

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**



**Determinación del módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, módulo de corte, del concreto, utilizando materiales de la región de Piura**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**Ricardo Arnaldo Yaipen Trelles**

**ASESOR**

**Carlos Rafael Tafur Jimenez**

<https://orcid.org/0000-0003-0119-8234>

**Chiclayo, 2022**

**Determinación del módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson,  
módulo de corte, del concreto, utilizando materiales de la región  
de Piura**

PRESENTADA POR

**Ricardo Arnaldo Yaipen Trelles**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

APROBADA POR

Fidel Ortiz Zapata

PRESIDENTE

Pedro Ramon Patazca Rojas

SECRETARIO

Carlos Rafael Tafur Jimenez

VOCAL

## Dedicatoria

Con amor y gratitud:

A mis padres, Myriam y Ricardo,  
quienes siempre han sido fuente de  
apoyo, amor, valores y conocimientos  
para hacer de mí una persona de bien  
y nunca dejarme solo cual fuera la situación.  
Todo mi amor y honor hacia ellos.

A Angélica, mi compañera de vida,  
quien siempre ha estado a mi lado  
en todo momento y ha sido fuente  
de fuerza e inspiración. Para ella  
mi esfuerzo y dedicación.

A mis amigos durante este camino,  
pero unidos para siempre, por su apoyo,  
amistad, sinceridad, y sobretodo tiempo  
compartido.

A mis profesores, quienes fueron  
fuente de conocimientos, valores y  
sabiduría durante este camino.

## **Agradecimientos**

A Dios, por darme la vida, guiarme por el camino del bien, y permitirme cumplir con mis deseos y metas propuestas.

A mis padres, Myriam y Ricardo, quienes siempre han sido apoyo durante toda mi vida, brindándome amor incondicional, impartiendo valores y enseñanzas para hacer de mí una persona de bien, y un profesional de calidad.

A mi asesor, el Ing. Carlos Tafur, por el apoyo brindado en este tiempo, por las enseñanzas impartidas durante el periodo de asesor y como profesor de distintos cursos, siempre mostrando confianza para con sus estudiantes.

A las personas que colaboraron durante mi formación profesional, de alguna u otra manera; compañeros, amigos y sobretodo profesores.

# TESIS YAIPEN TRELLES RICARDO ARNALDO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	10%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="https://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

Resumen .....	12
Abstract .....	13
I. Introducción .....	14
II. Marco teórico .....	18
Antecedentes .....	37
Bases teóricas .....	39
III. Metodología .....	42
IV. Resultados .....	49
V. Discusión.....	141
VI. Conclusiones .....	144
VII. Recomendaciones.....	146
VIII. Referencias.....	147
IX. Anexos.....	150

## Lista de tablas

Tabla N° 1: Límites de granulometría del agregado fino.....	29
Tabla N° 2: Gráfica de mallas normalizadas del agregado grueso.....	29
Tabla N° 3: Peso mínimo de muestras de ensayo.....	31
Tabla N° 4: Porcentaje de aire atrapado.....	34
Tabla N° 5: Clasificación de los Agregados según su tamaño.....	38
Tabla N° 6: Módulo de Elasticidad de Agregados.....	39
Tabla N° 7: Resultados de Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	51
Tabla N° 8: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Fino.....	53
Tabla N° 9: Resultados de porcentaje de humedad del Agregado Fino.....	54
Tabla N° 10: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Fino.....	54
Tabla N° 11: Resultados de Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.....	55
Tabla N° 12: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Grueso.....	57
Tabla N° 13: Resultados de porcentaje de humedad del Agregado Grueso.....	58
Tabla N° 14: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Grueso.....	58
Tabla N° 15: Propiedades del Agregado Fino.....	59
Tabla N° 16: Propiedades del Agregado Grueso.....	60
Tabla N° 17: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I .....	83
Tabla N° 18: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I .....	85
Tabla N° 19: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS .....	87
Tabla N° 20: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS .....	89

Tabla N° 21: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	91
Tabla N° 22: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	94
Tabla N° 23: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	96
Tabla N° 24: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	98
Tabla N° 25: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I .....	100
Tabla N° 26: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I .....	102
Tabla N° 27: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS .....	105
Tabla N° 28: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	107
Tabla N° 29: Resultados de Módulo de Corte del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I .....	109
Tabla N° 30: Resultados de Módulo de Corte del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I .....	111
Tabla N° 31: Resultados de Módulo de Corte del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS .....	113
Tabla N° 32: Resultados de Módulo de Corte del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS .....	115
Tabla N° 33: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	118
Tabla N° 34: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	120
Tabla N° 35: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto $f^c=210$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	122
Tabla N° 36: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto $f^c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	124
Tabla N° 37: Comparación de resultados de $E_c$ en contraste con antecedentes nacionales...	145

Tabla N° 38: Comparación de resultados de Coeficiente de Poisson en contraste con antecedentes nacionales.....145

## Lista de figuras

Figura N° 1: Curva Esfuerzo-Deformación del concreto.....	22
Figura N° 2: Variación geométrica al aplicarse una carga axial.....	23
Figura N° 3: Comportamiento del concreto a la acción de fuerza cortante.....	25
Figura N° 4: Curva Esfuerzo-Deformación.....	26
Figura N° 5: Factores que afectan el Módulo de Elasticidad.....	27
Figura N° 6: Traslado de material al interior del laboratorio.....	50
Figura N° 7: Curva granulométrica del Agregado Fino.....	52
Figura N° 8: Tamizado del Agregado Fino.....	52
Figura N° 9: Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino.....	53
Figura N° 10: Ensayo de porcentaje de humedad del Agregado Fino.....	54
Figura N° 11: Ensayo para determinar el peso unitario del Agregado Fino.....	55
Figura N° 12: Curva granulométrica del Agregado Grueso.....	56
Figura N° 13: Tamizado del Agregado Grueso.....	56
Figura N° 14: Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso.....	57
Figura N° 15: Ensayo para determinar el peso unitario del Agregado Grueso.....	59
Figura N° 16: Proceso de apisonado del concreto.....	77
Figura N° 17: Proceso de apisonado del concreto.....	77
Figura N° 18: Ensayo del Cono de Abrams.....	78
Figura N° 19: Elaboración de concreto.....	78
Figura N° 20: Probeta de concreto.....	78
Figura N° 21: Curado de probetas de concreto.....	79
Figura N° 22: Prensa hidráulica.....	80
Figura N° 23: Prensa hidráulica.....	80
Figura N° 24: Discos y diales para medición de deformaciones.....	81
Figura N° 25: Curva Esfuerzo vs Edad $f^c=210$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	134
Figura N° 26: Curva Esfuerzo vs Edad $f^c=280$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	134
Figura N° 27: Curva Esfuerzo vs Edad $f^c=210$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	135
Figura N° 28: Curva Esfuerzo vs Edad $f^c=280$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	135
Figura N° 29: Curva Esfuerzo vs Deformación $f^c=210$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	136
Figura N° 30: Curva Esfuerzo vs Deformación $f^c=280$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo I.....	136
Figura N° 31: Curva Esfuerzo vs Deformación $f^c=210$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	137
Figura N° 32: Curva Esfuerzo vs Deformación $f^c=280$ Kg/cm <sup>2</sup> con cemento Tipo MS.....	137

Figura N° 33: Comparación de resultados de Ec en contraste con antecedentes nacionales.....	145
Figura N° 34: Comparación de resultados de Coeficiente de Poisson en contraste con antecedentes nacionales.....	145

## Lista de anexos

Figura N° 1: Ecuaciones de $E_c$ para concreto de $f'_c$ normal-Colombia.....	153
Figura N° 2: Ecuaciones de $E_c$ para concreto de $f'_c$ de alta resistencia-Colombia.....	153
Figura N° 3: Ecuaciones de $E_c$ para concreto de $f'_c$ de alta resistencia en Europa y USA.....	154
Figura N° 4: Ecuaciones de $E_c$ para concreto de $f'_c$ de alta resistencia en Inglaterra.....	154
Figura N° 5: Hoja de datos de seguridad del Material (cemento).....	155
Figura N° 6: Hoja de cálculo de muestra estadística.....	156
Figura N° 7: Hoja de cálculo de resultado de encuestas.....	157
Figura N° 8: Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	158
Figura N° 9: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Fino.....	159
Figura N° 10: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Fino.....	160
Figura N° 11: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.....	161
Figura N° 12: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Grueso.....	162
Figura N° 13: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Grueso.....	162
Figura N° 14: Manguera vibradora, 38mm x 6m.....	162
Figura N° 15: Vibrador MVDR-4 5.5HP .....	163
Figura N° 16: Certificado de calibración de prensa hidráulica .....	164
Figura N° 17: Certificado de calibración de prensa hidráulica .....	165
Figura N° 18: Certificado de calibración de prensa hidráulica .....	16

## Resumen

La presente investigación, fue planteada con la finalidad de determinar propiedades mecánicas tales como el Módulo de Elasticidad, Resistencia a la Compresión y algunas características del concreto, como Coeficiente de Poisson, Módulo de Rigidez, así también establecer la Curva de Esfuerzo-Deformación, para concreto simple de  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  en el Departamento de Piura, haciendo uso de agregados tanto finos como gruesos de las canteras más representativas de la zona. Para ello se investigó las canteras más representativas en la Región, obteniendo como resultados las canteras Cerro Mocho y Sojo, para agregado fino y grueso respectivamente. Así como también el cemento más usado en obra, llegando a la conclusión en Cemento MS y Cemento Tipo 1.

**Palabras clave:** Módulo de Elasticidad, Módulo de Corte, Coeficiente de Poisson, Agregados.

### **Abstract**

The present investigation was raised with the purpose of determining mechanical properties such as the Modulus of Elasticity, Compressive Strength and some characteristics of concrete, such as Poisson's Ratio, Modulus of Rigidity, as well as establishing the Stress-Deformation Curve, to Simple concrete of  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  and  $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$  in the Department of Piura, using both fine and coarse aggregates from the most representative quarries in the area. For this, the most representative quarries in the Region were investigated, obtaining as results the Cerro Mocho and Sojo quarries, for fine and coarse aggregate respectively. As well as the cement most used on site, reaching the conclusion in Cemento MS and Cemento Type 1.

**Keywords:** Modulus of Elasticity, Shear Modulus, Poisson's Ratio, Aggregates.

## **I. Introducción**

El mundo cada día crece más y más, y con ello la necesidad de nuevas construcciones, por lo que es de vital importancia garantizar seguridad, eficacia y economía en los diseños estructurales. La ingeniería se basa en tres pilares muy importantes, sin uno de ellos se puede llegar a considerar como un mal diseño o poco eficaz, puesto que para considerarlo como bueno se requiere que este sea seguro, para garantizar el salvaguardar las vidas que se verán comprometidas con la edificación, puente, represa, o cual sea el tipo de construcción; eficiencia, un diseño debe cumplir con su funcionalidad a cabalidad, poder cumplir los requerimientos a los que se someterá en su etapa de construcción; economía, si bien es cierto no se debe escatimar con costos en torno a la construcción, es correcto y un mejor proyecto si se diseña con los menores costos dentro de los parámetros y los dos puntos mencionados anteriormente, para a su vez poder considerarse competitivo.

Contar con los tres aspectos, requiere de cálculos realizados de la mejor manera posible, para lo que es de suma importancia y necesidad emplear valores y resultados precisos y exactos acorde al tipo de proyecto que se está planteando, si bien es cierto existen ecuaciones y parámetros que nos facilitan el diseño en una etapa preliminar, se es necesario reemplazar y recalcular resultados con valores propios del proyecto, debido a la variación de propiedades y características dependientes a variables como zona geográfica, clima, y el punto más importante, materiales.

Los materiales son de gran importancia en un diseño, puesto que son el punto inicial para cualquier tipo de cálculo posterior, datos como propiedades del suelo, características de los agregados, tipos de cementos, agua a utilizar; son de los puntos más relevantes al diseñar, por lo que utilizar valores originales es lo apropiado y correcto a fines de cumplir con los objetivos de la Ingeniería.

El diseño estructural en concreto como el cualquier otro material, requiere de valores adecuados del componente en estudio, el concreto simple, tal como Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson, Módulo de Rigidez o de Corte, los cuales son primordiales e importantes para la obtención de resultados como derivadas, deformaciones, rigideces, deflexiones, así como para el diseño estructural.

En la actualidad en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) [1], se encuentra la ecuación que define el Módulo de Elasticidad, denotado de la siguiente forma:  $E_c = 15000\sqrt{f'_c}$ , donde  $f'_c$  hace referencia a la resistencia a la compresión del concreto, y el coeficiente hace referencia a un valor correspondiente a concretos de peso unitario normal ( $w_c \approx 2300 \text{ kg/m}^3$ ). Investigaciones internacionales y nacionales acerca del tema, han concluido que existe variación entre los resultados calculados con esta ecuación proveniente del ACI (American Concrete Institute) [2], comparados con los encontrados de forma manual en ensayos, lo que denota un problema al realizar el modelamiento y posterior diseño, a raíz de arrastrar la incompatibilidad con los valores verdaderos. Del mismo modo ocurre al calcular el Módulo de Corte, el cual se encuentra definido también en las normas, y el coeficiente de Poisson que si bien no se define en las normas con una ecuación; es de conocimiento el uso del mismo en ratios de 0.15 a 0.20.

En México, La Norma de Construcciones de México, se apoya en Normas Técnicas Complementarias[3] para el diseño de concreto. En esta Norma se puede encontrar distintas ecuaciones para determinar el Módulo de Elasticidad, teniendo dos tipos de clasificaciones. Una primera clasificación es para concretos según su resistencia, en clase 1 (para agregados tipo calizo y basáltico) y clase 2, para resistencia de valores menores teniendo como condiciones claros no mayores a 5 metros, y para edificaciones no mayores de dos niveles.

Investigaciones en la Universidad de Texas en Austin, demostraron que las ecuaciones del ACI, subestimaban los valores de  $E_c$ , en comparación con los encontrados experimentalmente haciendo uso de ensayos normados. [4]

Según Sanchez, menciona que “El valor del módulo de elasticidad del hormigón depende en gran medida del módulo de elasticidad del agregado con el cual se fabrica el hormigón” [5], de esta forma se confirma la importancia que tienen los agregados en la obtención del Módulo de Elasticidad y la implicancia de los agregados al momento de realizarse la mezcla, puesto que aportan propiedades al concreto que son variantes a cada agregado que se esté utilizando, como se sabe los agregados tienen distintas propiedades, formas, y especificaciones; que dependen de su origen de explotación, incluso del tipo de clima en el que se encuentre.

Según Sanchez García, en su tesis “La Resistencia a la Compresión del Hormigón y su influencia en el Módulo de Elasticidad Estático en el Cantón Ambato, provincia de Tungurahua” [6] comenta que: “En la actualidad es necesario conocer las principales

propiedades del hormigón como el esfuerzo y el módulo de elasticidad estático para garantizar la calidad y resistencia del mismo, lo cual hace inevitable que los materiales como los agregados o áridos pétreos, la pasta cementante (cemento + agua + aditivos y/o adiciones) cumplan con las especificaciones señaladas en las normas técnicas nacionales, teniendo así una ejecución correcta para distintas construcciones civiles” .Por lo que se entiende que, es muy importante conocer las propiedades y características de los insumos que forman parte del concreto, para obtener una calidad correcta y apropiada en torno a las normativas; a su vez el autor nos dice que: “Es irrefutable que el módulo de elasticidad estático es necesario puesto que es uno de los valores más importantes en el diseño de concreto, influye en las deflexiones, derivas y rigidez de una estructura, además que el uso masivo de concreto como principal material de construcción hacen indispensable conocer todas sus propiedades mecánicas para tener unos diseños acertados de los proyectos de construcción” [6]. Claramente deja ver la importancia del Módulo de Elasticidad del concreto para los diversos proyectos, si analizamos ambas opiniones del autor, podemos concluir que el  $E_c$  es sumamente importante en el análisis y diseño estructural, por tanto sus valores, que a su vez dependen de los materiales como agregados, agua, y cemento, deben ser los apropiados para el cálculo.

La presente investigación, a través de ensayos de laboratorio, pretende demostrar la diferencia en valores de Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson, Módulo de Corte, sometiendo testigos estandarizados de concreto simple a ensayos de rotura, de una muestra significativa, a modo de asegurar un mejor resultado. La mezcla de concreto simple estaría formada por materiales característicos de la zona en estudio, como: cemento tipo MS y tipo 1, agregados de las canteras representativas de la zona, y agua de la región de Piura. Con esta investigación se pretende obtener valores más exactos, precisos y adecuados para la elaboración de proyectos en la zona de estudio (Departamento de Piura), puesto que se trabajará con materiales de la zona, así esta investigación sería de ayuda para futuros estudios acerca del tema, como también para el uso por parte de diseñadores, de los resultados obtenidos, a fin de colaborar con el ámbito científico e ingenieril. Con el uso de valores adecuados se aseguraría la precisión de los resultados de deformaciones, derivas, deflexiones, en torno al análisis estructural y sismo-resistente y se conocerá un comportamiento más real. También se disminuirá costos de construcción debido a que se trabajaría con dimensiones menos conservadoras. Así mismo dejar una literatura con la cual no se cuenta, a fines de futuras investigaciones acerca de los temas expuestos, y promover el estudio de estos parámetros a

nivel nacional con la finalidad de contar con ecuaciones determinadas y específicas por zonas, tal como se conoce en otros países de investigación avanzada.

Aspectos importantes que se pretenden conseguir con esta investigación son: seguridad, eficiencia y economía; cada uno muy importante en el mundo de la ingeniería.

De esta manera, la investigación se plantea como objetivo general:

- Determinar Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson, Módulo de Corte, de un concreto de  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  haciendo uso de agregados de las canteras representativas de la región de Piura.

Como objetivos específicos:

- Determinar las canteras más representativas, mediante la investigación a través de encuestas, revisión de proyecto de investigación sobre las canteras para la Región Piura y revisión de expedientes técnicos.
- Determinar y analizar propiedades de los agregados de canteras resultantes del estudio.
- Elaborar el diseño de mezcla para un concreto simple  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ , haciendo uso de los agregados de canteras de la región Piura, cemento tipo MS y tipo I, y agua procedente de la región de Piura.
- Determinar una nueva ecuación para el  $E_c$ , y a partir de esta encontrar la variación con los valores obtenidos aplicando la normativa.
- Determinar la variación del Coeficiente de Poisson encontrado vs el valor aplicando la literatura.
- Determinar la variación del Módulo de Corte haciendo uso de la ecuación con los nuevos datos de  $E_c$  y Poisson vs el calculado con la literatura.
- Calcular y analizar la Curva de Esfuerzo-Deformación del concreto simple elaborado con los materiales característicos de la zona.

## II. Marco teórico

### Módulo de Elasticidad del Concreto:

En [14], define como Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material

Se denomina Módulo de Elasticidad o Módulo de Young, al cociente entre el crecimiento de esfuerzo, aplicado a un determinado material y la variación respecto a la deformación unitaria que se presenta, en la dirección de aplicación del esfuerzo, también denominada Ley de elasticidad de Hooke.

La forma de medición del  $E_c$  en el concreto, se realiza mediante el ensayo a la compresión, que se encuentra en la Norma ASTM C469 (American Society for Testing and Materials) [15], en donde se describe el ensayo, se aplica una carga axial gradualmente hasta el punto de falla del testigo o probeta en análisis, generalmente se aplica hasta un 40% de la resistencia a la compresión ( $f'_c$ ) del concreto, debido a que es el estado límite de la máxima resistencia a rotura, del continuar sometiendo el testigo a cargas, se saldría del estado elástico del concreto.

La ecuación que define el Módulo de Elasticidad, es la siguiente:

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c} \quad (\text{en Kg/cm}^2)$$

Donde:

$E_c$ = Módulo de Elasticidad

$f'_c$ = Resistencia a la compresión del concreto

Para concretos con un peso unitario normal ( $w_c \approx 2300 \text{ kg/m}^3$ ), para concretos con pesos unitarios distintos a este, en el orden de 1450 y 2500  $\text{Kg/m}^3$ , el Reglamento Nacional de Edificaciones, en la E.060, propone la siguiente ecuación:

$$E_c = (w_c)^{1.5} 0.043 \sqrt[2]{f'_c} \quad (\text{En MPA})$$

$$E_c = (w_c)^{1.5} 0.136 \sqrt[2]{f'_c} \quad (\text{En Kg/cm}^2)$$

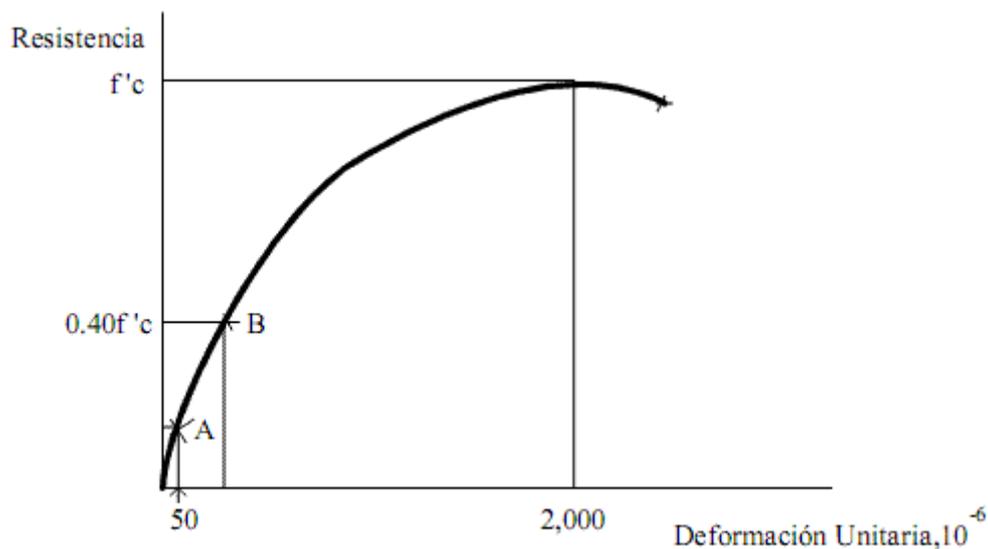


Figura N° 1: Curva Esfuerzo-Deformación del concreto.

En la Ilustración N° 1, se observa la Curva Esfuerzo – Deformación, relacionada al resistencia a la compresión del concreto, tal como se expresa en la teoría, se aproxima a un valor del 40% del  $f'c$ , debido a que se estima que límite del estado elástico de concreto.

Cabe señalar que los valores y fórmulas que conocemos por la literatura, tanto el  $E_c$ , como el coeficiente de Poisson, son resultados obtenidos empíricamente a través de ensayos de laboratorio, se es de conocimiento que estos ensayos llevados a cabo por el American Concrete Institute (ACI) [2], fueron realizados en territorio Norte Americano, con materiales de la zona, por lo que se descarta totalmente influencias en las propiedades del concreto por parte de agregados, agua, cemento de origen Peruano.

### **Coficiente de Poisson:**

Según [16], El Coeficiente de Poisson es la relación entre las deformaciones transversales y longitudinales, al estar sometido el concreto a esfuerzos de compresión dentro del comportamiento elástico.

El proceso para la determinación del Coeficiente de Poisson, se basa en usar probetas de concreto, estas llevan un dispositivo llamado extensómetro, que consiste en anillos o diales, junto de deformímetros para obtener las lecturas de deformación tanto longitudinal como transversal, como respuesta a una carga aplicada en eje del testigo o probeta.

La ecuación que define el Coeficiente de Poisson es la siguiente:

$$\nu = - \frac{\varepsilon \text{ Transversal}}{\varepsilon \text{ Longitudinal}}$$

Donde:

$\nu$  = Coeficiente de Poisson

$\varepsilon$  Transversal = Deformación Unitaria Transversal

$\varepsilon$  Longitudinal = Deformación Unitaria Longitudinal

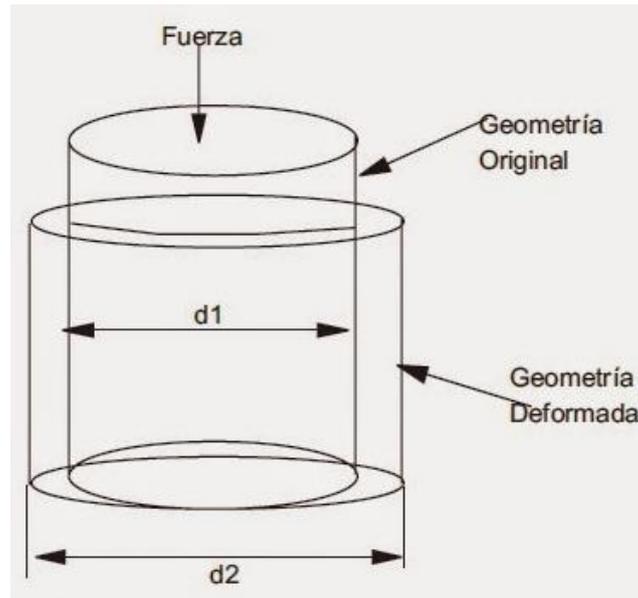


Figura N° 2: Variación geométrica al aplicarse una carga axial.

En la Ilustración N° 2, se puede observar la variación de longitud, esta se reduce debido a la fuerza aplicada perpendicularmente sobre el área en un plano X e Y de la probeta, esta fuerza se encuentra en el eje de la misma; también se presenta un incremento de la sección transversal, debido al ensanchamiento de la probeta por origen de la fuerza aplicada. Estas variaciones de la geometría, son conocidas como deformaciones, sin embargo la ecuación del Módulo de Poisson, tiene en sus variables a deformaciones unitarias.

La deformación unitaria, es la comparación de una deformación en una dirección determinada vs la longitud inicial en la misma dirección de análisis.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Donde:

$\varepsilon$  = Deformación Unitaria

$\Delta L$  = Deformación en una dirección

$L_0$  = Longitud Inicial en una dirección

El Coeficiente de Poisson, para Perú, como para la mayoría de países, se asume como valor de Poisson igual a 0.2, y algunos diseñadores usan un valor igual a 0.15, siempre y cuando no se realice ensayos con los materiales a usar en el proyecto. Este valor se ve seriamente afectado al existir variación de agregados.

### **Módulo de Corte:**

Según [17], El módulo de elasticidad transversal, también llamado módulo de cizalla, es una constante elástica que caracteriza el cambio de forma que experimenta un material elástico (lineal e isótropo) cuando se aplican esfuerzos cortantes.

Esta propiedad es denominada de distintas maneras, como: módulo de elasticidad transversal, módulo elástico tangencial, módulo de corte, cortadura o cizalla; módulo de rigidez transversal.

La ecuación que define el Módulo de Corte para deformaciones pequeñas, es la siguiente:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Donde:

G = Módulo de Corte

E = Módulo de Elasticidad

$\nu$  = Coeficiente de Poisson

Cuando el material en estudio, se trata de uno de tipo isótropo, lineal; el Módulo de Corte o Rigidez, es constante con el mismo valor en todas las direcciones de análisis. Materiales con características no isotrópicos, no tienen un Módulo de Corte constante, debido al cambio de propiedades en el material, y se representa como una función, dependiente del grado de deformación.

Esta propiedad como varias, se determina experimentalmente, la manera más común y sencilla de medir el Módulo de Corte, es tomar una figura de forma cúbica, y someterlo a una fuerza cortante.

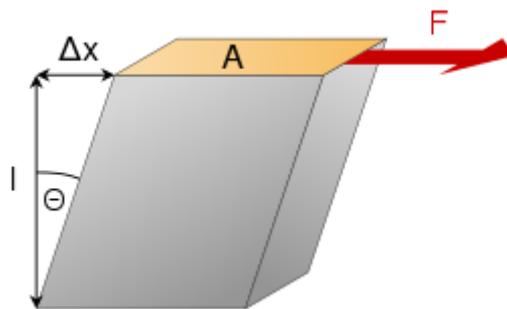


Figura N° 3: Comportamiento del concreto a la acción de fuerza cortante.

Tal como se puede observar en la Ilustración N° 3, al aplicarse una fuerza cortante en el área del elemento, se genera un desplazamiento en la dirección X, lo que provoca una deformación angular de la sección transversal en el plano XZ.

### Curva Esfuerzo – Deformación:

La Curva Esfuerzo – Deformación, es la representación gráfica del comportamiento de un material ante una sollicitación de carga. La curva esfuerzo – deformación del concreto está dividida en básicamente dos partes, una primera parte elástica y lineal, y otra plástica y no lineal. En la primera parte, el esfuerzo y la deformación son proporcionales, formando así una función lineal constante con una pendiente determinada, esta primera zona fluctúa entre valor de 0% a 40% del  $f'c$  (resistencia a la compresión). Luego de este punto, sigue la zona plástica del concreto, en donde se ubican los puntos: deformación permanente y punto de falla o rotura.

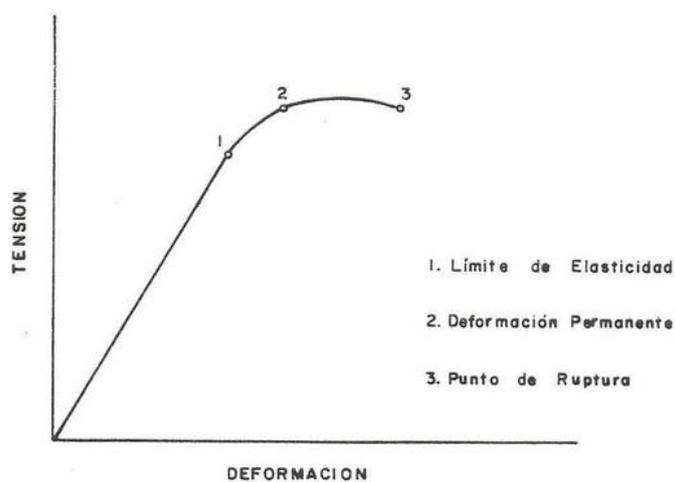


Figura N° 4: Curva Esfuerzo-Deformación.

### Importancia de los Agregados en el concreto:

Según [18], afirma que los agregados tienen un módulo que varía entre 1.5 a 5 veces el módulo de elasticidad de la pasta. Por lo tanto el tipo de agregado y la cantidad presente en la mezcla influyen fuertemente en el valor de  $E_c$ .

Según [19], en “Elasticity theory of concrete and prediction of Static E-modulus for dam Concrete using composite models”, dice que el  $E_c$ , se ve seriamente afectado por la variación de los componentes del concreto, como cemento y agregados principalmente. Así mismo afirma que el comportamiento del material durante la fractura, su rigidez, módulo de elasticidad y capacidad de deformación.

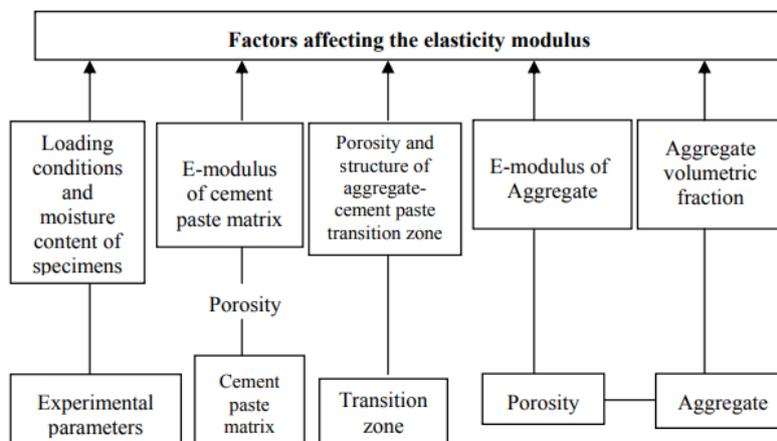


Figura N° 5: Factores que afectan el Módulo de Elasticidad.

Factores que afectan el  $E_c$ :

- Condiciones de carga y contenido de humedad de las muestras.
- Módulo de elasticidad de la matriz de pasta de cemento.
- Porosidad y estructura de la zona de transición de la pasta de cemento agregado.
- Módulo de elasticidad del agregado.
- Fracción volumétrica agregada.

### Ensayos de laboratorio:

Para una correcta obtención de resultados acordes a la investigación, se deben realizar una serie de ensayos, garantizando de esta forma la calidad del agregado para el adecuado diseño de mezcla. De la misma forma se debe evaluar las propiedades del concreto, en sus estados:

fresco y endurecido; y de esta manera garantizar cumpla con los estándares de calidad y requerimientos constructivos. Los ensayos pertinentes son los siguientes:

- Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso (N.T.P. 400.012:2001).
- Gravedad específica y absorción del agregado fino (N.T.P. 400.022.).
- Gravedad específica y absorción del agregado grueso (N.T.P. 400.021.).
- Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (N.T.P. 339.185.).
- Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (N.T.P. 400.017.).
- Contenido de aire-método de presión (N.T.P. 339.080.),
- Determinación del asentamiento del concreto (N.T.P. 339.035.).
- Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (N.T.P. 339.034.).
- Módulo de Elasticidad y razón de Poisson en cilindros de concreto (ASTM C-469).

De acuerdo al RNE [1].en el artículo 5.6.3.3. (b) indica la siguiente condición, por la cual el  $f'c$  debe ser lo más preciso a lo estipulado en el diseño estructural: “Ningún resultado individual del ensayo de resistencia (promedio de dos cilindros) es menor que  $f'c$  en más de 3.5 MPa (35 kg/cm<sup>2</sup>) cuando  $f'c$  es 35 MPa (350 kg/cm<sup>2</sup>) o menor...”; ya que nuestros  $f'c$  deseados son 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, debemos tener en consideración el artículo en mención.

### **Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso**

Este ensayo es usado para determinar la graduación de materiales a usar como agregados tanto para finos como agregado grueso. El análisis otorga como resultado los porcentajes de material que pasa o es retenido, según corresponda, en los tamices normados y estandarizados, producto del cernido.

El módulo de finura del agregado fino, se calcula con la suma aritmética de los porcentajes retenidos, acumulados para cada una de las mallas empleadas, dividiendo posteriormente la sumatorio entre 100.

Las mallas empleadas son: 150 $\mu$ m (N° 100), 300  $\mu$ m (N° 50), 600  $\mu$ m (N° 30), 1.18 mm (N° 16), 2.36 mm (N° 8), 4.75 mm (N° 4), 9.5mm (N° 3/8’’). La ecuación que define el resultado para el Módulo de Fineza del agregado fino es:

$$M.F. = \frac{\sum \%Ret. Acum. en mallas \left(\frac{3''}{8}, \#4, \#8, \#16, \#30, \#50, \#100\right)}{100}$$

Para el módulo de finura del agregado grueso, se realiza el mismo procedimiento, a diferencia del fino, en este caso se utilizan los tamices desde el N° 2 ½’’ a el tamiz N° 4, adicionando la suma de 500, referente al 100% de porcentaje que pasa desde el tamiz N° 8 hasta el tamiz N° 100. La fórmula que define el Módulo de Fineza del agregado grueso es:

$$M.F. = \frac{\sum \%Ret. Acum. en mallas \left( 3'', 1\frac{1}{2}'', \frac{3}{4}'', \frac{3}{8}'', N^{\circ} 4 \right) + 500}{100}$$

La norma ASTM-C33 [15], indica que el agregado fino deberá presentar un módulo de finura que se encuentre entre el intervalo 2.3-3.1. Los módulos que se encuentren en el rango 2.2-2.8 indican trabajabilidad y segregación baja del concreto; y aquellos módulos que se encuentren en el rango 2.8-3.1 son lo más favorables para el diseño de concretos de alta resistencia.

Según [15], la norma ASTM C-33 y NTP 400.037, los agregados tanto finos como gruesos, deberán cumplir con las siguientes gradaciones establecidos en la NTP 400.012.

Malla	Porcentaje que pasa (%)
3/8’’	100
N°4	95-100
N°8	80-100
N°16	50-85
N°30	25-60
N°50	10-30
N°100	2-10

Tabla N° 1: Límites de granulometría del agregado fino.

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasa por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8
2"	95- 100	...	35- 70	...	10- 30	0	0-5	...
1 1/2"	100	95- 100	...	35- 70	...	10- 30	0-5	....
1"	...	100	95- 100	...	25- 60	...	0-10	0-5
3/4"	...	...	100	90- 100	...	20- 35	0-10	0-5
1/2"	...	...	...	100	90- 100	40- 70	0-15	0-5
3/8"	...	...	...	...	100	85- 100	10- 30	0-10

Tabla N° 2: Gráfica de mallas normalizadas del agregado grueso.

### Gravedad específica y absorción del agregado fino

El objetivo principal de este ensayo es la determinar el peso específico del agregado fino, como a su vez, determinar el porcentaje de absorción del mismo, el cual indica la cantidad de agua necesaria para el paso de condición seca a condición saturada superficialmente.

La N.T.P. 400.022. [20] define a la gravedad específica como “la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en diferentes mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto”.

Para el cálculo de la gravedad específica y el parámetro de absorción es necesario calcular parámetros a usar en las fórmulas, tales como:

A= Masa de la muestra seca al horno (gr)

B= Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración (gr)

C= Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (gr)

S= Masa de la muestra de saturado superficialmente seco (gr)

Las fórmulas a emplear son:

$$\text{Peso específico (gravedad específica)} = \frac{A}{B+S-C} \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Peso específico (Saturado superficialmente seco)} = \frac{S}{B+S-C} \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Peso relativo aparente (gravedad específica aparente)} = \frac{A}{B+A-C} \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)$$

$$\text{Absorción del agregado fino} = \frac{S-A}{A} \times 100 (\%)$$

Los resultados de densidad deberán ser expresados con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>, los resultados de gravedad específica deberán aproximarse al 0.01 más cercano, e indicar si es secado al horno, saturado superficialmente seca o aparente. En el caso del ensayo de absorción deberá presentarse una aproximación al 0.1%.

### Gravedad específica y absorción del agregado grueso

De acuerdo a [20], el objetivo del ensayo es determinar el peso específico seco, saturado superficialmente seco, aparente y la absorción del agregado grueso, parámetro a utilizar en el diseño de mezcla del concreto.

Para este ensayo, se tomará en cuenta una muestra mínima, la cual se encuentra en función del T.M.N (tamaño máximo nominal del agregado grueso) obtenido previamente mediante el análisis granulométrico. En la tabla 3 se da a conocer los pesos mínimos de muestra para realizar los ensayos correspondientes.

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12,5 (1/2) o menos	2 (4,4)
19 (3/4)	3 (6,6)
25 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Tabla N° 3: Peso mínimo de muestras de ensayo.

Al igual que en el ensayo para agregados finos, para el cálculo de la gravedad específica y el parámetro de absorción de los agregados gruesos se deberán calcular algunos parámetros necesarios:

A= Peso de la muestra seca en el aire. (g<sub>r</sub>)

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g<sub>r</sub>)

C= Peso en el agua de la muestra saturada. (g<sub>r</sub>)

Las fórmulas a emplear son:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B-C} \left( \frac{gr}{cm^3} \right)$$

$$\text{Peso específico aparente (Saturado superficialmente seco)} = \frac{B}{B-C} \left( \frac{gr}{cm^3} \right)$$

$$\text{Peso específico nominal} = \frac{A}{A-C} \left( \frac{gr}{cm^3} \right)$$

$$\text{Absorción del agregado fino} = \frac{B-A}{A} \times 100 (\%)$$

Los resultados de densidad deberán ser expresados con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>, los resultados de gravedad específica deberán aproximarse al 0.01 más cercano, e indicar si es secado al horno, saturado superficialmente seca o aparente. En el caso del ensayo de absorción deberá presentarse una aproximación al 0.1%.

### **Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado**

Según [20], el objetivo de este ensayo, es la obtención del porcentaje de humedad tanto para agregado fino como agregado grueso. La humedad es la cantidad de agua que se encuentra incorporada en los poros del material a ensayar.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100\%$$

Donde:

P= Contenido total de humedad evaporable de la muestra. (%)

W= Masa de la muestra húmeda (gr)

D= Masa de la muestra seca (gr)

La [20], resalta que, una muestra podrá ser considerada seca si, la aplicación del calor dada por el horno, origina una pérdida menor del 0.1% del peso de la masa húmeda. La aproximación de masa de la muestra seca se realizará al 0.1%.

### **Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado**

El objetivo del ensayo es establecer el peso unitario suelto y/o compactado de la muestra en estudio. El PUS (peso unitario suelto) es el obtenido mediante la colocación del material seco en un determinado volumen, para posteriormente, ser nivelado al ras con una varilla; este parámetro, presenta importancia debido a que al momento del transporte, manejo y almacenamiento el agregado se encuentra en estado suelto.

El PUC (peso unitario compactado) es resultado de la compactación de los agregados, reduciendo y eliminando los espacios vacíos o también llamados espacios intersticiales, mejorando la posición entre partículas; este parámetro presenta suma importancia en el diseño de mezclas, debido a que permite obtener el volumen absoluto del agregado grueso mediante el método ACI con la relación  $\frac{b}{b_0}$ .

Para determinar el PUS y el PUC, se empleará la siguiente fórmula propiciada por la N.T.P.:

$$\text{Peso del agregado (PA)} = PT - PM \text{ (gr)}$$

$$\text{Peso unitario del agregado (suelto o compactado)} = \frac{PA \text{ gr}}{VM \text{ cm}^3}$$

Donde:

PM= Peso del molde (gr)

PT= Peso del molde más agregado (gr)

VM= Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)

### **Contenido de aire-método de presión**

Este ensayo tiene como fin definir el porcentaje de aire atrapado que se encuentra en el concreto. Debido que al momento de realizar la mezcla del concreto (cemento, agregados, agua y opcionalmente aditivos), se adiciona un componente más, el aire. Durante el proceso de mezclado porcentajes de aire son eliminados, pero, partículas quedan atrapadas en los espacios entre partículas de agregados.

En [21], da a conocer la relación establecida por la ASTM C-33, entre el TMN (tamaño máximo nominal) y el porcentaje de aire atrapado.

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8 ''	3.0%
1/2 ''	2.5%
3/4 ''	2.0%
1 ''	1.5%
1 ½ ''	1.0%
2 ''	0.5%
3 ''	0.3%
4 ''	0.2%

Tabla N° 4: Porcentaje de aire atrapado.

### Determinación del asentamiento del concreto

También conocido como slump, Según [20], el objetivo de este ensayo es determinar la trabajabilidad que presenta el la mezcla de concreto. Debido a que este ensayo se realiza una vez terminada la mezcla, es de ayuda para realizar correcciones en el diseño, si es que hubieran, tales como corregir la relación agua cemento, puesto que si la mezcla es muy plástica, en el proceso de fraguado ocurrirá el fenómeno de la segregación, teniendo como consecuencias en un concreto endurecido casos como: cangrejas y fisuras. Mientras que si la mezcla se encuentra en una relación baja a/c (agua – cemento), no contará con trabajabilidad, además de quedar cantidades de mezcla atrapadas en las armaduras de acero.

Según el método de diseño de concreto del ACI, presenta los siguientes valores máximos y mínimos para los diferentes cuerpos estructurales:

Tipo	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzadas.	3''	1''
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura.	3''	1''
Vigas y muros reforzados.	4''	1''
Columnas de edificios.	4''	1''
Pavimentos y losas.	3''	1''
Concreto ciclópeo.	2''	1''

Algunos términos que engloba la determinación del asentamiento son:

- Consistencia
- Fluidez
- Movilidad
- Bombeabilidad
- Compacidad
- Aspereza
- Cohesión
- Pérdida de asentamiento

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

Este ensayo tiene como objetivo determinar el  $f'_c$  (resistencia a la compresión), de testigos cilíndricos o también llamados probetas; el ensayo consiste en la aplicación de una carga axial sobre la parte superior de la probeta, esta es dividida entre el área transversal de la probeta, obteniéndose así el  $f'_c$ .

### **Módulo de Elasticidad y razón de Poisson en cilindros de concreto**

Este ensayo tiene como objetivo determinar del  $E_c$  (Módulo de Elasticidad). Para este ensayo se aplicarán esfuerzos establecidos del rango de 0%-40% $f'_c$ , debido a que es en este rango que ocurre el momento de rotura del concreto.

Para el cálculo del  $E_c$  se empleará la siguiente fórmula:

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\varepsilon_2 - 0.000050}$$

Donde:

$E_c$ = Módulo de Elasticidad Secante (Mpa)

$S_2$ = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última o ruptura. (MPa)

$S_1$ = Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal,  $\varepsilon_1$ , de 50 millonésimas. (MPa)

$\varepsilon_2$ = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo  $S_2$

Para la determinación de Módulo de Corte, es necesario tener el Coeficiente de Poisson, el cual se estima mediante la ecuación:

$$\mu = (\epsilon_{t2} - \epsilon_{t1}) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

Donde:

$\mu$  = Razón de Poisson

$\epsilon_{t2}$  = Deformación unitaria transversal en la altura medida del espécimen producida por el esfuerzo  $S_2$ .

$\epsilon_{t1}$  = Deformación unitaria transversal en la altura medida del espécimen producida por el esfuerzo  $S_1$ .

### **Cemento**

Según UNACEM (Unión Andina de Cementos), el cemento es un polvo de apariencia gris verdusca, que resulta de la mezcla de Clinker finamente molido con yeso y otros componentes. Se comercializa a granel, en bolsas de 1.5 Ton y 42.5 Kg. [22].

El cemento, es resultado de la mezcla de distintos compuestos:

Silicato Tricálcico (62%)

Silicato Dicálcico (24%)

Aluminato Tricálcico (12%)

Ferroaluminato tetra cálcico (15%)

Yeso (6%)

Caliza (5%)

Existen diversos tipos de cemento, clasificados según sus requerimientos en obra según la NTP 334.009 [20] y la ASTM C 150.

- Tipo I: Uso general.
- Tipo II: Moderada resistencia a sulfatos y al calor de hidratación.
- Tipo III: Altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Alto calor de hidratación.
- Tipo V: Alta resistencia a sulfatos

Según ASOCEM (Asociación de Productores de Cemento), existe una clasificación de cemento, de acuerdo a las adiciones que existe en este. [23].

En la NTP 334.090 [20] y la ASTM C 595, se consideran como cementos adicionados a:

- Cemento portland tipo IS (con escoria de alto horno, hasta 70%)
- Cemento portland tipo IP (cemento puzolánico, hasta 40% de puzolana)
- Cemento portland tipo I (PM)- (cemento puzolánico modificado, hasta 15% de puzolana)
- Cemento portland tipo IL (cemento calizo, de 5% a 15% de filler calizo)
- Cemento portland tipo ICO (cemento compuesto, hasta 30% de filler calizo u otro material)
- Cemento portland ternario IT (cemento ternario con dos adiciones)

Para casos en que se existen especificaciones o requerimientos especiales, se encuentran los siguientes, normados en ASTM C 1157 y Especificación de Performance NTP 334.082 – 2008.

- MS (moderada resistencia a sulfatos)
- HS (alta resistencia a sulfatos)
- MH (moderado calor de hidratación)
- LH (bajo calor de hidratación)

### **Agregados**

También denominados áridos, y provienen de la combinación de arena, grava o roca; su origen puede ser de manera natural o procesado para el caso de la piedra chancada. Son minerales, que se van formando por fuerzas geológicas, tanto por erosión del viento como del agua.

Según la Norma Técnica Peruana, se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. [20].

Los agregados, presentan también propiedades, físicas, mecánicas y químicas; estas varían de acuerdo a su origen mineralógico y condiciones físicas, estas características particulares, afectan directamente las propiedades del concreto, como a su resistencia a la compresión, rigidez, elasticidad, fragilidad, porosidad; entre otras.

Los agregados presentan diferentes clasificaciones como puede ser:

- Por su naturaleza: naturales o artificiales.
- Según la NTP 400.011. estos se pueden clasificar en finos (aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200) y grueso (aquel que queda retenido en el tamiz N°4) proviene de la desintegración de rocas, a su vez se puede clasificar en piedra chancada y grava.
- Hormigón: es el material conformado por una mezcla de arena y grava, este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

Los agregados también se pueden clasificar según la forma de sus elementos, en:

- Angular: mínimo desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: desgaste en caras y bordes.
- Sub redondeada: considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: bordes casi eliminados.
- Muy redondeada: no cuenta con caras ni bordes, también conocidos como canto rodado.

TAMAÑO (mm)	> Tamiz #4				#4 - #200			#200-0.002mm	< 0.002
	> 6"	6" - 2"	2"- 3/4"	3/4"- #4	4.76 - 2.0	2.0 - 0.42	0.42 - 0.074		
	152.4	50.8 - 15.0	50.8 - 19.1	19.1-4.76	4.76 - 2.0	2.0 - 0.42	0.42 - 0.074	0.074-0.002	
DENOMINACION	Piedra Base	Piedra	Grava	Gravilla	Arena Gruesa	Arena Media	Arena Fina	Limo	Arcilla
	AGREGADO GRUESO				AGREGADO FINO			FRACCION MUY FINA	
RECOMENDACION	APTO PARA PRODUCIR CONCRETO Y MORTERO							NO RECOMENDABLE	

Tabla N° 5: Clasificación de los Agregados según su tamaño

A su vez, la forma del agregado afecta la trabajabilidad del concreto debido a las diferencias del área superficial causadas por la variedad de formas. Se requiere una cantidad de pasta suficiente para recubrir el agregado para proporcionar lubricación.

### Módulo de Elasticidad de los Agregados

Si bien el Módulo de Elasticidad de los agregados no es considerado en el diseño del concreto, se deduce que al existir una deformación en el concreto, existe también una en los áridos, por ser este parte del otro. De esta forma es que el Módulo de Elasticidad del agregado tiene implicancia en el  $E_c$ , se deduce que a mayor elasticidad en el agregado, será mayor la

elasticidad del concreto. Algunos valores de Módulo de Elasticidad para agregados, bajo la clasificación de tipo de roca, Rivva los define de la siguiente forma en la Tabla N° 1. [21]

Roca Trapeana	930,000 Kg/cm <sup>2</sup>
Gabro	860,000 Kg/cm <sup>2</sup>
Diabasas	860,000 Kg/cm <sup>2</sup>
Granito	610,000 Kg/cm <sup>2</sup>
Arenisca	310,000 Kg/cm <sup>2</sup>
Caliza	280,000 Kg/cm <sup>2</sup>

Tabla N° 6: Módulo de Elasticidad de Agregados.

## Propiedades de los Agregados

### Propiedades Físicas y Mecánicas de los Agregados

- **Peso Unitario**

Se define como la división de la determinación del peso de las partículas del agregado y el volumen de estas, a diferencia del peso específico, para este análisis si se toma en consideración la existencia de vacíos en el agregado dentro del volumen total [12]. La inclusión de los vacíos en el volumen para el estudio genera que las partículas se acomoden entre sí. El procedimiento para la obtención del parámetro debe hacerse de acuerdo a la N.T.P. 400.017. [20]

- **Peso Específico**

De acuerdo a [12] lo define como la proporción entre el peso de las partículas y el volumen de ellas, suponiendo que no existen los vacíos entre ellas. Para la obtención del parámetro se debe realizar los procedimientos indicados en la N.T.P. 400.021 y N.T.P. 400.022 [20], para agregados gruesos y finos respectivamente.

- **Porosidad**

La norma ASTM C-70 no establece ningún criterio para evaluar este parámetro, sin embargo, existen diferentes análisis respecto a esta. Una forma de determinar el parámetro es mediante el ensayo de la porosidad.

La importancia de este parámetro se basa en que tiene influencia en: la estabilidad química, la resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción, permeabilidad de las partículas, las cuales disminuirán conforme aumente la

porosidad del agregado. Así mismo, por sus características inherentes a las demás, los poros permitirán conocer la capacidad y velocidad de absorción, facilidad de drenaje, el área y volumen de materia del agregado.

- **Absorción**

Característica que se encuentra directamente relacionada con la porosidad, ya que esta determinará la cantidad y volumen de líquidos (agua) que pueden ser absorbidos por el material, la absorción es la capacidad de almacenar y saturar su composición con agua, llenando así los vacíos existentes con agua y aire atrapado. El procedimiento para la obtención del parámetro debe hacerse de acuerdo a la N.T.P. 400.021. y la N.T.P. 400.022., para agregado grueso y agregado fino respectivamente. [20]

- **Humedad**

Según [20] la define como la cantidad de agua retenida por las partículas del agregado en un tiempo fijo. Esta propiedad determina la cantidad de agua a usar en el diseño de mezclas, siendo el factor indicador si se ha de aumentar o disminuir. La norma empleada para obtener este parámetro es la N.T.P. 339.185. [20]

### **Propiedades Resistentes de los Agregados**

- **Resistencia**

Es la capacidad que presenta un cuerpo para soportar esfuerzos axiales y de corte. En agregados normales, es decir con peso específico entre  $2.5-2.7 \text{ g/cm}^3$ , resultan resistencias a la compresión que varían entre  $750-1200 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que los agregados livianos, es decir con peso específico entre  $1.6-2.5 \text{ g/cm}^3$ , resultan una resistencia que varía entre  $200-750 \text{ kg/cm}^2$ . [21]

- **Tenacidad**

Es la resistencia al impacto que presenta el agregado, generalmente se le relaciona con la resistencia a flexión del elemento o material en estudio, también depende de la angulosidad y aspereza del área [12]

## *Antecedentes*

### **Antecedentes Internacionales**

Orozco J. en su tesis “Determinación de la relación de poisson y módulo de elasticidad para concreto de 21 y 28 megapascales en concretos de la ciudad de villavicencio” [7], al realizar los diseños de mezclas correspondientes a las resistencias que solicitaban y posterior análisis de resultados para Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson, encontraron los siguientes resultados, para  $f'c$  de 21 MPa, un  $E_c$  igual a 20543 Mpa; mientras para  $f'c$  de 28 MPa, un  $E_c$  igual a 22363 Mpa, lo que evidencia una variación del 5% y 11% correspondientemente a los  $E_c$  calculados con las ecuaciones que brinda la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo resistente de 1998, lo que indica sobreestimaciones en el  $E_c$ , y por ende en los desplazamientos de las estructuras, diferentes a los reales, haciendo que los diseños sean subvalorados, por el incremento en el valor de sus derivas [8].

Cetina A. y Simbaqueva O. en su tesis “Variación de las propiedades elásticas del concreto traslucido elaborado a partir de un acrílico comparadas con el concreto convencional de 3000 psi” [9], obtuvieron como un promedio en su Módulo de Elasticidad un valor igual a 15816.99 Mpa, para un concreto simple y convencional de  $f'c$  de 21 Mpa, lo que implica una variación con el valor de la literatura del 27%.

Los autores indican que los procedimientos fueron llevados tal igual a lo indicado en los manuales y normas Colombianas, sin embargo la variación se debe al uso de materiales propios. Obteniendo valores totalmente inferiores a los otorgados por la Norma en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente de 2010 (NSR-10).

Lopez M. en su artículo de investigación acerca del Módulo de Elasticidad, afirma que los resultados para  $E_c$  que se obtienen a partir de la ecuación  $E_c = 4700 \sqrt{f'c}$  [10], brinda valores muy altos en comparación con los obtenidos en laboratorio mediante ensayos en la Universidad Pontificia Bolivariana, a su vez comenta que esta variación es producto de la resistencia a la compresión y las propiedades distintas de los agregados, según su procedencia.

La Norma de Construcciones de México, se apoya en Normas Técnicas Complementarias[3]. Para el diseño de concreto. En esta Norma se puede encontrar distintas ecuaciones para determinar el Módulo de Elasticidad, teniendo dos tipos de clasificaciones.

Una primera clasificación es para concretos según su resistencia:

### -Concreto clase 1

Concreto de resistencia normal empleado para fines estructurales, con peso volumétrico en estado fresco superior a 22 kN/m<sup>3</sup> (2.2 t/m<sup>3</sup>).

La ecuación que determina el  $E_c$ , es la siguiente:

$$E_c = 14000 \sqrt{f'c} \quad (\text{en Kg/cm}^2)$$

Para concretos de alta resistencia con agregados grueso calizo.

$$E_c = 11000 \sqrt{f'c} \quad (\text{en Kg/cm}^2)$$

Para concretos de alta resistencia con agregados grueso basáltico.

### -Concreto clase 2

Concreto con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre 19 y 22 kN/m<sup>3</sup> (1.9 y 2.2 t/m<sup>3</sup>). El concreto clase 2 se podrá usar en estructuras menores, de claros no mayores de 5 m y alturas de no más de dos niveles

La ecuación que determina el  $E_c$ , es la siguiente:

$$E_c = 8000 \sqrt{f'c} \quad (\text{en Kg/cm}^2)$$

En estas Normas se entiende por concreto de alta resistencia aquel que tiene una resistencia a la compresión  $f'c$  igual o mayor que 40 MPa (400 kg/cm<sup>2</sup>)

### **Antecedentes Nacionales**

Saavedra C. y Ramirez D. en su tesis “Influencia del módulo de elasticidad en el análisis de la deriva de edificios de concreto en el Perú, 2017” [11], definieron que en Perú, se sigue usando indiscriminadamente la misma fórmula para determinar el valor del  $E_c$ , sin tener en cuenta la zonificación sísmica ni el origen de los agregados, provocando una variación en el resultados de las derivas hasta de un 9.55% para el caso de estructuras duales, 9.51% para el caso de estructuras formada por pórticos y un 2.47% para albañilería confinada.

Vargas B. en su tesis “Determinación de la Ecuación del módulo de elasticidad del concreto en base a la resistencia a la compresión simple, elaborado con los agregados de las canteras ISLA y YOCARA de la ciudad de Juliaca” [12], determinó la variación del  $E_c$  del concreto haciendo uso de las canteras representativas en la provincia de Juliaca, departamento de Puno; encontrando una variación del 58% para el caso de la cantera Isla, y un 52.52% para el caso de la cantera Yocara, ambos resultados fueron comparados con las ecuaciones encontradas en ACI 318.

El autor de la tesis, afirma que dicha diferencia en los resultados es debido al uso de diferentes agregados, a lo que adiciona como recomendación la elaboración de ensayos a fines de determinar con precisión las propiedades y características del concreto.

Saavedra F. y Ccorimanya F. en su tesis “Análisis comparativo del módulo de elasticidad a compresión y peso volumétrico de concretos convencionales y concretos ligeros fabricados con perlas de poliestireno expandido (PPE)”, [13] analizaron y calcular el  $E_c$  para un concreto de resistencia a la compresión igual a 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una variación igual al 12% en comparación a las fórmulas que brinda la Norma Peruana E.060.

A su vez en una de sus recomendaciones, indica hacer estudios similares con agregados de Cusco, a fin de encontrar un promedio de  $E_c$  para todo el departamento y facilitar estudios, investigaciones y diseños futuros.

### ***Bases teóricas***

#### **Agua**

El agua es uno de los insumos más importantes en la elaboración del concreto, con una alta responsabilidad en el diseño de mezclas. Como es de conocimiento el concreto está elaborado por la mezcla de: cemento, agregados, agua y aditivos (opcional).

Los porcentajes de cada material en la mezcla, son los siguientes:

- Aire (1% a 3%)
- Cemento (7% a 15%)
- Agua (15% a 22%)
- Agregados (60% a 75%)

El agua, al entrar en contacto con el cemento, produce el fenómeno de hidratación, donde se generan una serie de reacciones que otorgan propiedades físicas, químicas y mecánicas al concreto. El agua en ambiente de la construcción tiene diferentes funciones, sin embargo destacan: el agua para mezclado y el agua para curado.

La primera, es aquella que entra en contacto con el cemento y el resto de materiales, dando origen al concreto fresco; mientras que la segunda, hace referencia al agua utilizada en forma de rocío al concreto en un estado endurecido a fin de equilibrar la pérdida de humedad por el fenómeno de exudación.

El agua en el diseño de mezcla es fundamental, puesto que define la relación agua-cemento, factor usado en todos los métodos de diseño de mezcla, como el método ACI [2]. La relación agua-cemento, determina la resistencia del concreto, durabilidad y trabajabilidad.

Relaciones agua-cemento, por encima de 0.5, otorgan concreto de alta trabajabilidad pero poca resistencia, por lo contrario, valores menores a 0.45, otorgan grandes resistencias del concreto.

Cabe señalar, que el agua usada para la elaboración del concreto debe ser evaluada y analizada, a fines de descartar la presencia de contenidos de sales o agentes dañinos ya sea para el concreto, por algún tipo de reacción química con el cemento o los agregados, o por presencia de sales que ataquen directamente al acero de refuerzo de elementos estructurales.

Para la elaboración de los concretos en estudio, tanto el de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> como el  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, se usará agua potable, proveniente de puntos de servicio público o conexión domiciliaria de la ciudad de Piura, al tratarse de agua potable, no se requiere ensayos específicos respecto al agua.

### **Concreto**

Según Sanchez en su libro “Tecnología del concreto y del mortero”, define al concreto o también llamado Hormigón en otros países, como una mezcla de un material aglutinante, en este caso el cemento Portland Hidráulico; un material de relleno, también conocidos como agregados o áridos (agregado fino para el caso de arena, y agregado grueso para el caso de la piedra chancada); agua y en algunos casos eventuales, aditivos, que a cierta edad es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión [24].

El concreto, de acuerdo a la ubicación de elaboración, tendrá ciertas propiedades y características, a fines de garantizar su funcionalidad, y de ser el caso tendrá la presencia de aditivos.

El concreto simple, es conocido por soportar grandes cargas y saluciones a compresión, sin embargo es muy baja su resistencia a otro tipo de efectos como: flexión, corte, torsión. Para

este tipo de esfuerzos, hace uso de acero de refuerzo en formas de barras de acero corrugado, tanto longitudinal como transversal (estribos); y pasa a ser concreto armado.

### **III. Metodología**

#### **Tipo y nivel de investigación**

El tipo de estudio será exploratoria, debido a que esta investigación se basa en el objetivo principal de examinar un tema o problema con escaso número de investigaciones, y así brindar información nueva que sirva como posterior literatura sobre el tema expuesto [25].

El enfoque de investigación será mixto (cuantitativo y cualitativo a la vez), ya que se basa en la recolección y análisis de datos para responder preguntas de investigación y así probar hipótesis, teniendo como base principal la estadística y el cálculo numérico [25].

El nivel de investigación es correlacional, el fin de esta investigación es conocer la relación entre dos o más conceptos, en esta investigación la relación será entre los agregados de la región Piura a utilizar en el diseño de mezcla y las propiedades del concreto simple en estudio [25].

Se define como investigación es correlacional debido a que los antecedentes brindan una base de variables para la investigación [25].

#### **Diseño de investigación**

Según [25], El diseño de investigación a emplear será experimental, debido a que se observará la influencia que tiene una variable respecto a la otra.

#### **Población, muestra, muestreo**

La población estará conformada por todas las probetas de concreto simple que se elaboran en la región de Piura, para concretos de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

La muestra estará conformada por un total de 168 probetas de concreto, por cada combinación de diseño prevista; para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo I,  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS,  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo I y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS. De las cuales 84 muestras serán utilizadas para calcular las propiedades en mención como Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson, mientras que las otras 84 muestras serán utilizadas para el cálculo de la resistencia a la compresión al 100%.

La elección del número de la muestra está basada en el cálculo estadístico, para una muestra de población infinita, donde se analizó para una confiabilidad del 99%, dando como resultado una muestra (n) igual a la cifra de 165.8 probetas, sin embargo para facilidad en el proceso los ensayos de laboratorio se decidió aproximarlos al número de 168 probetas.

Cabe señalar que en las investigaciones mencionadas en los antecedentes y adicionales, respecto al tema en estudio, se tomaron muestras en el rango de 30 a 100 ejemplares.

A su vez, la elección del número de la muestra se considera correcta comparándola con el resultado en [25], donde dice que para una investigación correlacional, el número mínimo de muestras para pruebas de dos colas es igual a 82 según Sampieri [25].

### **Criterios de selección**

La elección de las canteras, se definió mediante el análisis de estudios de canteras de la región de Piura, mediante el uso de una ficha de encuesta en donde se buscaba como respuesta las canteras utilizadas en las construcciones de la ciudad de Piura, tanto para agregado fino como para agregado grueso, así como también su costo respectivamente, a su vez estos resultados se procesaron y compararon con los encontrados en expedientes técnicos, y además se comparó con el estudio de cantera y sus propiedades a nivel de la Región de Piura. Estos resultados también se analizaron respecto a su ubicación y procedencia, a fines de facilitar el acceso y economía para su obtención.

Obteniendo como resultados: el uso de agregado fino procedente de la cantera de Cerro Mocho en Sullana, y Sojo en Sullana también, para el caso de agregado grueso.

El tipo de cemento se determinó mediante el análisis de estudios de suelos de la región Piura, elaborado por INDECI [26] con colaboración de la Universidad Nacional de Piura, en donde se concluye que por la presencia moderada de sales y sulfatos en los estratos del suelo, se recomienda el uso de cemento tipo MS o cemento tipo V. Además se tomará en cuenta el cemento Tipo I, para la superestructura, tal como se estila en los procesos constructivos para zonas en estados y solicitudes de características normales.

Además, de igual manera como en la elección de las canteras, en la encuesta figuraban preguntas acerca del tipo de cemento utilizado en obra tanto para la cimentación como para la super estructura, dando resultados que coinciden con el estudio de gabinete, cemento tipo MS para la cimentación y cemento Tipo I para la super estructura.

Así mismo se optará por el uso de agua de la región Piura, a fin de determinar y tener resultados precisos.

## Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTO
<b>Módulo de Elasticidad</b>	Franja Elástica concreto simple	Resistencia a la compresión del Concreto	MPa	Ficha de Laboratorio - Norma ASTM C-469
<b>Coefficiente de Poisson</b>	Franja Elástica concreto simple	Resistencia a la compresión del Concreto	Adimensional	Ficha de Laboratorio - Norma ASTM C-469
<b>Diseño de Mezclas</b>	Propiedades físicas del cemento	Peso Específico	gr/cm <sup>3</sup>	Ficha técnica del proveedor
	Propiedades Físicas del agregado fino	Análisis granulométrico	Adimensional	Ficha de Laboratorio-Ensayo del N.T.P. 400.012
		Gravedad específica	gr/cm <sup>3</sup>	Ficha de Laboratorio - Ensayo del N.T.P. 400.022
		Grado de absorción	Unidad de relación porcentual	
		Contenido de Humedad	Unidad de relación porcentual	Ficha de Laboratorio - Ensayo del N.T.P. 339.185
		Peso Unitario	gr/cm <sup>3</sup>	Ficha de Laboratorio -del N.T.P. 400.017
	Propiedades Físicas del agregado grueso	Análisis granulométrico	Adimensional	Ficha de Laboratorio - Ensayo del N.T.P. 400.012
		Gravedad específica	gr/cm <sup>3</sup>	Ficha de Laboratorio - Ensayo del N.T.P. 400.021
		Grado de absorción	Unidad de relación porcentual	
		Contenido de Humedad	Unidad de relación porcentual	Ficha de Laboratorio - Ensayo del N.T.P. 339.185
		Peso Unitario	gr/cm <sup>3</sup>	Ficha de Laboratorio - Ensayo del N.T.P. 400.017

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Elementos
Pruebas estandarizadas	Fichas de laboratorio	Agregados (fino y grueso), concreto simple
Análisis de resultados	Fichas de análisis	Tesis, artículos científicos, libros, manuales

## Procedimientos

La investigación tuvo una serie de etapas, el primer punto a indagar fue los tipos de cementos utilizados en obra, como también los agregados empleados en las construcciones; por lo que el investigador realizó una serie de viajes con la finalidad de sumar un número de 170 encuestas (resultado en el Anexo 12), en donde las preguntas se enfocaron en torno a cementos y agregados. En el caso de los cementos se diferenció entre sub estructura y super estructura. El investigador se apoyó en familiares y amistades residentes de la región Piura, para agilizar el proceso del tomado de datos.

En simultáneo el investigador recolectó la teoría necesaria acerca del tema en estudio, basándose en libros de la web, revistas indexadas, proyectos de investigación, tesis de pre grado y post grado; del ambiente nacional e internacional, con la finalidad de tener una gama de información que sumaran al tema en estudio.

Se realizó el estudio estadístico, para así poder determinar el número de muestras necesarias, llevándose dicho resultado a comparación con otras investigaciones y literaturas sobre la Metodología de la Investigación.

Habiéndose obtenido todo el marco teórico, y los datos necesarios, el investigador procedió a procesar la información en tablas haciendo uso del software Microsoft Excel.

## **Plan de procesamiento y análisis de datos**

Los datos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio realizados a los agregados, tanto finos como gruesos, serán registrados en hojas de cálculo del software Microsoft Excel, a fines que con estos poder realizar el diseño de mezcla para concretos de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, teniendo en cuenta a su vez los datos necesarios de los cementos, obteniéndolos de las fichas técnicas procedente del fabricante.

Posterior a esto, se procederá a realizar la mezcla de los concretos en estudio, y una vez que las probetas estén fraguadas y curadas correctamente según la normativa, se procederá con los ensayos de resistencia a la compresión N.T.P. 339.034, los resultados obtenidos para las probetas se registrarán de igual manera, de mismo modo para los resultados de los ensayos de  $E_c$  y Poisson ASTM C-469.

## Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Carencia de literatura sobre el <math>E_c</math> con agregados de la región Piura.</li> </ul> <p><b>Problema Específico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Presencia de variación del <math>E_c</math> respecto al planteado por la norma E-060</li> <li>✓ Presencia de variación del Coeficiente de Poisson respecto al planteado por la literatura.</li> <li>✓ Presencia de variación del G respecto al planteado por la norma E-060</li> <li>✓ Uso inadecuado para el diseño estructural del valor <math>E_c</math>, Poisson y G en la región Piura.</li> </ul>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determinar el Módulo de Elasticidad del Concreto Simple; <math>f'_c=210 \text{ kg/cm}^2</math> y <math>f'_c=280 \text{ kg/cm}^2</math>, con agregados de las canteras de Cerro Mocho y Sojo.</li> </ul> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Examinar las propiedades de los agregados de las canteras de Cerro Mocho y Sojo.</li> <li>✓ Evaluar el diseño de mezclas para la dosificación más próxima a emplear en el diseño de concretos simples con <math>f'_c= 210\text{kg/cm}^2</math> y <math>f'_c= 280 \text{ kg/cm}^2</math> con agregados de la zona.</li> <li>✓ Estimar el parámetro “k” respecto a la variación del <math>E_c</math> obtenido con la Norma E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.</li> <li>✓ Estimar la variación entre los valores del Módulo de Poisson, tanto como para el de la literatura como el encontrado en ensayos.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis Nula:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El valor del <math>E_c</math> estipulado en la norma E-060 coincide con el obtenido mediante ensayos en la región Piura.</li> <li>✓ El valor del Poisson estipulado en la literatura coincide con el obtenido mediante ensayos en la región Piura.</li> <li>✓ El valor del G estipulado en la norma E-060 coincide con el obtenido mediante ensayos en la región Piura.</li> </ul> <p><b>Hipótesis Alternativa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Presunción de falla en la norma E-060 respecto al valor del parámetro del <math>E_c</math>, Poisson y Corte en la región Piura.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diseño de mezclas</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Módulo de elasticidad del concreto simple.</li> <li>✓ Coeficiente de Poisson del concreto simple.</li> <li>✓ Módulo de Corte del concreto simple.</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Exploratoria</li> </ul> <p><b>Enfoque de la investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuantitativo</li> </ul> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Experimental</li> </ul> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Correlacional</li> </ul> <p><b>Población y Muestra</b></p> <p><b>Población:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Concretos elaborados en la región Piura.</li> </ul> <p><b>Muestra:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 672 probetas de concreto simple.</li> </ul>

**Consideraciones éticas**

La presente investigación sostiene un carácter ético-moral, se ha realizado una minuciosa búsqueda respecto a títulos de tesis similares, es decir que el título de este proyecto de investigación es original y único.

La información utilizada en la investigación, fue obtenida de las referencias bibliográficas citadas, y en algunos casos complementadas por el autor. El estilo de citas empleado fue el IEEE, puesto que es estilo a emplear en proyectos de investigación para Ingeniería.

## IV. Resultados

### Propiedades de los materiales

#### Procedencia de los agregados seleccionados

Para la elección de los agregados, tanto fino como grueso, se procedió en una primera instancia investigar la gama de canteras ubicadas en el departamento de Piura, procediendo a revisar artículos de investigación en donde se clasificaban las canteras según la calidad del material que se extrae de las mismas, posterior a esto se llevó a cabo una encuesta (Anexo Figura N° 12), en donde se certificó que el material usado en obra, en la región Piura, correspondía a la cantera Sojo para agregado grueso, ubicada en el distrito de Miguel Checa, provincia de Sullana y cantera Cerro Mocho, para agregado fino, ubicada en el distrito de Ignacio Escudero, provincia de Sullana.

En ambos casos la compra se realizó en una distribuidora de materiales de construcción, ubicada en la provincia de Catacaos, lugar donde se realizaron los primeros ensayos (ensayos a los agregados, diseño de mezcla y curado de testigos).



Figura N° 6: Traslado de material al interior del laboratorio.

### **Determinación de propiedades físicas y mecánicas de los agregados**

Los ensayos de laboratorio aplicados a los agregados, tanto finos como gruesos, para determinar sus propiedades y posteriormente ser usadas en el diseño de mezcla fueron los siguientes:

- Análisis granulométrico del agregado fino y agregado grueso (N.T.P. 400.012:2001).
- Gravedad específica y absorción del agregado fino (N.T.P. 400.022.).
- Gravedad específica y absorción del agregado grueso (N.T.P. 400.021.).
- Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (N.T.P. 339.185.).
- Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (N.T.P. 400.017.).

Los resultados de la granulometría para agregado fino y grueso fueron los siguientes:

#### **Análisis Granulométrico del Agregado Fino:**

Tamices ASTM	Abert mm	Peso retenido	% Retn. Parcial	% Retn. Acumulad o	% Que pasa	Espec. Técnica	Espec. Técnica	Tamaño Maximo: 3/8"
3/4"	19.00				100.0			Obs.
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0			
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	L.L: NP
N°4	4.76	10.6	2.1	2.1	97.9	95	100	L.P: NP
N°8	2.38	80.0	16.2	18.3	81.7	80	100	I.P: NP
N°16	1.19	149.5	30.2	48.6	51.4	50	85	
N°30	0.59	117.0	23.7	72.2	27.8	25	60	
N°50	0.3	96.4	19.5	91.7	8.3	10	30	
N°100	0.15	30.8	6.2	97.9	2.1	2	10	
N°200	0.074	6.8	1.4	99.3	0.7	0	5	%humedad: 1.15
	Fondo	3.4	0.7	100.00	0.0			M.F: 3.31
	Peso Inic,	494.4						

Tabla N° 7: Resultados de Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

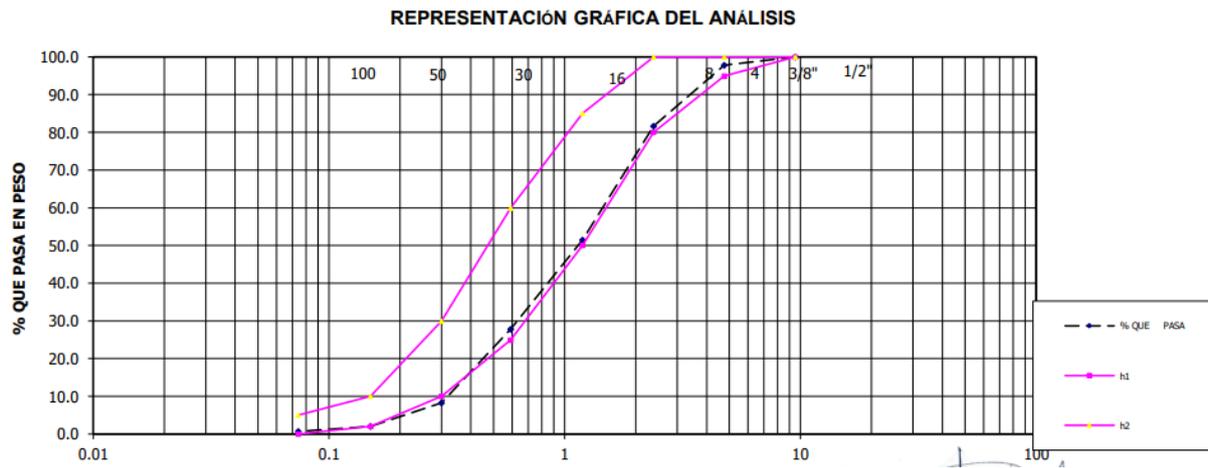


Figura N° 7: Curva granulométrica del Agregado Fino.



Figura N° 8: Tamizado del Agregado Fino.

**Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino:**

	Descripción	M-1	M-2	Promedio
A	Peso material saturado superficialmente seco	150.00	150.00	
B	Peso de la fiola + 500 ml de agua (a 25° c)	667.93	669.32	
C	Peso de la fiola + material + agua	817.93	819.32	
D	Peso de la fiola + material + agua (a 25° c)	759.51	760.74	
E	Peso material seco a 105° c	149.11	149.05	
F	Volumen masa + aire	58.42	58.58	
G	Volumen aire	0.89	0.95	
H	Volumen masa	57.53	57.63	
	Peso esp. bulk superficialmente seco	2.552	2.544	2.548
	Peso esp. bulk superficialmente saturada	2.568	2.561	2.564
	Peso esp. aparente	2.592	2.586	2.589
	Absorción	0.597	0.637	0.617

Tabla N° 8: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Fino.



Figura N° 9: Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino.

**Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del**

**Agregado Fino:**

Masa de muestra húmeda (gr)	500.1
Masa de muestra seca (gr)	494.4
Contenido de Humedad (%)	1.15

Tabla N° 9: Resultados de porcentaje de humedad del Agregado Fino.



Figura N° 10: Ensayo de porcentaje de humedad del Agregado Fino.

**Método de ensayo para determinar el peso unitario del Agregado Fino**

Repetición N°		Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
		1	2	3	1	2	3
Peso del Molde + Agregado Seco	g	20054	20107	20188	21342	21350	21325
Peso del Molde	g	6092			6092		
Peso del Agregado Seco	g	13962	14015	14096	15250	15258	15233
Volumen del Molde	Cm3	9143			9143		
Gravedad Específica del Agregado (SSS)	0.01g/cm3	2.548			2.548		
% Absorción del Agregado	0.1%	0.62			0.62		
Vacíos en el Agregado	0.1%	40.1	39.8	39.5	34.5	34.5	34.6
Peso Unitario del Agregado	Kg/m3	1527	1533	1542	1668	1669	1666
Peso Unitario del Agregado Promedio	Kg/m3	1534			1668		

Tabla N° 10: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Fino.



Figura N° 11: Ensayo para determinar el peso unitario del Agregado Fino.

**Análisis Granulométrico del Agregado Grueso:**

Tamices ASTM	Tamaño o mm	Peso retenido	% Retn. Parcial	% Retn. Acumulado	% Que pasa	Espec. Técnica	Espec. Técnica	Tamaño Maximo Nominal: 1/2"
								Obs.
3"	76.2							
2 1/2"	63.5							
2"	50.8				100			
1 1/2"	38.1	0	0	0	100			
1"	25.4	0	0	0	100	100	100	
3/4"	19.05	0	0	0	100	100	100	
1/2"	12.7	2500	24.5	24.5	75.5	90	100	
3/8"	9.52	1439	14.1	38.6	61.4	40	70	
N°4	4.76	5300	52.0	90.6	9.4	0	15	
N°8	2.38	870	8.5	99.1	0.9	0	5	M.F: 6.26
Fondo	1.19	0	0.0	99.1	0.9			%humedad: 0.96
	Peso Inic,	10200						

Tabla N° 11: Resultados de Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

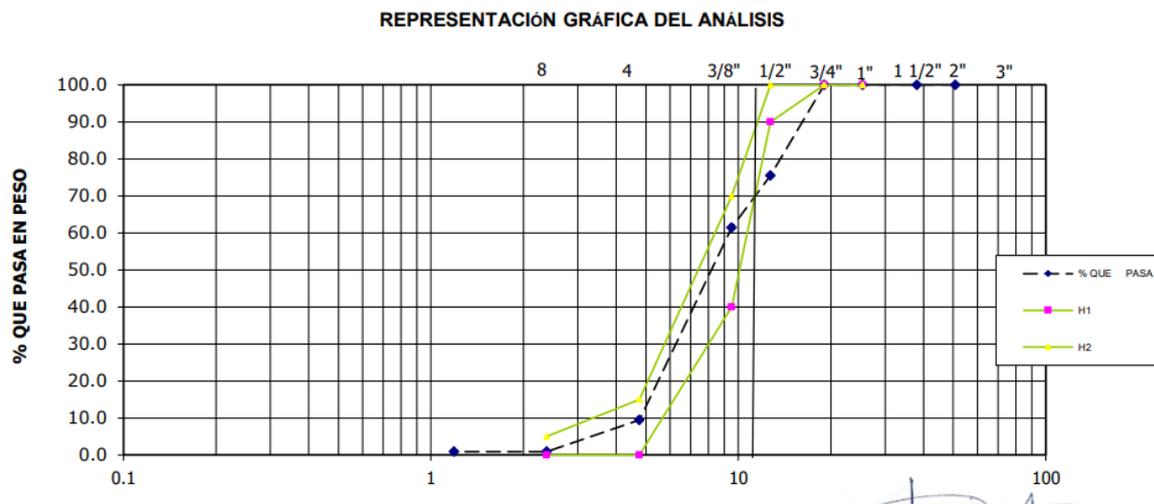


Figura N° 12: Curva granulométrica del Agregado Grueso.



Figura N° 13: Tamizado del Agregado Grueso.

**Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso:**

	Descripción	M-1	M-2	Promedio
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	150.00	1499	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	956	954	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	544	545	
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1493	1491	
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	536	537	
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.746	2.737	2.741
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.759	2.751	2.755
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.784	2.777	2.780
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.50	0.523	0.513

Tabla N° 12: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Grueso.



Figura N° 14: Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso.

**Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del****Agregado Grueso:**

Masa de muestra húmeda (gr)	10297.92
Masa de muestra seca (gr)	10200
Contenido de Humedad (%)	0.96

Tabla N° 13: Resultados de porcentaje de humedad del Agregado Grueso.

**Método de ensayo para determinar el peso unitario del Agregado Grueso**

Repetición N°		Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
		1	2	3	1	2	3
Peso del Molde + Agregado Seco	g	19197	19102	19132	20260	20488	20425
Peso del Molde	g	6092			6092		
Peso del Agregado Seco	g	13105	13010	13040	14168	14396	14333
Volumen del Molde	Cm3	9143			9143		
Gravedad Específica del Agregado (SSS)	0.01g/cm3	2.741			2.741		
% Absorción del Agregado	0.1%	0.51			0.51		
Vacíos en el Agregado	0.1%	47.7	48.1	48.0	43.5	42.6	42.8
Peso Unitario del Agregado	Kg/m3	1433	1423	1426	1550	1575	1568
Peso Unitario del Agregado Promedio	Kg/m3	1428			1564		

Tabla N° 14: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Grueso.



Figura N° 15: Ensayo para determinar el peso unitario del Agregado Grueso.

### Diseño de Mezclas

En el caso del diseño de mezclas, se empleó el método del ACI-211, haciendo uso de los resultados del análisis granulométrico para la arena y piedra. Para un mejor entendimiento se presente el siguiente resumen:

#### **Propiedades del Agregado Fino**

Peso específico "BULK"	2.548 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1534 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1668 Kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción	0.62 %
Contenido de humedad	1.15 %
Módulo de fineza	3.31

Tabla N° 15: Propiedades del Agregado Fino.

### Propiedades del Agregado Grueso

Peso específico "BULK"	2.741 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1428 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1564 Kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción	0.51 %
Contenido de humedad	0.96 %
Módulo de fineza	6.26

Tabla N° 16: Propiedades del Agregado Grueso.

Teniendo en cuenta los datos y resultados de los ensayos realizados a los agregados, tanto fino como grueso, se procedió a realizar el diseño de mezclas, guiándose del método del ACI-211. Con la finalidad de obtener los volúmenes y cantidades requeridas en las proporciones de los materiales a usar en el diseño, tales como: cemento, arena, piedra y agua.

Cabe señalar que en cada tanda de mezclado de concreto, se procedió a medir el "slump", a modo de verificación de las características solicitadas teóricamente; el valor del slump con el que se trabajó fue de 3" a 4".

En total se realizaron cuatro diseños tal como se menciona en el Capítulo 3, "Materiales y Métodos", los cuales se enumeran a continuación:

- Concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, usando cemento Tipo I
- Concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, usando cemento Tipo MS
- Concreto  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, usando cemento Tipo I
- Concreto  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>, usando cemento Tipo MS

A continuación se detallan las hojas de cálculo de cada uno de los diseños:

#### **-Diseño de Mezclas para un concreto de $f'c = 210$ kg/cm<sup>2</sup>, usando cemento Tipo I**

Datos:

Resistencia Requerida	Prom.	376 kg/cm <sup>2</sup>
Tamaño Max agregado		1/2"
slump		3" - 4"
Peso Esp Cemento		2.99

Especificaciones	Agregado Fino	Agregado Grueso
------------------	------------------	--------------------

Peso Específico	2.548	2.741
Peso Unt. Suelto	1534	1428
Peso Unt. Compactado	1668	1564
Contenido de Humedad	1.15%	0.96%
Porcentaje de Absorción	0.62%	0.51%
Módulo de Fineza	3.31	6.26

### 1.- Resistencia de compresión promedio requerida

$$f'c r = 282 \text{ kg/cm}^2$$

### 2.- Elección del asentamiento

$$\text{slump} = 3'' - 4''$$

### 3.- Selección de tamaño máximo del agregado grueso

$$TM = 1/2''$$

### 4.- Estimación del agua de mezclado

Estimar un concreto sin aire

Cantidad de agua para:	TM=	1/2''	
	slump=	3'' - 4''	
	Agua=	215	litros/m <sup>3</sup>

### 5.- Estimación de contenido de aire atrapado

Cantidad de aire para:	TM=	1/2''
	slump=	3'' - 4''
	Aire=	2.5%

### 6.- Relación de A/C

$$f'c r = 282 \text{ kg/cm}^2$$

$$A/C = 0.5752$$

### 7.- Contenido de Cemento

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relación A/C (f'cr)}}$$

cemento=	373.783032	kg/m <sup>3</sup>	
bls cemento=	42.5	kg/bls	
cantidad de cemento=	8.79489487	bls	por m <sup>3</sup> de concreto

## 8.- Estimación de contenido de Agregado Grueso

Estimar Agregado Grueso

Cantidad de AG para:	TM=	1/2"	
	MF=	3.31	
Volumen del AG seco y compactado=		0.499	m <sup>3</sup>
Peso seco del AG=	780.436	kg	

## 9.- Estimación del contenido de Agregado Fino

### 9.1.- Método de los Pesos

peso del concreto fresco=	TM=	1/2"	
	Estimar un concreto sin aire		
concreto fresco=	2315	kg/m <sup>3</sup>	
volumen de agua=	215	litros/m <sup>3</sup>	
contenido de cemento=	373.783032	kg/m <sup>3</sup>	
contenido de AG=	780.436	kg	
peso de AF=	945.780968	kg/m <sup>3</sup>	

### 9.2.- Método de los Volúmenes Absolutos

cemento=	0.12501105	m <sup>3</sup>	
agua=	0.215	m <sup>3</sup>	
aire atrapado=	0.025	m <sup>3</sup>	
agregado grueso=	0.28472674	m <sup>3</sup>	
	$\Sigma$ =	0.35	Volumen absoluto de Agregado Fino
agregado fino=	892.468112	kg/m <sup>3</sup>	

## Determinación de valores de Diseño

cemento=	373.783032	Kg
AF seco=	892.468112	Kg
AG seco=	780.436	Kg
agua=	215	Lt

## 10.- Ajustes por contenido de humedad (agregados)

### a) Pesos húmedos de materiales por m<sup>3</sup> de concreto

cemento=	373.783032 Kg
AF=	902.731496 Kg
AG=	787.928186 Kg

### b) Determinación de la humedad superficial de los agregados

Hs f=	1%
Hs g=	0.45%

### c) Aporte de humedad de los agregados

AF=	4.73008099 Lt/m3
AG=	3.511962 Lt/m3
Aporte Total=	8.24204299 Lt/m3
Agua efectiva=	206.757957 Lt/m3

### d) Valores de los componentes corregidos (ajustados) por humedad de los agregados

cemento=	373.783032 kg/m3
AF=	902.731496 kg/m3
AG=	787.928186 kg/m3
Agua efectiva=	206.757957 Lt/m3

### Proporciones en Peso

#### 1) Proporción de los componentes "sin ajustar por humedad"

cemento=	1
AF=	2.38766353
AG=	2.08793855
Agua =	0.5752

#### 2) Proporción de los componentes "Ajustados por humedad"

cemento=	1
AF=	2.41512166
AG=	2.10798276
Agua =	0.55314966

### Cantidad de materiales por tanda

<b>cemento=</b>	<b>42.5</b>	<b>(1 bls)</b>
<b>AF=</b>	<b>102.642</b>	<b>kg/bls</b>
<b>AG=</b>	<b>89.589</b>	<b>kg/bls</b>
<b>Agua =</b>	<b>23.508</b>	<b>Lt/bls</b>

**-Diseño de Mezclas para un concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , usando cemento Tipo MS**

Datos:

Resistencia Prom.	376
Requerida	kg/cm <sup>2</sup>
Tamaño Max agregado	1/2"
slump	3" - 4"
Peso Esp Cemento	2.96

Especificaciones	Agregado Fino	Agregado Gueso
Peso Específico	2.548	2.741
Peso Unt. Suelto	1534	1428
Peso Unt. Compactado	1668	1564
Contenido de Humedad	1.15%	0.96%
Porcentaje de Absorción	0.62%	0.51%
Módulo de Fineza	3.31	6.26

**1.-Resistencia de compresión promedio requerida**

$$f'c r = 282 \text{ kg/cm}^2$$

**2.-Elección del asentamiento**

$$\text{slump} = 3" - 4"$$

**3.- Selección de tamaño máximo del agregado grueso**

$$TM = 1/2"$$

**4.- Estimación del agua de mezclado**

Estimar un concreto sin aire

Cantidad de agua para:	TM=	1/2"	
	slump=	3" - 4"	
	Agua=	215	litros/m <sup>3</sup>

### 5.- Estimación de contenido de aire atrapado

Cantidad de aire para:	TM=	1/2"
	slump=	3"- 4"
	Aire=	2.5%

### 6.- Relación de A/C

f'c r=	282 kg/cm <sup>2</sup>
A/C=	0.5752

### 7.- Contenido de Cemento

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relación A/C (f'cr)}}$$

cemento=	373.783032	kg/m <sup>3</sup>	
bls cemento=	42.5	kg/bls	
cantidad de cemento=	8.79489487	bls	por m <sup>3</sup> de concreto

### 8.- Estimación de contenido de Agregado Grueso

Estimar Agregado Grueso

Cantidad de AG para:	TM=	1/2"	
	MF=	3.31	
Volumen del AG seco y compactado=		0.499	m <sup>3</sup>

Peso seco del AG=	780.436	kg
-------------------	---------	----

### 9.- Estimación del contenido de Agregado Fino

#### 9.1.- Método de los Pesos

peso del concreto fresco=	TM=	1/2"
	Estimar un concreto sin aire	
concreto fresco=	2315	kg/m <sup>3</sup>

volumen de agua=	215	litros/m <sup>3</sup>
contenido de cemento=	373.783032	kg/m <sup>3</sup>
contenido de AG=	780.436	kg
peso de AF=	945.780968	kg/m <sup>3</sup>

#### 9.2.- Método de los Volúmenes Absolutos

cemento=	0.12627805	m3
agua=	0.215	m3
aire atrapado=	0.025	m3
agregado grueso=	0.28472674	m3

$$\Sigma = 0.35 \text{ Volumen absoluto de Agregado Fino}$$

agregado fino=	889.239786	kg/m3
----------------	------------	-------

### Determinación de valores de Diseño

cemento=	373.783032	Kg
AF seco=	889.239786	Kg
AG seco=	780.436	Kg
agua=	215	Lt

### 10.- Ajustes por contenido de humedad (agregados)

#### a) Pesos húmedos de materiales por m3 de concreto

cemento=	373.783032	Kg
AF=	899.466044	Kg
AG=	787.928186	Kg

#### b) Determinación de la humedad superficial de los agregados

Hs f=	1%
Hs g=	0.45%

#### c) Aporte de humedad de los agregados

AF=	4.71297087	Lt/m3
AG=	3.511962	Lt/m3
Aporte Total=	8.22493287	Lt/m3
Agua efectiva=	206.775067	Lt/m3

#### d) Valores de los componentes corregidos (ajustados) por humedad de los agregados

cemento=	373.783032	kg/m3
AF=	899.466044	kg/m3
AG=	787.928186	kg/m3
Agua efectiva=	206.775067	Lt/m3

### Proporciones en Peso

#### 1) Proporción de los componentes "sin ajustar por humedad"

cemento=	1
AF=	2.37902663
AG=	2.08793855
Agua =	0.5752

#### 2) Proporción de los componentes "Ajustados por humedad"

cemento=	1
AF=	2.40638543
AG=	2.10798276
Agua =	0.55319544

### Cantidad de materiales por tanda

<b>cemento=</b>	<b>42.5</b>	<b>(1 bls)</b>
<b>AF=</b>	<b>102.271</b>	<b>kg/bls</b>
<b>AG=</b>	<b>89.589</b>	<b>kg/bls</b>
<b>Agua =</b>	<b>23.510</b>	<b>Lt/bls</b>

### -Diseño de Mezclas para un concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , usando cemento Tipo I

Datos:

Resistencia Prom.	376
Requerida	kg/cm <sup>2</sup>
Tamaño Max agregado	1/2"
slump	3" - 4"
Peso Esp Cemento	2.99

Especificaciones	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Específico	2.548	2.741
Peso Unt. Suelto	1534	1428
Peso Unt. Compactado	1668	1564
Contenido de Humedad	1.15%	0.96%
Porcentaje de Absorción	0.62%	0.51%
Módulo de Fineza	3.31	6.26

**1.- Resistencia de compresión promedio requerida**

$$f'c r = 376 \text{ kg/cm}^2$$

**2.- Elección del asentamiento**

$$\text{slump} = 3'' - 4''$$

**3.- Selección de tamaño máximo del agregado grueso**

$$TM = 1/2''$$

**4.- Estimación del agua de mezclado**

Estimar un concreto sin aire

Cantidad de agua para:	TM=	1/2''	
	slump=	3'' - 4''	
	Agua=	215	litros/m <sup>3</sup>

**5.- Estimación de contenido de aire atrapado**

Cantidad de aire para:	TM=	1/2''
	slump=	3'' - 4''
	Aire=	2.5%

**6.- Relación de A/C**

$f'c r =$	376 kg/cm <sup>2</sup>
A/C=	0.454

**7.- Contenido de Cemento**

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relación A/C (f'cr)}}$$

cemento=	473.568282	kg/m <sup>3</sup>	
bls cemento=	42.5	kg/bls	
cantidad de cemento=	11.1427831	bls	por m <sup>3</sup> de concreto

**8.- Estimación de contenido de Agregado Grueso**

Estimar Agregado Grueso

Cantidad de AG para:	TM=	1/2"	
	MF=	3.31	
Volumen del AG seco y compactado=		0.499	m <sup>3</sup>
Peso seco del AG=		780.436	kg

## 9.- Estimación del contenido de Agregado Fino

### 9.1.- Método de los Pesos

peso del concreto fresco=	TM=	1/2"	
		Estimar un concreto sin aire	
concreto fresco=	2315	kg/m <sup>3</sup>	
volumen de agua=	215	litros/m <sup>3</sup>	
contenido de cemento=	473.568282	kg/m <sup>3</sup>	
contenido de AG=	780.436	kg	
peso de AF=	845.995718	kg/m <sup>3</sup>	

### 9.2.- Método de los Volúmenes Absolutos

cemento=	0.15838404	m <sup>3</sup>	
agua=	0.215	m <sup>3</sup>	
aire atrapado=	0.025	m <sup>3</sup>	
agregado grueso=	0.28472674	m <sup>3</sup>	
	$\Sigma$ =	0.32	Volumen absoluto de Agregado Fino
agregado fino=	807.433725	kg/m <sup>3</sup>	

### Determinación de valores de Diseño

cemento=	473.568282	Kg
AF seco=	807.433725	Kg
AG seco=	780.436	Kg
agua=	215	Lt

## 10.- Ajustes por contenido de humedad (agregados)

### a) Pesos húmedos de materiales por m<sup>3</sup> de concreto

cemento=	473.568282	Kg
----------	------------	----

AF=	816.719213 Kg
AG=	787.928186 Kg

### b) Determinación de la humedad superficial de los agregados

Hs f=	1%
Hs g=	0.45%

### c) Aporte de humedad de los agregados

AF=	4.27939874	Lt/m <sup>3</sup>
AG=	3.511962	Lt/m <sup>3</sup>
Aporte Total=	7.79136074	Lt/m <sup>3</sup>
Agua efectiva=	207.208639	Lt/m <sup>3</sup>

### d) Valores de los componentes corregidos (ajustados) por humedad de los agregados

cemento=	473.568282	kg/m <sup>3</sup>
AF=	816.719213	kg/m <sup>3</sup>
AG=	787.928186	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva=	207.208639	Lt/m <sup>3</sup>

### Proporciones en Peso

#### 1) Proporción de los componentes "sin ajustar por humedad"

cemento=	1
AF=	1.70499959
AG=	1.64799044
Agua =	0.454

#### 2) Proporción de los componentes "Ajustados por humedad"

cemento=	1
AF=	1.72460708
AG=	1.66381115
Agua =	0.43754755

### Cantidad de materiales por tanda

cemento=	42.5	(1 bls)
AF=	73.295	kg/bls

AG= 70.711 kg/bls  
 Agua = 18.595 Lt/bls

**-Diseño de Mezclas para un concreto de  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ , usando cemento Tipo MS**

Datos:

Resistencia Prom.	376
Requerida	kg/cm <sup>2</sup>
Tamaño Max agregado	1/2"
slump	3" - 4"
Peso Esp Cemento	2.96

Especificaciones	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Específico	2.548	2.741
Peso Unt. Suelto	1534	1428
Peso Unt. Compactado	1668	1564
Contenido de Humedad	1.15%	0.96%
Porcentaje de Absorción	0.62%	0.51%
Módulo de Fineza	3.31	6.26

**1.-Resistencia de compresión promedio requerida**

$f'c r= 376 \text{ kg/cm}^2$

**2.-Elección del asentamiento**

slump= 3" - 4"

**3.- Selección de tamaño máximo del agregado grueso**

TM= 1/2"

**4.- Estimación del agua de mezclado**

Estimar un concreto sin aire

Cantidad de agua para: TM= 1/2"  
 slump= 3" - 4"  
 Agua= 215 litros/m<sup>3</sup>

### 5.- Estimación de contenido de aire atrapado

Cantidad de aire para:	TM=	1/2"
	slump=	3"- 4"
	Aire=	2.5%

### 6.- Relación de A/C

f'c r=	376 kg/cm <sup>2</sup>
A/C=	0.454

### 7.- Contenido de Cemento

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relación A/C (f'cr)}}$$

cemento=	473.568282	kg/m <sup>3</sup>	
bls cemento=	42.5	kg/bls	
cantidad de cemento=	11.1427831	bls	por m <sup>3</sup> de concreto

### 8.- Estimación de contenido de Agregado Grueso

Estimar Agregado Grueso

Cantidad de AG para:	TM=	1/2"	
	MF=	3.31	
Volumen del AG seco y compactado=		0.499	m <sup>3</sup>

Peso seco del AG=	780.436	kg
-------------------	---------	----

### 9.- Estimación del contenido de Agregado Fino

#### 9.1.- Método de los Pesos

peso del concreto fresco=	TM=	1/2"	
	Estimar un concreto sin aire		
concreto fresco=	2315	kg/m <sup>3</sup>	
volumen de agua=	215	litros/m <sup>3</sup>	
contenido de cemento=	473.568282	kg/m <sup>3</sup>	
contenido de AG=	780.436	kg	
peso de AF=	845.995718	kg/m <sup>3</sup>	

## 9.2.- Método de los Volúmenes Absolutos

cemento=	0.15998928	m <sup>3</sup>
agua=	0.215	m <sup>3</sup>
aire atrapado=	0.025	m <sup>3</sup>
agregado grueso=	0.28472674	m <sup>3</sup>
	$\Sigma$ =	0.32 Volumen absoluto de Agregado Fino
agregado fino=	803.343564	kg/m <sup>3</sup>

### Determinación de valores de Diseño

cemento=	473.568282	Kg
AF seco=	803.343564	Kg
AG seco=	780.436	Kg
agua=	215	Lt

## 10.- Ajustes por contenido de humedad (agregados)

### a) Pesos húmedos de materiales por m<sup>3</sup> de concreto

cemento=	473.568282	Kg
AF=	812.582015	Kg
AG=	787.928186	Kg

### b) Determinación de la humedad superficial de los agregados

Hs f=	1%
Hs g=	0.45%

### c) Aporte de humedad de los agregados

AF=	4.25772089	Lt/m <sup>3</sup>
AG=	3.511962	Lt/m <sup>3</sup>
Aporte Total=	7.76968289	Lt/m <sup>3</sup>
Agua efectiva=	207.230317	Lt/m <sup>3</sup>

**d) Valores de los componentes corregidos (ajustados) por humedad de los agregados**

cemento=	473.568282 kg/m <sup>3</sup>
AF=	812.582015 kg/m <sup>3</sup>
AG=	787.928186 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva=	207.230317 Lt/m <sup>3</sup>

**Proporciones en Peso**

*1) Proporción de los componentes "sin ajustar por humedad"*

cemento=	1
AF=	1.69636269
AG=	1.64799044
Agua =	0.454

*2) Proporción de los componentes "Ajustados por humedad"*

cemento=	1
AF=	1.71587086
AG=	1.66381115
Agua =	0.43759332

**Cantidad de materiales por tanda**

<b>cemento=</b>	<b>42.5 (1 bls)</b>
<b>AF=</b>	<b>72.924 kg/bls</b>
<b>AG=</b>	<b>70.711 kg/bls</b>
<b>Agua =</b>	<b>18.597 Lt/bls</b>

La elaboración de los testigos de concreto, se llevó a cabo en moldes plásticos y metálicos, de 30 cm de alto y 15 cm de diámetro, a razón de 30 muestras por día de trabajo, posteriormente al día siguiente se desenconfraron y sometieron al proceso de curado durante 7 días, el mismo proceso se repitió con todas las muestras.

El proceso de elaboración de las muestras de concreto cumplió con los siguientes requerimientos:

- Todo instrumental utilizado fue previamente humedecido antes de su uso, como: varillas para chuseo, cono de Abrams y bandeja para medición del slump, así como la mezcladora, para no afectar las relaciones de humedad del diseño; así como también se procedió al lavado de cada instrumento por cada tanda de concreto obtenida.

- En el caso de los moldes para los testigos, estos fueron engrasados antes de su uso, para de esta forma facilitar el desencofrado al día siguiente, y garantizar problemas de adherencia con el concreto.
- Se procedió a realizar la medición de slump en una tanda previa y de ensayo para de esta manera realizar correcciones de humedad de ser necesarias.
- La mezcladora utilizada, tenía una capacidad de olla de 180 Lt, equivalentes a 6.35 ft<sup>3</sup> aproximadamente.
- Como primer paso para la elaboración del concreto, se vertieron el agregado grueso junto con el fino, para ser mezclados en un lapso de tiempo de 30 segundos; posterior a esto se vertió el cemento y  $\frac{1}{4}$  del agua según el diseño, y se mezcló por 1 minuto; para completar la cantidad de agua restante y finalmente dejar mezclar por 3 minutos.
- La mezcla se dejó reposar por 2 minutos, luego se volvió a mezclar por 1 minuto, posterior a esto se extrajo para realizar la medición del slump mediante el ensayo del cono de Abrams tal como se muestra en la Figura N°18.
- Una vez obtenido el slump en cada tanda, se procedió al llenado de los moldes, para lo cual se siguió el proceso que se explica a continuación: se tomó cada molde fraccionándolo en 3 partes o capas, el vaciado se realizó siguiendo este concepto de las 3 capas, apisonando o también llamado “chuseo” con una varilla de 24” de altura y 5/8” de diámetro, el chuseo o apisonado se realizó por 25 veces por capa, en forma de espiral hacia dentro, paso seguido se dieron 15 golpes alrededor de los moldes con un mazo de goma.
- Una vez terminado el proceso de vaciado de los moldes, se procedió a enraizar cada muestra con apoyo de la varilla y un badilejo, cabe señalar que cada instrumento estaba previamente humedecido, finalmente se procedió a realizar un etiquetado de cada muestra, indicando fecha, diseño, resistencia, y la letra R, para reconocer y diferenciar las muestras.
- Transcurridas 24 horas del momento de vaciado, se procedió al desencofrado de las muestras, en el caso de las muestras colocadas en moldes metálicos, se realizó el proceso de desarmar mediante las tuercas mariposas, para el caso de los moldes plásticos, se hizo uso de una máquina compresora tal como en la Figura N°14 del Capítulo Anexos, dónde la manguera se ingresa por un agujero que tiene el molde.



Figura N° 16: Proceso de apisonado del concreto.



Figura N° 17: Proceso de apisonado del concreto.



Figura N° 18: Ensayo del Cono de Abrams.



Figura N° 19: Elaboración de concreto.

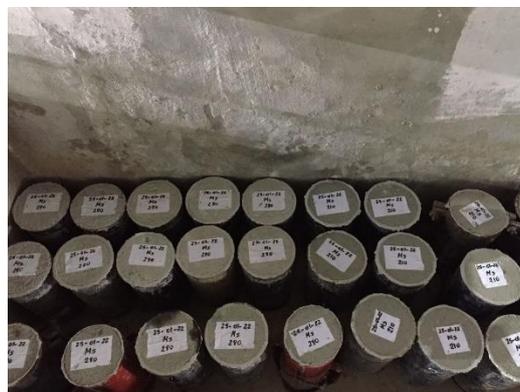


Figura N° 20: Probetas de concreto.

El proceso de curado se dio durante 7 días, tal como se muestra en la Figura N° 21, posterior a esto se extrajeron hasta el momento en que se someterían al ensayo de rotura o compresión simple a los 28 días.



Figura N° 21: Curado de probetas de concreto.

### **Ensayo de Resistencia a la Compresión de Concreto Simple**

En este ensayo, se procedió a utilizar una prensa hidráulica tal como se aprecia en la Figura N° 22, previamente calibrada por personal especializado del laboratorio. El proceso trata de la aplicación de una carga uniforme en la parte superior de la muestra de concreto, la cual se encuentra contenida con 2 platos metálicos a ambos extremos, se procedió a realizar la medición de la siguiente manera:

Cada muestra ingresada a la prensa, fue sometida al 100% de la carga resistente, es decir, se realizó el ensayo hasta el punto de falla del testigo, con este dato obtenido del  $f'c$  al 100%, se podía obtener los valores requeridos de  $f'c$  al 40%, valor máximo del límite de elasticidad del concreto. Para ello se procedió a grabar cada ensayo de compresión, por lo que luego se pudo realizar un trabajo de gabinete donde se procedió a analizar y dar como valores las deformaciones únicamente al 40% del  $f'c$  por el concepto ya mencionado; por lo que todas y cada una de las muestras fueron sometidas al ensayo de resistencia a la compresión con 3 discos y 2 diales, donde se llevaba el registro de las deformaciones tanto verticales como horizontales.

Cabe señalar que esta iniciativa permitió reducir el número de muestras de concreto a la mitad, puesto que ya no era necesario el uso de una probeta adicional por par para el cálculo únicamente de la resistencia a compresión al 100%.



Figura N° 22: Prensa Hidráulica.



Figura N° 23: Prensa Hidráulica.



Figura N° 24: Discos y diales para medición de deformaciones.

Muestra			Carga (KN)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 100%	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 40%
1	T1	210	417.44	234.58	93.83
2	T1	210	388.33	218.22	87.29
3	T1	210	422.43	237.39	94.96
4	T1	210	381.61	214.45	85.78
5	T1	210	427.76	240.38	96.15
6	T1	210	385.20	216.47	86.59
7	T1	210	425.13	238.91	95.56
8	T1	210	420.42	236.26	94.50
9	T1	210	423.43	237.95	95.18
10	T1	210	390.73	219.57	87.83
11	T1	210	414.81	233.11	93.24
12	T1	210	417.44	234.58	93.83
13	T1	210	396.17	222.63	89.05
14	T1	210	403.80	226.92	90.77
15	T1	210	413.31	232.26	92.90
16	T1	210	393.54	221.15	88.46
17	T1	210	433.05	243.35	97.34
18	T1	210	427.64	240.31	96.13
19	T1	210	390.72	219.56	87.83
20	T1	210	430.52	241.93	96.77
21	T1	210	387.50	217.76	87.10
22	T1	210	417.62	234.68	93.87
23	T1	210	430.82	242.10	96.84
24	T1	210	430.41	241.87	96.75
25	T1	210	408.41	229.51	91.80
26	T1	210	395.74	222.39	88.96
27	T1	210	388.74	218.46	87.38
28	T1	210	416.50	234.05	93.62
29	T1	210	399.80	224.67	89.87
30	T1	210	390.27	219.31	87.72

31	T1	210	385.08	216.40	86.56
32	T1	210	380.49	213.82	85.53
33	T1	210	410.12	230.47	92.19
34	T1	210	397.52	223.39	89.35
35	T1	210	384.25	215.93	86.37
36	T1	210	380.21	213.66	85.46
37	T1	210	386.30	217.09	86.83
38	T1	210	409.35	230.04	92.01
39	T1	210	425.56	239.14	95.66
40	T1	210	416.87	234.26	93.70
41	T1	210	386.52	217.21	86.88
42	T1	210	434.10	243.94	97.58
43	T1	210	415.83	233.68	93.47
44	T1	210	418.01	234.90	93.96
45	T1	210	413.33	232.28	92.91
46	T1	210	418.62	235.25	94.10
47	T1	210	433.17	243.42	97.37
48	T1	210	382.35	214.87	85.95
49	T1	210	411.78	231.40	92.56
50	T1	210	390.52	219.46	87.78
51	T1	210	384.38	216.00	86.40
52	T1	210	429.34	241.27	96.51
53	T1	210	416.81	234.23	93.69
54	T1	210	391.42	219.96	87.99
55	T1	210	402.47	226.17	90.47
56	T1	210	391.87	220.22	88.09
57	T1	210	401.78	225.78	90.31
58	T1	210	423.12	237.77	95.11
59	T1	210	430.75	242.06	96.83
60	T1	210	386.96	217.45	86.98
61	T1	210	384.52	216.08	86.43
62	T1	210	392.09	220.34	88.14
63	T1	210	412.86	232.01	92.80
64	T1	210	425.98	239.38	95.75
65	T1	210	380.47	213.81	85.52
66	T1	210	421.26	236.73	94.69
67	T1	210	420.57	236.34	94.54
68	T1	210	386.85	217.39	86.96
69	T1	210	429.09	241.13	96.45
70	T1	210	407.70	229.11	91.64
71	T1	210	390.10	219.22	87.69
72	T1	210	390.77	219.59	87.84
73	T1	210	414.82	233.11	93.24
74	T1	210	391.56	220.04	88.02
75	T1	210	396.09	222.59	89.03

76	T1	210	409.14	229.92	91.97
77	T1	210	398.83	224.13	89.65
78	T1	210	403.99	227.02	90.81
79	T1	210	391.36	219.93	87.97
80	T1	210	381.90	214.61	85.84
81	T1	210	381.30	214.27	85.71
82	T1	210	415.82	233.67	93.47
83	T1	210	400.76	225.21	90.08
84	T1	210	411.75	231.39	92.55

Tabla N° 17: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

Muestra			Carga (KN)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 100%	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 40%
1	T1	280	506.95	284.88	113.95
2	T1	280	536.12	301.27	120.51
3	T1	280	534.99	300.64	120.26
4	T1	280	564.31	317.12	126.85
5	T1	280	507.32	285.09	114.04
6	T1	280	523.53	294.20	117.68
7	T1	280	533.78	299.96	119.98
8	T1	280	528.24	296.85	118.74
9	T1	280	565.18	317.61	127.04
10	T1	280	518.36	291.29	116.52
11	T1	280	559.54	314.43	125.77
12	T1	280	544.61	306.04	122.42
13	T1	280	562.33	316.00	126.40
14	T1	280	547.38	307.60	123.04
15	T1	280	561.66	315.63	126.25
16	T1	280	528.45	296.97	118.79
17	T1	280	536.28	301.36	120.55
18	T1	280	517.88	291.03	116.41
19	T1	280	507.15	285.00	114.00
20	T1	280	556.13	312.52	125.01
21	T1	280	507.29	285.08	114.03
22	T1	280	508.27	285.63	114.25
23	T1	280	539.80	303.34	121.34
24	T1	280	553.14	310.84	124.34
25	T1	280	528.52	297.01	118.80
26	T1	280	508.38	285.69	114.28
27	T1	280	547.22	307.52	123.01
28	T1	280	506.49	284.62	113.85

29	T1	280	534.10	300.14	120.06
30	T1	280	505.38	284.00	113.60
31	T1	280	549.76	308.94	123.58
32	T1	280	543.60	305.48	122.19
33	T1	280	505.55	284.10	113.64
34	T1	280	518.01	291.10	116.44
35	T1	280	532.73	299.37	119.75
36	T1	280	532.53	299.26	119.70
37	T1	280	539.50	303.17	121.27
38	T1	280	514.96	289.39	115.75
39	T1	280	534.77	300.52	120.21
40	T1	280	522.32	293.52	117.41
41	T1	280	511.05	287.19	114.88
42	T1	280	563.08	316.42	126.57
43	T1	280	558.71	313.97	125.59
44	T1	280	541.65	304.38	121.75
45	T1	280	546.99	307.38	122.95
46	T1	280	561.01	315.26	126.11
47	T1	280	551.54	309.94	123.98
48	T1	280	528.47	296.98	118.79
49	T1	280	542.28	304.74	121.90
50	T1	280	523.01	293.91	117.56
51	T1	280	540.59	303.79	121.52
52	T1	280	557.62	313.36	125.34
53	T1	280	533.33	299.71	119.88
54	T1	280	552.56	310.52	124.21
55	T1	280	529.30	297.44	118.98
56	T1	280	537.12	301.84	120.74
57	T1	280	551.95	310.17	124.07
58	T1	280	509.85	286.51	114.61
59	T1	280	516.81	290.42	116.17
60	T1	280	540.80	303.90	121.56
61	T1	280	570.35	320.51	128.20
62	T1	280	543.52	305.43	122.17
63	T1	280	565.22	317.63	127.05
64	T1	280	505.40	284.01	113.60
65	T1	280	512.16	287.81	115.12
66	T1	280	561.02	315.27	126.11
67	T1	280	523.29	294.06	117.63
68	T1	280	532.23	299.09	119.64
69	T1	280	566.66	318.44	127.37
70	T1	280	535.37	300.86	120.34
71	T1	280	557.56	313.32	125.33
72	T1	280	556.43	312.69	125.08
73	T1	280	541.77	304.45	121.78

74	T1	280	550.95	309.61	123.84
75	T1	280	568.52	319.48	127.79
76	T1	280	535.16	300.73	120.29
77	T1	280	534.83	300.55	120.22
78	T1	280	524.78	294.90	117.96
79	T1	280	541.81	304.47	121.79
80	T1	280	528.45	296.97	118.79
81	T1	280	554.90	311.83	124.73
82	T1	280	555.07	311.92	124.77
83	T1	280	516.46	290.23	116.09
84	T1	280	537.29	301.93	120.77

Tabla N° 18: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

Muestra		Carga (KN)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 100%	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 40%	
1	MS	210	425.76	239.26	95.70
2	MS	210	398.51	223.95	89.58
3	MS	210	403.07	226.51	90.60
4	MS	210	389.78	219.04	87.62
5	MS	210	390.76	219.59	87.84
6	MS	210	395.93	222.50	89.00
7	MS	210	428.37	240.73	96.29
8	MS	210	441.10	247.88	99.15
9	MS	210	472.49	265.52	106.21
10	MS	210	404.25	227.17	90.87
11	MS	210	414.40	232.87	93.15
12	MS	210	394.20	221.53	88.61
13	MS	210	468.63	263.35	105.34
14	MS	210	427.58	240.28	96.11
15	MS	210	390.45	219.42	87.77
16	MS	210	409.87	230.33	92.13
17	MS	210	416.15	233.86	93.54
18	MS	210	402.57	226.23	90.49
19	MS	210	415.97	233.75	93.50
20	MS	210	414.67	233.03	93.21
21	MS	210	432.91	243.28	97.31
22	MS	210	419.73	235.87	94.35
23	MS	210	461.91	259.57	103.83
24	MS	210	438.16	246.23	98.49
25	MS	210	402.09	225.96	90.38
26	MS	210	390.58	219.49	87.80
27	MS	210	447.62	251.54	100.62
28	MS	210	397.18	223.20	89.28

29	MS	210	415.16	233.30	93.32
30	MS	210	427.41	240.19	96.07
31	MS	210	451.79	253.88	101.55
32	MS	210	399.92	224.74	89.90
33	MS	210	418.74	235.31	94.13
34	MS	210	381.46	214.36	85.74
35	MS	210	388.04	218.06	87.22
36	MS	210	460.38	258.71	103.48
37	MS	210	413.45	232.34	92.94
38	MS	210	414.62	233.00	93.20
39	MS	210	451.74	253.86	101.54
40	MS	210	453.23	254.69	101.88
41	MS	210	430.25	241.78	96.71
42	MS	210	430.95	242.17	96.87
43	MS	210	385.55	216.66	86.66
44	MS	210	382.20	214.78	85.91
45	MS	210	412.30	231.69	92.68
46	MS	210	386.28	217.07	86.83
47	MS	210	449.43	252.56	101.02
48	MS	210	415.82	233.67	93.47
49	MS	210	405.61	227.94	91.17
50	MS	210	425.48	239.10	95.64
51	MS	210	463.05	260.21	104.09
52	MS	210	415.12	233.28	93.31
53	MS	210	458.55	257.68	103.07
54	MS	210	381.45	214.36	85.74
55	MS	210	433.01	243.33	97.33
56	MS	210	469.94	264.09	105.64
57	MS	210	413.27	232.24	92.90
58	MS	210	395.19	222.08	88.83
59	MS	210	444.22	249.63	99.85
60	MS	210	406.82	228.61	91.45
61	MS	210	471.55	264.99	106.00
62	MS	210	399.26	224.37	89.75
63	MS	210	420.81	236.48	94.59
64	MS	210	381.72	214.51	85.81
65	MS	210	424.24	238.41	95.36
66	MS	210	412.98	232.08	92.83
67	MS	210	396.90	223.04	89.22
68	MS	210	474.06	266.40	106.56
69	MS	210	466.16	261.96	104.78
70	MS	210	450.24	253.01	101.21
71	MS	210	469.31	263.73	105.49
72	MS	210	454.89	255.63	102.25
73	MS	210	381.15	214.19	85.68

74	MS	210	422.93	237.67	95.07
75	MS	210	392.95	220.82	88.33
76	MS	210	467.04	262.46	104.98
77	MS	210	429.76	241.51	96.60
78	MS	210	416.92	234.29	93.72
79	MS	210	449.23	252.45	100.98
80	MS	210	437.95	246.11	98.44
81	MS	210	472.38	265.46	106.18
82	MS	210	393.63	221.20	88.48
83	MS	210	430.95	242.18	96.87
84	MS	210	383.24	215.36	86.15

Tabla N° 19: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

Muestra			Fuerza (KN)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 100%	$\sigma$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) 40%
1	MS	280	530.41	298.07	119.23
2	MS	280	551.38	309.85	123.94
3	MS	280	505.58	284.11	113.65
4	MS	280	500.67	281.35	112.54
5	MS	280	523.23	294.03	117.61
6	MS	280	521.36	292.98	117.19
7	MS	280	520.41	292.45	116.98
8	MS	280	555.51	312.17	124.87
9	MS	280	516.41	290.20	116.08
10	MS	280	543.32	305.32	122.13
11	MS	280	524.10	294.52	117.81
12	MS	280	531.26	298.54	119.42
13	MS	280	501.89	282.04	112.82
14	MS	280	550.61	309.42	123.77
15	MS	280	533.97	300.07	120.03
16	MS	280	555.96	312.43	124.97
17	MS	280	509.12	286.10	114.44
18	MS	280	508.33	285.66	114.26
19	MS	280	534.10	300.14	120.06
20	MS	280	516.72	290.38	116.15
21	MS	280	500.69	281.37	112.55
22	MS	280	546.89	307.33	122.93
23	MS	280	530.31	298.01	119.20
24	MS	280	519.09	291.71	116.68
25	MS	280	545.22	306.39	122.56
26	MS	280	509.79	286.48	114.59

27	MS	280	548.06	307.99	123.20
28	MS	280	517.17	290.63	116.25
29	MS	280	543.87	305.63	122.25
30	MS	280	543.48	305.41	122.16
31	MS	280	527.90	296.66	118.66
32	MS	280	554.56	311.64	124.66
33	MS	280	520.08	292.26	116.91
34	MS	280	501.85	282.02	112.81
35	MS	280	536.26	301.36	120.54
36	MS	280	535.72	301.05	120.42
37	MS	280	525.30	295.20	118.08
38	MS	280	555.93	312.41	124.96
39	MS	280	526.28	295.74	118.30
40	MS	280	512.88	288.21	115.29
41	MS	280	509.22	286.16	114.46
42	MS	280	503.42	282.90	113.16
43	MS	280	511.71	287.56	115.02
44	MS	280	555.59	312.22	124.89
45	MS	280	505.23	283.92	113.57
46	MS	280	539.04	302.92	121.17
47	MS	280	516.62	290.32	116.13
48	MS	280	544.04	305.73	122.29
49	MS	280	510.02	286.61	114.64
50	MS	280	511.58	287.48	114.99
51	MS	280	548.78	308.39	123.36
52	MS	280	532.10	299.02	119.61
53	MS	280	500.56	281.29	112.52
54	MS	280	510.71	287.00	114.80
55	MS	280	511.19	287.27	114.91
56	MS	280	536.30	301.38	120.55
57	MS	280	525.68	295.41	118.16
58	MS	280	545.68	306.65	122.66
59	MS	280	553.95	311.30	124.52
60	MS	280	524.42	294.70	117.88
61	MS	280	508.63	285.83	114.33
62	MS	280	534.68	300.47	120.19
63	MS	280	541.64	304.38	121.75
64	MS	280	522.20	293.45	117.38
65	MS	280	507.99	285.47	114.19
66	MS	280	552.69	310.59	124.23
67	MS	280	544.25	305.84	122.34
68	MS	280	502.04	282.12	112.85
69	MS	280	532.28	299.12	119.65
70	MS	280	545.49	306.54	122.62
71	MS	280	501.45	281.80	112.72

72	MS	280	523.05	293.93	117.57
73	MS	280	540.28	303.62	121.45
74	MS	280	544.41	305.94	122.37
75	MS	280	554.15	311.41	124.56
76	MS	280	502.30	282.27	112.91
77	MS	280	510.56	286.91	114.76
78	MS	280	511.77	287.59	115.04
79	MS	280	528.84	297.19	118.87
80	MS	280	542.81	305.04	122.02
81	MS	280	530.29	298.00	119.20
82	MS	280	549.31	308.69	123.48
83	MS	280	510.75	287.02	114.81
84	MS	280	549.35	308.71	123.48

Tabla N° 20: Resultados de Ensayo a la compresión de concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

### **Determinación del Módulo de Elasticidad del Concreto, Coeficiente de Poisson y Módulo de Rigidez**

Bajo el concepto de la norma E-060, artículo 8.5.3, indica el poder utilizar otros valores de  $E_c$  a los que presenta mediante el uso de la ecuación anteriormente mencionada, siempre y cuando estos resultados sean sustentados con ensayos de laboratorio, siguiendo esta línea se realizaron los ensayos correspondientes para el cálculo de Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson y Módulo de Rigidez.

Para el cálculo del Módulo de Elasticidad se procedió a someter a las muestras de concreto al ensayo de compresión simple, procedimiento explicado en el punto 4.3, posterior a esto, se realizó el análisis de la información audiovisual y así obtener los valores de las deformaciones cuando la carga aplicada era igual al 40% del  $f'_c$  (resistencia a la compresión), este proceso se llevó a cabo con las muestras de los 4 diseños.

El análisis del Módulo de Rigidez, se realizó en base a los resultados obtenidos a partir de los ensayos de Módulo de Elasticidad y Coeficiente de Poisson.

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ec exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ec E 0.60 (Kg/cm <sup>2</sup> )
Testigo 1	234.5806311	174081.9321	229740.3796
Testigo 2	218.2223	173119.127	221585.2375
Testigo 3	237.3877649	176268.5568	231110.8978
Testigo 4	214.4494809	177483.9035	219661.4058
Testigo 5	240.3840647	197945.5788	232564.861
Testigo 6	216.4665027	179226.2965	220692.0096
Testigo 7	238.9064305	186506.2493	231848.9742
Testigo 8	236.2578526	175388.4085	230560.2239
Testigo 9	237.9480535	176704.9952	231383.474
Testigo 10	219.5747131	174246.4491	222270.8043
Testigo 11	233.1052555	172932.6841	229016.7734
Testigo 12	234.5806311	174081.9321	229740.3796
Testigo 13	222.6293562	176792.6876	223811.5394
Testigo 14	226.9160955	180365.9563	225956.0167
Testigo 15	232.2609217	172274.9879	228601.6347
Testigo 16	221.1547789	175563.5339	223069.1042
Testigo 17	243.3524559	180914.7695	233996.373
Testigo 18	240.3147107	191534.5508	232531.3095
Testigo 19	219.5646717	174238.0789	222265.7219
Testigo 20	241.9317087	179808.0745	233312.311
Testigo 21	217.7578828	172380.6866	221349.3249
Testigo 22	234.6824563	186839.71	229790.2362
Testigo 23	242.1016452	193024.0739	233394.2377
Testigo 24	241.869001	192830.1502	233282.0722
Testigo 25	229.5107177	182528.7382	227244.1671
Testigo 26	222.3889345	176592.2809	223690.6575
Testigo 27	218.4558383	180944.7729	221703.7745
Testigo 28	234.0531793	173671.072	229481.9499
Testigo 29	224.6713077	178494.7834	224835.5938
Testigo 30	219.3122387	174027.66	222137.916
Testigo 31	216.3956642	179165.103	220655.896
Testigo 32	213.8210574	176941.0434	219339.3214
Testigo 33	230.4680819	183326.7619	227717.6287
Testigo 34	223.3863486	177423.6887	224191.7225
Testigo 35	215.9330549	178765.4806	220419.9114
Testigo 36	213.6610639	176802.8339	219257.2447
Testigo 37	217.086212	179761.6289	221007.6869
Testigo 38	230.035296	182966.0075	227503.7178
Testigo 39	239.1447605	190559.3232	231964.5902
Testigo 40	234.2602933	186487.8104	229583.4619
Testigo 41	217.2071839	179866.1298	221069.257
Testigo 42	243.9444045	194560.1305	234280.7952
Testigo 43	233.6774835	173378.4227	229297.6969

Testigo 44	234.9044103	174334.1408	229898.8741
Testigo 45	232.2752792	184364.7496	228608.7002
Testigo 46	235.2459409	186840.9843	230065.9399
Testigo 47	243.4235764	194125.9873	234030.5636
Testigo 48	214.8652636	177843.0751	219874.2466
Testigo 49	231.4003038	171604.6072	228177.7122
Testigo 50	219.4556247	174147.1813	222210.5208
Testigo 51	216.0041151	178826.8656	220456.1768
Testigo 52	241.2709744	192331.6572	232993.4961
Testigo 53	234.2275636	173806.9092	229567.4232
Testigo 54	219.9625084	174569.701	222466.9962
Testigo 55	226.1697308	179275.3883	225584.1072
Testigo 56	220.2151499	174780.2937	222594.7185
Testigo 57	225.7807223	179419.5509	225390.0231
Testigo 58	237.7729763	176568.6183	231298.3348
Testigo 59	242.0625661	192523.0732	233375.4001
Testigo 60	217.4533561	180078.7843	221194.4961
Testigo 61	216.0821118	178894.2426	220495.9754
Testigo 62	220.3386212	174883.2149	222657.1126
Testigo 63	232.011828	172080.9557	228479.0172
Testigo 64	239.3829014	190289.4029	232080.0569
Testigo 65	213.8077654	176929.5612	219332.5038
Testigo 66	236.7308118	175756.8213	230790.8851
Testigo 67	236.341868	188222.9348	230601.2149
Testigo 68	217.3914746	172426.5815	221163.0208
Testigo 69	241.1271676	192211.7851	232924.0493
Testigo 70	229.1071474	181723.9111	227044.2868
Testigo 71	219.2212947	173951.8524	222091.8533
Testigo 72	219.5935369	174262.1399	222280.3316
Testigo 73	233.111775	172937.7625	229019.9759
Testigo 74	220.0400471	174165.9086	222506.2035
Testigo 75	222.5872929	176757.6251	223790.395
Testigo 76	229.9180987	182868.3161	227445.7566
Testigo 77	224.126704	178040.8218	224562.9275
Testigo 78	227.0225071	179986.2313	226008.9912
Testigo 79	219.9271598	174540.2357	222449.1199
Testigo 80	214.6092392	177621.9098	219743.2111
Testigo 81	214.2733162	177331.7247	219571.1642
Testigo 82	233.6720588	173374.1971	229295.0353
Testigo 83	225.2078165	178473.5718	225103.8843
Testigo 84	231.3867229	171594.0284	228171.0163

Tabla N° 21: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

Media Aritmética: 179471.24 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 6499.15 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 20.71%

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ec exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	Ec E 0.60 (Kg/cm <sup>2</sup> )
Testigo 1	284.8825662	225612.5867	253176.9686
Testigo 2	301.2749688	211340.8862	260359.1135
Testigo 3	300.6415895	210863.1626	260085.2892
Testigo 4	317.11672	192112.1672	267116.5701
Testigo 5	285.0938734	225791.8669	253270.8462
Testigo 6	294.2015112	233519.0943	257284.5507
Testigo 7	299.9590894	210348.3898	259789.9057
Testigo 8	296.8498733	208003.2767	258439.9766
Testigo 9	317.606044	192430.7183	267322.5765
Testigo 10	291.2931928	231051.5788	256009.7037
Testigo 11	314.4339876	190365.702	265984.2988
Testigo 12	306.0442209	190456.3873	262411.7941
Testigo 13	316.0032158	191387.2733	266647.1893
Testigo 14	307.6043671	191500.6341	263079.8027
Testigo 15	315.6254174	191141.3257	266487.7463
Testigo 16	296.9655566	179606.4849	258490.3291
Testigo 17	301.3639139	211407.9727	260397.5434
Testigo 18	291.0280562	230826.6279	255893.1665
Testigo 19	284.9961152	225708.9254	253227.4193
Testigo 20	312.518533	189118.7365	265172.9057
Testigo 21	285.0751594	225775.9893	253262.5335
Testigo 22	285.6270365	226244.2204	253507.5605
Testigo 23	303.342436	212900.2646	261250.9294
Testigo 24	310.841528	188027.0023	264460.4768
Testigo 25	297.0067127	208121.5722	258508.2404
Testigo 26	285.6877776	226295.7552	253534.5143
Testigo 27	307.5153125	191441.0276	263041.7178
Testigo 28	284.6228813	225392.2612	253061.5504
Testigo 29	300.1386323	210483.8093	259867.6438
Testigo 30	283.9995492	224863.4053	252784.2926
Testigo 31	308.9387749	192393.7883	263649.8139
Testigo 32	305.4818934	190080.0068	262170.6048
Testigo 33	284.0981198	224947.0359	252828.157
Testigo 34	291.0969606	230885.0888	255923.4576
Testigo 35	299.3704652	209904.4224	259534.8814
Testigo 36	299.2587553	209820.1657	259486.4543
Testigo 37	303.1737432	212773.0288	261178.2767
Testigo 38	289.3859536	229433.4127	255170.2169

Testigo 39	300.5182706	210770.1498	260031.942
Testigo 40	293.5185347	232939.634	256985.7395
Testigo 41	287.1885541	227569.0647	254199.5764
Testigo 42	316.4235241	191660.895	266824.4609
Testigo 43	313.9682221	190062.4876	265787.2269
Testigo 44	304.3813489	189343.3835	261697.9241
Testigo 45	307.3828493	191352.3665	262985.0587
Testigo 46	315.2629938	190905.387	266334.7022
Testigo 47	309.9431688	193066.0555	264078.0434
Testigo 48	296.9785292	208100.3149	258495.975
Testigo 49	304.7396372	189583.1953	261851.9016
Testigo 50	293.906453	233268.757	257155.5015
Testigo 51	303.7888223	188946.7899	261443.0818
Testigo 52	313.3598579	189666.441	265529.5991
Testigo 53	299.7061399	210157.6037	259680.3448
Testigo 54	310.515895	187815.0144	264321.9181
Testigo 55	297.4427045	208450.4171	258697.9098
Testigo 56	301.8381412	211765.6566	260602.3441
Testigo 57	310.1688426	193217.1049	264174.1652
Testigo 58	286.5127111	226995.6567	253900.2954
Testigo 59	290.4218571	230312.3082	255626.5202
Testigo 60	303.9029192	189023.1579	261492.1735
Testigo 61	320.5113711	194322.0931	268542.4706
Testigo 62	305.433805	190047.82	262149.9688
Testigo 63	317.6308583	192446.8724	267333.0191
Testigo 64	284.0114213	224873.478	252789.5761
Testigo 65	287.8095884	228095.9712	254474.2765
Testigo 66	315.2706818	190910.392	266337.9496
Testigo 67	294.0637779	233402.2368	257224.3185
Testigo 68	299.0920293	209694.4134	259414.1604
Testigo 69	318.435568	192970.7404	267671.4456
Testigo 70	300.8560102	211024.8885	260178.0204
Testigo 71	313.3229673	189642.4251	265513.9688
Testigo 72	312.6906975	189230.816	265245.9367
Testigo 73	304.4535677	189391.7214	261728.9681
Testigo 74	309.6104268	192843.3426	263936.2537
Testigo 75	319.4833564	193652.8531	268111.4604
Testigo 76	300.7336575	210932.6045	260125.1102
Testigo 77	300.5506308	210794.5574	260045.942
Testigo 78	294.9016539	234113.119	257590.5125
Testigo 79	304.4713313	189403.6111	261736.6034
Testigo 80	296.9673924	208091.915	258491.1281
Testigo 81	311.8296067	188670.2439	264880.4665
Testigo 82	311.9223678	188730.6316	264919.861

Testigo 83	290.2273842	230147.3108	255540.9193
Testigo 84	301.9328207	211837.0682	260643.2133

Tabla N° 22: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

Media Aritmética: 206578.80 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 16435.68 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 20.69%

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$E_c$ exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	$E_c$ E 0.60 (Kg/cm <sup>2</sup> )
Testigo 1	239.26	225745.06	232019.66
Testigo 2	223.95	199272.46	224471.89
Testigo 3	226.51	198566.81	225752.37
Testigo 4	219.04	190790.99	222000.69
Testigo 5	219.59	191323.47	222278.54
Testigo 6	222.50	203675.10	223745.17
Testigo 7	240.73	222586.21	232729.73
Testigo 8	247.88	224550.22	236163.25
Testigo 9	265.52	253200.35	244421.75
Testigo 10	227.17	231847.93	226083.20
Testigo 11	232.87	227580.54	228903.39
Testigo 12	221.53	225766.62	223256.11
Testigo 13	263.35	250505.20	243419.95
Testigo 14	240.28	222137.92	232515.23
Testigo 15	219.42	191158.49	222190.28
Testigo 16	230.33	202169.98	227648.23
Testigo 17	233.86	227576.00	229386.21
Testigo 18	226.23	198298.69	225611.70
Testigo 19	233.75	205359.07	229335.40
Testigo 20	233.03	227395.08	228977.95
Testigo 21	243.28	230126.84	233959.97
Testigo 22	235.87	226228.92	230369.54
Testigo 23	259.57	237503.12	241668.62
Testigo 24	246.23	225718.59	235374.12
Testigo 25	225.96	201225.03	225479.00
Testigo 26	219.49	194952.70	222227.60
Testigo 27	251.54	231093.63	237902.39
Testigo 28	223.20	198549.97	224098.10
Testigo 29	233.30	204998.24	229114.54
Testigo 30	240.19	211536.31	232468.81
Testigo 31	253.88	220667.68	239006.25

Testigo 32	224.74	196858.64	224868.73
Testigo 33	235.31	206907.10	230098.91
Testigo 34	214.36	189981.50	219616.49
Testigo 35	218.06	193568.08	221503.43
Testigo 36	258.71	201144.11	241268.03
Testigo 37	232.34	204083.40	228641.27
Testigo 38	233.00	204707.02	228963.99
Testigo 39	253.86	197025.47	238993.76
Testigo 40	254.69	197733.97	239386.53
Testigo 41	241.78	213054.41	233240.74
Testigo 42	242.17	213425.32	233428.96
Testigo 43	216.66	192210.04	220790.84
Testigo 44	214.78	190384.82	219829.49
Testigo 45	231.69	203467.33	228322.01
Testigo 46	217.07	192611.41	221001.69
Testigo 47	252.56	195922.47	238381.02
Testigo 48	233.67	205349.03	229295.75
Testigo 49	227.94	203142.85	226463.82
Testigo 50	239.10	210504.72	231942.78
Testigo 51	260.21	202417.19	241966.68
Testigo 52	233.28	204973.56	229101.79
Testigo 53	257.68	200271.64	240788.05
Testigo 54	214.36	189977.38	219614.32
Testigo 55	243.33	214527.55	233987.39
Testigo 56	264.09	205704.74	243761.60
Testigo 57	232.24	203987.54	228591.62
Testigo 58	222.08	197461.67	223533.86
Testigo 59	249.63	204378.36	236996.31
Testigo 60	228.61	200540.87	226799.32
Testigo 61	264.99	206470.36	244177.71
Testigo 62	224.37	199680.15	224682.54
Testigo 63	236.48	208012.15	230666.84
Testigo 64	214.51	190127.62	219693.68
Testigo 65	238.41	209844.68	231605.60
Testigo 66	232.08	203833.25	228511.69
Testigo 67	223.04	198397.37	224019.06
Testigo 68	266.40	219408.41	244826.09
Testigo 69	261.96	215430.34	242778.32
Testigo 70	253.01	208291.02	238596.03
Testigo 71	263.73	217016.60	243596.94
Testigo 72	255.63	210635.79	239826.20
Testigo 73	214.19	189814.71	219528.35
Testigo 74	237.67	209142.35	231246.26
Testigo 75	220.82	196240.95	222899.26
Testigo 76	262.46	204322.60	243008.60

Testigo 77	241.51	190014.61	233107.11
Testigo 78	234.29	205936.54	229598.94
Testigo 79	252.45	207785.37	238329.90
Testigo 80	246.11	202102.97	235318.62
Testigo 81	265.46	218563.67	244392.68
Testigo 82	221.20	196615.98	223094.42
Testigo 83	242.18	213428.08	233430.36
Testigo 84	215.36	190952.26	220128.82

Tabla N° 23: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

Media Aritmética: 207744.01 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 13859.29 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 10.05%

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$E_c$ exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	$E_c$ E 0.60 (Kg/cm <sup>2</sup> )
Testigo 1	298.0680365	237099.2645	258969.7052
Testigo 2	309.8517441	223108.0425	264039.0926
Testigo 3	284.1140779	198460.3284	252835.2577
Testigo 4	281.3527297	196441.6231	251603.5854
Testigo 5	294.0297052	233733.0595	257209.416
Testigo 6	292.9805905	237131.8514	256750.137
Testigo 7	292.4471021	236679.2218	256516.2723
Testigo 8	312.1699321	224856.526	265024.97
Testigo 9	290.2005223	229018.8093	255529.0933
Testigo 10	305.322009	219691.509	262101.9878
Testigo 11	294.5219651	238439.6056	257424.6339
Testigo 12	298.542889	237143.7648	259175.9056
Testigo 13	282.0400099	171204.7631	251910.7029
Testigo 14	309.4194458	222781.9834	263854.8376
Testigo 15	300.0687588	238415.6739	259837.3928
Testigo 16	312.4268753	225050.3243	265134.017
Testigo 17	286.1025066	199913.9849	253718.4739
Testigo 18	285.6590054	165451.6407	253521.747
Testigo 19	300.1408844	238475.7952	259868.6187
Testigo 20	290.3753119	229164.5075	255606.0351
Testigo 21	281.3658733	196451.2319	251609.4622
Testigo 22	307.3274059	221204.0711	262961.34
Testigo 23	298.0082598	236698.1175	258943.7361
Testigo 24	291.7056735	236050.1687	256190.8986
Testigo 25	306.3921068	220498.6258	262560.8958

Testigo 26	286.4802116	200190.1091	253885.8949
Testigo 27	307.987957	221702.2891	263243.785
Testigo 28	290.628152	229375.2657	255717.2935
Testigo 29	305.6309155	219924.5004	262234.5438
Testigo 30	305.4119576	219759.3524	262140.5929
Testigo 31	296.6557076	235570.6795	258355.4416
Testigo 32	311.6403422	224457.0851	264800.0699
Testigo 33	292.2634841	236523.4341	256435.7306
Testigo 34	282.0196721	196929.1966	251901.6201
Testigo 35	301.3561951	239488.8336	260394.2086
Testigo 36	301.0521164	239235.3648	260262.8021
Testigo 37	295.1953809	234353.4048	257718.7628
Testigo 38	312.4073875	225035.6257	265125.7479
Testigo 39	295.7449591	234811.5129	257958.5544
Testigo 40	288.2142931	227363.1614	254653.1287
Testigo 41	286.1605067	199956.3863	253744.1901
Testigo 42	282.9020099	197574.2366	252295.367
Testigo 43	287.5610474	226818.6397	254364.3758
Testigo 44	312.2182138	224892.9423	265045.4642
Testigo 45	283.9187354	198317.5218	252748.3244
Testigo 46	302.9193725	240791.8411	261068.686
Testigo 47	290.3157146	229114.8294	255579.8032
Testigo 48	305.7258295	243131.2007	262275.2593
Testigo 49	286.6099742	226025.86	253943.3878
Testigo 50	287.4831943	226753.7443	254329.9407
Testigo 51	308.3882596	222004.2156	263414.803
Testigo 52	299.018768	237540.4401	259382.3872
Testigo 53	281.2901228	196395.8539	251575.5903
Testigo 54	286.9957546	200567.0009	254114.2357
Testigo 55	287.2680081	200766.0339	254234.7376
Testigo 56	301.3771045	239506.2629	260403.2421
Testigo 57	295.4070408	239190.5337	257811.1405
Testigo 58	306.6455516	243897.8473	262669.4674
Testigo 59	311.2981545	247776.0866	264654.6519
Testigo 60	294.703243	238593.4079	257503.844
Testigo 61	285.8251834	199711.2456	253595.4776
Testigo 62	300.4672364	238747.8302	260009.8617
Testigo 63	304.3774839	242007.2692	261696.2626
Testigo 64	293.4513295	237531.2423	256956.3176
Testigo 65	285.4696169	199451.3059	253437.6922
Testigo 66	310.5852533	223661.2888	264351.4365
Testigo 67	305.8416874	220083.4743	262324.9505
Testigo 68	282.1244968	197005.8296	251948.4308
Testigo 69	299.1191098	237624.0814	259425.9041
Testigo 70	306.5405585	220610.5949	262624.4956

Testigo 71	281.7951605	196765.0656	251801.3326
Testigo 72	293.931083	233299.5324	257166.2763
Testigo 73	303.6160519	218404.7982	261368.7274
Testigo 74	305.9362616	220154.8065	262365.5062
Testigo 75	311.4059301	224280.2807	264700.4614
Testigo 76	282.2681452	197110.8449	252012.5645
Testigo 77	286.9097483	226275.7407	254076.1566
Testigo 78	287.5940275	226846.1307	254378.9618
Testigo 79	297.1853412	236012.1627	258585.9659
Testigo 80	305.0377962	219477.1428	261979.969
Testigo 81	297.9972831	236688.9677	258938.9671
Testigo 82	308.6879616	222230.2645	263542.7695
Testigo 83	287.0185699	226366.4504	254124.3362
Testigo 84	308.7102945	222247.109	263552.3027

Tabla N° 24: Resultados de Ensayo de Módulo de Elasticidad del concreto  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS.

Media Aritmética: 222620.15 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 17038.01 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 13.80%

Muestra	$\epsilon$ Long	$\epsilon$ Transv	$\nu$
Testigo 1	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 2	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 3	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 4	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 5	0.000513046	0.00012199	0.23777
Testigo 6	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 7	0.000538278	0.00012199	0.226624
Testigo 8	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 9	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 10	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 11	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 12	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 13	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 14	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 15	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 16	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 17	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 18	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 19	0.000529868	0.00010026	0.189223

Testigo 20	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 21	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 22	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 23	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 24	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 25	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 26	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 27	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 28	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 29	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 30	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 31	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 32	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 33	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 34	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 35	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 36	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 37	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 38	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 39	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 40	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 41	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 42	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 43	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 44	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 45	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 46	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 47	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 48	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 49	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 50	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 51	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 52	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 53	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 54	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 55	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 56	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 57	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 58	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 59	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 60	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 61	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 62	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 63	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 64	0.000529868	0.00011697	0.22076

Testigo 65	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 66	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 67	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 68	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 69	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 70	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 71	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 72	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 73	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 74	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 75	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 76	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 77	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 78	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 79	0.000529868	0.00010026	0.189223
Testigo 80	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 81	0.000513046	0.00009859	0.19217
Testigo 82	0.00056351	0.00011697	0.207581
Testigo 83	0.000529868	0.00011697	0.22076
Testigo 84	0.00056351	0.00011697	0.207581

Tabla N° 25: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

Media Aritmética: 0.1989

Desviación Estándar: 0.0123

Coeficiente de Variación: 0.53%

Muestra	$\epsilon$ Long	$\epsilon$ Transv	$\nu$
Testigo 1	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 2	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 3	0.000580331	0.000116974	0.201564

Testigo 4	0.000664437	0.000153737	0.231379
Testigo 5	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 6	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 7	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 8	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 9	0.000664437	0.000137026	0.206229
Testigo 10	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 11	0.000664437	0.000137026	0.206229
Testigo 12	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 13	0.000664437	0.000153737	0.231379
Testigo 14	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 15	0.000664437	0.000137026	0.206229
Testigo 16	0.000664437	0.000150395	0.226349
Testigo 17	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 18	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 19	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 20	0.000664437	0.000116974	0.176049
Testigo 21	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 22	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 23	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 24	0.000664437	0.000116974	0.176049
Testigo 25	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 26	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 27	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 28	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 29	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 30	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 31	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 32	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 33	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 34	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 35	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 36	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 37	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 38	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 39	0.000580331	0.000116974	0.201564
Testigo 40	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 41	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 42	0.000664437	0.000116974	0.176049
Testigo 43	0.000664437	0.000116974	0.176049
Testigo 44	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 45	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 46	0.000664437	0.000116974	0.176049
Testigo 47	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 48	0.000580331	0.000116974	0.201564

Testigo 49	0.000647616	0.000116974	0.180622
Testigo 50	0.000521457	0.000116974	0.224321
Testigo 51	0.000647616	0.000133684	0.206425
Testigo 52	0.000664437	0.000133684	0.201199
Testigo 53	0.000580331	0.000133684	0.230359
Testigo 54	0.000664437	0.000133684	0.201199
Testigo 55	0.000580331	0.000133684	0.230359
Testigo 56	0.000580331	0.000133684	0.230359
Testigo 57	0.000647616	0.000133684	0.206425
Testigo 58	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 59	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 60	0.000647616	0.000150395	0.232228
Testigo 61	0.000664437	0.000153737	0.231379
Testigo 62	0.000647616	0.000150395	0.232228
Testigo 63	0.000664437	0.000153737	0.231379
Testigo 64	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 65	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 66	0.000664437	0.000153737	0.231379
Testigo 67	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 68	0.000580331	0.000130342	0.2246
Testigo 69	0.000664437	0.000130342	0.196169
Testigo 70	0.000580331	0.000130342	0.2246
Testigo 71	0.000664437	0.000130342	0.196169
Testigo 72	0.000664437	0.000130342	0.196169
Testigo 73	0.000647616	0.000130342	0.201265
Testigo 74	0.000647616	0.000130342	0.201265
Testigo 75	0.000664437	0.000130342	0.196169
Testigo 76	0.000580331	0.000130342	0.2246
Testigo 77	0.000580331	0.000130342	0.2246
Testigo 78	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 79	0.000647616	0.000150395	0.232228
Testigo 80	0.000580331	0.000150395	0.259153
Testigo 81	0.000664437	0.000153737	0.231379
Testigo 82	0.000664437	0.000153737	0.231379
Testigo 83	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 84	0.000580331	0.000150395	0.259153

Tabla N° 26: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>  
con cemento Tipo I.

Media Aritmética: 0.2029

Desviación Estándar: 0.0192

Coeficiente de Variación: 1.45%

Muestra	$\varepsilon$ Long	$\varepsilon$ Transv	$\nu$
Testigo 1	0.000437351	0.000150395	0.343877
Testigo 2	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 3	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 4	0.000472675	0.000066842	0.141412
Testigo 5	0.000472675	0.000073526	0.155553
Testigo 6	0.000451649	0.000085224	0.188695
Testigo 7	0.000445762	0.000150395	0.337388
Testigo 8	0.000445762	0.000150395	0.337388
Testigo 9	0.000430623	0.000167105	0.388055
Testigo 10	0.000412119	0.000068513	0.166246
Testigo 11	0.000424735	0.000071855	0.169177
Testigo 12	0.000412119	0.000065171	0.158136
Testigo 13	0.000437351	0.000150395	0.343877
Testigo 14	0.000445762	0.000150395	0.337388
Testigo 15	0.000472675	0.000066842	0.141412
Testigo 16	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 17	0.00042894	0.000091908	0.214267
Testigo 18	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 19	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 20	0.00042894	0.000086895	0.20258
Testigo 21	0.000437351	0.000091908	0.210147
Testigo 22	0.000429781	0.000085224	0.198295
Testigo 23	0.000445762	0.000167105	0.374876
Testigo 24	0.000445762	0.000133684	0.299901
Testigo 25	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 26	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 27	0.000445762	0.000133684	0.299901
Testigo 28	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 29	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 30	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 31	0.000470993	0.000150395	0.319314
Testigo 32	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 33	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 34	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 35	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 36	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 37	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 38	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 39	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 40	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 41	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 42	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 43	0.000462583	0.000083553	0.180622

Testigo 44	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 45	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 46	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 47	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 48	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 49	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 50	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 51	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 52	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 53	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 54	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 55	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 56	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 57	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 58	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 59	0.000496225	0.000150395	0.303078
Testigo 60	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 61	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 62	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 63	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 64	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 65	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 66	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 67	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 68	0.000496225	0.000133684	0.269402
Testigo 69	0.000496225	0.000133684	0.269402
Testigo 70	0.000496225	0.000133684	0.269402
Testigo 71	0.000496225	0.000133684	0.269402
Testigo 72	0.000496225	0.000100263	0.202052
Testigo 73	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 74	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 75	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 76	0.000521457	0.000150395	0.288413
Testigo 77	0.000521457	0.000091908	0.176252
Testigo 78	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 79	0.000496225	0.000133684	0.269402
Testigo 80	0.000496225	0.000133684	0.269402
Testigo 81	0.000496225	0.000133684	0.269402
Testigo 82	0.000462583	0.000083553	0.180622
Testigo 83	0.000470993	0.000091908	0.195136
Testigo 84	0.000462583	0.000083553	0.180622

Tabla N° 27: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>  
con cemento Tipo MS.

Media Aritmética: 0.2013

Desviación Estándar: 0.0587

Coefficiente de Variación: 0.64%

Muestra	$\varepsilon$ Long	$\varepsilon$ Transv	$\nu$
Testigo 1	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 2	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 3	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 4	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 5	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 6	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 7	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 8	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 9	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 10	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 11	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 12	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 13	0.000672848	0.000100263	0.149013
Testigo 14	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 15	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 16	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 17	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 18	0.000689669	0.000183816	0.266528
Testigo 19	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 20	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 21	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 22	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 23	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 24	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 25	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 26	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 27	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 28	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 29	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 30	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 31	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 32	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 33	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 34	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 35	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 36	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 37	0.000529868	0.000100263	0.189223

Testigo 38	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 39	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 40	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 41	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 42	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 43	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 44	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 45	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 46	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 47	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 48	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 49	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 50	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 51	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 52	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 53	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 54	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 55	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 56	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 57	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 58	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 59	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 60	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 61	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 62	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 63	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 64	0.000521457	0.000100263	0.192275
Testigo 65	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 66	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 67	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 68	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 69	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 70	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 71	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 72	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 73	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 74	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 75	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 76	0.000597152	0.000105276	0.176297
Testigo 77	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 78	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 79	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 80	0.000580331	0.000103605	0.178528
Testigo 81	0.000529868	0.000100263	0.189223
Testigo 82	0.000580331	0.000103605	0.178528

Testigo 83	0.000529868	0.000101934	0.192377
Testigo 84	0.000580331	0.000103605	0.178528

Tabla N° 28: Resultados de Ensayo de Coeficiente de Poisson del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>  
con cemento Tipo MS.

Media Aritmética: 0.1848

Desviación Estándar: 0.0118

Coeficiente de Variación: 7.58%

G exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	G teórico (Kg/cm <sup>2</sup> )
72078.80941	95124.24888
72786.65089	93163.867
72984.1837	95691.71343
74437.33166	92126.71455
79960.58965	93945.13143
75168.09699	92558.95316
76024.20232	94506.93149
72619.75735	95463.7063
73164.89147	95804.57388
73260.62505	93452.10845
71602.96207	94824.63897
72078.80941	95124.24888
74331.17213	94099.89906
75833.5264	95001.52862
71330.64226	94652.75035
73814.3836	93787.7477
74907.95304	96886.44749
80529.27901	97766.06164
73257.10589	93449.9716
74449.7248	96603.21089
70603.82613	90660.44206
78555.36807	96613.59775
81155.53794	98128.87337
81074.00414	98081.71424
76742.85201	95543.12188
74246.9126	94049.07519
75888.83164	92983.29067
71908.69237	95017.24582
75046.80569	94530.45512
73168.63682	93396.23653

75142.43226	92543.807
74209.65435	91991.6313
77078.37515	95742.1853
74596.47186	94259.74424
74974.82931	92444.8343
74151.68883	91957.20807
75392.61715	92691.34928
76926.69864	95652.24804
80119.25179	97527.78871
78407.41449	96526.66102
75436.4452	92717.17196
81801.36151	98501.61991
71787.5206	94940.95563
72183.2367	95189.87372
75512.26872	93633.74309
76526.48699	94230.60053
81618.82924	98396.41188
74587.96938	92215.98066
71053.07042	94477.22481
73218.88865	93426.76269
75000.57437	92460.04413
80864.41644	97960.38456
71964.93588	95052.63613
73396.53392	93534.59586
73427.76382	92394.92775
73485.07605	93588.29578
75435.61727	94763.56083
73108.42448	95769.32189
78853.76173	95586.09201
75525.63316	92769.69766
75028.83248	92476.73576
73528.3485	93614.52889
71250.30301	94601.98045
77938.89317	95055.54426
74204.83867	91988.77196
72772.29909	95559.21182
79136.93465	96954.56769
72495.47524	92986.34912
80814.01715	97931.18614
74430.63184	92992.98932
73136.76408	93376.86983
73267.22215	93456.11413
71605.06479	94825.965
71335.01886	91134.27736
74316.43038	94091.00907

76885.62501	95627.8787
74855.94088	94415.81461
73718.91151	92568.95207
73384.14547	93527.07993
74495.21197	92161.02396
74373.50736	92088.86693
71785.77101	94939.85363
73099.35516	92198.23763
71048.69023	94474.45233

Tabla N° 29: Resultados de Módulo de Corte del concreto  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo

I.

Media Aritmética: 74853.67 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 2805.15 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 20.70%

G exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	G teórico (Kg/cm <sup>2</sup> )
94614.32081	106173.8943
87944.10469	108341.7863
87745.31221	108227.8413
78006.91526	108462.3632
94689.50486	106213.2634
97930.04381	107896.4759
87531.10268	108104.9251
86555.24387	107543.1866
79765.40502	110809.1981
96895.25091	107361.848
78909.42496	110254.462
80659.34135	111132.8571
77712.57296	108271.7717
81101.58568	111415.7624
79230.93254	110463.1485
73228.12274	105390.1899
87972.02101	108357.778
96800.9141	107312.9762
94654.72203	106195.0516
80404.25535	112738.8561
94682.84635	106209.7773
94879.20671	106312.5334
88593.00011	108712.8927
79940.10211	112435.9654

86604.46949	107571.5928
94900.81867	106323.8369
81076.34197	111399.6333
94521.92371	106125.4918
87587.45404	108137.2738
94300.13935	106009.2192
81479.84146	111657.1653
80499.94209	111030.7121
94335.21121	106027.6144
96825.4306	107325.6793
87346.35702	107998.8032
87311.29576	107978.6515
88540.05419	108682.6601
96216.64654	107009.7955
87706.60733	108205.6423
97687.03767	107771.1645
95434.80177	106602.7416
81485.05973	113441.0185
80805.49323	113000.0361
80187.97802	110830.5292
81038.7935	111375.6378
81163.85381	113232.7965
81764.55037	111838.5229
86595.62383	107566.4889
80289.53964	110895.7395
95264.55044	105019.6501
78308.54209	108354.4557
78948.78757	110526.8797
85405.02742	105530.3571
78178.12997	110024.1817
84711.25135	105131.1096
86058.51698	105905.0444
80078.36387	109486.3467
95194.33376	106477.2332
96585.2257	107201.1537
76699.73098	106105.4084
78904.25302	109041.3484
77115.50705	106372.3213
78142.82193	108550.2521
94304.36349	106011.4349
95655.76861	106717.9415
77518.93587	108146.2053
97881.0377	107871.2165
85617.54522	105917.9558
80661.97368	111886.9475

86160.77387	106229.8374
79270.7344	110985.1199
79098.68134	110873.0822
78830.14835	108938.94
80266.80992	109857.6742
80947.09751	112070.8742
86123.0946	106208.2343
86066.73043	106175.9102
98179.15777	108024.7859
76854.10707	106204.5904
82631.68275	102644.8187
76609.32643	107554.396
76633.84677	107570.3921
96516.03136	107165.2556
84118.85397	103499.395

Tabla N° 30: Resultados de Módulo de Rigidez del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento  
Tipo I.

Media Aritmética: 85901.11 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 7149.26 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 20.58%

G exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	G teórico (Kg/cm <sup>2</sup> )
83990.25508	86324.76719
84392.99668	95065.09562
83072.87381	94446.28738
83576.72158	97248.2525
82784.34335	96178.38579
85671.76146	94113.82513
83216.74829	87009.03724
83951.01798	88292.70126
91206.88152	88044.68465
99399.23973	96927.75034
97325.13008	97890.84808
97469.78901	96385.92815
93202.4637	90566.33661
83049.15145	86928.84353
83737.70644	97331.30296
84580.30269	95239.44309
93709.18828	94454.57702
82960.70437	94387.43753

85914.49907	95945.29252
94544.6812	95202.79344
95082.20497	96665.94979
94396.13871	96123.85066
86372.56961	87887.4331
86821.47261	90535.42417
85219.92358	95491.61192
82563.55375	94114.62864
88888.95371	91507.90885
84087.02079	94906.79208
85763.54214	95852.89389
88498.82594	97256.19236
83629.71195	90579.74973
82358.23933	94076.60467
86562.13607	96264.71556
80458.22308	93008.8075
81977.16176	93807.93706
78058.8902	93629.95777
85380.80591	95654.89466
85641.70513	95789.9089
76460.54958	92747.37413
76735.50366	92899.79747
89133.93819	97579.14076
89289.11494	97657.88428
81402.02144	93506.15312
80629.03146	93099.01389
85123.0681	95521.32906
81572.00338	93595.44625
76032.50371	92509.58314
85910.29723	95928.70566
86032.13049	95908.68948
88067.24483	97036.12422
78552.94209	93901.08867
85753.21827	95847.55846
77720.30551	93443.69146
80456.47973	93007.88636
89750.24624	97891.50884
79828.75402	94597.64756
85340.7024	95634.12436
83626.11897	94667.83441
78421.40871	90937.14229
83898.74727	94884.29032
80125.8719	94759.13085
84565.65413	95154.30762
87024.44712	96502.31854

80520.10556	93041.49864
87791.10881	96895.05711
85276.1539	95600.68411
84022.39077	94873.32049
86421.93481	96433.60902
84855.02928	95627.021
82042.95091	93979.672
85479.83275	95949.46073
87615.11097	99757.01948
80387.58888	92971.47897
87497.28201	96744.72658
83109.13502	94399.08082
79292.38003	94305.42867
80771.20657	99088.92364
86156.09267	96055.54634
81843.77876	93874.84956
79605.56122	92688.74577
86089.20222	96262.89515
83267.96354	94481.72903
89290.26987	97658.4701
80869.34707	93225.78027

Tabla N° 31: Resultados de Módulo de Rigidez del concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento  
Tipo MS.

Media Aritmética: 84918.74 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 4777.19 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 10.30%

G exp (Kg/cm <sup>2</sup> )	G teórico (Kg/cm <sup>2</sup> )
99686.62439	108881.8887
94655.39747	112020.7276
84358.06818	107470.8183
83499.992	106947.2805
98271.3285	108141.7882
99445.11248	107672.3608

99255.29486	107574.2858
95397.20579	112438.9941
96034.58152	107151.1533
93205.90542	111198.8952
99993.54055	107955.222
99705.33421	108968.5841
74500.78439	109620.4605
94517.06425	111942.5559
100240.0989	109246.7015
95479.42629	112485.2582
84975.9632	107846.2405
65317.02933	100085.3622
100265.3765	109259.8302
96095.67723	107183.4174
83504.07632	106949.7785
93847.62217	111563.4823
99517.96509	108870.9702
98991.49118	107437.835
93548.33125	111393.5906
85093.33327	107917.4049
94058.99516	111683.3119
96184.0546	107230.0714
93304.75392	111255.1332
93234.68853	111215.2737
99043.94219	108623.6261
95227.73973	112343.5784
99189.96274	107540.5093
83707.24127	107073.9639
100691.301	109480.8106
100584.7319	109425.5617
98532.14805	108355.9393
95473.19028	112481.7499
98724.75623	108456.7579
95340.3178	106783.8346
84993.98646	107857.1715
83981.42366	107241.331
95111.98323	106662.7517
95412.65568	112447.6889
84297.36641	107433.8662
101239.1408	109764.3896
96074.84568	107172.4175
102222.7072	110271.6844
94779.54647	106486.2185
95084.77059	106648.312
94187.08994	111755.8677

99872.11338	109055.3978
83480.5372	106935.3808
85253.53589	108014.4641
85338.13739	108065.685
100698.629	109484.6087
100308.4545	108117.3099
102545.038	110437.4262
104175.6149	111272.0823
100058.0401	107988.4401
84889.78631	107793.9594
100379.7516	109319.2148
101750.1585	110028.2495
99612.60356	107758.826
84779.29566	107726.8907
94890.11668	112153.2421
93372.19987	111293.4889
83739.81507	107093.8614
99907.27973	109073.6941
93595.83504	111420.5733
83637.47532	107031.3354
98089.05523	108123.6504
92660.0079	110887.8035
93402.46313	111310.695
95152.72903	112301.3187
83784.45315	107121.1222
94884.32908	106541.8926
95123.51106	106668.868
99229.56051	108720.5484
93114.95879	111147.1277
99514.11813	108868.9651
94282.99302	111810.1585
94922.36645	106562.0957
94290.13946	111814.2031

Tabla N° 32: Resultados de Módulo de Rigidez del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

Media Aritmética: 93938.35 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación Estándar: 6973.63 Kg/cm<sup>2</sup>

Coefficiente de Variación: 13.84%

**Análisis de la Resistencia a la compresión según la Norma E.060**

Bajo el criterio de la Norma Peruana, se procederá al análisis y comparación de resultados del ensayo a la compresión simple para cada diseño propuesto.

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			
Testigo 1	234.58	226.40	226.92	OK
Testigo 2	218.22			
Testigo 3	237.39	225.92		
Testigo 4	214.45			
Testigo 5	240.38	228.43		
Testigo 6	216.47			
Testigo 7	238.91	237.58	233.40	OK
Testigo 8	236.26			
Testigo 9	237.95	228.76		
Testigo 10	219.57			
Testigo 11	233.11	233.84		
Testigo 12	234.58			
Testigo 13	222.63	224.77	231.10	OK
Testigo 14	226.92			
Testigo 15	232.26	226.71		
Testigo 16	221.15			
Testigo 17	243.35	241.83		
Testigo 18	240.31			
Testigo 19	219.56	230.75	232.98	OK
Testigo 20	241.93			
Testigo 21	217.76	226.22		
Testigo 22	234.68			
Testigo 23	242.10	241.99		
Testigo 24	241.87			
Testigo 25	229.51	225.95	224.73	OK
Testigo 26	222.39			
Testigo 27	218.46	226.25		
Testigo 28	234.05			
Testigo 29	224.67	221.99		
Testigo 30	219.31			
Testigo 31	216.40	215.11	218.94	OK
Testigo 32	213.82			
Testigo 33	230.47	226.93		
Testigo 34	223.39			
Testigo 35	215.93	214.80		
Testigo 36	213.66			
Testigo 37	217.09	223.56	230.28	OK
Testigo 38	230.04			
Testigo 39	239.14	236.70		
Testigo 40	234.26			
Testigo 41	217.21	230.58		

Testigo 42	243.94			
Testigo 43	233.68	234.29	232.40	OK
Testigo 44	234.90			
Testigo 45	232.28	233.76		
Testigo 46	235.25			
Testigo 47	243.42	229.14		
Testigo 48	214.87			
Testigo 49	231.40	225.43	227.05	OK
Testigo 50	219.46			
Testigo 51	216.00	228.64		
Testigo 52	241.27			
Testigo 53	234.23	227.10		
Testigo 54	219.96			
Testigo 55	226.17	223.19	228.24	OK
Testigo 56	220.22			
Testigo 57	225.78	231.78		
Testigo 58	237.77			
Testigo 59	242.06	229.76		
Testigo 60	217.45			
Testigo 61	216.08	218.21	226.39	OK
Testigo 62	220.34			
Testigo 63	232.01	235.70		
Testigo 64	239.38			
Testigo 65	213.81	225.27		
Testigo 66	236.73			
Testigo 67	236.34	226.87	227.13	OK
Testigo 68	217.39			
Testigo 69	241.13	235.12		
Testigo 70	229.11			
Testigo 71	219.22	219.41		
Testigo 72	219.59			
Testigo 73	233.11	226.58	226.13	OK
Testigo 74	220.04			
Testigo 75	222.59	226.25		
Testigo 76	229.92			
Testigo 77	224.13	225.57		
Testigo 78	227.02			
Testigo 79	219.93	217.27	223.18	OK
Testigo 80	214.61			
Testigo 81	214.27	223.97		
Testigo 82	233.67			
Testigo 83	225.21	228.30		
Testigo 84	231.39			

Tabla N° 33: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto

f'c=210 kg/cm2 con cemento Tipo I.

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm2)			
Testigo 1	284.88	293.08	297.20	OK
Testigo 2	301.27			
Testigo 3	300.64	308.88		
Testigo 4	317.12			
Testigo 5	285.09	289.65		
Testigo 6	294.20			
Testigo 7	299.96	298.40	304.36	OK
Testigo 8	296.85			
Testigo 9	317.61	304.45		
Testigo 10	291.29			
Testigo 11	314.43	310.24		
Testigo 12	306.04			
Testigo 13	316.00	311.80	304.77	OK
Testigo 14	307.60			
Testigo 15	315.63	306.30		
Testigo 16	296.97			
Testigo 17	301.36	296.20		
Testigo 18	291.03			
Testigo 19	285.00	298.76	297.07	OK
Testigo 20	312.52			
Testigo 21	285.08	285.35		
Testigo 22	285.63			
Testigo 23	303.34	307.09		
Testigo 24	310.84			
Testigo 25	297.01	291.35	293.16	OK
Testigo 26	285.69			
Testigo 27	307.52	296.07		
Testigo 28	284.62			
Testigo 29	300.14	292.07		
Testigo 30	284.00			
Testigo 31	308.94	307.21	298.04	OK
Testigo 32	305.48			
Testigo 33	284.10	287.60		
Testigo 34	291.10			
Testigo 35	299.37	299.31		
Testigo 36	299.26			
Testigo 37	303.17	296.28	298.37	OK
Testigo 38	289.39			
Testigo 39	300.52	297.02		
Testigo 40	293.52			
Testigo 41	287.19	301.81		

Testigo 42	316.42			
Testigo 43	313.97	309.17	307.99	OK
Testigo 44	304.38			
Testigo 45	307.38	311.32		
Testigo 46	315.26			
Testigo 47	309.94	303.46		
Testigo 48	296.98			
Testigo 49	304.74	299.32	304.34	OK
Testigo 50	293.91			
Testigo 51	303.79	308.57		
Testigo 52	313.36			
Testigo 53	299.71	305.11		
Testigo 54	310.52			
Testigo 55	297.44	299.64	298.38	OK
Testigo 56	301.84			
Testigo 57	310.17	298.34		
Testigo 58	286.51			
Testigo 59	290.42	297.16		
Testigo 60	303.90			
Testigo 61	320.51	312.97	305.11	OK
Testigo 62	305.43			
Testigo 63	317.63	300.82		
Testigo 64	284.01			
Testigo 65	287.81	301.54		
Testigo 66	315.27			
Testigo 67	294.06	296.58	306.41	OK
Testigo 68	299.09			
Testigo 69	318.44	309.65		
Testigo 70	300.86			
Testigo 71	313.32	313.01		
Testigo 72	312.69			
Testigo 73	304.45	307.03	304.96	OK
Testigo 74	309.61			
Testigo 75	319.48	310.11		
Testigo 76	300.73			
Testigo 77	300.55	297.73		
Testigo 78	294.90			
Testigo 79	304.47	300.72	302.89	OK
Testigo 80	296.97			
Testigo 81	311.83	311.88		
Testigo 82	311.92			
Testigo 83	290.23	296.08		
Testigo 84	301.93			

Tabla N° 34: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto

f'c=280 kg/cm2 con cemento Tipo I.

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm2)			
Testigo 1	239.26	231.60	225.14	OK
Testigo 2	223.95			
Testigo 3	226.51	222.77		
Testigo 4	219.04			
Testigo 5	219.59	221.04		
Testigo 6	222.50			
Testigo 7	240.73	244.30	239.28	OK
Testigo 8	247.88			
Testigo 9	265.52	246.35		
Testigo 10	227.17			
Testigo 11	232.87	227.20		
Testigo 12	221.53			
Testigo 13	263.35	251.81	235.58	OK
Testigo 14	240.28			
Testigo 15	219.42	224.87		
Testigo 16	230.33			
Testigo 17	233.86	230.04		
Testigo 18	226.23			
Testigo 19	233.75	233.39	241.95	OK
Testigo 20	233.03			
Testigo 21	243.28	239.57		
Testigo 22	235.87			
Testigo 23	259.57	252.90		
Testigo 24	246.23			
Testigo 25	225.96	222.72	232.28	OK
Testigo 26	219.49			
Testigo 27	251.54	237.37		
Testigo 28	223.20			
Testigo 29	233.30	236.74		
Testigo 30	240.19			
Testigo 31	253.88	239.31	234.18	OK
Testigo 32	224.74			
Testigo 33	235.31	224.84		
Testigo 34	214.36			
Testigo 35	218.06	238.39		
Testigo 36	258.71			
Testigo 37	232.34	232.67	242.97	OK
Testigo 38	233.00			
Testigo 39	253.86	254.28		
Testigo 40	254.69			
Testigo 41	241.78	241.98		

Testigo 42	242.17			
Testigo 43	216.66	215.72	227.74	OK
Testigo 44	214.78			
Testigo 45	231.69	224.38		
Testigo 46	217.07	243.12		
Testigo 47	252.56			
Testigo 48	233.67	233.52		
Testigo 49	227.94	246.75	238.76	OK
Testigo 50	239.10			
Testigo 51	260.21			
Testigo 52	233.28			
Testigo 53	257.68	236.02		
Testigo 54	214.36			
Testigo 55	243.33	253.71	240.00	OK
Testigo 56	264.09			
Testigo 57	232.24	227.16		
Testigo 58	222.08			
Testigo 59	249.63	239.12		
Testigo 60	228.61			
Testigo 61	264.99	244.68	235.14	OK
Testigo 62	224.37			
Testigo 63	236.48	225.49		
Testigo 64	214.51			
Testigo 65	238.41	235.24		
Testigo 66	232.08			
Testigo 67	223.04	244.72	253.96	OK
Testigo 68	266.40			
Testigo 69	261.96	257.49		
Testigo 70	253.01			
Testigo 71	263.73	259.68		
Testigo 72	255.63			
Testigo 73	214.19	225.93	235.16	OK
Testigo 74	237.67			
Testigo 75	220.82	241.64		
Testigo 76	262.46			
Testigo 77	241.51	237.90		
Testigo 78	234.29			
Testigo 79	252.45	249.28	240.46	OK
Testigo 80	246.11			
Testigo 81	265.46	243.33		
Testigo 82	221.20			
Testigo 83	242.18	228.77		
Testigo 84	215.36			

Tabla N° 35: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto

f'c=210 kg/cm2 con cemento Tipo MS.

Muestra	$\sigma_u$ (Kg/cm2)			
Testigo 1	298.07	303.96	293.40	OK
Testigo 2	309.85			
Testigo 3	284.11	282.73		
Testigo 4	281.35			
Testigo 5	294.03	293.51		
Testigo 6	292.98			
Testigo 7	292.45	302.31	298.87	OK
Testigo 8	312.17			
Testigo 9	290.20	297.76		
Testigo 10	305.32			
Testigo 11	294.52	296.53		
Testigo 12	298.54			
Testigo 13	282.04	295.73	295.95	OK
Testigo 14	309.42			
Testigo 15	300.07	306.25		
Testigo 16	312.43			
Testigo 17	286.10	285.88		
Testigo 18	285.66			
Testigo 19	300.14	295.26	294.82	OK
Testigo 20	290.38			
Testigo 21	281.37	294.35		
Testigo 22	307.33			
Testigo 23	298.01	294.86		
Testigo 24	291.71			
Testigo 25	306.39	296.44	300.42	OK
Testigo 26	286.48			
Testigo 27	307.99	299.31		
Testigo 28	290.63			
Testigo 29	305.63	305.52		
Testigo 30	305.41			
Testigo 31	296.66	304.15	297.50	OK
Testigo 32	311.64			
Testigo 33	292.26	287.14		
Testigo 34	282.02			
Testigo 35	301.36	301.20		
Testigo 36	301.05			
Testigo 37	295.20	303.80	293.44	OK
Testigo 38	312.41			
Testigo 39	295.74	291.98		
Testigo 40	288.21			
Testigo 41	286.16	284.53		

Testigo 42	282.90			
Testigo 43	287.56	299.89	297.11	OK
Testigo 44	312.22			
Testigo 45	283.92	293.42		
Testigo 46	302.92			
Testigo 47	290.32	298.02		
Testigo 48	305.73			
Testigo 49	286.61	287.05	291.63	OK
Testigo 50	287.48			
Testigo 51	308.39	303.70		
Testigo 52	299.02			
Testigo 53	281.29	284.14		
Testigo 54	287.00			
Testigo 55	287.27	294.32	299.45	OK
Testigo 56	301.38			
Testigo 57	295.41	301.03		
Testigo 58	306.65			
Testigo 59	311.30	303.00		
Testigo 60	294.70			
Testigo 61	285.83	293.15	296.70	OK
Testigo 62	300.47			
Testigo 63	304.38	298.91		
Testigo 64	293.45			
Testigo 65	285.47	298.03		
Testigo 66	310.59			
Testigo 67	305.84	293.98	294.89	OK
Testigo 68	282.12			
Testigo 69	299.12	302.83		
Testigo 70	306.54			
Testigo 71	281.80	287.86		
Testigo 72	293.93			
Testigo 73	303.62	304.78	296.29	OK
Testigo 74	305.94			
Testigo 75	311.41	296.84		
Testigo 76	282.27			
Testigo 77	286.91	287.25		
Testigo 78	287.59			
Testigo 79	297.19	301.11	300.77	OK
Testigo 80	305.04			
Testigo 81	298.00	303.34		
Testigo 82	308.69			
Testigo 83	287.02	297.86		
Testigo 84	308.71			

Tabla N° 36: Resultados de análisis de la Resistencia a la Compresión Simple del concreto  
 $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS.

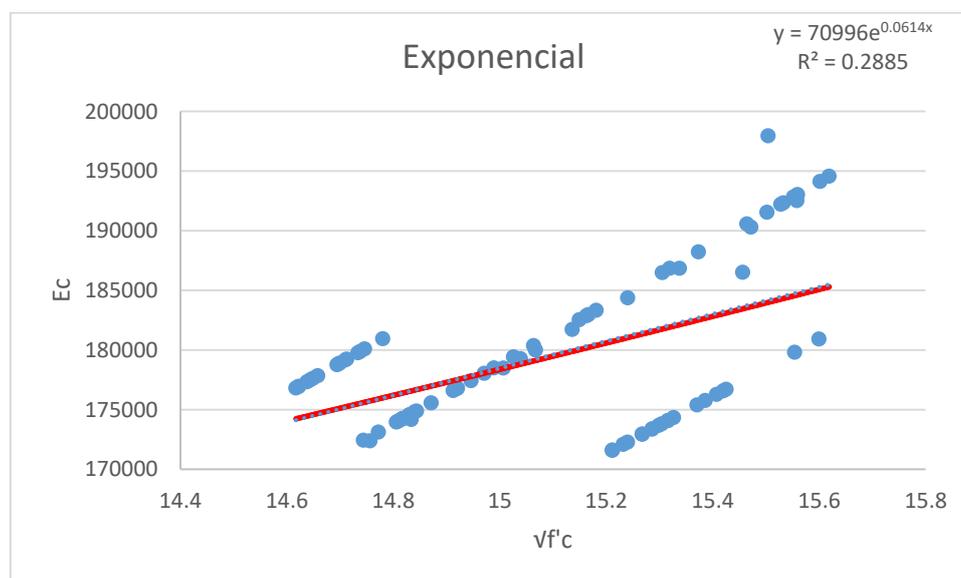
El análisis consta en calcular en un primer paso el promedio de dos muestras, posteriormente se toma el promedio de tres de los resultados anteriores, de manera consecutiva, tal como indica el artículo 5.6.3.3 de la Norma E-060, cada valor tanto individual como en promedio debe ser mayor o igual al valor de diseño.

### **Análisis del Módulo de Elasticidad**

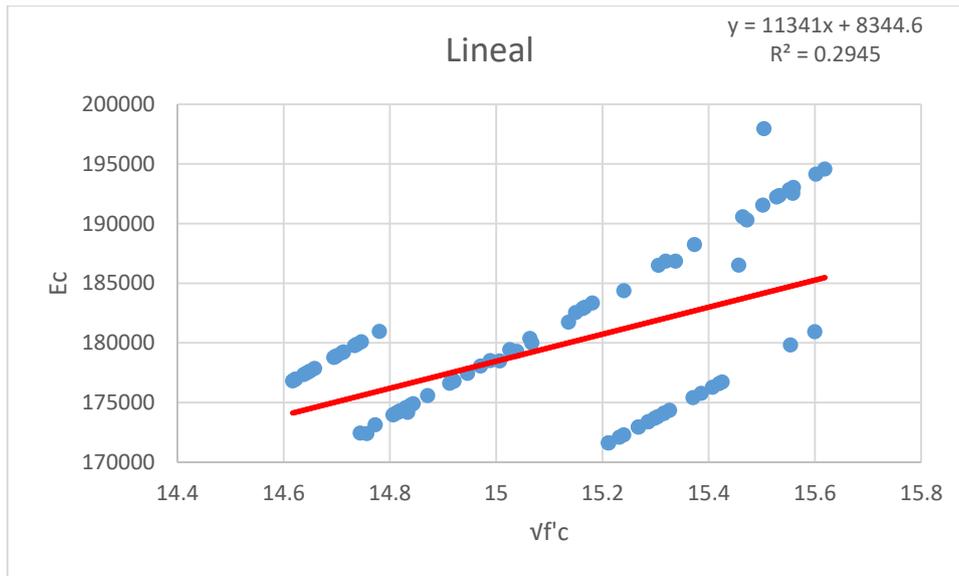
En base a los resultados de los ensayos para Módulo de Elasticidad, se procedió al análisis mediante el programa Microsoft Excel, haciendo uso de gráficas de dispersión, y ecuaciones de regresión para determinar la más próxima a la unidad.

### Diseño de concreto para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento Tipo I.

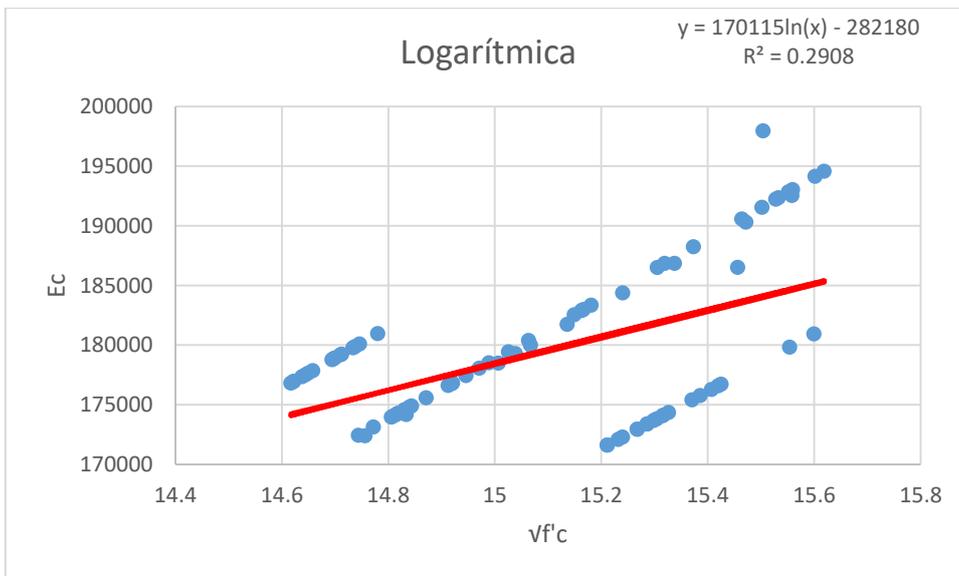
#### Regresión Exponencial:



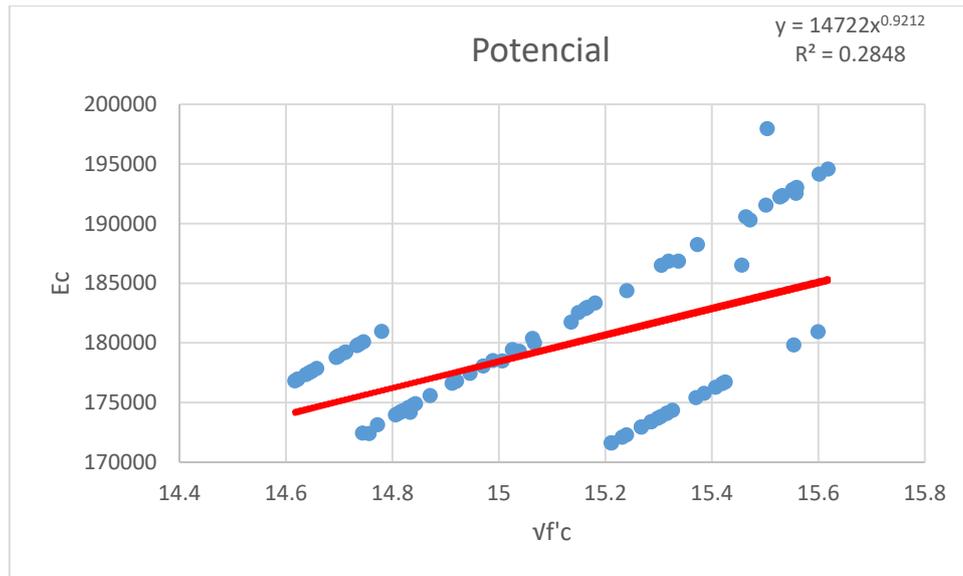
#### Regresión Lineal:



**Regresión Logarítmica:**

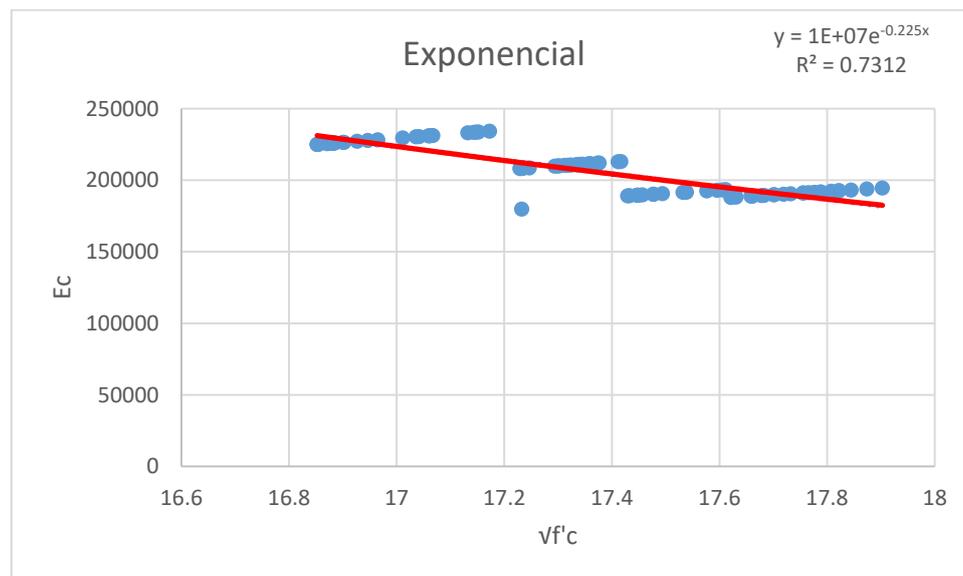


**Regresión Potencial:**

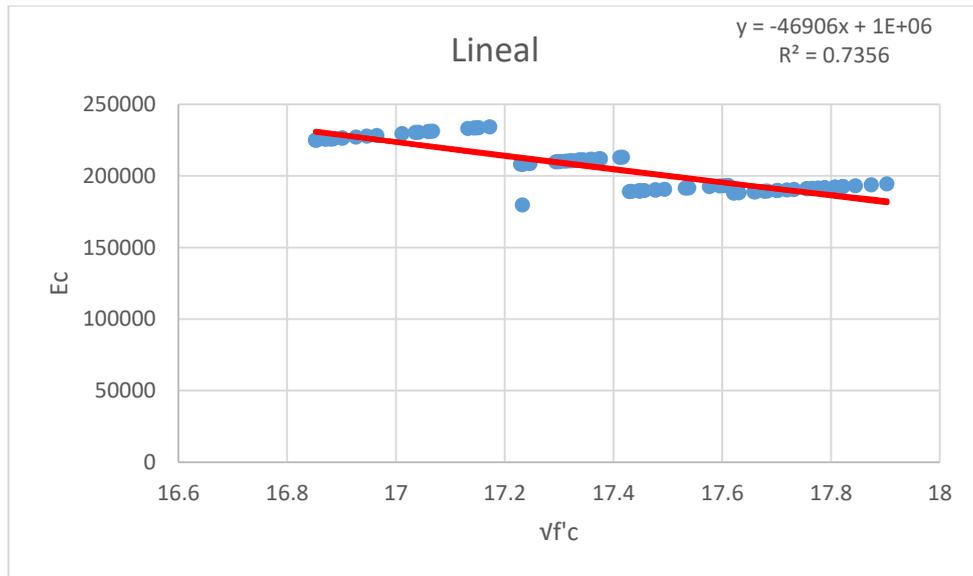


Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

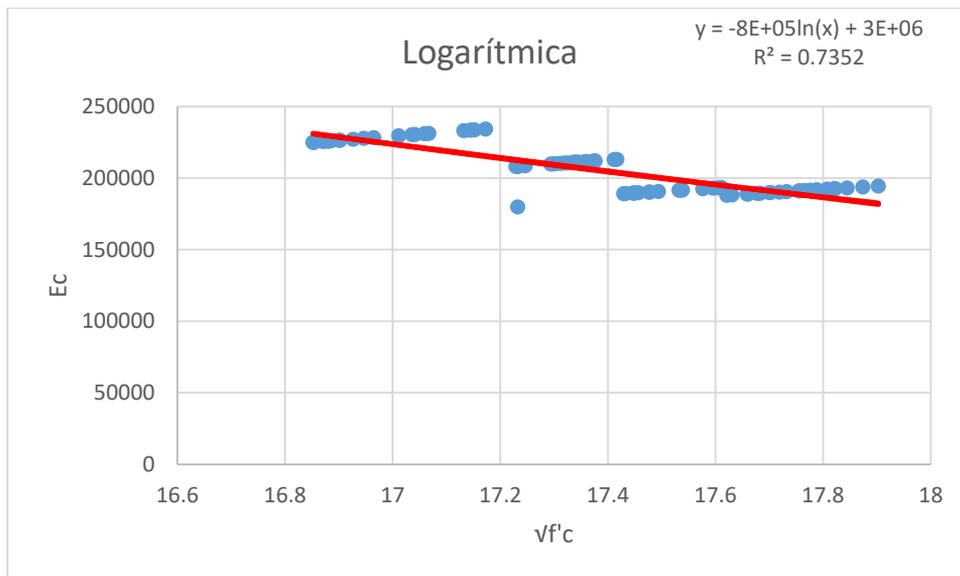
Regresión Exponencial:



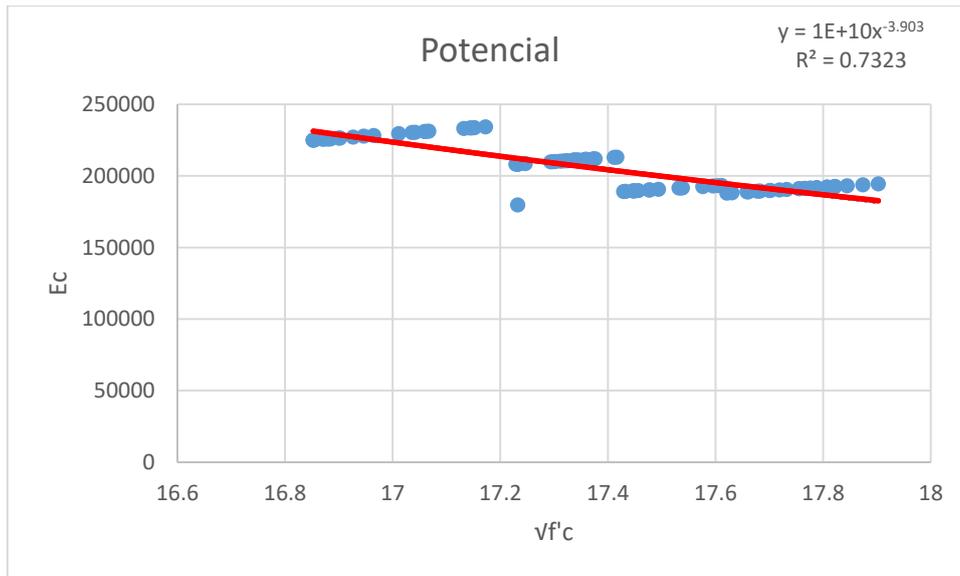
Regresión Lineal:



Regresión Logarítmica:

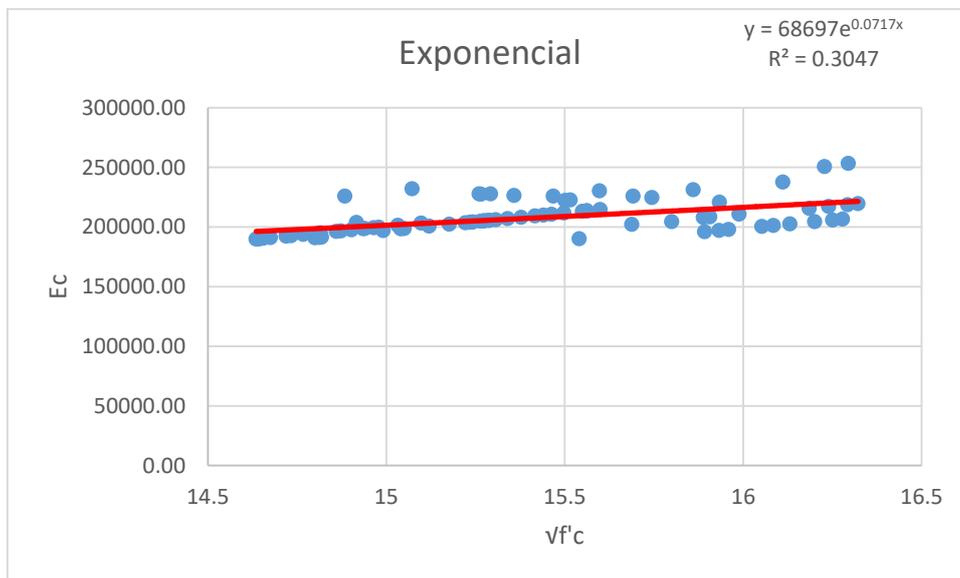


Regresión Potencial:

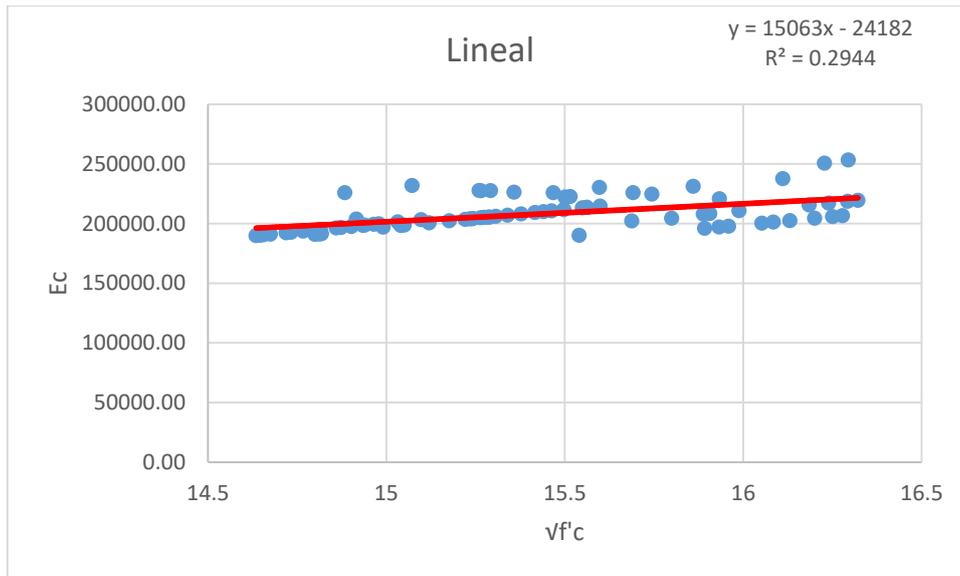


Diseño de concreto para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

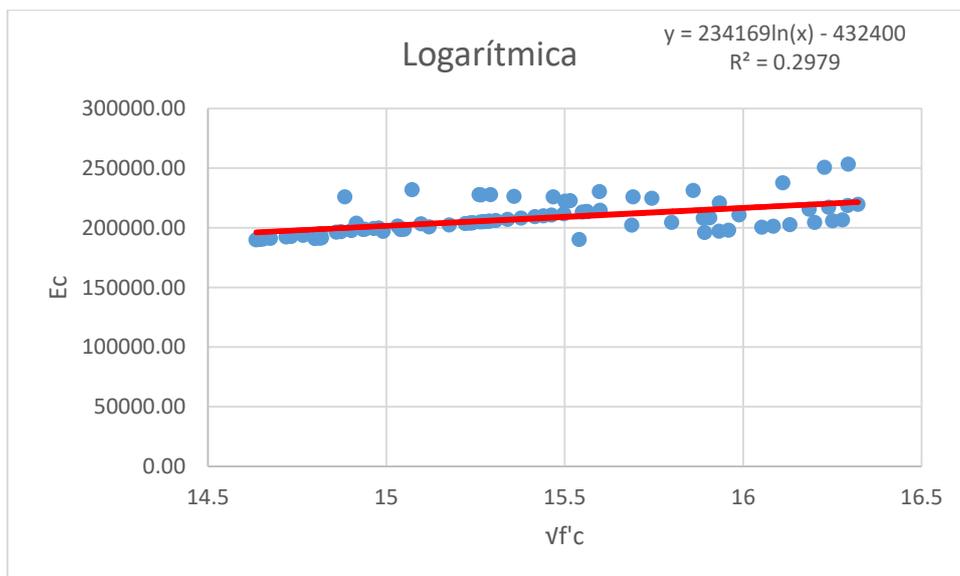
Regresión Exponencial:



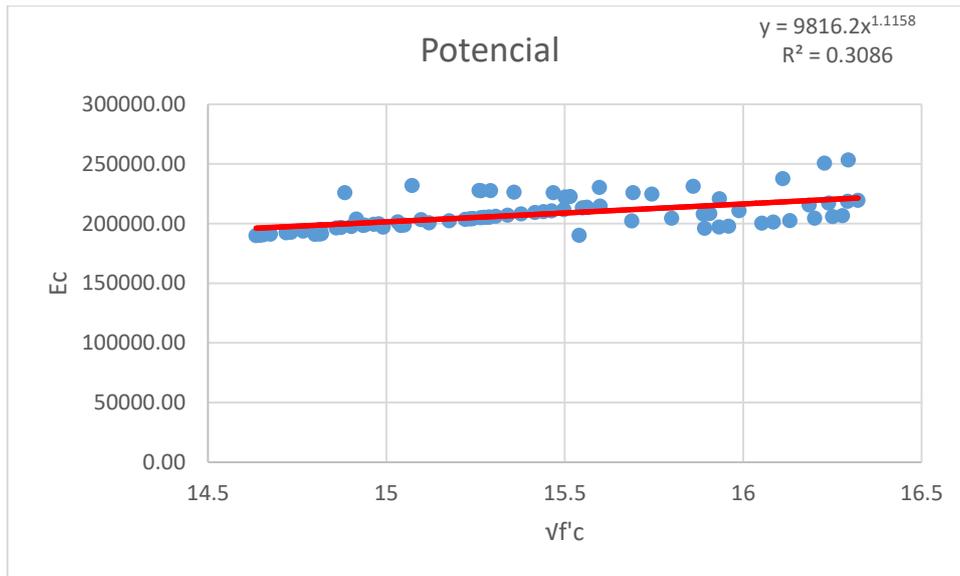
Regresión Lineal:



Regresión Logarítmica:

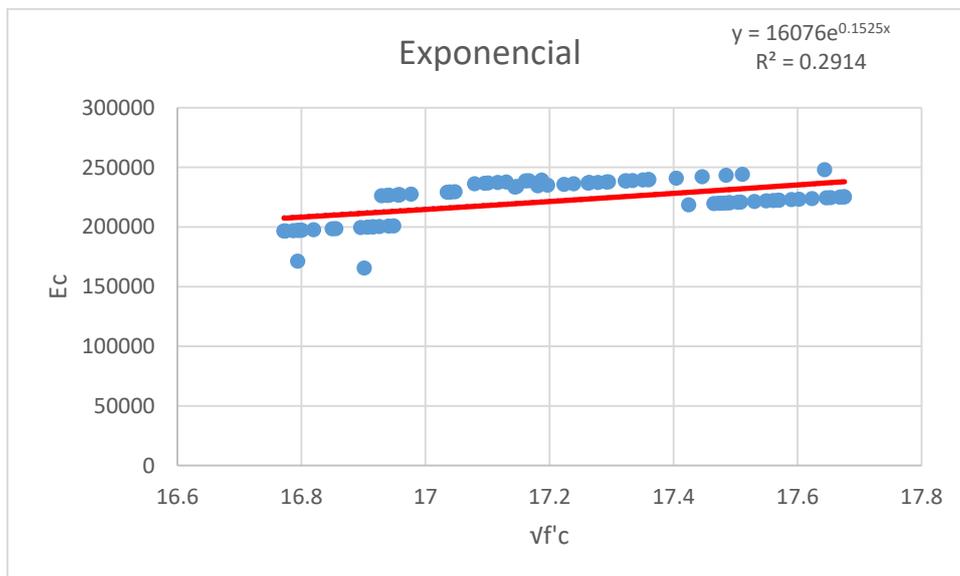


Regresión Potencial:

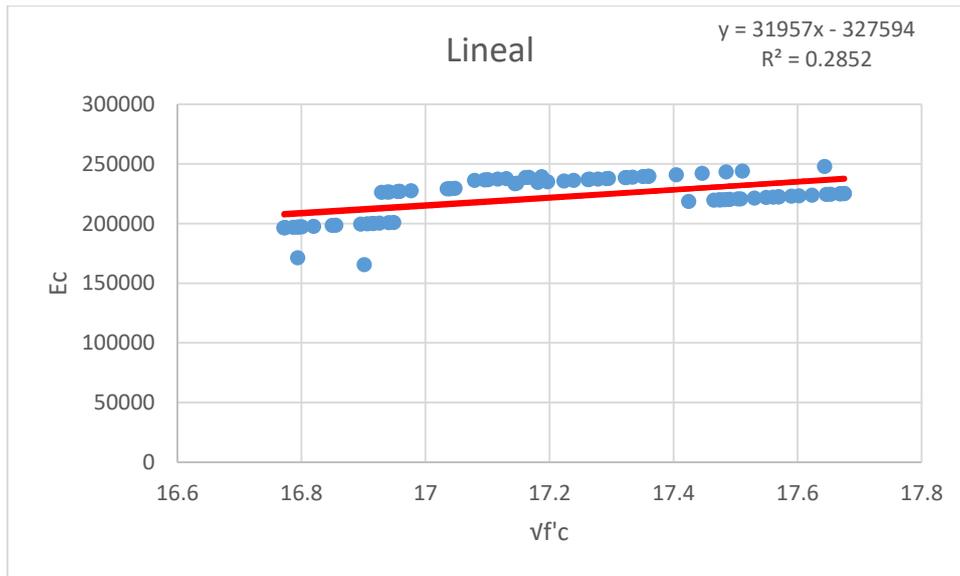


Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

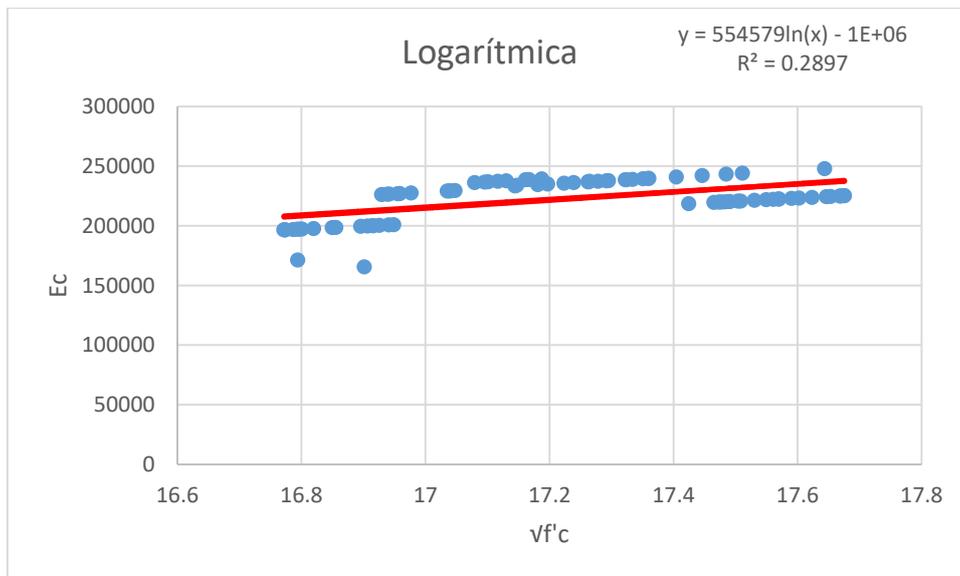
Regresión Exponencial:



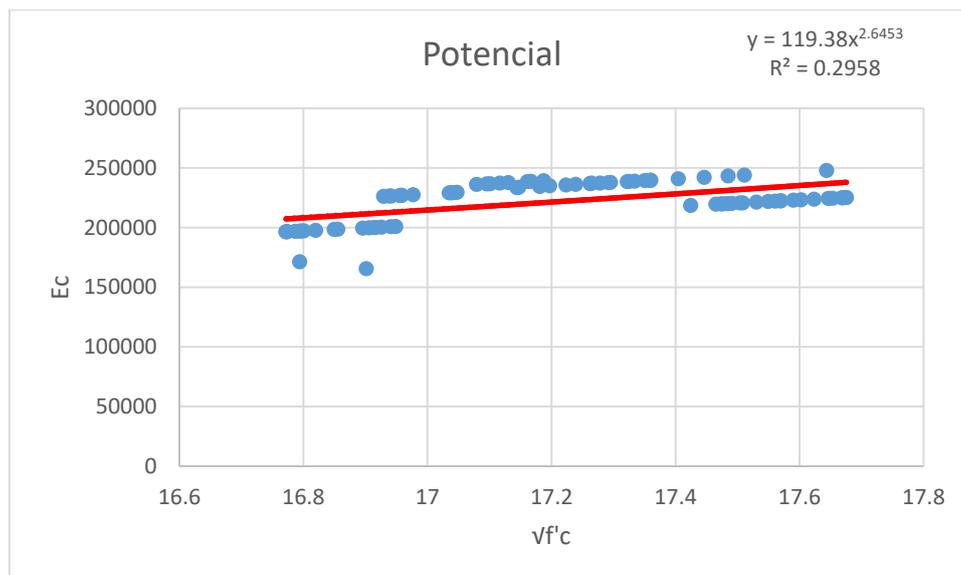
Regresión Lineal:



Regresión Logarítmica:



Regresión Potencial:



Del análisis de las gráficas de dispersión, se obtuvieron los siguientes resultados: para el Diseño de concreto para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I, un valor  $r^2=0.2945$ , correspondiente a una Regresión Lineal; para el Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I, un valor  $r^2=0.7356$ , correspondiente a una Regresión Lineal; para el Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS, un valor  $r^2=0.3086$ , correspondiente a una Regresión Potencial; y para el Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS, un valor  $r^2=0.2958$ , correspondiente a una Regresión Potencial.

### **Determinación de la Ecuación para el Módulo de Elasticidad**

A partir de los resultados de las gráficas de regresión de datos, se obtuvieron las siguientes ecuaciones para cada diseño y el valor del coeficiente de variación, conocido como el parámetro K, el cual representa la relación entre los Módulos de Elasticidad (teórico y experimental).

Partiendo de la ecuación teórica de Módulo de Elasticidad:

$$E_c = (1 - K)15000\sqrt{f'_c} \text{ Kg/cm}^2$$

De donde se despeja el valor deseado "K":

$$K = \left( \frac{E_c \text{ teórico}}{E_c \text{ experimental}} - 1 \right) \%$$

Para un Diseño de concreto para  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo I:

$$E_c = 11341\sqrt{f'_c} + 8344.6 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 172691 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 217370.7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Norma E 0-60}$$

$$K = 25.87\%$$

Para un Diseño de concreto para  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo I:

$$E_c = -46906 * \sqrt{f'_c} + 1000000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 215112.49 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 217370.7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Norma E 0-60}$$

$$K = 16.68\%$$

Para un Diseño de concreto para  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS:

$$E_c = 9816.2 \sqrt{f'_c}^{1.1158} \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 193869.52 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 217370.7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Norma E 0-60}$$

$$K = 12.12\%$$

Para un Diseño de concreto para  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS:

$$E_c = 119.38 \sqrt{f'_c}^{2.6453} \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 250998.01 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (Experimental)}$$

$$E_c = 217370.7 \text{ Kg/cm}^2 \text{ Norma E 0-60}$$

$$K = 21.90\%$$

### Determinación de Curva Esfuerzo – Edad

Para un Diseño de concreto para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I:

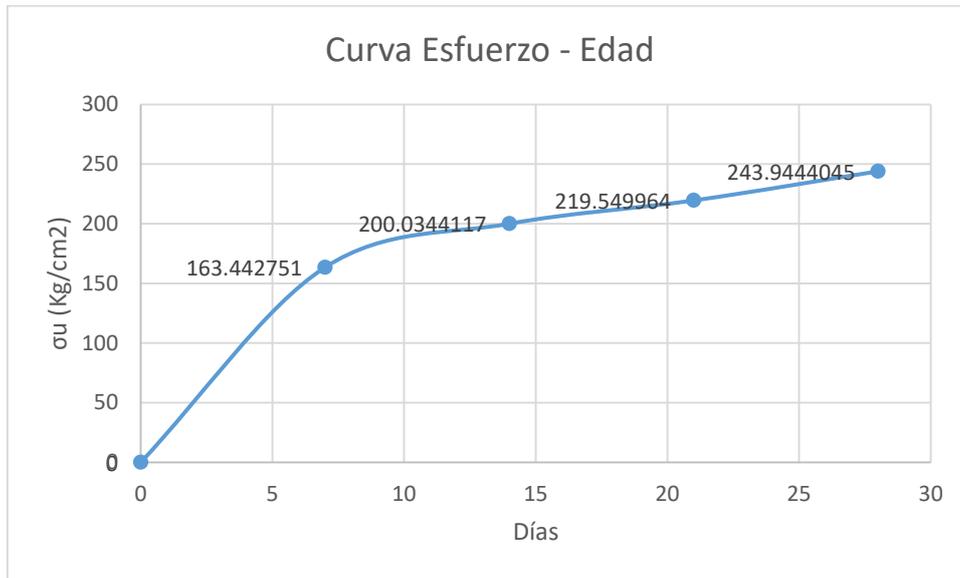


Figura N° 25: Curva Esfuerzo vs Edad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

Para un Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I:

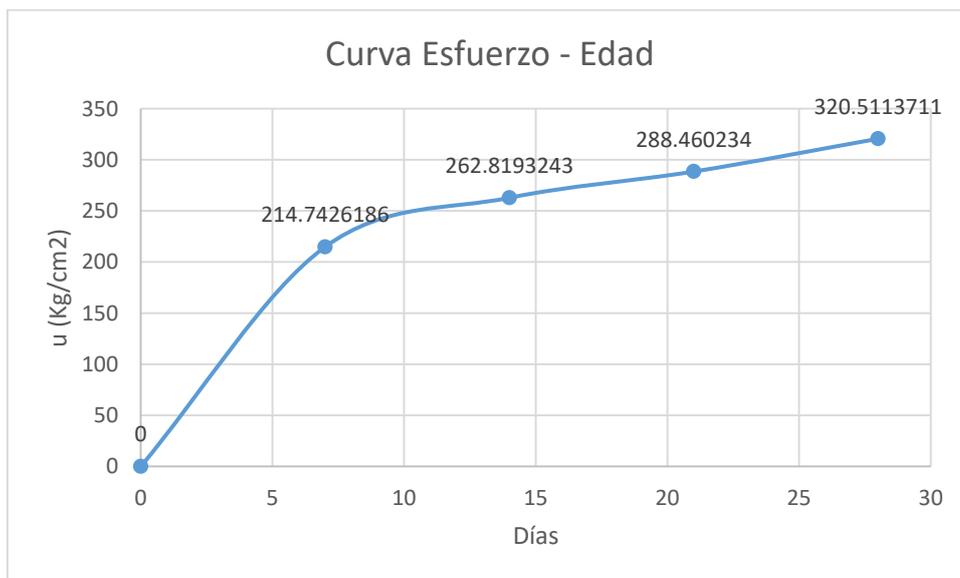


Figura N° 26: Curva Esfuerzo vs Edad  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

Para un Diseño de concreto para  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS:

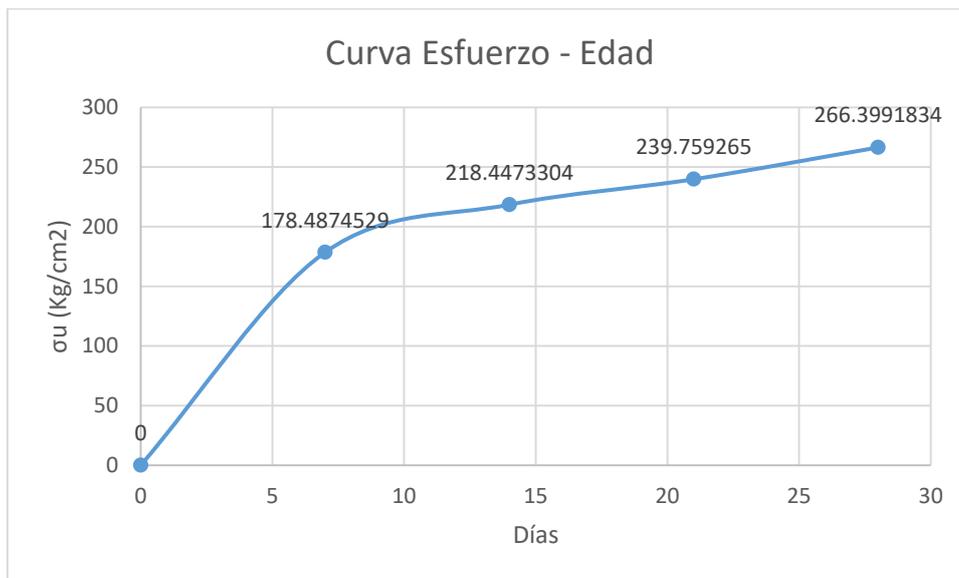


Figura N° 27: Curva Esfuerzo vs Edad  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS.

Para un Diseño de concreto para  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS:

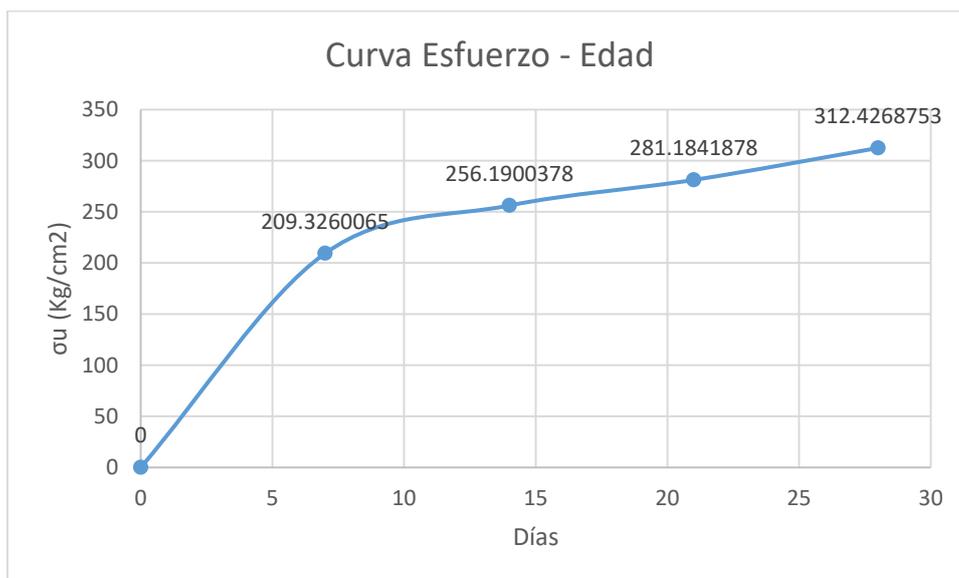


Figura N° 28: Curva Esfuerzo vs Edad  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS.

### Determinación de Curva Esfuerzo – Deformación

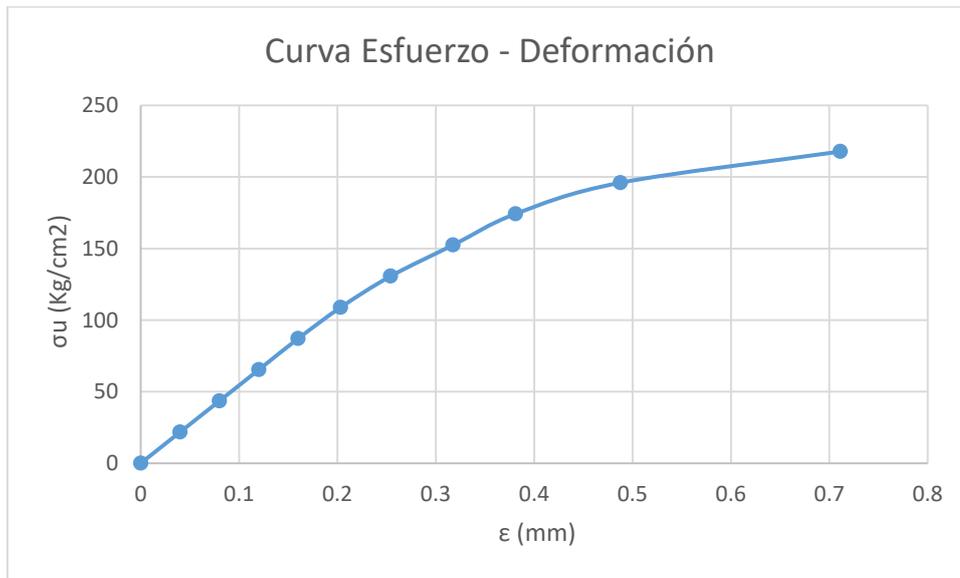


Figura N° 29: Curva Esfuerzo vs Deformación  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

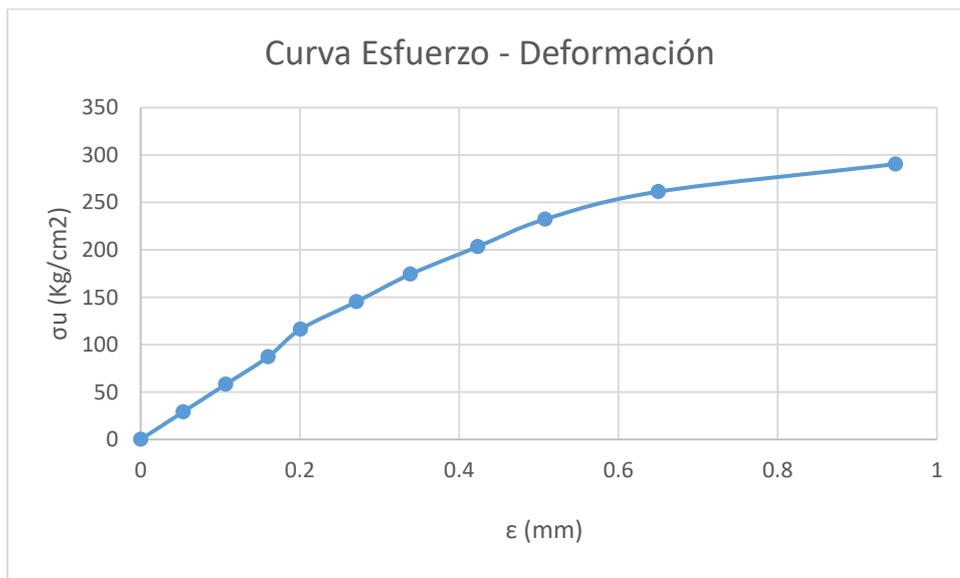


Figura N° 30: Curva Esfuerzo vs Deformación  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I.

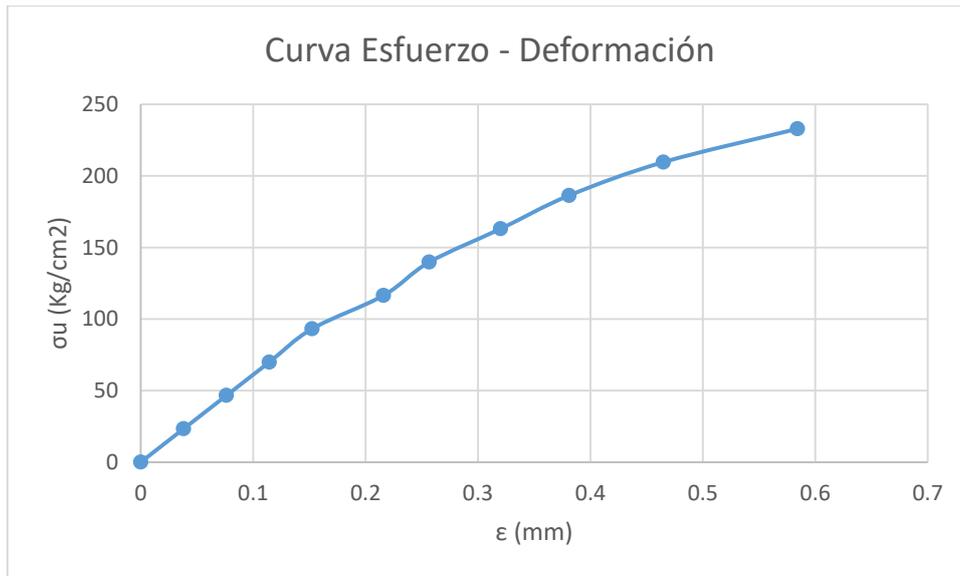


Figura N° 31: Curva Esfuerzo vs Deformación  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

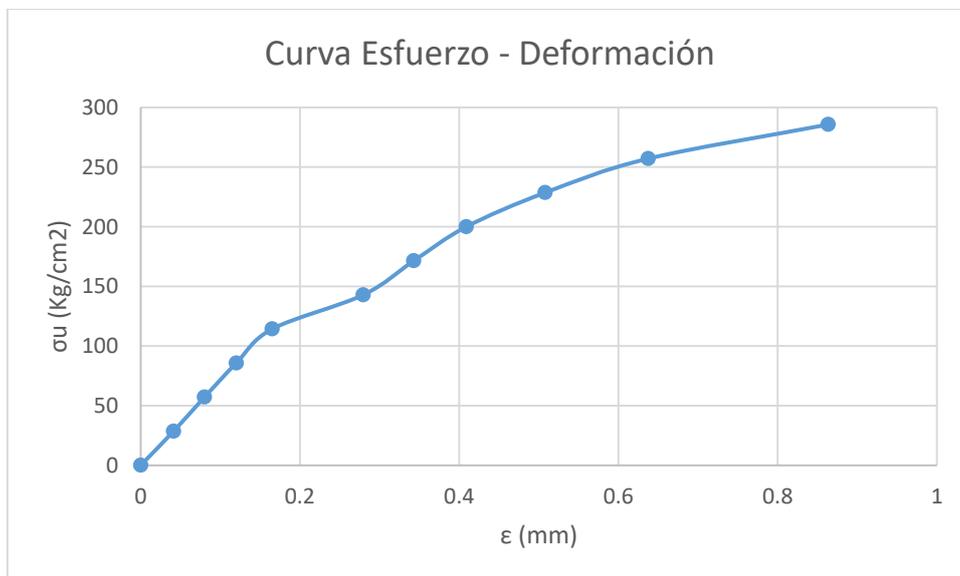


Figura N° 32: Curva Esfuerzo vs Deformación  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS.

### Prueba de Hipótesis Nula para la prueba de Hipótesis Específica

La prueba de hipótesis, se realiza con el objetivo de concluir si las hipótesis nulas son aceptadas o rechazadas, en base a un desarrollo estadístico; como se mencionó anteriormente se toman distintas hipótesis nulas ( $H_0$ ) y alternativas ( $H_a$ ):

Ho 1: El valor del Módulo de Elasticidad teórico por la Norma E-0.60 coincide con el resultado en los ensayos realizados en laboratorio.

Ho 2: El valor del Coeficiente de Poisson teórico por la literatura coincide con el resultado en los ensayos realizados en laboratorio.

Ho 3: El valor del Módulo de Corte teórico por la Norma E-0.60 coincide con el resultado en los ensayos realizados en laboratorio.

Ha 1: El valor del  $E_c$  teórico por la Norma E-0.60 no coincide con el resultado en los ensayos realizados en laboratorio.

Ha 2: El valor del Coeficiente de Poisson teórico por la literatura no coincide con el resultado en los ensayos realizados en laboratorio.

Ha 3: El valor del Módulo de Corte teórico por la Norma E-0.60 no coincide con el resultado en los ensayos realizados en laboratorio.

Datos necesarios para la obtención de los resultados, son: hipótesis nula, hipótesis alternativa, estadístico de prueba, región de rechazo de Campana de Gauss.

La fórmula a emplear define el estadístico de prueba, denominado con la letra Z, la ubicación de este definirá la aceptación o rechazo de los resultados en base a la Campana de Gauss.

Donde:

$z$ = Estadístico de prueba

$\bar{x}$ = Media muestral experimental

$\mu_0$ = Media muestral de la hipótesis

$s$ = Desviación estándar

$n$ = Número de muestras

$$z = \left( \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \right)$$

Los resultados se procesarán en orden de diseño, tal como se presentaron los resultados anteriormente.

**Para un Diseño de concreto para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I:**Módulo de Elasticidad:

Media muestral: 179471.24 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 226337.07 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 6499.151963 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -66.09

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

Coefficiente de Poisson:

Media muestral: 0.1989

Media hipótesis nula: 0.2

Desviación estándar: 0.01

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -0.79

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de aceptación por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis nula.

Módulo de Corte:

Media muestral: 74853.67 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 94393.26 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 2805.157404 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -63.84

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

**Para un Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo I:**Módulo de Elasticidad:

Media muestral: 206578.80 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 260480.84 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 16435.68173 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -30.05

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

Coeficiente de Poisson:

Media muestral: 0.2029

Media hipótesis nula: 0.2

Desviación estándar: 0.019226779

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: 1.38

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de aceptación por el lado derecho, se toma como verdadera la hipótesis nula.

Módulo de Corte:

Media muestral: 85901.11 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 108293.55 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 7149.261517 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -28.71

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

**Para un Diseño de concreto para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS:**Módulo de Elasticidad:

Media muestral: 207744.01 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 230962.18 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 13859.2965 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -15.35

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

Coefficiente de Poisson:

Media muestral: 0.20130000

Media hipótesis nula: 0.2

Desviación estándar: 0.058763938

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: 0.20

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de aceptación por el lado derecho, se toma como verdadera la hipótesis nula.

Módulo de Corte:

Media muestral: 84918.74 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 94455.61 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 4777.198053 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -18.29

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

**Para un Diseño de concreto para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento Tipo MS:**Módulo de Elasticidad:

Media muestral: 222620.15 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 258260.12 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 17038.01308 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -19.17

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

Coefficiente de Poisson:

Media muestral: 0.1848

Media hipótesis nula: 0.2

Desviación estándar: 0.011833363

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -11.75

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

Módulo de Corte:

Media muestral: 93938.35 Kg/cm<sup>2</sup>

Media hipótesis nula: 108998.32 Kg/cm<sup>2</sup>

Desviación estándar: 6973.639554 Kg/cm<sup>2</sup>

Nivel de significancia: 0.01

Estadístico estandarizado de prueba: -19.79

Estadístico de prueba dos colas para  $\alpha=0.01$ :  $\pm 2.576$

Se concluye que al encontrarse el valor de Z en la zona de rechazo por el lado izquierdo, se toma como verdadera la hipótesis alternativa.

## V. Discusión

Una vez obtenidos los resultados se procede a realizar un contraste con resultados de investigaciones referentes al tema nivel nacional, a su vez una comparación con la Norma E-0.60. Tal como se presentan los resultados, las variaciones comparadas con la Norma E-0.60:

Para el primer diseño, se presenta en cuanto al Módulo de Elasticidad una variación de 25.87%, para Coeficiente de Poisson una variación de 0.53% y para Módulo de Corte una variación de 20.70%.

Para el segundo diseño, se presenta en cuanto al Módulo de Elasticidad una variación de 16.68%, para Coeficiente de Poisson una variación de 1.45% y para Módulo de Corte una variación de 20.67%.

Para el tercer diseño, se presenta en cuanto al Módulo de Elasticidad una variación de 12.12%, para Coeficiente de Poisson una variación de 0.64% y para Módulo de Corte una variación de 10.30%.

Para el cuarto diseño, se presenta en cuanto al Módulo de Elasticidad una variación de 21.90%, para Coeficiente de Poisson una variación de 7.58% y para Módulo de Corte una variación de 13.84%.

La investigación de Vargas B. [12], obtuvo como resultado una variación en  $E_c$  de 58% para uno de sus agregados, mientras que para otra cantera obtuvo una variación de 52.52%, valores contrastados con las ecuaciones encontradas en ACI 318, variaciones mayores al 50%, para el Departamento de Puno, mientras que para el Departamento de Piura se obtuvo una variación promedio de 19.14%.

La investigación de Saavedra F. y Ccorimanya F. [13], obtuvo como resultado una variación en  $E_c$  de 12%, valores contrastados con las ecuaciones encontradas en la Norma Peruana, para el Departamento de Cusco, resultado similar al obtenido en el Departamento de Piura (19.14%).

La investigación de Ruiz D. [27], obtuvo como resultado una variación en  $E_c$  de 6.92% para uno de sus diseños, mientras que para otro diseño obtuvo una variación de 5.44%, valores contrastados con las ecuaciones encontradas en ACI 318 y la Norma Peruana, variaciones en promedio de 6.18%, para el Departamento de Lambayeque, valores menores en comparación con los obtenidos para el Departamento de Piura. A su vez, encontró una variación del Coeficiente de Poisson igual a 2.45%, mientras que para el Departamento de Piura se encontró una variación de 2.55%.

Se presentan de manera resumida la comparativa de resultados obtenidos vs los antecedentes nacionales:

Módulo de Elasticidad	
Vargas (Puno)	55.26%
Saavedra (Cusco)	12%
Ruiz (Lambayeque)	6.18%
Yaipen (Piura)	19.14%

Tabla N° 37: Comparación de resultados de Ec en contraste con antecedentes nacionales.

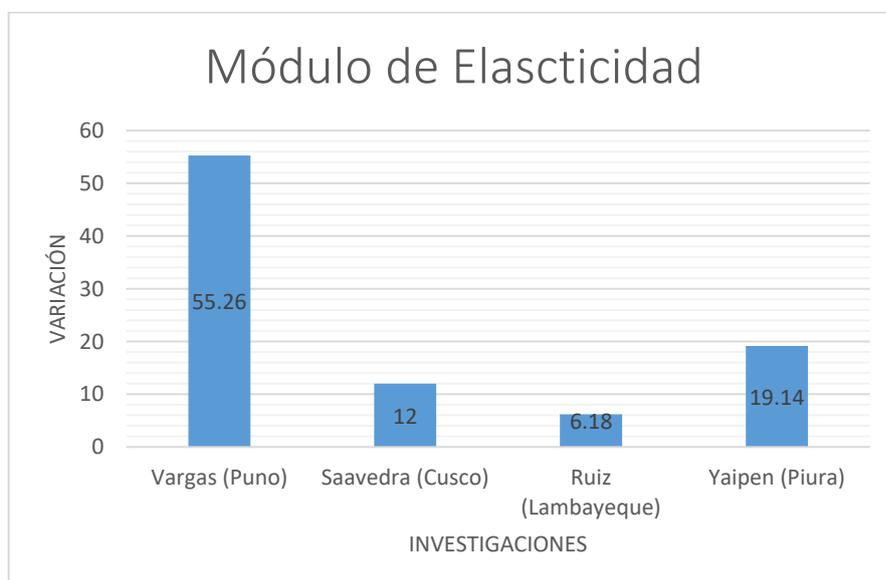


Figura N° 33: Comparación de resultados de Ec en contraste con antecedentes nacionales.

Coeficiente de Poisson	
Ruiz (Lambayeque)	2.45%
Yaipen (Piura)	2.55%

Tabla N° 38: Comparación de resultados de Coeficiente de Poisson en contraste con antecedentes nacionales.

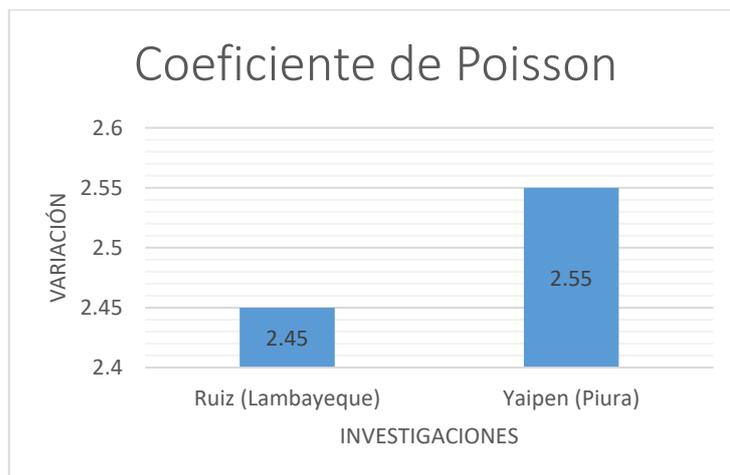


Figura N° 33: Comparación de resultados de Coeficiente de Poisson en contraste con antecedentes nacionales.

## VI. Conclusiones

- De acuerdo al análisis estadístico mediante encuestas, revisión de proyectos e investigaciones acordes al tema, se definió como las canteras más representativas para el Departamento de Piura a las canteras Sojo y Cerro Mocho, para agregado grueso y fino respectivamente.
- Se realizaron los ensayos correspondientes a agregados, tanto fino como grueso, obteniendo resultados satisfactorios acorde a la NTP 400.011 y NTP 400.012. tales como granulometría, peso específico y absorción, peso unitario suelto y compactado; pudiéndose definir como adecuado y de buena calidad para su uso tanto de investigación como en obra en cuanto a diseños de mezcla.
- Se realizaron los diseños de mezcla, clasificados en cuatro tipos, Concreto simple para  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo I,  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo I,  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS y por último  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS. Elaborados con un proceso correcto conforme a la normativa, como a su vez los resultados de los ensayos a la compresión fueron satisfactorios contrastados con la normativa E-0.60, calificándose así tanto el diseño como el proceso del mismo, de calidad al cumplir y sobrepasar las resistencias requeridas.
- Se concluye que los ensayos y análisis respecto al Módulo de Elasticidad son correctos, definiendo las siguientes ecuaciones para cada diseño con sus respectivas variaciones en contraste con la ecuación de la normativa:
  - Para un Diseño de concreto para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo I:
    - $E_c = 11341\sqrt{f'c} + 8344.6 \text{ Kg/cm}^2$  (Experimental)
    - $K = 25.87\%$
  - Para un Diseño de concreto para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo I:
    - $E_c = -46906 * \sqrt{f'c} + 1000000 \text{ Kg/cm}^2$  (Experimental)
    - $K = 16.68\%$
  - Para un Diseño de concreto para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS:
    - $E_c = 9816.2 \sqrt{f'c}^{1.1158} \text{ Kg/cm}^2$  (Experimental)
    - $K = 12.12\%$
  - Para un Diseño de concreto para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS:
    - $E_c = 119.38 \sqrt{f'c}^{2.6453} \text{ Kg/cm}^2$  (Experimental)
    - $K = 21.90\%$
- Se encontraron variaciones respecto al Coeficiente de Poisson: Para un Concreto simple para  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo I (0.53%),  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo I (1.45%),  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS (0.64%) y por último  $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS (7.58%).

- Se concluye las siguientes variaciones respecto al Módulo de Corte: Para un Concreto simple para  $f^c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo I (20.7%),  $f^c=280 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo I (20.67%),  $f^c=210 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS (10.30%) y por último  $f^c=280 \text{ Kg/cm}^2$  con cemento Tipo MS (13.84%).
- Se realizó las Curvas de Esfuerzo – Deformación para cada diseño, determinándose la zona elástica, zona plástica y punto de falla de cada diseño.

## **VII. Recomendaciones**

- Se recomienda realizar ensayos respecto a las propiedades del concreto, tal como Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson y Módulo de Corte; para de esta forma realizar diseños con valores más exactos conforme al contexto del proyecto.
- Se sugiere en próximas investigaciones realizar el ensayo de Módulo de Corte para así contrastarlo con los valores normativos y los obtenidos a partir de  $E_c$  y Poisson experimental.
- Se invita a utilizar los resultados obtenidos en esta investigación para próximos estudios, investigaciones y/o proyectos.

## VIII. Referencias

- [1] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima: Megabyte S.A.C., 2019.
- [2] American Concrete Institute, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural, Farmington Hills: IHS, 2014.
- [3] Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, «Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto», Ciudad de México, Mx, 2017.
- [4] X. Huo, N. Al-Omaishi y K. Tadros, «Creep, shrinkage, and modulus of elasticity of high-performance concrete,» de ACI Materials Journal, 2001.
- [5] D. Sanchez, J. Chilibingua, E. Flores, M. Orosco. «Módulo Estático de Elasticidad del Hormigón Fabricado con Agregados de la Mina de San Roque, Imbabura, Ecuador», *Revista Politécnica*, vol.46, no.1, pp.2-8, Octubre 2020.
- [6] J.L. Sánchez, «La Resistencia a la Compresión del Hormigón y su influencia en el Módulo de Elasticidad Estático en el Cantón Ambato, provincia de Tungurahua», tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ec, 2013.
- [7] Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, «Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente», Santa Fe de Bogotá, Col, 1998.
- [8] J. M. Orozco, «Determinación de la Relación de Poisson y Módulo de Elasticidad para Concretos de 21 y 28 Megapascales en Concretos de la Ciudad de Villavicencio», tesis, Universidad La Gran Colombia, Ciudad de Bogotá, Col, 2016.
- [9] A. F. Cetina, O. D. Simbaqueva, «Variación de las Propiedades Elásticas del Concreto Traslucido Elaborado a partir de un Acrílico (poliexpóxido) Comparadas con el Concreto Convencional de 3000 PSI», tesis, Universidad La Gran Colombia, Ciudad de Bogotá, Col, 2016.
- [10] M. F. López, «Verificación del Módulo de Elasticidad del Concreto por Medio de Elemento Columna Reforzada en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Pontificia Bolivariana», *Revista Digital Apuntes de Investigación*, vol.11, pp.1-9, Abril 2016.
- [11] C. F. Saavedra, D. A. Ramirez, «Influencia del Módulo de Elasticidad en el Análisis de la Deriva de Edificios de Concreto en el Perú, 2017», tesis, Universidad Científica del Perú, Iquitos, Pe, 2017.

- [12] B. X. Vargas, «Determinación de la Ecuación del Módulo de Elasticidad del Concreto en Base a la Resistencia a la Compresión Simple, Elaborado con los Agregados de las Canteras Isla y Yocara de la Ciudad de Juliaca», tesis, Universidad Peruana Unión, Juliaca, Pe, 2017.
- [13] F. M. Saavedra, F. Ccorimanya, «Análisis Comparativo del Módulo de Elasticidad a Compresión y Peso Volumétrico de Concretos Convencionales y Concretos Ligeros Fabricados con Perlas de Poliestireno Expandido (PPE)», tesis, Universidad Andina del Cusco, Cusco, Pe, 2019
- [14] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima: Megabyte S.A.C., 2019.
- [15] American Society for Testing and Materials, «Document Center,» 1 Enero 1962. [En línea]. Available: <https://www.document-center.com/standards/show/ASTM-C46>. [Último acceso: 10 octubre 2019].
- [16] L. M. Torrado, N. A. Porras, «Determinación de las Ecuaciones del Módulo de Elasticidad Estático y Dinámico del Concreto producido en Bucaramanga y su área Metropolitana», tesis, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Col, 2009.
- [17] J. L. García, «La Resistencia a la Compresión del Hormigón y su Influencia en el Módulo de Elasticidad Estático en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua», tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ec, 2013.
- [18] G. Ottazzi, «Material de Apoyo para la Enseñanza de los Cursos de Diseño y Comportamiento del Concreto Armado», M.S. thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú – Escuela de Graduados, Lima, Pe, 2004.
- [19] B. Topcu y A. Ugurlo, «Elasticity theory of concrete and prediction of Static E-modulus for dam Concrete using composite models», Diciembre 2007.[En línea]. Available: <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/14443.pdf>.
- [20] Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), «Norma Técnica Peruana» de Norma Técnica Peruana, Lima, INDECOPI-CTR, 2006.
- [21] E. Rivva, Naturaleza y materiales del concreto, Lima: ACI Peru, 2000.
- [22] Unión Andina de Cementos (UNACEM), Tipos de cemento, [online], Available: [https://www.unacem.com.pe/?page\\_id=109](https://www.unacem.com.pe/?page_id=109).

- [23] Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM), Tecnología del Cemento, [online], Available: [http://www.asocem.org.pe/archivo/files/CC\\_ed17%20-%20Asocem.pdf](http://www.asocem.org.pe/archivo/files/CC_ed17%20-%20Asocem.pdf).
- [24] D. Sánchez, *Tecnología del Concreto y del Mortero*, Quinta Edición, Santa Fe de Bogotá: Bhandar Editores LTDA, 2001.
- [25] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, *Metodología de la Investigación*, sexta ed., México: Edamsa Impresiones, 2014.
- [26] M. F. Carvajal, E. A. Gonzáles, «Comparación de los Módulos de Elasticidad de Concreto Normal, con el Ensayo de Compresión y el Ensayo de Flexión», tesis, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Col, 2012.
- [27] D. A. Ruiz, «Determinación del Módulo de Elasticidad del concreto simple utilizando cemento tipo MS para  $f^c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> y  $f^c=280$  Kg/cm<sup>2</sup> con agregados de las canteras Tres Tomas y La Victoria en el año 2020 », tesis, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo , Lambayeque, Pe, 2021.

## IX. Anexos

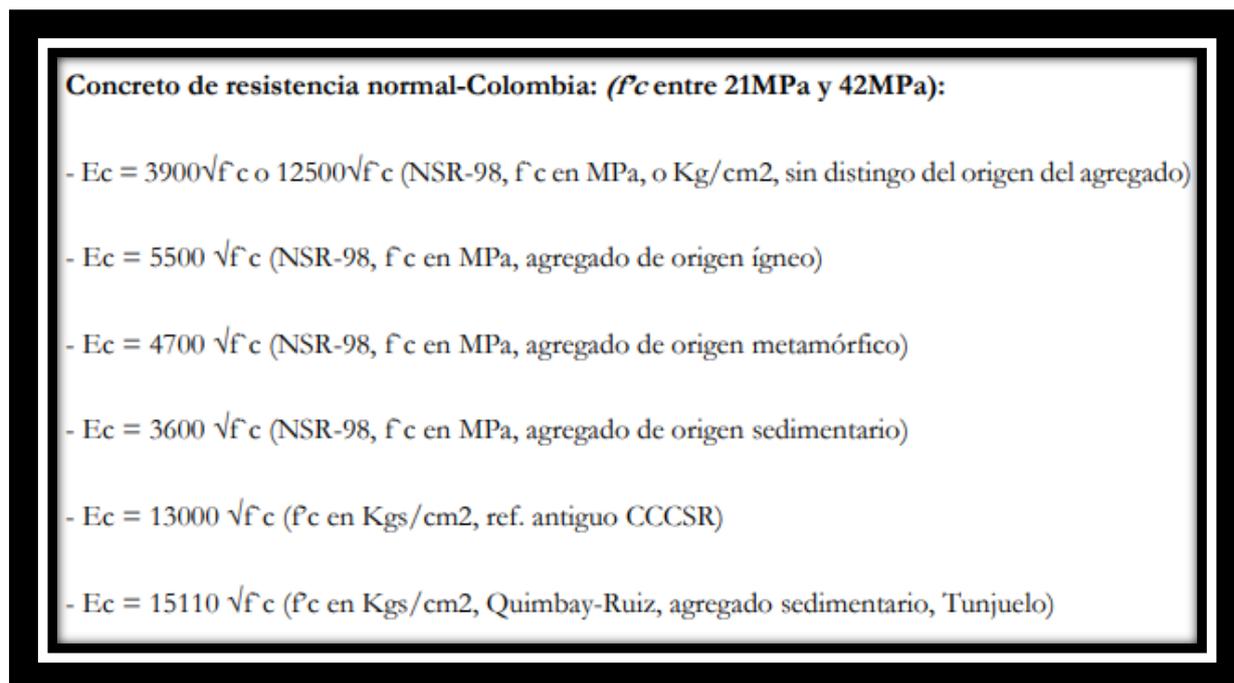


Figura N° 1: Ecuaciones de  $E_c$  para concreto de  $f_c$  normal-Colombia

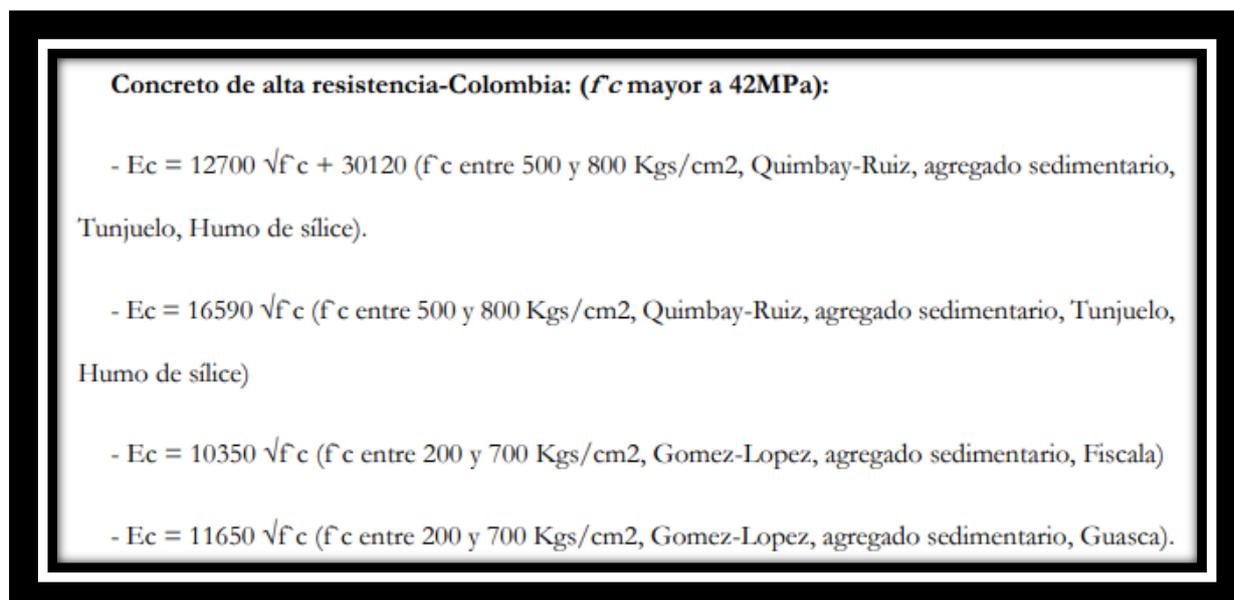


Figura N° 2: Ecuaciones de  $E_c$  para concreto de  $f_c$  de alta resistencia-Colombia

**Concreto de resistencia normal - Europa y USA:**

- $E_c = 12000 (f_c)^{0.333}$  (Codigo Frances,  $f_c$  hasta 60 MPa)
- $E_c = 3320\sqrt{f_c} + 6900$  (Carrasquillo,  $f_c$  en MPa)
- $E_c = 63,096\sqrt{f_c}$  (Oluokun, Burdette,  $f_c$  mayor a 500 PSI)
- $E_c = 9500 (f_c)^{0.3}$  (Codigo Noruego,  $f_c$  hasta 85 MPa)

Figura N° 3: Ecuaciones de  $E_c$  para concreto de  $f_c$  de alta resistencia en Europa y USA

- $E_c = \sqrt{f_c + 8}$  (CEB,  $f_c$  en MPa)
- $E_c = 3320 \sqrt{f_c} + 6900$  (Neville, Inglaterra,  $f_c$  entre 21MPa y 83MPa)

Figura N° 4: Ecuaciones de  $E_c$  para concreto de  $f_c$  de alta resistencia en Inglaterra.



MSDS – Hoja de Datos de Seguridad del Material  
CEMENTO PORTLAND

Sección 1: Identificación de la sustancia

**Nombre:** Cemento Portland  
**Sinónimos:** Cemento Tipo I, II o V; Cemento Portland Tipo I, II o V; Cemento SOL; Cemento Andino Tipo I, Cemento Andino Tipo V.  
**Fabricante:** UNACEM S.A.A. (Unión Andina de Cementos S.A.A.)  
**Dirección:** Av. Atocongo 2440, Villa María del Triunfo – Lima - Perú – América del Sur  
**Teléfono para informes:** (511) 217-0200  
**Teléfono de emergencias:** (511) 217-0221 01-4110000 anexo 2248/2249 (Oficina Lima) 01-4110000 anexo 1225 (Planta Condorcacha)  
**Fecha de elaboración / revisión de la MSDS:** 16/01/2019  
**Apariencia:** Polvo gris verdusco, resulta de la mezcla de Clinker finamente molido con yeso y otros componentes. Se comercializa a granel, en bolsas de 1.5 Ton y 42.5 Kg.  
**Nota:** Esta MSDS cubre varios productos, los componentes individuales varían.

Sección 2: Composición / información de ingredientes

Compuesto	N° CAS	Porcentaje en Peso	Fórmula Química
Silicato Tricálcico	12168-85-3	máx. 62%	$3CaO \cdot SiO_2$
Silicato Dicalcico	10034-77-2	máx. 24%	$2CaO \cdot SiO_2$
Aluminato Tricálcico	12042-78-3	máx. 12%	$3CaO \cdot Al_2O_3$
Ferrosulfato tetra cálcico	12088-36-8	máx. 15%	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$
Yeso	13397-24-5	máx. 6%	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
Caliza	1317-85-3	máx. 5%	$CaCO_3$

**Ingredientes minoritarios:** Durante su análisis químico pueden detectarse mínimas cantidades de sustancias químicas naturales. Estos pueden estar hasta un máximo de 1.5% de residuos insolubles, algunos de los cuales pueden ser sílice cristalina libre; óxido de cal como la cal libre o cal viva, óxido de magnesio y cantidades mínimas de sales de sulfato de sodio y sulfato de potasio.

El cemento reacciona con el agua durante la preparación de morteros, concreto o cuando este es humedecido; el cual produce una solución alcalina básica.

Sección 3: Identificación de los peligros

Es un polvo gris que presenta riesgos dependiendo del tiempo de exposición, tiempos breves no causan daños graves. La exposición con mezclas de cemento humedecido puede causar graves daños a los tejidos (piel u ojos) en forma de quemaduras químicas o una reacción alérgica.

Posibles efectos sobre la salud:

• **Contacto con los ojos:** La exposición a partículas de polvo puede causar irritación inmediata o tardía o inflamación. El contacto ocular con grandes cantidades de polvo seco o salpicaduras de cemento húmedo pueden causar irritación ocular moderada, quemaduras químicas y en extremo ceguera. Tales exposiciones requieren primeros auxilios y atención médica inmediata.

• **Contacto con la piel:** De acuerdo al tiempo de exposición puede producir alergias e irritación. Procurar minimizar el contacto para evitar lesiones en la piel, especialmente con cemento húmedo. Pueden presentarse efectos hasta horas después de terminada la exposición. Evitar dejar que el cemento humedecido se seque sobre la piel esta condición puede causar sequedad e irritación leve. Exposiciones severas de contacto entre la piel humedad y el cemento húmedo puede causar engrosamiento, grietas o fisuras en la piel. El contacto prolongado con la piel puede causar daño severo en forma de quemaduras químicas (causada).

• **Ingestión:** No existe información de las cantidades mínimas que pueden ser perjudiciales, cantidades mayores pueden ser nocivas; causar quemaduras en la tráquea y sistema digestivo.

• **Inhalación:** La exposición prolongada al polvo de cemento puede causar afecciones pulmonares; irritación de las mucosas de la nariz, garganta y sistema respiratorio superior.

Figura N° 5: Hoja de datos de seguridad del Material (cemento).

## CALCULO TAMAÑO DE MUESTRA INFINITA

Parametro	Insertar Valor
Z	2.576
P	50.00%
Q	50.00%
e	10.00%

Tamaño de muestra

"n" =

165.8944

166.00

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

**n** = Tamaño de muestra buscado**Z** = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)**e** = Erro de estimación máximo aceptado**p** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)**q** = (1 - p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (Poder estadístico).

Puntuacion Z (desviaciones estándar)	Significancia	Z
0.95	0.05	1.960
0.96	0.04	2.054
0.97	0.03	2.170
0.98	0.02	2.326
0.99	0.01	2.576

Figura N° 6: Hoja de cálculo de muestra estadística.

	Cerro Mocho	Vice	Río	Sojo
Agregado Fino	34	41	45	50
Agregado Grueso	52	43	37	38
	Subestructura	Superestructura		
Pacasmayo Azul MS	47	18		
Pacasmayo Rojo Tipo 1	22	46		
Qhuna Tipo 1	27	37		
Mochica Azul MS	30	4		
Mochica Rojo Tipo 1	17	43		

Figura N° 7: Hoja de cálculo de resultado de encuestas.



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NTP 400.012 - MTC E 204

**PROYECTO** DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD, COEFICIENTE DE POISSON, MÓDULO DE CORTE, DEL CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA REGIÓN DE PIURA

**PETICIONARIO** RICARDO ARNALDO YAIPEN TRELLES

**MUESTRA** ARENA GRUESA ZARANDEADA

**PROCEDENCIA** CANTERA CERRO MOCHO

**OPERADOR** F.M.P.

**FECHA EMISION** 28-Ene-22

**N° DE MUESTRA :** M - 01

**FECHA RECEPCION :** 22-Ene-22

### MATERIAL MUESTREADO POR PETICIONARIO

Tamices ASTM	ABERTUR. (mm)	PESO OBTENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPEC TÉCN	ESPEC TÉCN	Tamaño Máximo : 3/8"
3/4"	19.00				100.0			OBSERVACIONES:
1/2"	12.7	0.0	0.0	0.0	100.0			L.L. : NP
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	L.P. : NP
Nº 4	4.75	10.6	2.1	2.1	97.9	95	100	I.P. : NP
Nº 8	2.38	80.0	16.2	18.3	81.7	80	100	
Nº 16	1.19	149.5	30.2	48.6	51.4	50	85	
Nº 30	0.59	117.0	23.7	72.2	27.8	25	60	
Nº 50	0.3	96.4	19.5	91.7	8.3	10	30	
Nº 100	0.15	30.8	6.2	97.9	2.1	2	10	
Nº 200	0.074	6.8	1.4	99.3	0.7	0	5	Humedad = 1.15
Fondo		3.4	0.7	100.0	0.0			M.F. = 3.31
PESO INIC		494.4						

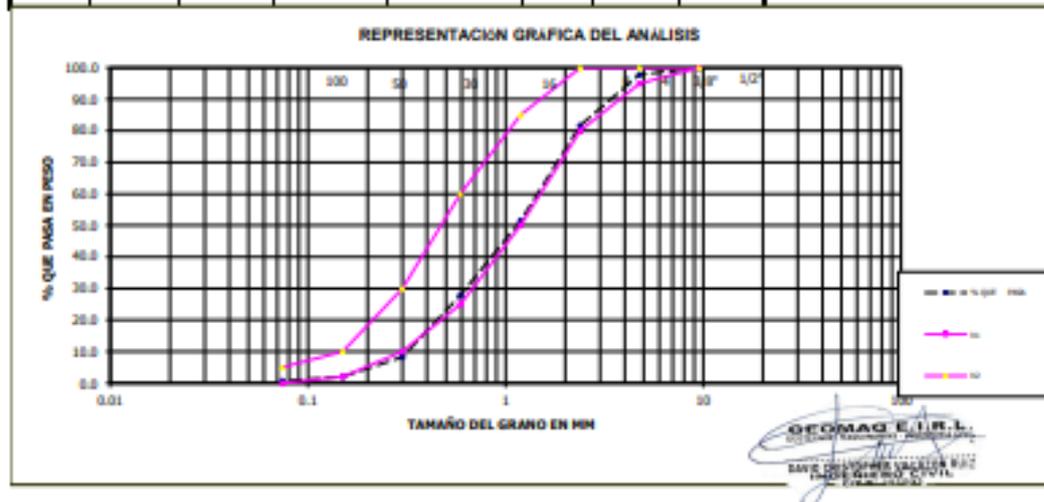


Figura N° 8: Análisis Granulométrico del Agregado Fino.



- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS  
- ESTUDIOS DE SUELOS, PAVIMENTOS Y EDIFICACIONES.

RUC: 20604965820

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**  
(NORMA MTC 206-2000 AASHTO T-85 ASTM C-127)

PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD, COEFICIENTE DE POISSON, MÓDULO DE CORTE, DEL CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : RICARDO ARNALDO YAIPEN TRELLES

PROCEDENCIA : CANTERA CERRO MOCHO

FECHA : 28-Ene-22

AGREGADO FINO					
	DESCRIPCION DEL ENSAYO	M-1	M-2		PROMEDIO
A	PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	150.00	150.00		
B	PESO DE LA FIOLA + 500 ml de AGUA (a 25° C)	667.93	669.32		
C	PESO DE LA FIOLA + MATERIAL + AGUA	817.93	819.32		
D	PESO DE LA FIOLA + MATERIAL + AGUA (a 25° C)	759.51	760.74		
E	PESO MATERIAL SECO a 105° C	149.11	149.05		
F	VOLUMEN MASA + AIRE	58.42	58.58		
G	VOLUMEN AIRE	0.89	0.95		
H	VOLUMEN MASA	57.53	57.63		
	PESO ESP. BULK SUPERFICIALMENTE SECO	2.552	2.544		2.548
	PESO ESP. BULK SUPERFICIALMENTE SATURADA	2.568	2.561		2.564
	PESO ESP. APARENTE	2.592	2.586		2.589
	ABSORCION	0.597	0.637		0.617

Observaciones:

**GEOMAQ E.I.R.L.**  
GESTIÓN INGENIERÍA PROYECTOS  
DAVID CRISTOPHER VILLATOR RUIZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 257993

Figura N° 9: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Fino.



- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS  
- ESTUDIOS DE SUELOS, PAVIMENTOS Y EDIFICACIONES.

**RUC: 20604965820**

**PESO UNITARIO SUELTO - COMPACTADO  
(MTC E 203-2013 -NORMA AASHTO T-19)**

PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD, COEFICIENTE DE POISSON, MÓDULO DE CORTE, DEL CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : RICARDO ARNALDO YAIPEN TRELLES

PROCEDENCIA: CANTERA CERRO MOCHO

MUESTRA : ARENA GRUESA ZARANDEADA

FECHA : 28-Ene-22

Repetición N.º		Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
		1	2	3	1	2	3
Peso del Molde + Agregado Seco	g	20054	20107	20188	21342	21350	21325
Peso del Molde	g	6092			6092		
Peso del Agregado Seco	g	13962	14015	14096	15250	15258	15233
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	9143			9143		
Gravedad Específica del Agregado (SSS)	0.01g/cm <sup>3</sup>	2.548			2.548		
% Absorción del Agregado	0.1%	0.62			0.62		
Vacios en el Agregado	0.1%	40.1	39.8	39.5	34.5	34.5	34.6
Peso Unitario del Agregado	kgm <sup>-3</sup>	1527	1533	1542	1668	1669	1666
<b>Peso Unitario del Agregado Promedio</b>	<b>kgm<sup>-3</sup></b>	<b>1534</b>			<b>1668</b>		



Figura N° 10: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Fino.



RUC: 20604965820



-ESTUDIOS TOPOGRAFICOS  
-ESTUDIOS DE SUELOS/AMBIENTES  
Y EDIFICACIONES

### ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

**PROYECTO** DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD, COEFICIENTE DE POISSON, MÓDULO DE CORTE, DEL CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA REGIÓN DE PIURA

**PETICIONARIO** RICARDO ARNALDO YAIPEN TRELLES

**MUESTRA** GRAVA TMN 1/2"

**PROCEDENCIA** CANTERA SOJO

**OPERADOR** FAMP

**FECHA EMISION** 28-Ene-22

Tamices ASTM	TAMAÑO m.m	PESO RETENID	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUGO "S"	HUGO "S"	Tamaño Máximo Nominal: 1/2"
3"	76.2							<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b> MATERIAL MUESTREADO POR EL PETICIONARIO
2 1/2"	63.5							
2"	50.8				100.0			
1 1/2"	38.1	0	0.0	0.0	100.0			
1"	25.4	0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/4"	19.05	0	0.0	0.0	100.0	100	100	
1/2"	12.7	2500	24.5	24.5	75.5	90	100	
3/8"	9.52	1439	14.1	38.6	61.4	40	70	
Nº 4	4.76	5300	52.0	90.6	9.4	0	15	
Nº 8	2.38	870	8.5	99.1	0.9	0	5	
Fondo	1.19	0	0.0	99.1	0.9			
<b>PESO INIC.</b>		10200						<b>MF= 6.26</b> <b>Humedad= 0.96</b>

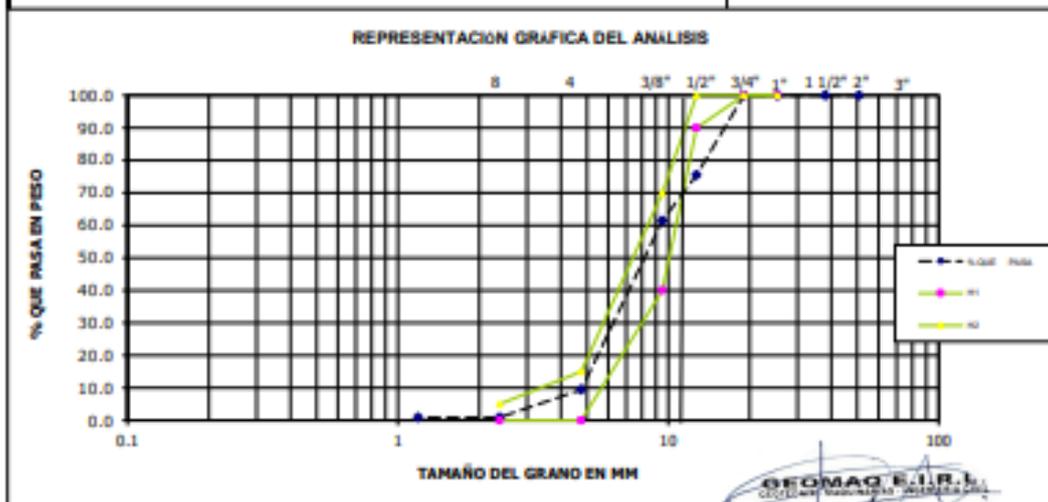


Figura N° 11: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.



- ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS
- ESTUDIOS DE SUELOS, PAVIMENTOS Y EDIFICACIONES.

RUC: 20604965820

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS**  
(NORMA MTC 206-2000 AASHTO T-85 ASTM C-127)

PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD, COEFICIENTE DE POISSON, MÓDULO DE CORTE, DEL CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : RICARDO ARNALDO YAIPEN TRELLES

PROCEDENCIA : CANTERA SOJO

MUESTRA : GRAVA TMN 1/2"

FECHA : 28-Ene-22

AGREGADO GRUESO					
	DESCRIPCION DEL ENSAYO	M-1	M-2		PROMEDIO
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire ) (gr)	1500	1499		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua ) (gr)	956	954		
C	Vol. de masa + vol de vacios = A-B (gr)	544	545		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1493	1491		
E	Vol. de masa = C- ( A - D ) (gr)	536	537		
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.746	2.737		2.741
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.759	2.751		2.755
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.784	2.777		2.780
	% de absorción = $(( A - D ) / D * 100 )$	0.503	0.523		0.513

Observaciones:

**GEOMAQ E.I.R.L.**  
 GEOTECNICAS - MAQUINARIAS - INGENIERIA CIVIL  
 DAVID CRISTOPHER VILLAZON RUIZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 257993

Figura N° 12: Resultados de Peso específico y absorción del Agregado Grueso.

**PESO UNITARIO SUELTO - COMPACTADO**  
(MTC E 203-2013 -NORMA AASHTO T-19)

PROYECTO : DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD, COEFICIENTE DE POISSON, MÓDULO DE CORTE, DEL CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA REGIÓN DE PIURA

SOLICITA : RICARDO ARNALDO YAIPEN TRELLES

PROCEDENCIA: CANTERA SOJO

MUESTRA : GRAVA TMN 1/2"

FECHA : 28-Ene-22

Repetición N°		Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Variado		
		1	2	3	1	2	3
Peso del Molde + Agregado Seco	g	19197	19192	19132	20260	20488	20425
Peso del Molde	g	8092			8092		
Peso del Agregado Seco	g	13105	13010	13040	14168	14396	14333
Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	9143			9143		
Gravedad Específica del Agregado (SSD)	0.01g/cm <sup>3</sup>	2.741			2.741		
% Absorción del Agregado	0.1%	0.51			0.51		
Vectores en el Agregado	0.1%	47.7	48.1	48.0	43.5	42.8	42.8
Peso Unitario del Agregado	kg/m <sup>3</sup>	1433	1423	1428	1550	1575	1568
Peso Unitario del Agregado Promedio	kg/m <sup>3</sup>	1428			1564		

**GEOMAQ E.I.R.L.**  
CALLE 14 N° 1000 - PUNTA BLANCA  
DAVID CRISTOPHER VALLS RUIZ  
INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL  
CIP N° 251933

Figura N° 13: Resultados del peso unitario suelto seco y húmedo; y compactado seco y húmedo del Agregado Grueso.



Figura N° 14: Manguera vibradora, 38mm x 6m.



Figura N° 15: Vibrador MVDR-4 5.5HP.



# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS- MATERIALES- CONCRETOS- ASFALTO- ROCAS- FISICA- QUIMICA  
RUC N° 20602582721

---

**Área de Metrología**  
*Laboratorio de Física*

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### PTC - LF - 044 - 2020

Página 1 de 1

<b>1. Dependiente</b>	ETC-2020	<small>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales de International, que miden los valores de la medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</small>
<b>2. Solamente</b>	<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y SUELOS WISC S.R.L.</b>	
<b>3. Dirección</b>	CAL LA FENICENTEN UNO SEÑOR DE LOS MILAGROS- LAMBAYEQUE- CHICLAYO	
<b>4. Objeto</b>	<b>PRESA DE CONCRETO</b>	<small>Los resultados son válidos en el momento de la calibración, si cumpliendo la competencia dispuesta en el momento de ejecución de una medición, lo cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición y a reglamento vigente.</small>
<b>Capacidad</b>	20000 kgf	
<b>Marca</b>	A & A INSTRUMENT	
<b>Modelo</b>	STW - 20000	
<b>Número de Serie</b>	13214	<small>PERUTEST S.A.C no es responsable de los parámetros que puede ocasionar el uso indebido de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí documentada.</small>
<b>Procedencia</b>	CHINA	
<b>Identificación</b>	NO INEXCA	
<b>Indicador</b>	DIGITAL	
<b>Marca</b>	MC	<small>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</small>
<b>Modelo</b>	NO INEXCA	
<b>Número de Serie</b>	NO INEXCA	
<b>Resolución</b>	3F kgf	
<b>Ubicación</b>	NO INEXCA	<small>El certificado de calibración es físico y sólo consta de un ejemplar.</small>
<b>5. Fecha de Calibración</b>	2020-02-17	

---

**Fecha de Emisión**  
2020-02-18

**Jefe del Laboratorio de Metrología**



**MANTOS ALEJANDRO HUAGA TORRES**

**Sello**



☎ 013029621 - 013029622  
☎ 013029623 - 013029624  
✉ [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)  
🌐 [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

📍 H. La Marconi S/N, M/D. Av. 25 de Julio 05000  
 San Martín de Porres - Lima  
 RUCR554; Sucursal 0287 La Victoria - Chiclayo

Figura N° 16: Certificado de calibración de prensa hidráulica.



# PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182723

---

**Área de Metrología**  
Laboratorio de Física

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### FTC - LF - 044 - 2020

Página 1 de 1

---

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando pérvicos trazables al SI calibrados en las instalaciones del IIGI PUCP tomada como referencia el método descrito en la norma LNF-EN ISO 7580-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Universales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción-compresión, tracción o calibración del sistema de medida de fuerza" - Julio 2008.

**7. Lugar de calibración**

Instalaciones del Cliente  
CAL. LA RE NRO-0167 UPS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO

**8. Condiciones Ambientales**

	Único	Final
Temperatura	22.5 °C	22.8 °C
Humedad Relativa	61 % HR	61 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Traces patrones nacionales en Perú (Laboratorio de estándares nacionales)	GRUPO DE CARGA-DEI M05 150.4.2 1000 100000	MF-02-012-20

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza generó un espalte dentro de un intervalo de  $\pm 2.0$  °C.
- El equipo no indica datos de ensayo cumple con el criterio para máquinas de ensayo universales de clase de 2.0 según la norma LNF-EN ISO 7580-1.



☎ 91 2029623 - 91 2029623  
☎ 91 2029623 - 91 2029624  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. La Marina S/N. Int. D. Loma 25 con Las Olivas  
San Martín de Porras - Lima  
REGISTRADO: South Peru 1320 la Marina - Chiclayo

Figura N° 17: Certificado de calibración de prensa hidráulica.



Figura N° 18: Certificado de calibración de prensa hidráulica.