre del 2007, utilizando como antecedente a la norma ASTM C39/C39M-05e1 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado y Hormigón Pretensado, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2007-09-26, el PNTP 339.034:2007, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2007-10-19. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP 339.034:2008 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas**, 3ª Edición, el 25 de enero de 2008.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 339.034:1999 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C39/C39M-05. La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM
Presidente	Manuel Gonzáles de la Cotera Schreimüller - ASOCEM
Secretaria	Vanna Guffanti Parra - SENCICO

ENTIDAD

CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.

REPRESENTANTE

Victor Granados

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez A.
DURACRETO S.A.	Manuel Tami Puell Manuel Tami Olivares
FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.	Violeta Noriega Meza David Quispe Luyo
PREMIX S.A.	Carlos Forero
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
UNICON	José Alvarez
CONSULTOR	Juan Avalo
CONSULTOR	Ana Biondi
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES - Oficina de Apoyo Tecnológico	José Ygnacio Melchor Areche Mario Dimas Gamarra Rivera
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO	Carlos Carbajal Catacora
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
ASOCEM	Manuel Gonzáles De La Cotera
CIP-CAPÍTULO DE CIVILES	Enrique Rivva López
PUCP	Julia Mendoza Urquiaga Gladys Villa García Medina
UNI	Ana Torre Carrillo Rafael Cachay Huaman
URP	Enriqueta Pereyra Salardi Liliana Chavarria
SENCICO	Vanna Guffanti Parra

---oooOooo---

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-------|------------------|---|
| 2.1.1 | NTP 339.033:1999 | HORMIGÓN. Método de ensayo para la elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra |
| 2.1.2 | NTP 339.059:2001 | HORMIGÓN (CONCRETO). Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas cortadas de hormigón (concreto) |

2.1.3	NTP 339.183:2003	HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio
2.1.4	NTP 339.037:2003	HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto)
2.1.5	NTP 339.214:2007	HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo estándar para resistencias a la compresión en cilindros de concreto elaborados en el lugar en moldes cilíndricos
2.1.6	NTP 339.216:2007	HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica estándar para el uso de capas de embonado en la determinación de resistencias a la compresión en cilindros de concreto endurecido
2.2	Normas Técnicas de Asociación	
2.2.1	ASTM C 670:2003	Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
2.2.2	ASTM E 74:2006	Standard Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines
2.2.3	ASTM C 1077:2006a	Standard Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation

- 2.2.4 ASTM E 4:2007 Standard Practices for Force Verification of Testing Machines

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a concretos con peso unitario mayores de 800 kg/m^3 .

4. SÍNTESIS DEL MÉTODO DE ENSAYO

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

5. SIGNIFICADO Y USO

5.1 Se deberá tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencias a la compresión por este método de ensayo considerando que los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma de la probeta, tanda, proceso de mezclado, método de muestreo, moldeo y elaboración, edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

5.2 Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas preparadas y curadas de conformidad con las NTP 339.033, NTP 339.183, NTP 339.037 y NTP 339.216 y los métodos de ensayo de las NTP 339.059 y NTP 339.214.

5.3 Los resultados de este método de ensayo son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de los aditivos; y usos similares.

5.4 El personal que ensaya los cilindros de concreto deberá cumplir los requisitos técnicos requeridos, incluyendo un examen de desarrollo del ensayo evaluado por un examinador independiente.

6. APARATOS

6.1 Máquina de ensayo: La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga indicada en 8.5.

6.1.1 La verificación de la calibración de las máquinas de ensayo de conformidad con la ASTM E 4, excepto que el rango de verificación de la carga será como lo indicado en 6.3. La verificación requerida será bajo las siguientes condiciones:

6.1.1.1 Al menos anualmente, pero no debe exceder los 13 meses.

6.1.1.2 Sobre una instalación original o inmediatamente después de una reubicación.

6.1.1.3 Inmediatamente después de reparaciones o ajustes que afectan la operación del sistema de aplicación de fuerzas o los valores mostrados sobre el sistema de indicación de carga, excepto por ajuste de cero que es compensado por los bloques de ensayo o la probeta o ambos, o

6.1.1.4 Cuando haya razón para dudar de la aproximación de las cargas indicadas.

6.1.2 Diseño: El diseño de la máquina deberá incluir los siguientes factores:

6.1.2.1 La máquina deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento. Si tiene una sola velocidad de carga (cumpliendo el requisito de 8.5), deberá estar provisto con un medio suplementario para cargar a una velocidad conveniente para su verificación.

6.1.2.2 El espacio previsto para las probetas de ensayo será bastante grande para acomodar, en posición idónea, un dispositivo elástico de calibración suficiente capacidad para cubrir el rango potencial de cargas de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la ASTM E 74.

NOTA 1: Los tipos de dispositivos elásticos de calibración y más comúnmente usados para estos propósitos son el anillo circular de prueba y la celda de carga.

6.1.3 Exactitud: La exactitud de la máquina de ensayo será de conformidad con las siguientes provisiones:

6.1.3.1 El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto de la máquina de ensayo no excederá $\pm 1,0\%$ de la carga indicada.

6.1.3.2 La exactitud de la máquina de ensayo será verificada por aplicación de 5 ensayos de carga en 4 incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre cualquiera de 2 cargas de ensayo sucesivas no excederá un tercio de la diferencia entre las cargas de ensayo máxima y mínima.

6.1.3.3 La carga de ensayo como la indicada por la máquina y la carga aplicada evaluada de las lecturas del dispositivo de verificación serán registradas en cada punto de ensayo. Calcular el error, E, y el porcentaje de error, Ep. Para cada punto de esta data como sigue:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100 (A - B) / B$$

Donde:

A Carga, kN indicada por la máquina que está siendo verificada
B Carga aplicada, kN como lo determinado por el dispositivo de calibración

6.1.3.4 El reporte sobre la verificación de una máquina de ensayo, indicará dentro que rango de carga se obtienen requisitos de las especificaciones preferentemente una aceptación o rechazo. En ningún caso el rango de cargas será indicado como la inclusión de cargas debajo del valor 100 veces el menor cambio de carga sobre el mecanismo de indicación de

carga de la máquina de ensayo o cargas, dentro la porción de rango debajo del 10 % de su capacidad máxima.

6.1.3.5 En ningún caso el rango de cargas será fijado incluyendo cargas fuera del rango aplicado durante la verificación del ensayo.

6.1.3.6 La carga indicada de una máquina de ensayo no será corregida por cálculos o por el uso de un diagrama de calibración para obtener valores dentro el requisito de variación permisible.

6.2 La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes (Nota 2), una de las cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma. Las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3 % mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas. Excepto para los círculos concéntricos descritos más adelante, las caras no se apartarán de un plano o superficie horizontal por más de 0,02 mm en bloques de 150 mm o diámetros de 150 mm o mayores, o por más que 0,002 mm en el diámetro de cualquier bloque pequeño; los bloques nuevos serán fabricados dentro la mitad de esta tolerancia. Cuando el diámetro de la cara del bloque que se asienta en la rótula excede el diámetro de la probeta por más de 13 mm, se inscribirán círculos concéntricos, para facilitar un apropiado centrado, de no más de 0,8 mm de profundidad y no más de 1 mm de ancho.

NOTA 2: Es deseable que las caras de los bloques usados en ensayos de resistencia a la compresión del concreto tengan una dureza Rockwell de no menos de 55 HRC.

6.2.1 Los bloques de la bases estarán de conformidad con los siguientes requerimientos:

6.2.1.1 El bloque de base es especificado para el propósito de proveer una superficie para las condiciones especificadas (Nota 3). Las superficies superior e inferior serán paralelas una con la otra. Si la máquina de ensayo es diseñada tal que el plato posee las condiciones superficiales especificadas, un bloque base no es requerido. Su menor dimensión horizontal será al menos un 3 % mayor que el diámetro de la probeta a ser ensayada. Los círculos concéntricos como lo descrito en 6.2 son opcionales en el bloque de base.

NOTA 3: El bloque puede ser sujetado al cabezal de la máquina de ensayo.

6.2.1.2 El centrado final debe ser hecho con referencia al bloque esférico superior. Cuando el bloque inferior es usado para el centrado de la probeta, el centro del círculo concéntrico, el centro del bloque deberá estar directamente debajo del centro de la rótula superior. Las provisiones serán hechas sobre la placa de la máquina para asegurar esta posición.

6.2.1.3 El bloque de base de rotura tendrá al menos un espesor de 25 mm cuando está nueva, y al menos 22,5 mm de espesor cuando está usada.

6.2.2 El bloque superior tendrá los siguientes requerimientos:

6.2.2.1 El máximo diámetro del bloque y de la probeta no excederán de:

Diámetro de probeta de ensayo,	Máximo diámetro
mm	mm
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

NOTA 4: Las caras rectangulares son permisibles, pero el diámetro del círculo inscrito más alejado posible no excederá el diámetro antedicho.

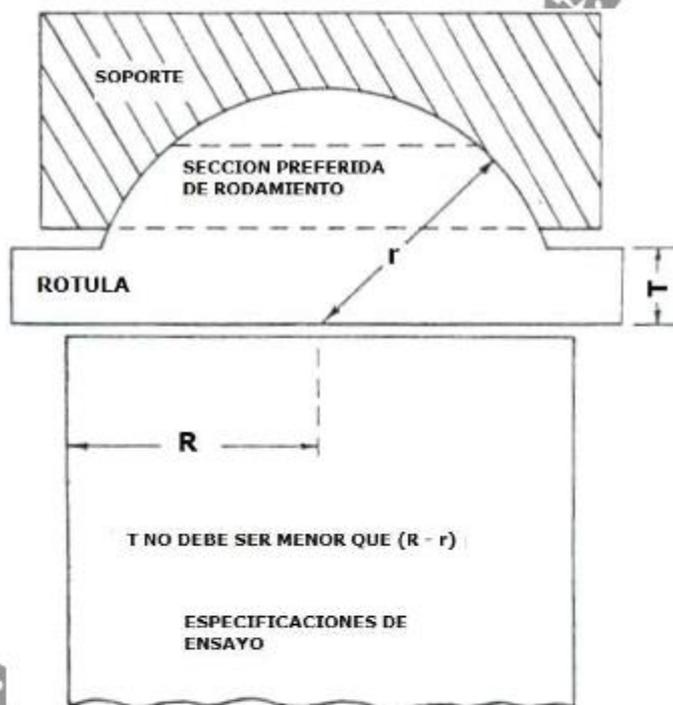
6.2.2.2 El centro de la rótula coincidirá con la superficie de la cara de rotura con una tolerancia de $\pm 5\%$ el radio de la rótula. El diámetro de la rótula será de al menos 75 % el diámetro de la probeta a ser ensayada.

6.2.2.3 La rótula y el soporte serán diseñados de tal forma que el acero en el área de contacto no se deformará permanentemente cuando esté cargado a la capacidad de la máquina de ensayo.

NOTA 5: El área de contacto está en la forma de un anillo (Descrito como área preferente de abertura) como lo mostrado en la Figura 1.

6.2.2.4 Las superficies del soporte y la porción esférica serán mantenidas limpias y lubricadas con un aceite de motor convencional, no con una de tipo grasa. Luego del contacto de la probeta y la aplicación de una pequeña carga inicial, no deberá producirse la inclinación adicional del bloque de asiento esférico.

6.2.2.5 Si el radio de la rótula es menor que el radio mayor de la probeta a ser ensayada, la porción de la cara de rotura extendida más allá de la rótula tendrá un espesor no menor que la diferencia entre el radio de la rótula y el radio de la probeta. La menor dimensión de la cara de rotura será al menos de la misma dimensión que el diámetro de la rótula (Véase Figura 1).



NOTA: la provisión será hecha para sostener la rótula en el soporte y para sostener la unidad entera en la máquina de pruebas.

FIGURA 1 – Presentación esquemática de una rótula típica de abertura

6.2.2.6 La porción móvil del bloque de rotura, será tal que dicha cara pueda rotar libremente al menos 4° en cualquier dirección.

6.2.2.7 Si el bloque superior es un diseño compuesto de dos piezas, una porción esférica y la placa de rotura, se proveerá de un medio mecánico para asegurar que la porción esférica esté fijada y centrada.

6.3 Indicación de carga

6.3.1 Si la carga de una máquina de compresión usada en ensayos de concreto es registrada sobre un dial, el dial será provisto con una escala graduada legible al menos con una aproximación de 0,1 % de la escala total de carga (Nota 6). El dial será legible dentro el 1 % de la carga indicada a cualquier nivel de carga dado dentro el rango de cargado. En ningún caso el rango de cargas de un dial sería considerado para incluir cargas debajo del valor que es 100 veces el menor cambio de carga que pueda ser leído en la escala. La escala estará provista con una línea de graduación igual a cero y será numerada. El indicador del dial será de suficiente longitud para alcanzar las marcas de graduación; el ancho del terminal del indicador no excederá la distancia libre entre las graduaciones más pequeñas. Cada dial será equipado con un ajuste de cero ubicado fuera del origen y fácilmente accesible, donde se observe la marca cero y el terminal del dial. Cada dial será equipado con un accesorio sustituto que todas las veces, mientras se resetea, indicará dentro el 1 % de aproximación la máxima carga aplicada a la probeta.

NOTA 6: Legible es considerado a ser 0,5 mm a lo largo del arco descrito por el terminal del indicador. También, una mitad del intervalo de escala es legible con razonable certeza cuando el espacio sobre el mecanismo indicador de carga está entre 1 mm y 2 mm. Cuando el espacio entre 2 mm y 3 mm, un tercio del intervalo de escala es legible con razonable certeza. Cuando el espacio es de 3 mm o más, un cuarto del intervalo de escala es legible con razonable certeza.

6.3.2 Si la carga de la máquina de ensayo es indicada en forma digital, la observación numérica en la pantalla deberá ser apropiada para que la lectura se haga sin dificultad. En ningún caso sería verificado el rango de cargas incluyendo cargas menores que el mínimo incremento numérico multiplicado por 100. La aproximación de la carga indicada deberá estar en el 1 % para cualquier valor mostrado dentro del rango de carga verificado. Las provisiones serán hechas para indicar el verdadero cero al cero de carga. Además se proveerá de un máximo indicador de carga que, mientras se vuelve a cero carga el sistema, indicará dentro el 1 % la carga máxima aplicada a la probeta.

7. PROBETAS

7.1 Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %.

NOTA 7: Esto puede ocurrir cuando el uso de un molde simple ha sido dañado o deformado durante el transporte, cuando se usan moldes simples flexibles estos se deforman durante el moldeo o cuando una extracción es defectuosa o en cambios durante la extracción.

7.2 Antes del ensayo, ninguna base de las probetas de ensayo se apartarán de la perpendicularidad a los ejes por más de $0,5^\circ$ (aproximadamente equivalente a 1 en 100 mm). Las bases de compresión de las probetas que no sean planas dentro los 0,050 mm, serán cortadas o cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se la permita, la NTP 339.216. El diámetro usado para el cálculo del área de la sección recta de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0,25 mm por el promedio de 2 diámetros medidos en ángulo recto uno del otro y cerca de la altura media de la probeta.

7.3 El número de cilindros individuales medidos para la determinación del diámetro promedio será de uno por cada diez probetas o tres probetas por día, el que sea mayor. Si todos los cilindros son hechos de un lote de moldes re-usables o de uso simple, que consistentemente producen cilindros con diámetros promedio dentro el rango de 0,5 mm. Cuando el diámetro promedio no está en el rango anteriormente descrito o cuando los cilindros no son hechos de un simple lote de moldes, cada cilindro de ensayo deberá ser medido y el valor usado en calcular la unidad de resistencia a la compresión de cada probeta. Cuando los diámetros son medidos a frecuencias reducidas, las áreas de la sección recta de todos los cilindros ensayados en el mismo día serán computados del promedio de los diámetros de tres o más cilindros representativos del grupo ensayados ese día.

7.4 Si el cliente que solicita los servicios de ensayo requiere mediciones de densidad de las probetas, determinar la masa de las mismas antes del capeado. Retirar cualquier humedad superficial con una toalla y medir la masa del cilindro usando una balanza con aproximación de 0,3 % de la masa que se está midiendo. Medir la longitud de la probeta con aproximación a 1 mm en tres espacios separados equidistantemente alrededor de la circunferencia. Evaluar la longitud promedio y registrarla con aproximación de 1 mm. Alternativamente determinar la densidad del cilindro por peso del mismo en el aire y también sumergido en el agua a $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 2,0\text{ }^\circ\text{C}$ y hallar el volumen de conformidad con 9.3.1.

7.5 Cuando la determinación de densidad no es requerida y la relación de longitud a diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2; medir la longitud de la probeta con aproximación de 0,05 D

8. PROCEDIMIENTO

8.1 Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechas tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

8.2 Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.

8.3 Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0,5 h ó 2,1 %
3 d	± 2 h ó 2,8 %
7 d	± 6 h ó 3,6 %
28 d	± 20 h ó 3,0 %
90 d	± 48 h ó 2,2%

8.4 Colocación: Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.

8.4.1 Verificación del cero y asiento del bloque: Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero, ajustar el indicador (Nota 8). Como el bloque asentado sobre la rótula es aplicado sobre la probeta, rotar su porción móvil cuidadosamente con la mano a fin de que el asiento sea uniforme.

NOTA 8: La técnica usada para la verificación y ajuste del indicador de carga a cero variará dependiendo del fabricante de la máquina. Consulte con su manual idóneo o calibrador de máquinas de compresión para una técnica apropiada.

8.5 Velocidad de carga: Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.

8.5.1 La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s (Véase Nota 9). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.

NOTA 9: Para una máquina de ensayo de tornillo o de desplazamiento controlado, preliminarmente al ensayo será necesario establecer la velocidad requerida de movimiento para alcanzar la velocidad de esfuerzo especificado. La velocidad requerida de movimiento dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, el módulo de elasticidad del concreto y de la solidez de la máquina de ensayo.

8.5.2 Durante la aplicación de la 1ra. mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.

8.5.3 No hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.

8.6 Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido (Tipos del 1 al 4 en la Figura 2). Para una máquina de ensayo, el cierre automático de la máquina de ensayo está prohibido mientras la carga ha caído a un valor menor del 95 % de la carga máxima. Cuando se ensayan con capas de embonado, una fractura en la esquina similar a los patrones tipos 5 o 6 mostrados en la Figura 2 puede ocurrir antes que la capacidad última del espécimen ha sido alcanzado. Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura de conformidad con la Figura 2, esquematizar y describir el patrón de fractura brevemente. Si la resistencia medida es menor a lo esperada, examinar la fractura del concreto y notar la evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas del agregado grueso, y verificar el refrentado de conformidad con las NTP 339.037 o NTP 339.216.

9. CÁLCULOS

9.1 Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada como se describe en el capítulo 7 y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa.

9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 por un apropiado factor de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 10):

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.

NOTA 10: Los factores de corrección dependen de varias condiciones como son: humedad, nivel de resistencia, y módulo de elasticidad. Los valores promedio están indicados en la tabla. Estos factores de corrección se aplican a concretos de baja densidad que pesan entre 1600 kg/m³ y 1920 kg/m³ y a concreto de densidad normal. Ellos son aplicables a concretos secos o humedecidos al tiempo de cargados y para concretos con resistencia nominal de 14 MPa a 42 MPa. Para mayores resistencias que 42 MPa los factores de corrección pueden ser mayores que los listados anteriormente.

9.3 Cuando sea requerido, calcular la densidad del espécimen con aproximación de 10 kg/m³ como sigue:

$$\text{Densidad} = W / V \quad (2)$$

Donde:

W Masa del espécimen, kg y
V Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua, m³

8.3.1 Cuando el volumen del cilindro es determinado del peso sumergido, calcular el volumen como sigue:

$$\text{Volumen} = (W - W_s) / D_a$$

(3)

Donde:

Ws Masa aparente del espécimen sumergido, kg
Da Densidad del agua a 23 °C – 997,5 kg/m³

10. REPORTE

10.1 Reportar la siguiente información:

10.1.1 Número de identificación

10.1.2 Diámetro (y longitud, si está fuera del rango de 1,8D a 2,2D), mm

10.1.3 Área de la sección recta, mm²

10.1.4 Carga máxima, KN

10.1.5 Resistencia a la compresión calculado con aproximación a 0,1 MPa

10.1.6 Tipo de fractura, si es diferente al cono usual (Véase Figura 2).

10.1.7 Defectos en el espécimen o en el refrentado.

10.1.8 Edad del espécimen.

10.1.9 Cuando sea requerida, la densidad con aproximación a 10 kg/m^3 .

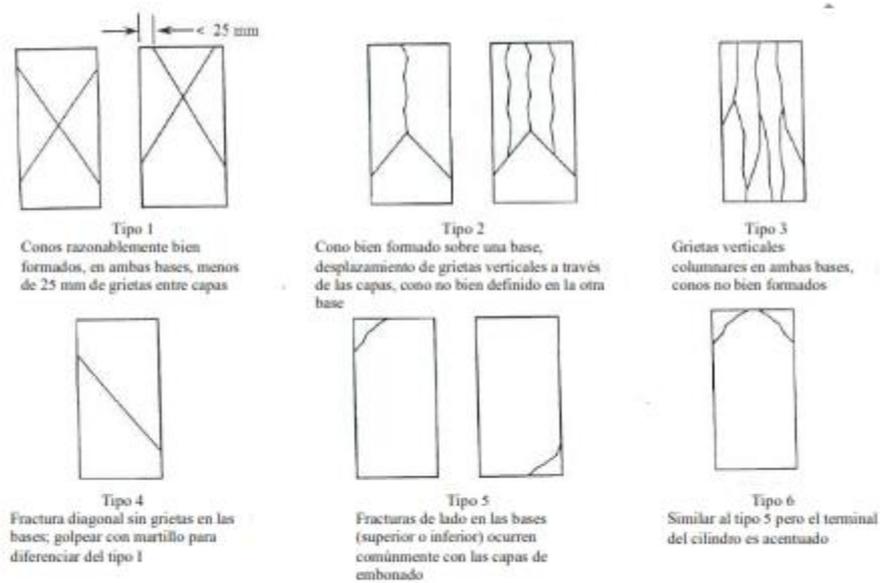


FIGURA 2 - Esquema de los patrones de tipos de fracturas

11. PRECISIÓN Y SESGO

11.1 Precisión

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

11.1.2 El coeficiente de variación en el laboratorio representa la variación esperada de mediciones de resistencia en cilindros preparados de una misma muestra de concreto y ensayados por un laboratorio a una misma edad. Los valores indicados para el coeficiente de variación en el laboratorio para cilindros de 150 x 300 mm son aplicables para resistencia a la

compresión entre 15 MPa y 55 MPa y para cilindros de 100 mm x 200 mm son aplicables para resistencias a la compresión entre 17 MPa y 32 MPa.

11.1.3 Precisión multi-laboratorio: El coeficiente de variación del multi-laboratorio para resultados de ensayos de resistencia a la compresión en cilindros de 150 mm x 300 mm. ha sido fijado en 5,0%; de ahí que, los resultados de ensayos apropiadamente conducidos por 2 laboratorios sobre especímenes preparados de una misma muestra de concreto no se espera diferir en más del 14% del promedio (Véase Nota 11). Un resultado de ensayo de resistencias es el promedio de 2 cilindros ensayados a una misma edad.

NOTA 11: La precisión multi-laboratorio no incluye variaciones asociadas con la preparación de especímenes para el ensayo de rotura por diferentes operadores o muestras independientes de concreto. Estas variaciones son causales del incremento del coeficiente de variación en reproducibilidad.

11.1.4 La data del multi-laboratorio fue obtenida de un programa organizado de 6 ensayos de resistencia donde los especímenes cilíndricos de 150 mm x 300 mm fueron preparados en un mismo lugar y ensayados en diferentes laboratorios. El rango del promedio de resistencias de este programa fue de 17,0 MPa a 90 MPa.

TABLA

	Coeficiente de variación	Rango aceptable de	
		2 Cil	3 Cil
Cil. de 150 mm x 300 mm			
Condic. de laborat.	2,4 %	6,6 %	7,8 %
Condic. de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
Cil. de 100 mm y 200 mm			
Condic. de laborat.	3,2 %	9,0 %	10,6 %

11.2 **Sesgo:** Desde que no es aceptado ningún material de referencia, no existe a la fecha un estadístico sobre sesgo.

12. ANTECEDENTES

- | | | |
|------|--------------------|---|
| 12.1 | NTP 339.034:1999 | HORMIGÓN. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto |
| 12.2 | ASTM C39/C39M-05e1 | Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens |

Prohibida su reproducción total o parcial

ANEXO A
(INFORMATIVO)

Con relación a la norma ASTM C39/C39M-05e1, que sirve de antecedente a la presente NTP el sub comité 09.61 de la ASTM responsable de la misma desarrolla un programa para el estudio de la data de recientes programas de ensayos en concreto y la data de los ensayos en obra, y hará las revisiones de los estadísticos de precisión cuando la data indique que ellos pueden ser ampliados para cubrir los rangos de resistencia y tamaños de especímenes.

Prohibida su reproducción total o parcial

ENTIDAD	REPRESENTANTE
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.	Juan Harman Patricia Bayón
PREMIX S.A.	Carlos Forero
UNICON	Enrique Pasquel José Álvarez
SIKA PERÚ S.A.	Patricio Arellano
CONSULTOR	Ana Biondi
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – Dirección de Estudios Especiales de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles	Mario Gamarra José Marín
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	Daniel Carrión Roberto Prieto
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ - Capitulo de Civiles	Enrique Rivva
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA	Gladys Villa García
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	Ana Torre Rafael Cachay
SENCICO	Vanna Giuffanti
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Víctor Granados Edgar García.
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	Enriqueta Percyra Liliana Chavarría

—000000—

CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo

CONCRETE. Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with center-point loading)

2012-09-26
3ª Edición

R.0092-2012/CNB-INDECOPI. Publicada el 2012-10-31

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Concreto, vigas, resistencia a la flexión, ensayo

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. RESUMEN DEL MÉTODO	2
4. SIGNIFICADO Y USO	2
5. APARATOS	3
6. ENSAYO	4
7. PROCEDIMIENTO	5
8. MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO	6
9. EXPRESIÓN DE RESULTADOS	6
10. INFORME	7
11. PRECISIÓN Y DESVIACIÓN	8
12. ANTECEDENTES	8
ANEXO A	9

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

i

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de enero a mayo de 2012, utilizando como antecedente a los documentos que se mencionan en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Agregados, concreto, concreto armado y concreto pretensado, presentó a la Comisión de Normalización y Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias -CNB-, con fecha 2012-06-27, el PNTP 339.079:2012, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2012-07-27. No habiéndose presentado observaciones fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 339.079:2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo**, 3ª Edición, el 31 de octubre de 2012.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 339.079:2001 y utilizó como antecedente a la norma ASTM C 293/ C 293M-10. La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Asociación de Productores de Cemento - ASOCEM
Presidente	Manuel Gonzáles de la Cotera Scheirmüller - ASOCEM
Secretario	Juan Avalo Castillo

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ii

ENTIDAD	REPRESENTANTE
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.	Rosaura Vásquez
FIRTH INDUSTRIES PERU S.A.	Juan Harman Patricia Bayón
PREMIX S.A.	Carlos Forero
UNICON	Enrique Pasquel José Álvarez
SIKA PERÚ S.A.	Patricio Arellano
CONSULTOR	Ana Biondi
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – Dirección de Estudios Especiales de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles	Mario Gamarra José Marín
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO	Daniel Carrión Roberto Prieto
ARPL TECNOLOGÍA INDUSTRIAL S.A.	Wilfredo Quintana
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ - Capitulo de Civiles	Enrique Rivva
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA	Gladys Villa García
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	Ana Torre Rafael Cachay
SENCICO	Vanna Giuffanti
CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.	Víctor Granados Edgar García.
QUÍMICA SUIZA S.A.	Milan Pejnovic
UNIVERSIDAD RICARDO PALMA	Enriqueta Pereyra Liliana Chavarria

---oooOooo---

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

iii

CONCRETO Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas y ensayadas con cargas en el centro del tramo. Este método de ensayo no es una alternativa del método NTP 339.078.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-------|-------------------|---|
| 2.1.1 | NTP 339.033:2009 | HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto de campo |
| 2.1.2 | NTP 339.037: 2008 | HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto) |

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

- 2.1.3 NTP 339.078: 2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los dos tercios del tramo
- 2.1.4 NTP 339.183:2003 HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio
- 2.2 Normas Técnicas de Asociación**
- 2.2.1 ASTM C 1077 - 11c Standard Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation
- 2.2.2 ASTM E 4 - 10 Standard Practices for Force Verification of Testing Machines

3. RESUMEN DEL MÉTODO

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en el centro del tramo de la viga hasta que ocurra la falla.

4. SIGNIFICADO Y USO

4.1 Este método de ensayo se aplica para determinar el módulo de rotura de especímenes de concreto preparados y curados de acuerdo con la NTP 339.033 o NTP 339.183. La resistencia variará según las diferencias del espécimen en tamaño, preparación, condiciones de humedad o curado.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

4.2 Los resultados de este método de ensayo pueden usarse para determinar el cumplimiento con las especificaciones o, como base para la dosificación, mezclado y operaciones de colocación del concreto. Este método de ensayo proporciona valores significativamente mayores que el método NTP 339.078.

5. APARATOS

5.1 Máquina de Ensayo

5.1.1 La máquina de ensayo se ajustará a los requisitos de las secciones sobre la base de la verificación, correcciones e intervalo de tiempo entre verificaciones establecidas en la ASTM E4. Las máquinas de ensayo no están permitidas, cuando funcionan con bombas que no suministren una carga continua hasta la falla y de un solo recorrido de pistón. Son autorizados el uso de motobombas o bombas manuales de desplazamiento positivo con volumen suficiente en un movimiento continuo para completar el ensayo sin necesidad de reabastecimiento y debiendo ser capaces de aplicar cargas a una velocidad uniforme, sin golpes, ni interrupciones.

5.2 Aparatos de Carga

5.2.1 El mecanismo por el cual son aplicadas las fuerzas al espécimen deberá emplear un bloque de aplicación de carga y dos bloques de soporte del espécimen. La carga deberá aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de manera tal que se evite toda excentricidad. En la Figura 1 se muestra un dispositivo adecuado (véase Anexo A).

5.2.2 Todos los aparatos para la determinación de la resistencia a la flexión con carga en el centro del tramo, deben ser similares al presentado en la Figura 1 y deberán mantener constante la distancia entre apoyos y la posición del bloque central de carga, con respecto a los bloques de soporte con una tolerancia de $\pm 1,0$ mm .

5.2.3 La dirección de las reacciones deberán ser paralelas a la dirección de la carga aplicada en todo momento mientras se realice la prueba y la relación entre la distancia horizontal desde el punto de aplicación de la carga a su reacción más cercana a la altura de la viga será de $1,5 \pm 2\%$.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

5.2.4 Los bloques de carga y de apoyo no tendrán más de 65 mm de altura, medida desde el centro o eje del pivote y deberán abarcar todo el ancho de la viga. Cada superficie de apoyo en contacto con la viga no se apartará de un plano por más de 0,05 mm, tendrá forma cilíndrica y su eje deberá coincidir con el del rodillo o con el centro de la rótula esférica, según sea el caso.

5.2.5 El ángulo definido por la superficie curva de cada bloque deberá tener por lo menos 45°. Los bloques de carga y de apoyo deberán mantenerse en posición vertical y en contacto con el rodillo o rótula esférica por medio de tornillos con resortes que los mantengan en contacto. El rodillo en el centro del bloque de aplicación de la carga (véase Figura 1) puede omitirse cuando se utiliza un bloque esférico asentado con rótula.

6. ENSAYO

6.1 Los especímenes a ensayar serán preparados de acuerdo con el método de ensayo indicado en la NTP 339.033 y NTP 339.183, aplicables a especímenes prismáticos y vigas.

6.2 La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Las caras laterales de la viga formarán ángulos rectos con las caras superior e inferior de la misma. Todas las superficies deberán ser lisas y libres de costras, indentaciones, porosidades o marcas de identificación.

6.3 El laboratorista que lleva a cabo el ensayo de las vigas de concreto para las pruebas de aceptación, deberá cumplir con los requerimientos establecidos para las técnicas de laboratorios de concreto de la ASTM C1077, incluyendo el método de ensayo de la presente norma como relevante.

NOTA 1: El laboratorio de ensayo que ejecute este método puede ser evaluado de conformidad con la ASTM C 1077.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

7. PROCEDIMIENTO

7.1 La prueba de flexión en especímenes con curado húmedo se realizará tan pronto como sea posible, luego de retirar de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura.

7.2 Se gira el espécimen sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre los bloques de apoyo. Centrar el sistema de carga en relación con la fuerza aplicada. Llevar el bloque de aplicación de la carga en contacto con la superficie de la muestra en el centro y aplicar una carga entre 3 % y 6 % de la carga máxima estimada.

Usando medidores de espesores tipo lámina de 0,10 mm y 0,40 mm , determinar si existe algún vacío entre la muestra y el bloque de aplicación de la carga o los bloques de soporte que sea mayor o menor que cada uno de los medidores de espesor en una longitud de 25 mm o más. Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y las placas de aplicación de la carga o de apoyo será necesario refrentar, lijar o suplementar con tiras de cuero para eliminar toda diferencia de más de 0,10 mm . Las tiras de cuero deberán ser uniformes de 6 mm de espesor, de 25 a 50 mm de ancho y se extenderán a todo el ancho de la viga. Las irregularidades de más de 0,40 mm deberán ser eliminadas solo por refrentado o esmerilado. El pulimento de las superficies laterales se debe minimizar tanto como sea posible, ya que puede cambiar las características físicas de la viga. El refrentado se deberá hacer de conformidad con las secciones pertinentes de la NTP 339.037.

7.3 Cargar la viga de forma continua y sin impactos. Aplicar la carga a una velocidad constante hasta el punto de rotura. Aplicar la carga a una velocidad que incremente el esfuerzo en la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min . El rango de velocidad de aplicación de la carga se calcula con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L} \quad (1)$$

En donde:

r : es el rango de velocidad de aplicación de carga, en N/min,

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

- S : tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, en MPa/min ,
- b : ancho promedio de la viga conforme fue orientada para el ensayo, mm,
- d : altura promedio de la viga conforme fue orientada para el ensayo, mm,
- L : longitud del tramo, en mm

8. MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS DESPUÉS DEL ENSAYO

8.1 Para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra para su aplicación en el cálculo del módulo de ruptura, tomar las mediciones a través de una de las caras fracturadas después de la prueba. El ancho y la altura se miden en la muestra, conforme fue orientada o dispuesta para el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Tomar tres medidas a lo largo de cada dimensión (una en cada extremo y al centro), para determinar el ancho promedio y altura promedio. Tomar todas las medidas con una precisión de 1 mm . Si la fractura ocurre en una sección de refrentado, se incluye la medida del espesor de la capa.

9. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

9.1 El módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (2)$$

En donde:

- M_r : Es el módulo de rotura, en MPa
- P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N
- L : Es la longitud del tramo, mm
- b : Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

h : Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm .

NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados.

10. INFORME

10.1 El informe incluirá los siguientes datos:

10.1.1 Número de identificación de la viga.

10.1.2 Ancho promedio, con aproximación a 1 mm, en la sección de fractura, en mm .

10.1.3 Altura promedio, con aproximación a 1 mm, en la sección de fractura, mm .

10.1.4 Longitud del tramo, en mm .

10.1.5 Carga máxima aplicada, en N .

10.1.6 Módulo de rotura en MPa, calculado con una aproximación a 0,05 MPa .

10.1.7 Historia del curado y condiciones aparentes de humedad de la viga en el momento del ensayo.

10.1.8 Indicar si la viga fue refrentada, lijada o si emplearon tiras de cuero .

10.1.9 Defectos observados en la viga, y

10.1.10 Edad de la viga.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

11. PRECISIÓN Y DESVIACION

11.1 Precisión

Se ha observado que el coeficiente de variación de los resultados de la prueba depende del nivel de resistencia de las vigas. Cuando se trate de un mismo operador, en un mismo laboratorio, el coeficiente de variación se ha establecido en 4,4 %. Luego los resultados de dos ensayos realizados adecuadamente por el mismo operador sobre vigas hechas a partir de la muestra del mismo lote, se espera que no diferirán en más de 12 % .

11.2 Cuando se trate de varios laboratorios, el coeficiente de variación se ha establecido en 5,3 % . Luego los resultados de dos laboratorios diferentes sobre vigas hechas de la muestra de un mismo lote, se espera que no diferirán entre sí en más de 15 % .

11.3 Desviación

En la presente norma no se establece la desviación mientras no sea aceptado un procedimiento normalizado para determinarla.

12. ANTECEDENTES

12.1	NTP 339.079:2001	HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo
12.2	ASTM C 293/C293M-10	Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Center Point Loading)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ANEXO A
(INFORMATIVO)

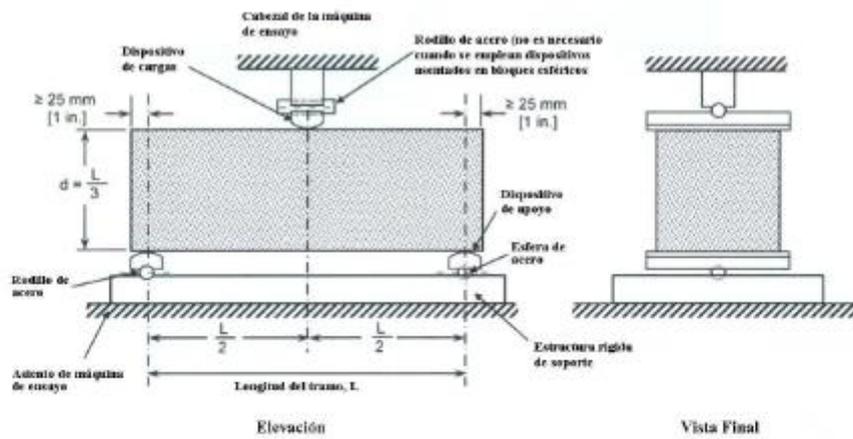


FIGURA 1 - DIAGRAMA DE UN DISPOSITIVO ADECUADO PARA LA PRUEBA DE FLEXION DEL CONCRETO POR EL MÉTODO DE CARGA EN EL PUNTO MEDIO

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ANEXO 07
Panel Fotográfico



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"

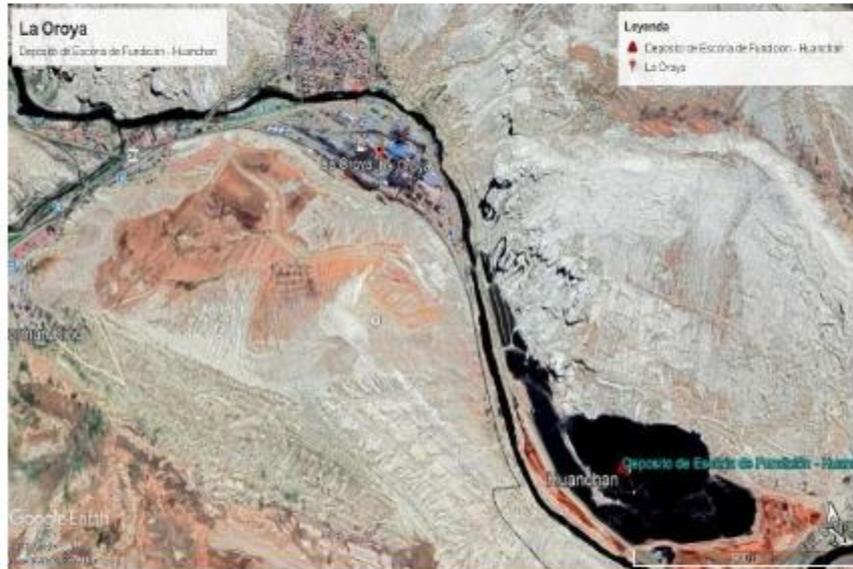


Foto N°01: Vista satelital de la ciudad de La Oroya



Foto N°02: Vista satelital del área de depósito de la escoria de fundición - Huanchan



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°03: Vista de la escoria de fundición contaminando el río Mantaro



Foto N°04: Vista de marcen izquierda - Depósito de Escoria de Fundición



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°05: Vista de margen derecho - Depósito de Escoria de Fundición



Foto N°06: Vista de garita de control del área de depósito de escoria de fundición



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°07: Vista del material - Escoria de Fundición



Foto N°08: Vista de materiales para la elaboración de la mezcla



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°09: Vista de control de peso del recipiente vacío



Foto N°10: Vista de control de peso de cemento dosificado



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°11: Vista de control de peso de agregado grueso dosificado

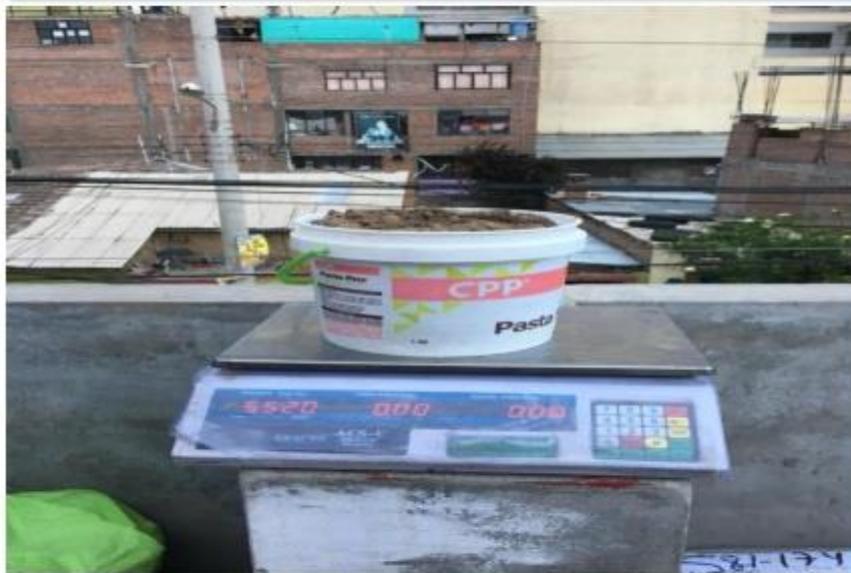


Foto N°12: Vista de control de peso de agregado fino dosificado



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°13: Vista de materiales en la mezcladora



Foto N°14: Vista de adición de agua en la mezcladora



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°15: Vista de adición de escoria de fundación dentro de la mezcladora



Foto N°16: Vista de mezclado de materiales



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°17: Vista de procedimiento de llenado de molde - Asentamiento



Foto N°18 Vista de procedimiento de goldeo de molde - Asentamiento



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°19: Vista de chuceado de mezcla - Asentamiento



Foto N°20: Vista de toma de medida - Asentamiento



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°21: Vista de mezcla muy fluido - Asentamiento



Foto N°22: Vista de toma de medida de mezcla fluido - Asentamiento



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°23: Vista de separación de agua de la mezcla - Exudación



Foto N°24: Vista de control de agua de la mezcla - Exudación



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°25: Vista de control de peso de molde vacío - Densidad



Foto N°26: Vista de chuceado de mezcla dentro del molde - Densidad



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°27: Vista de control de peso de mezcla de espécimen patron - Densidad



Foto N°28: Vista de control de peso de mezcla de espécimen 30% esc. - Densidad



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°29: Vista de control de temperatura al 30% de esc. - Temperatura



Foto N°30: Vista de control de temperatura al 20% de esc. - Temperatura



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°31: Vista de moldes para ser llenados de mezcla



Foto N°32: Vista de llenado de mezcla en molde cilíndrico – Fe'



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°33: Vista de chuceado de mezcla - Fc'



Foto N°34: Vista de molde con concreto al 40% de esc. - Fc'



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°35: Vista de molde patrón lleno de concreto – Fc'



Foto N°36: Vista programación de equipo de rotura – Fc'



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°37: Vista de espécimen colocado dentro de equipo – Fc'



Foto N°38: Vista de espécimen en proceso de rotura – Fc'



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°39: Vista de espécimen fallados por compresión – Fc'



Foto N°40: Vista de especímenes, máquina y operador – Fc'



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°41: Vista de de la totalidad de especímenes fallados - Fc'



Foto N°42: Vista chuceado de mezcla en molde rectangular - MR



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°43: Vista de control de peso de mezcla en moldrectangular - MR



Foto N°44: Vista de probetas rectangulares llenos de mezcla - MR



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°45: Vista del laboratorio de la UPLA y la máquina de rotura a flexión - MR



PANEL FOTOGRÁFICO

TESIS: "EFECTOS DE LA ESCORIA DE FUNDICIÓN COMO AGREGADO FINO EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO"



Foto N°47: Vista de la colocación del espécimen para la rotura - MR



Foto N°48: Vista de la operación de la maquina para la rotura del espécimen - MR