

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“EFECTO DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKA  
VISCOCRETE EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL  
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE”**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**Presentado por el Bachiller:**

**LEIDY YSIS YASODARA SÁNCHEZ HIDALGO**

**Asesora:**

**Dra. Ing. ROSA LLIQUE MONDRAGÓN**

**Cajamarca, diciembre de 2014**

COPYRIGHT © 2014 by  
LEIDY YSIS YASODARA SÁNCHEZ HIDALGO  
Todos los derechos reservados

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco infinitamente a Dios, por haberme guiado siempre y por mostrarme su amor en cada instante de mi vida.*

*A la Universidad de Nacional de Cajamarca y en especial a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, por mi formación académica.*

*A mi asesora la Ing. Rosa Llique Mondragón, por apoyo constante en todo el proceso y desarrollo de la presente investigación.*

*Así mismo agradecerle al Msc. Ing. Héctor Pérez Loayza, que me guio con su conocimiento.*

*Al Ing. Alberto Vásquez Díaz, Asesor de Negocios de la empresa Sika Perú S.A., por la donación del aditivo superplastificante Viscocrete 3330, sin el cual no habría sido posible la realización de esta investigación.*

*Finalmente agradecer por el apoyo y colaboración de mis familiares, amigos(as) y compañeros(as) de estudio, y a todas aquellas personas que me brindaron aliento y depositaron su confianza en mí.*

## **DEDICATORIA**

*A Dios y la Santísima Virgen María.*

*A mis padres Roger y Anita, por su incondicional  
apoyo y en recompensa a sus esfuerzos.*

*A mi hermana Meilyn, por su infinita compañía y  
amistad.*

*A mi familia en general, por ser mi motivación.*

## Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.3.    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.4.    ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.5.    LIMITACIONES .....	2
1.6.    OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.7.    HIPÓTESIS .....	3
1.8.    DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.    ANTECEDENTES TEÓRICOS .....	4
2.2.1.  A NIVEL INTERNACIONAL .....	4
2.2.2.  A NIVEL NACIONAL .....	6
2.2.3.  A NIVEL LOCAL .....	6
2.2.    BASES TEÓRICAS .....	6
2.2.1.  CONCRETO.....	6
2.2.2.  CONCRETO AUTOCOMPACTANTE .....	7
2.2.3.  VENTAJAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.....	7
2.2.4.  NORMATIVA ACTUAL .....	8
2.2.5.  COMPONENTES DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE .....	9
2.2.4.1.  CEMENTO .....	9
2.2.4.2.  AGREGADOS .....	12
2.2.4.3.  AGUA .....	19
2.2.4.4.  ADITIVO.....	20
2.2.4.5.  ADICIONES .....	23
2.2.6.  CARACTERÍSTICAS DEL CAC EN ESTADO FRESCO .....	23
2.2.3.1.  PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO .....	23
2.2.3.2.  ENSAYOS PARA CARACTERIZAR LA AUTOCOMPACTIBILIDAD .....	25
2.2.3.3.  EXIGENCIAS DE AUTOCOMPACTIBILIDAD.....	31
2.2.7.  MÉTODOS DE DOSIFICACIÓN .....	32
2.2.8.  PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO .....	35
2.2.7.1  RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN.....	35
2.2.7.2  MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	35
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
3.1.    METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	37
3.1.1  TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.1.2  DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	37

3.1.3	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	38
3.1.4	MUESTRA .....	38
3.1.5	UNIDAD DE ANÁLISIS .....	38
3.2.	PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	39
3.2.1.	SELECCIÓN DE CANTERA.....	39
3.2.2.	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS .....	40
3.2.3.	DISEÑO DE MEZCLAS .....	42
3.2.4.	ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES .....	43
3.2.5.	ENSAYO DE FLUJO DE ASENTAMIENTO Y T50 (Capacidad de relleno y Resistencia a la Segregación).....	44
3.2.6.	ENSAYO DE CAJA L (Capacidad de Paso) .....	45
3.2.7.	ENSAYO DE CAJA U (Capacidad de Relleno y Paso) .....	46
3.2.8.	CURADO DE ESPECÍMENES .....	47
3.2.9.	PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES .....	47
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		49
3.1.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS .....	49
3.2.	DISEÑO DE MEZCLA .....	52
3.3.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO .....	58
3.4.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO .....	61
3.5.	RESUMEN DE LOS COSTOS DE LOS MATERIALES POR TIPO DE MUESTRA ELABORADA.....	67
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		70
4.1.	CONCLUSIONES.....	70
4.2.	RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		72
ANEXOS .....		74
A)	ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	74
B)	DISEÑO DE MEZCLA CON DIFERENTE PORCENTAJE DE ADITIVO .....	85
C)	ENSAYOS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.....	99
D)	TABLAS .....	100
E)	GRÁFICA DE ROTURA DE PROBETAS .....	103
F)	CERTIFICADO DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES .....	139
G)	HOJA TÉCNICA .....	140
H)	PANEL FOTOGRÁFICO .....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Propiedades del concreto autocompactante en estado fresco .....	25
<b>Figura 2:</b> Dimensiones de cono de Abrams y montaje del ensayo de escurrimiento.....	26
<b>Figura 3:</b> Configuración de la caja en L: a) vista general del molde, b) planta, c) disposición de las barras para un tamaño máximo de árido $\leq 20$ mm, y d) disposición de las barras para un tamaño máximo de árido $> 20$ mm (ACHE 2008).....	28
<b>Figura 4:</b> Determinación de las alturas H1, H2 (ACHE 2008).....	29
<b>Figura 5:</b> Dimensiones de la caja U y ensayo (ACHE, 2008).....	30
<b>Figura 6:</b> Diagrama del circuito experimental para la evaluación de concreto autocompactante .....	39
<b>Figura 7:</b> Ubicación de cantera .....	40
<b>Figura 8:</b> Curva granulométrica para el agregado fino .....	49
<b>Figura 9:</b> Curva granulométrica para el agregado grueso.....	50
<b>Figura 10:</b> Peso unitario del concreto fresco para diferentes porcentajes de aditivo .....	60
<b>Figura 11:</b> Resistencia promedio a la compresión a los 7 días. ....	62
<b>Figura 12:</b> Resistencia promedio a la compresión a los 14 días. ....	63
<b>Figura 13:</b> Resistencia promedio a la compresión a los 28 días. ....	63
<b>Figura 14:</b> Resumen de Resistencia promedio a la compresión a los 7,14 y 28 días.....	64
<b>Figura 15:</b> Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en función de tiempo, para varias dosificaciones.....	64
<b>Figura 16:</b> Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en función del porcentaje de aditivo, para varios tiempos de curado.....	65
<b>Figura 17:</b> Comparación del el cálculo de módulo de elasticidad. ....	66
<b>Figura 18:</b> Comparación del costo parcial del concreto por m <sup>3</sup> , para diferentes dosis de aditivo. ....	69
<b>Figura 19:</b> Primer curva granulométrica para el agregado fino .....	74
<b>Figura 20:</b> Segunda curva granulométrica para el agregado fino .....	75
<b>Figura 21:</b> Tercer curva granulométrica para el agregado fino.....	76
<b>Figura 22:</b> Primera curva granulométrica para el agregado grueso .....	77
<b>Figura 23:</b> Segundo curva granulométrica para el agregado grueso.....	78
<b>Figura 24:</b> Tercer curva granulométrica para el agregado grueso .....	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Granulometría de filler mineral.....	13
<b>Tabla 2:</b> Recomendaciones de la Guía Europea para el ensayo de Escurrimiento.....	27
<b>Tabla 3:</b> Rango admisible de los ensayos normalizados (Instrucción EHE-08).....	31
<b>Tabla 4:</b> Rango admisible de los ensayos no normalizados (ACHE 2008).....	31
<b>Tabla 5:</b> Parámetros de los ensayos en estado fresco (EFNARC 2002).....	32
<b>Tabla 6:</b> Sugerencia del contenido de finos de la ACI para 1 m <sup>3</sup> de concreto .....	33
<b>Tabla 7:</b> Valores recomendados para la dosificación de un concreto autocompactante.....	34
<b>Tabla 8:</b> Rangos típicos para la dosificación de un concreto autocompactante según la Instrucción EHE-08 (ACHE 2008).....	34
<b>Tabla 9:</b> Rangos típicos para la dosificación de un concreto autocompactante según EFNARC (EFNARC 2002).....	34
<b>Tabla 10.</b> Tipificación de la investigación .....	37

<b>Tabla 11.</b> Matriz experimental de diseño y niveles de variable de estudio .....	38
<b>Tabla 12.</b> Ensayos realizados y normas aplicadas para determinación de propiedades de los agregados .....	42
<b>Tabla 13.</b> Ensayos realizados y normas aplicadas para la elaboración de especímenes .....	44
<b>Tabla 14.</b> Resultados del análisis granulométrico de agregado fino .....	49
<b>Tabla 15.</b> Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso .....	50
<b>Tabla 16.</b> Resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados. ....	51
<b>Tabla 17.</b> Resumen de ensayo de extensión de flujo (Cono de Abrams) .....	58
<b>Tabla 18.</b> Resumen de ensayo de caja L (capacidad de paso).....	59
<b>Tabla 19.</b> Resumen de ensayo de caja U (capacidad de paso y relleno) .....	59
<b>Tabla 20.</b> Valores de peso unitario para concreto fresco .....	60
<b>Tabla 21.</b> Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 de curado .....	61
<b>Tabla 22.</b> Resumen comparativo de resultados de resistencia promedio a la compresión.....	62
<b>Tabla 23.</b> Módulo de Elasticidad según la Norma E-060.....	66
<b>Tabla 24.</b> Módulo de Elasticidad según grafica esfuerzo deformación.....	66
<b>Tabla 25.</b> Costo del Concreto Patrón por m <sup>3</sup> (0% de aditivo) .....	67
<b>Tabla 26.</b> Costo del Concreto Autocompactante por m <sup>3</sup> (1% de aditivo).....	67
<b>Tabla 27.</b> Costo del Concreto Autocompactante por m <sup>3</sup> (1.5% de aditivo).....	68
<b>Tabla 28.</b> Costo del Concreto Autocompactante por m <sup>3</sup> (2% de aditivo).....	68
<b>Tabla 29.</b> Resumen Costo del Concreto Patrón y Autocompactante por m <sup>3</sup> .....	68
<b>Tabla 30.</b> Primer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado fino ...	74
<b>Tabla 31.</b> Segundo ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado fino	75
<b>Tabla 32.</b> Tercer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado fino....	76
<b>Tabla 33.</b> Primer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado grueso	77
<b>Tabla 34.</b> Segundo ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado grueso .....	78
<b>Tabla 35.</b> Tercer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado grueso	79
<b>Tabla 36.</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino .....	80
<b>Tabla 37.</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso .....	81
<b>Tabla 38.</b> Ensayo de contenido de humedad del agregado fino .....	81
<b>Tabla 39.</b> Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso .....	82
<b>Tabla 40.</b> Calculo de peso específico del agua y del factor f .....	82
<b>Tabla 41.</b> Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino .....	83
<b>Tabla 42.</b> Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino .....	83
<b>Tabla 43.</b> Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.....	83
<b>Tabla 44.</b> Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso .....	84
<b>Tabla 45.</b> Ensayo de resistencia a la abrasión .....	84



## RESUMEN

El concreto autocompactante es aquel concreto que por la acción de su propio peso, es capaz de fluir y rellenar perfectamente el encofrado, aún en el caso de altas densidades de armadura. Estos concretos poseen la ventaja de eliminar la compactación manual o la compactación mediante vibración y dan una terminación superficial de gran calidad.

Esta investigación estudia concretos autocompactantes de resistencia media, como una alternativa para mejorar la insuficiente trabajabilidad del concreto convencional y para su posible aplicación en edificación e incluso en obras civiles en general. Dentro de la investigación se analiza la variación del comportamiento del concreto autocompactante en función al porcentaje de aditivo superplastificante utilizado, ya que este parámetro influye en su microestructura y por lo tanto su comportamiento resistente. Además contempla el análisis de propiedades del concreto en estado fresco empleado ensayos de escurrimiento, caja en L y Caja U; así como otra propiedad del concreto en estado endurecido que es el módulo de elasticidad.

Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto que conforme se incrementa las dosis de superplastificante la resistencia a compresión disminuye, siendo el porcentaje óptimo de aditivo 1% en peso del cemento, la cual produce un incremento de resistencia a compresión en más de 10%.

**Palabras claves:** Concreto, Autocompactante, Resistencia, Aditivo, Segregación, Exudación.

## ABSTRACT

That self-compacting concrete is concrete by the action of its own weight, is able to flow and fill the formwork perfectly, even in the case of high densities of armor. These particular have the advantage of eliminating manual compaction or compaction by vibration and give a high quality surface finish.

This research examines self-compacting concrete medium strength, as an alternative to improve the workability of conventional concrete enough and for possible application in buildings and even in civil works in general. During the investigation of the variation in behavior self-compacting concrete according to the percentage of superplasticizer additive used is analyzed, as this parameter influences the microstructure and therefore its tough behavior. Also includes the analysis of properties of fresh concrete tests runoff employee, L-box and U-box; and other properties of the hardened concrete is the modulus of elasticity.

The results have shown that as the dose of superplasticizer decreased compressive strength is increased, with the optimum percentage of additive 1% by weight of cement, which produces an increase in compressive strength more than 10%.

**Key words:** Concrete, Self Compacting, Endurance, Additive, Segregation, exudation.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La insuficiente trabajabilidad de la mezcla de concreto tradicionales (CT) ha ocasionado que se tienda a incorporar demasiada agua de mezcla al concreto, con el fin de obtener una masa con buenas características de manejabilidad, aumentando así la relación agua cemento (A/C), facilitando la creación de poros capilares, reduciendo la resistencia del concreto y por ende su durabilidad.

La aplicación de nuevas tecnologías ofrece una solución para la elaboración de concreto duradero, independiente de la calidad del trabajo de la construcción, mediante el empleo de concreto autocompactante (CAC), el cual es capaz de rellenar todos los rincones del encofrado, pues se compacta bajo su propio peso sin necesidad de compactación mecánica o vibratoria (Okamura 2002).

El concreto autocompactante se emplea donde por requerimientos productivos o técnicos la ausencia de métodos de compactación sea una necesidad o una ventaja, como por ejemplo obras o piezas con elevada densidad de armadura, moldes complejos o zonas de difícil acceso con agujas vibratorias o de difícil aplicación de vibración externa. La elevada trabajabilidad que posee permite reducir sustancialmente la mano de obra necesaria durante su colocación, reducir tiempo y reducir costos provenientes de la vibración o compactación mecánica.

Por ello la presente investigación tiene como finalidad hacer una evaluación de la resistencia mecánica que ofrecen el aditivo superplastificante sika viscocrete para la fabricación de un concreto autocompactante. Además permitirá el estudio de tecnologías que permitan mejorar la trabajabilidad de concretos sin afectar las características de diseño requerido de la misma.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el efecto del aditivo superplastificante sika viscocrete en la resistencia mecánica a compresión del concreto autocompactante?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio y tecnología de concretos autocompactantes es relativamente nuevo en nuestro medio, por lo cual existe carencia de información sobre el tema. La presente investigación será de utilidad para estudiantes, profesionales y otros investigadores; así como también contribuirá a la mejora de la calidad de construcción con concreto en la ciudad.

Los concretos autocompactantes poseen la ventaja de eliminar la compactación manual y evitar los problemas de ruido, molestias, etc., que conlleva la compactación mediante vibración, permitiendo rellenar perfectamente los moldes o encofrados, aún en el caso de alta densidad de armaduras y dar una terminación superficial de gran calidad.

Además evaluar la resistencia mecánica a compresión de este tipo de concretos, no sólo tiene como propósito establecer el valor de la variación de la resistencia de manera cuantitativa, si también permite establecer la aplicación óptima del aditivo. De acuerdo a los resultados obtenidos se podrá evaluar su eficiencia en la mezcla, permitiendo disminución de costos, mejorar el nivel de productividad y asegurar un concreto durable.

### **1.4. ALCANCES Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio se realizó en el distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, entre los meses de agosto a diciembre del 2014.

La investigación realizó una evaluación del efecto del aditivo superplastificante sika visocrete en la resistencia a la compresión axial del concreto autocompactante. Para su elaboración se utilizó cemento portland tipo I, agua potable, agregado del rio Chonta (el cual fue ensayado en laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas) y aditivo superplastificante Sika Viscocrete. La resistencia a la compresión del concreto ( $f'c=280\text{kg/cm}^2$ ) se estableció en el momento de hacer el diseño y las dosis del aditivo están en función a la ficha técnica del mismo.

### **1.5. LIMITACIONES**

Los resultados son representativos solamente para esta investigación.

## **1.6. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

- Evaluar el efecto del aditivo superplastificante sika visocrete en la resistencia mecánica a compresión del concreto autocompactante.

## **1.7. HIPÓTESIS**

La resistencia a la compresión del concreto autocompactante elaborado con aditivo sika visocrete es mayor en más de 10% al concreto tradicional.

## **1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **Variables Independientes**

**X1.** Aditivo superplastificante sika visocrete.

### **Variable Dependiente**

**Y1.** La resistencia a la compresión del concreto autocompactante.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS**

El desarrollo del concreto a través de los años ha evolucionado de manera considerable. Cada vez son más las empresas dedicadas al mejoramiento de los diferentes concretos, desde el punto de vista de durabilidad, disminución en la cantidad de agua, uso de acelerantes, retardantes de fragua, modificadores de viscosidad, etc.

El concreto autocompactante es un nuevo y revolucionario concepto que proporciona grandes ventajas a productores, contratistas y a sus clientes. Es un concreto de alto desempeño altamente fluido y aún estable que puede colocarse y extenderse fácilmente en sitio bajo su propio peso, con una excelente consolidación en ausencia de vibración y sin exhibir defectos debidos a segregación y exudación, presentando así un excelente acabado superficial en áreas y zonas de difícil acceso dentro de la formaleta.

El concreto autocompactante puede emplearse en obras in situ o en la industria del prefabricado con cualquier método de colocación, siempre y cuando se tengan superficies horizontales o con pequeñas pendientes y las piezas o elementos estructurales no posean un canto variable en la parte superior.

#### **2.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Los primeros estudios sobre concreto autocompactante fueron realizados por el profesor Hajime Okamura en la Universidad de Tokio (Japón) en 1986, acuñando previamente el nombre de "High Performance Concrete" y empleándose el término concreto autocompactante (Self Compacting Concrete) unos años más tarde. Fue planteado como la solución para aumentar la durabilidad de las estructuras de concreto y para racionalizar los sistemas constructivos. La comunidad científica pronto empezó a publicar las primeras referencias y a estudiar el nuevo material, siendo destacables las siguientes:

- En 1989 en la Segunda Conferencia del Pacífico y Este de Asia, organizado por Ingeniería Estructural y Construcción (EASEC-2), se presentó la primera ponencia sobre hormigón autocompactante realizada por Ozawa.

- La Unión Internacional de Laboratorios y Expertos en Materiales de Construcción, Sistemas y Estructuras, (RILEM, por su nombre en francés) formó un comité para el estudio del concreto autocompactante en 1997.

- La federación europea dedicada a sistemas específicos de concreto y productos químicos especializados para la construcción, EFNARC por su nombre en inglés, en sus especificaciones definen los requisitos específicos para el CAC, su composición y aplicación. Los Anexos también incluyen una gran abundancia de útiles consejos para los diseñadores y proyectistas, los fabricantes de hormigón, los contratistas, las autoridades reguladoras y las organizaciones de control (EFNARC 2002).

- El Grupo de Proyecto Europeo en sus “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante Especificaciones Producción y Uso” dan a conocer las propiedades estructurales, especificaciones para su preparación, dosificación de la mezcla, requerimiento, métodos de ensayo para la caracterización de su fluidez (ensayo de embudo V, caja L y resistencia a la segregación) (GPE 2006).

Además un aspecto de gran preocupación en los CAC es su gran fluidez pues puede generar segregación en la mezcla. Por ellos se ha investigado sobre la homogeneidad de concretos autocompactantes, mediante la comparación de dos tipos de concreto, uno autocompactante y otro tradicional con vibrado; los resultados de su investigación apuntan que el concreto autocompactante presenta buena resistencia a la segregación aunque menor que la registrada en concretos tradicionales. A pesar de ello su estructura porosa tiende a ser más uniforme. Asimismo el concreto autocompactante presenta mayor densidad aparente, menor porosidad, menor tamaño de poro, lo que le otorga mejores prestaciones frente a la penetración de agua (Valcuenta et. al 2007).

El interés de producir concretos de mejor calidad no ha quedado ahí, dentro del campo de la durabilidad de concreto relacionado con el transporte de compuestos agresivos a través de la red porosa de su estructura, se han hecho estudios para la mejora de concreto autocompactante usando ceniza volante (fly ash) o filler calizo con el fin de reducir la permeabilidad y su estructura porosa. Para ello se realizó ensayos de permeabilidad al agua bajo presión y estudios de la porosimetría; obteniendo entre sus resultados que el uso de ceniza volante ofrece una mejora en las características mecánicas, disminución la

permeabilidad de los concretos autocompactantes con respecto a la adición de filler calizo. Además se puede verificar que el uso de aditivo súper-plastificante superior al 2% el peso del cemento, puede resultar perjudicial en la pérdida de fluidez e incluso la segregación (Bermejo 2010)

### **2.2.2. A NIVEL NACIONAL**

Conocer la tecnología y propiedades del concreto autocompactante, así como los materiales, selección de proporciones y control de calidad de este concreto innovador es muy importante, pues genera una alternativa de mejora en la productividad y rendimiento en la construcción (Alegre 2001).

Además es importante tener en consideración que las mezclas de concreto, al ser fluidas, no necesariamente son autocompactantes, debido principalmente al bloqueo generado por la poca presencia de pasta. Estudios del comportamiento y la reología de mezclas de concreto fluidas usando el diseño de las instituciones de la EFNARC y ACI (Instituto Americano del Concreto), demostraron que medida que se disminuía el contenido de pasta, disminuían las propiedades del concreto autocompactante. Por ello en este tipo de concretos se debe incrementar el contenido de agregado fino (AF) y disminuir el agregado grueso (AG) (Santa cruz 2013)

### **2.2.3. A NIVEL LOCAL**

En nuestro medio existe poca información en el tema de concretos autocompactantes, dentro de la cual se puede mencionar la tesis sobre la “Incidencia del porcentaje de microsílíce en un concreto autocompactante”, la cual obtuvo como conclusiones más resaltantes que conforme se aumenta el porcentaje de microsílíce (desde el 4% hasta el 12%) la resistencia a la compresión también aumenta y siendo las dosis de 12% en peso de cemento la cual obtiene mayor resistencia a la compresión tanto a los 7,14,28 días (Vilca 2011).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CONCRETO**

El concreto es un material heterogéneo el cual está compuesto principalmente por la combinación de cemento, agua, agregado fino y grueso. Además contiene un pequeño



volumen de aire atrapado y puede contener aire intencionalmente incorporado mediante el empleo aditivo (Rivva 2007).

### **2.2.2. CONCRETO AUTOCOMPACTANTE**

El concreto autocompactante (CAC) es un tipo de concreto que no requiere ningún método de compactación, fluye por su propio peso, ocupando completamente la forma del encofrado y alcanza una plena compactación, aún en presencia de una alta densidad de armaduras. Este hormigón endurecido es denso, homogéneo y tiene las mismas propiedades estructurales y una vida útil igual a la del hormigón convencional compactado por vibración (GPE 2006)

### **2.2.3. VENTAJAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE**

Las ventajas del concreto autocompactante son:

- ✓ Reducción de la mano de obra y equipos necesarios debido a la elevada trabajabilidad que posee durante su colocación.
- ✓ Compactación adecuada del hormigón autocompactante, es decir, se evitan los problemas de una vibración inadecuada y es independiente de la formación y experiencia de los operarios.
- ✓ Reducción del ruido debido a la eliminación de la vibración.
- ✓ Reducción del plazo de ejecución debido a su alta productividad.
- ✓ Reducción de los riesgos laborales mejorando la salud laboral y el ambiente de trabajo.
- ✓ Facilita el hormigonado de estructuras más complejas o densamente armadas creando una mayor disposición de puntos de hormigonado. De esta manera se pueden diseñar elementos arquitectónicos y estructurales más complejos.
- ✓ Se mejoran los acabados.
- ✓ Es más rentable cuando se considera el coste total de la obra.
- ✓ En el sector de la prefabricación, además de las ventajas citadas anteriormente, existen otras como el aumento de la vida útil de los moldes debido a la ausencia de vibración que es el principal factor de desgaste de los mismos, pudiéndose usar moldes más ligeros y reducción de los gastos de mantenimiento.

#### 2.2.4. NORMATIVA ACTUAL

Recientemente la norma técnica peruana (NTP) publicó cuatro normas sobre concretos autocompactantes, que son las siguientes:

NTP 339.218. Hormigón (concreto). Método de ensayo normalizado para la segregación estática del hormigón (concreto) autocompactante. Ensayo de columna.

NTP 339.219. Hormigón (concreto). Método de ensayo estándar para determinar la fluidez de asentamiento del concreto autocompactado.

NTP 339.220. Hormigón (concreto). Método de ensayo estándar para determinar la habilidad de paso del concreto autocompactado por el anillo.

NTP 339.236. Concreto. Método de ensayo normalizado para la evaluación rápida de la resistencia a la segregación estática del concreto autocompactante utilizando el ensayo de penetración.

A pesar de ello, estas normas aún siguen siendo insuficientes para la evaluación y caracterización de este tipo de concretos, por lo cual se tiene que recurrir a normas extranjeras como:

La Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE-08) en su Anejo 17, que es específico para la utilización del concreto autocompactante.

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) publicó las cuatro normas UNE (Una Norma Española) existentes de ensayos para la caracterización del comportamiento en estado fresco del concreto autocompactante y que son las siguientes:

- ✓ UNE 83361:2007. Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez. Ensayo de escurrimiento.
- ✓ UNE 83362:2007. Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Ensayo del escurrimiento con el anillo japonés.
- ✓ UNE 83363:2007. Hormigón autocompactante. Caracterización de la fluidez en presencia de barras. Método de la caja en L.
- ✓ UNE 83364:2007. Hormigón autocompactante. Determinación del tiempo de flujo.

Además existen diversas guías o recomendaciones que han publicado diversos organismos entre las que destacan las siguientes:

- ✓ Durability of Self-Compacting Concrete. State of the Art Report of RILEM Technical Committee 205-SCC (De Schutter et al. 2007).
- ✓ Self-Consolidating Concrete. American Concrete Institute (ACI) 237R-07. (ACI 2007).
- ✓ Guía Práctica para la Utilización del Hormigón Autocompactante. Instituto Español de Cementos y sus Aplicaciones (IECA) (Fernández et al. 2005).
- ✓ Especificaciones y Directrices para Hormigón Autocompactable. Federación Europea dedicada a sistemas específicos de hormigón y productos químicos especializados para la construcción (EFNARC 2002).

## **2.2.5. COMPONENTES DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE**

A continuación se describen los materiales empleados en la fabricación del concreto autocompactante.

### **2.2.4.1. CEMENTO**

#### **1. Definición**

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. Hasta este punto la molienda entre estas rocas es llamada Clinker, esta se convierte en cemento cuando se le agrega yeso, este le da la propiedad a esta mezcla para que pueda fraguar y endurecerse. Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada concreto (Norma: NTP 334.001)

No existen requisitos en cuanto al tipo de cemento, los criterios de elección para un concreto autocompactante son similares a los empleados en un concreto convencional.

La cantidad de cemento a utilizar oscila entre los 350-450 kg/m<sup>3</sup>. No debiendo superar los 500 kg/m<sup>3</sup> por que puede haber problemas de retracción por excesivo calor de

hidratación. Se puede disminuir la cantidad de 350 kg/m<sup>3</sup> si se usa un cemento con adiciones activas (EFNARC 2002).

## **2. Propiedades de cemento**

### **a) Finura**

La finura del cemento influye en el calor liberado y en la velocidad de hidratación. A mayor finura del cemento, mayor rapidez de hidratación del cemento y por lo tanto mayor desarrollo de resistencia. Los efectos que una mayor finura provoca sobre la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros siete días (Norma: ASTM 325, 430).

### **b) Consistencia**

La consistencia se refiere a la movilidad relativa de una pasta de cemento o mortero recién mezclado o bien a su capacidad de fluir (Norma: ASTM 230). Ambos métodos, el de consistencia normal y el de la prueba de fluidez sirven para regular los contenidos de agua de las pastas y morteros respectivamente, que serán empleados en pruebas subsecuentes. Ambos permiten comparar distintos ingredientes con la misma penetración o fluidez.

### **c) Fraguado**

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del concreto (o mortero de cemento). La velocidad de fraguado viene limitado por las normas estableciendo un periodo de tiempo, a partir del amasado, dentro del cual debe producirse el principio y fin del fraguado (Norma: ASTM 150).

### **d) Resistencia a la compresión**

En términos generales, la resistencia mecánica, que potencialmente puede desarrollar el concreto, depende de la resistencia individual de los agregados y de la pasta de cemento endurecida, así como, de la adherencia que se produce en ambos materiales. En la práctica, habría que añadir a estos factores el grado de densificación logrado en la mezcla ya que, como ocurre con otros materiales, la proporción de vacíos en el concreto endurecido tiene un efecto decisivo en su resistencia

La velocidad de endurecimiento del cemento depende de las propiedades químicas y físicas del propio cemento y de las condiciones de curado, como son la temperatura y la humedad. La relación agua cemento (A/C) influye sobre el valor de la resistencia última,

con base en el efecto del agua sobre la porosidad de la pasta.

Una relación A/C elevada produce una pasta de alta porosidad y baja resistencia.

La resistencia es medida a los 3, 7 y 28 días, teniendo estas que cumplir los valores mínimos. Para determinar la resistencia a la compresión se realiza un ensayo de compresión (NTP 339.034).

### **3. Cemento portland**

Es un producto artificial obtenido por la calcinación de mezcla adecuadamente molidas de materias primas de caliza, arcilla y minerales de hierro formándose así un compuesto llamado Clinker. Luego por la pulverización del Clinker de cemento portland con una adición de sulfato de cálcico di hidratado (Yeso) se forma del cemento.

### **4. Tipos de cemento portland**

Cemento Portland (ASTM C-150)

- Tipo I : Normal para uso general
- Tipo II: Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo III: Rápida resistencia inicial
- Tipo IV: Bajo calor de hidratación
- Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos

Cemento portland adicionado (ASTM 1157)

- Tipo GU: Para construcciones en general
- Tipo MS: Moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo HE: Rápida resistencia inicial
- Tipo HS: Alta resistencia a los sulfatos
- Tipo MH: Moderado calor de hidratación
- Tipo LH: Bajo calor de hidratación

Cemento portland adicionado ASTM C-595

- Tipo IS: Cemento portland escoria de alto horno
- Tipo IP y P: Cemento portland puzolánico
- Tipo S: Cemento portland de escoria
- Tipo 1 (PM): Cemento portland modificado con puzolana
- Tipo 1 (SM): Cemento portland modificado con escoria

## **2.2.4.2. AGREGADOS**

### **1. Definición**

Se define como agregado al conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP. Se les llama también áridos (Norma NTP 400.011).

Los concretos autocompactantes emplean los mismos agregados que un concreto convencional, pues no requiere ninguna especificación físico-química particular aunque se debe prestar una especial atención a la calidad y distribución de los tamaños de los mismos porque influirán en el comportamiento en el estado fresco del concreto autocompactante.

### **2. Clasificación**

#### **a) Agregado fino**

El agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8" (9.51mm) y es retenido en el N° 200 (0.074mm), además debe cumplir con los milites establecidos en la norma NTP (Norma ASTM C 33, NTP 400.037).

No existen limitaciones en cuanto a la naturaleza del agregado fino, se debe emplear arenas continuas sin cortes en la granulometría y preferiblemente naturales. Es preferible un cierto aporte de finos de las arenas para reducir la demanda de adicción y cemento.

Dentro de los dos tipos de arenas que se tienen, es decir, rodada o machacada, son las primeras las que favorecen la trabajabilidad del concreto debido a su menor relación superficie/volumen; en cambio las arenas de machaqueo incrementan la fricción de la mezcla lo que implica tener que añadir más agua o aditivo superplastificante para conseguir los mismos resultados que con las primeras (ACI 2007).

#### **b) Agregado grueso**

El agregado grueso es el retenido en el tamiz normalizado N° 4 (4.75mm) proviene de la desagregación natural o artificial de la roca (Norma ASTM C 33, NTP 400.037).

La única especificación en particular que requiere el concreto autocompactante en

comparación con el convencional es la limitación del árido grueso para conseguir una mezcla más uniforme y evitar problemas de bloqueo en el paso de la masa en estado fresco entre las armaduras.

Según el Anejo 17 de la Instrucción de hormigón estructural (EHE-08), en su Artículo 28°, el tamaño máximo de árido para el concreto autocompactante, se limita a 25 mm, siendo recomendable utilizar tamaños máximos comprendidos entre 12 mm y 20 mm, en función de la disposición de armaduras.

### c) Filler calizo

El filler mineral es un árido que se emplea en el concreto autocompactante con el objetivo de dar cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Como consecuencia de ello se evita la segregación de los áridos gruesos y la exudación del agua.

Las propiedades del filler mineral (finura, granulometría y naturaleza) influyen en el comportamiento del concreto porque de acuerdo con éstas demandará más o menos agua y/o aditivo superplastificante.

La granulometría de este tipo de material se define en la Tabla siguiente de acuerdo con la norma UNE-EN 12620:2002. La tendencia general fija que las partículas cuyo diámetro sea inferior a 0,125 mm se consideren como material fino incluyéndose en ellas el cemento, el filler mineral y las adiciones.

**Tabla 1.** Granulometría de filler mineral

Tamaño del tamiz (mm)	% en masa que pasa
2	100
0.125	85-100
0.063	70-100

El contenido total de finos en el concreto autocompactante varía entre 450-600 kg/m<sup>3</sup>, incluyendo el cemento más la adición. Pero, en el Anejo 17 de la Instrucción EHE-08, en su Artículo 28°, recomienda que la cantidad máxima de finos (teniendo en cuenta el filler y los finos de los áridos) menores de 0,063 mm sea de 250 kg/m<sup>3</sup>.

El contenido de finos no se refiere al contenido de arena fina ni a la cantidad de piedras de tamaño menor, sino a partículas de tamaños inferiores a 0,125mm (menor a la malla N° 100).

Entre los distintos tipos de fillers existentes destacan: el filler calizo, el filler dolomítico y la puzolana natural, siendo el más común el primero.

### **3. Propiedades físicas de los agregados**

#### **a) Análisis Granulométrico**

Consiste en separar por medio de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores para la determinación de la distribución del tamaño de las partículas (Norma: ASTM C 136, NTP 400,037).

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

Del análisis granulométrico se desprende los siguientes conceptos:

**Tamaño máximo:** es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

**Tamaño máximo nominal:** es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada en la que se produce el primer retenido.

#### **b) Módulo de finura**

El módulo de finura, también llamado modulo granulométrico por algunos autores, es un indicador del grosor predominante de las partículas de agregado. El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. (Norma ASTM C 125, ASTM C 136, NTP 334.045)

#### **Para el agregado fino**

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.



$$mf = \frac{\% \text{ ret. acum. malla}(\text{N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100} \dots (1)$$

Los valores de M.F. deben ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1, para el agregado fino.

#### **Para el agregado grueso**

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.

$$mf = \frac{\% \text{ ret. acum. malla}(3", 1 1/2", 3/4", 3/8", \text{N}^\circ 4) + 500}{100} \dots (2)$$

#### **c) Peso específico y absorción**

(Norma ASTM C 127, ASTM C 128, NTP 400.021, NTP 400.022)

❖ **Peso específico:** Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas a una temperatura constante

Según el sistema internacional de unidades el término correcto es densidad.

❖ **Peso específico de masa:** Viene la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material) a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

#### **Para el agregado fino**

$$P. e. m = \frac{W_o}{V - V_a} \dots (3)$$

Donde:

P.e.m: peso específico de masa

W<sub>o</sub>: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

V: volumen de la frasco o fiola (cm<sup>3</sup>)

V<sub>a</sub>: peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadida

#### **Para el agregado grueso**

$$P. e. m = \frac{A}{B - C} \dots (4)$$

Donde:

P.e.m: peso específico de masa

A: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

B: peso de la muestra de ensayo de superficie saturada en aire (gr)

C: peso aparente de la muestra saturada en el agua (gr)

- ❖ **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:** tiene la misma definición que peso específico de masa pero con la salvedad de que la masa incluye el agua de los poros permeables.

#### **Para el agregado fino**

$$P. e. s. s = \frac{500}{V - V_a} \dots (5)$$

Donde:

P.e.s.s: peso específico de masa saturada superficialmente seca.

V: volumen de la frasco o fiola (cm<sup>3</sup>)

V<sub>a</sub>: peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadida

#### **Para el agregado grueso**

$$P. e. s. s = \frac{B}{B - C} \dots (6)$$

Donde:

P.e.s.s: peso específico de masa

B: peso de la muestra de ensayo de superficie saturada en aire (gr)

C: peso aparente de la muestra saturada en el agua (gr)

- ❖ **Peso específico aparente:** es la relación de la masa en el aire un volumen unitario de material, a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción permeable.

### Para el agregado fino

$$P. e. a = \frac{W_o}{(V - V_a)(500 - W_o)} \dots (7)$$

Donde:

P.e.a: peso específico aparente

W<sub>o</sub>: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

V: volumen de la frasco o fiola (cm<sup>3</sup>)

V<sub>a</sub>: peso (gr) o volumen (cm<sup>3</sup>) del agua añadida

### Para el agregado grueso

$$P. e. a = \frac{A}{A - C} \dots (8)$$

Donde:

P.e.a: peso específico aparente

A: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

C: peso aparente de la muestra saturada en el agua (gr)

El peso específico que más se utiliza por su fácil determinación, para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad necesaria de agregado para un volumen determinado de concreto; es aquel que está referido a la condición de saturado superficialmente seca.

- ❖ **Absorción:** es el aumento de la masa de los agregados debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, que se expresa como porcentaje de masa seca.

### Para el agregado fino

$$Abs = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100 \dots (9)$$

Donde:

Abs: porcentaje de absorción

W<sub>o</sub>: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

### Para el agregado grueso

$$\text{Abs} = \frac{B - A}{A} * 100 \dots (10)$$

Donde:

Abs: porcentaje de absorción

A: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

B: peso de la muestra de ensayo de superficie saturada en aire (gr)

### d) Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene un material (agregado) en su estado natural. Se puede expresar en porcentaje de contenido de humedad sobre la muestra seca (Norma: ASTM C 566, NTP 339.185).

$$w(\%) = \frac{Ph - Ps}{Ps} x 100 \dots (11)$$

Donde:

Ps: Peso de la muestra secada al horno (gr.)

Ph: Peso de la muestra humedad (gr.)

### e) Peso unitario

Es el peso (masa) de muestra seca al ocupar un recipiente de volumen conocido en estado suelto o compactado. (Norma: ASTM C 29, NTP 400.017).

$$\text{PU} = (A - B) / V \dots (12)$$

$$\text{PU} = (A - B) x f \dots (13)$$

Donde:

A: peso del recipiente más agregado (kg).

B: peso del recipiente.

V: volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

f: factor de calibración del recipiente (1/m<sup>3</sup>).

P.e agua= peso específico del agua (kg/m<sup>3</sup>)

Wa = peso del agua para llenar el recipiente a 16.7°C (kg)

$$f = \frac{P. e \text{ agua}}{W_a} \dots (14)$$

#### f) Abrasión

Es la oposición que presentan los agregados sometidos a fuerzas de impacto y al desgaste por abrasión y frotamiento, ya sea de carácter mecánico o hidráulico.

Se mide en función inversa al incremento del agregado fino, y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste (Norma: ASTM C 131, NTP 400.019).

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100 \dots (15)$$

Donde:

De: porcentaje de desgaste (%).

Wo: peso original de la muestra (gr).

Wf: peso final de la muestra (gr).

#### 2.2.4.3. AGUA

El agua es un componente esencial en la mezcla de concreto y morteros, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de impurezas o sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas, sedimentos y materias orgánicas pues pueden interferir en la hidratación del cemento, modificar en el tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar la corrosión de las armaduras.

##### 1. Agua de mezclado

Cantidad de agua que requiere el concreto por unidad de volumen para que se hidraten las partículas del cemento y para proporcionar las condiciones de manejabilidad adecuada que permitan la aplicación y el acabado del mismo en el lugar de la colocación en el estado fresco (Norma: NTP 339.088-RNE E 060).

##### Funciones:

- Contribuir a la trabajabilidad de la mezcla actuando como lubricante.

- Reaccionar con el cemento produciendo su calor de hidratación.
- Asegura el espacio de la pasta para el desarrollo de los productos.

## **2. Agua de curado**

Es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado. Este proceso adicional es muy importante en vista de que, una vez colocado, el concreto pierde agua por diversas situaciones como: altas temperaturas por estar expuesto al sol o por el calor reinante en los alrededores, alta absorción donde se encuentra colocado el concreto, fuertes vientos que incrementan la velocidad de evaporación (Norma; NTP 339.088-RNE 060).

## **3. Relación agua cemento A/C**

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

A menor agua en relación al cemento, mayor su resistencia a la compresión, menor fluidez o trabajabilidad y mayor durabilidad, pues al poseer menos agua tiene también menor cantidad de poros y vasos capilares que se forman durante su evaporación, y que se constituyen los poros por donde pueden penetrar los agentes agresivos cuando el concreto no está protegido de los factores climáticos, y atacar a las armaduras. Por ello en condiciones extremas deben utilizarse relaciones agua cemento bajas, y en condiciones moderadas estas relaciones pueden incrementarse.

### **2.2.4.4. ADITIVO**

#### **1. Definición**

Los aditivos son productos que, introducidos en pequeña porción en el concreto, modifican algunas de sus propiedades originales, se presentan en forma de polvo, líquido o pasta y la dosis varía según el producto y el efecto deseado.

Los aditivos más usados en la fabricación del concreto autocompactante son los superplastificantes o aditivos reductores de agua de alto rango y los cohesionantes o

agentes modificadores de viscosidad (AMV).

## **2. Clasificación de los aditivos**

La norma ASTM C 494 “Chemical Admixtures for Concrete”, distingue siete tipos:

- TIPO A: Reductor de Agua
- TIPO B: Retardador de Fraguado
- TIPO C: Acelerador de Fraguado
- TIPO D: Reductor de agua y Retardador.
- TIPO E: Reductor de Agua y Acelerador.
- TIPO F: Reductor de Agua de Alto Efecto.
- TIPO G: Reductor de Agua de Alto Efecto y Retardador

Los aditivos incorporadores de aire se encuentran separados de este grupo, e incluidos en la norma ASTM C260 “Specifications for Air Entraining Admixtures for Concrete”.

Cabe mencionar que los aditivos usados, normalmente para la elaboración de concretos autocompactantes son:

### **Superplastificantes**

Los superplastificantes o reductores de alta actividad son aditivos cuyo fin es reducir el agua permitiendo una elevada trabajabilidad con una baja relación agua/cemento. El empleo de este tipo de aditivos es imprescindible en el concreto autocompactante, especialmente de los superplastificantes de nueva generación, basados en policarboxilatos, que son capaces de reducir el agua hasta en un 40%.

Los superplastificantes tipo policarboxilatos permiten conseguir una adecuada trabajabilidad y fluidez en el hormigón a pesar del alto contenido de finos que poseen estos concretos, haciendo que la mezcla tenga una mayor viscosidad y requiera de un menor contenido de agua.

### **Agentes modificadores de viscosidad**

Los aditivos cohesionantes o agentes modificadores de viscosidad son compuestos químicos cuyo objetivo es modificar la cohesión de la mezcla de concreto para evitar la segregación y la exudación del agua.

Su uso no es indispensable en la fabricación del concreto autocompactante si se dispone de la cantidad de finos suficiente; en cambio son recomendables si no se dispone de los finos suficientes o si se tiene una arena con un contenido bajo de finos.

### **3. Aditivo sika visocrete 3330**

Es un superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para climas fríos y/o cuando se necesita altas resistencias a tempranas edades. Este aditivo cumple con la norma ASTM C-494 tipo G y ASTM C-1017 (ver ficha técnica en anexos).

**Campos de aplicación:** Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto pre-mezclado, se usa para los siguientes tipos de concreto:

- Concreto para climas fríos.
- Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%)
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto autocompactante.
- El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas

**Ventajas:** Actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia)
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados)
- Alta impermeabilidad
- Menor relación agua – cemento
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y segregación.
- Aumenta la cohesión del concreto.
- Reduce la carbonatación del concreto
- No contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero.



#### **2.2.4.5. ADICIONES**

Como ya se ha dicho anteriormente, se pueden emplear adiciones como filler mineral para dar cohesión y trabajabilidad a la mezcla evitando la segregación de los áridos gruesos y la exudación del agua.

Las adiciones más frecuentes son las siguientes (EFNARC 2002):

- ✓ Filler de machaqueo. Piedra caliza, dolomita o granito triturada fina que puede utilizarse para aumentar la cantidad de finos (polvo): la fracción menor de 0,125 mm es la más provechosa. Nota: la dolomita puede presentar un riesgo en la durabilidad debido a la reacción alcalina.
- ✓ Cenizas volantes. Las cenizas volantes son un material inorgánico fino con propiedades puzolánicas, que pueden añadirse al CAC para mejorar sus propiedades. No obstante, la estabilidad dimensional puede verse afectada y por lo tanto es preciso comprobarla.
- ✓ Microsílice. La microsíllice (o humo de sílice) ofrece una mejora importante de las propiedades reológicas así como también de las propiedades químicas y mecánicas. También mejora la durabilidad del hormigón.
- ✓ Escoria pulverizada (granulada) de alto horno. Esta escoria es un material aglomerante hidráulico básicamente latente y granulada fina, que también puede añadirse al CAC para mejorar las propiedades reológicas.
- ✓ Relleno de vidrio pulverizado. Este relleno suele obtenerse pulverizando vidrio reciclado. El tamaño de partícula debe ser inferior a 0,1 mm y el área de superficies específica debe ser de ~2500 cm<sup>2</sup>/g. Los tamaños de partícula más grandes pueden provocar reacción árido-álcali.

#### **2.2.6. CARACTERÍSTICAS DEL CAC EN ESTADO FRESCO**

##### **2.2.3.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO**

La autocompactibilidad es la principal propiedad en estado fresco del CAC, y que lo diferencia del hormigón convencional. Las características en estado fresco que se deben de cumplir simultáneamente son las siguientes:

✓ **Capacidad de relleno:**

La capacidad de relleno o capacidad de fluir es la capacidad que tiene el concreto de fluir y rellenar todas las superficies un encofrado bajo la acción de su propio peso sin ayuda externa. Por un lado esta propiedad garantiza la calidad del acabado, de manera que este presentará una superficie lisa, con color homogéneo y libre de cangrejeras.

✓ **Capacidad de paso:**

Se define como la capacidad o de bloqueo que el concreto debe tener para pasar por sitios estrechos sin que el contacto entre los áridos cause el bloqueo de la mezcla. La obtención de esta propiedad se da incrementando la fluidez de la pasta con la utilización de superplastificantes, reduciendo el volumen de árido grueso de la mezcla y ajustando el diámetro máximo del árido en función de los espacios por donde el concreto debe pasar.

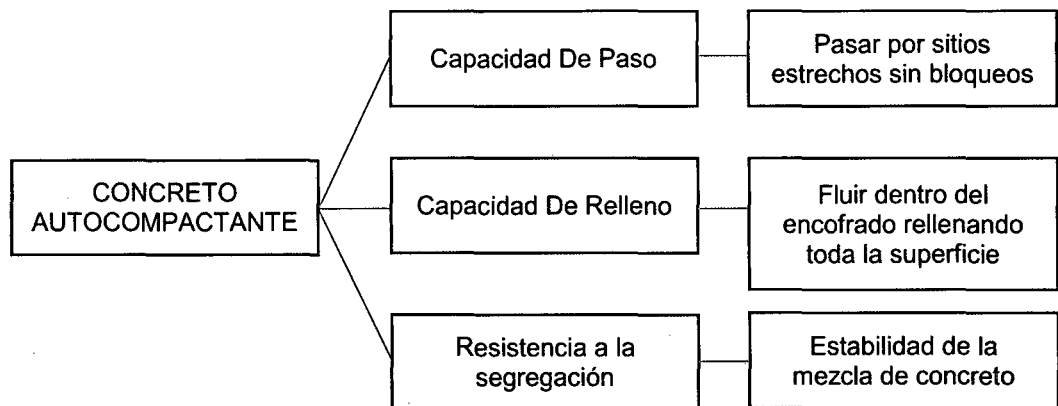
Esta propiedad del concreto depende tanto de la geometría de la estructura y distribución de las armaduras, como de la cantidad y tamaño de árido grueso en el concreto.

✓ **Resistencia a la segregación:**

La resistencia a la segregación es la capacidad del concreto de mantenerse homogéneo sin que se produzca la separación de los áridos o exudación del agua.

Esta propiedad del concreto está relacionada con la estabilidad y con la viscosidad de la mezcla porque si se tiene una viscosidad adecuada, la composición de la mezcla se mantiene homogénea.

Este factor influye directamente sobre las dos propiedades citadas anteriormente afectando la calidad final de la pieza hormigonada. En general se busca la estabilidad de la mezcla por medio de la inclusión de fillers o por la utilización de agentes modificadores de la viscosidad (AMV). La utilización de cualquiera de ellos tiende a incrementar la viscosidad de la pasta evitando la segregación.



**Figura 1:** Propiedades del concreto autocompactante en estado fresco

### 2.2.3.2. ENSAYOS PARA CARACTERIZAR LA AUTOCOMPACTIBILIDAD

Dado que los CAC en estado fresco poseen propiedades distintas a las de un concreto tradicional, requiere métodos de ensayos distintos a los tradicionales, que nos permitan evaluar las características de autocompactibilidad descritas anteriormente.

La utilización del Cono de Abrams daría resultados próximos a 30 cm y no discriminaría los distintos comportamientos. Otros métodos tradicionales tampoco son aplicables.

En la actualidad, existen una serie de métodos de ensayo muy extendidos que nos permite caracterizar los CAC en estado fresco. Entre los más utilizados tenemos los siguientes:

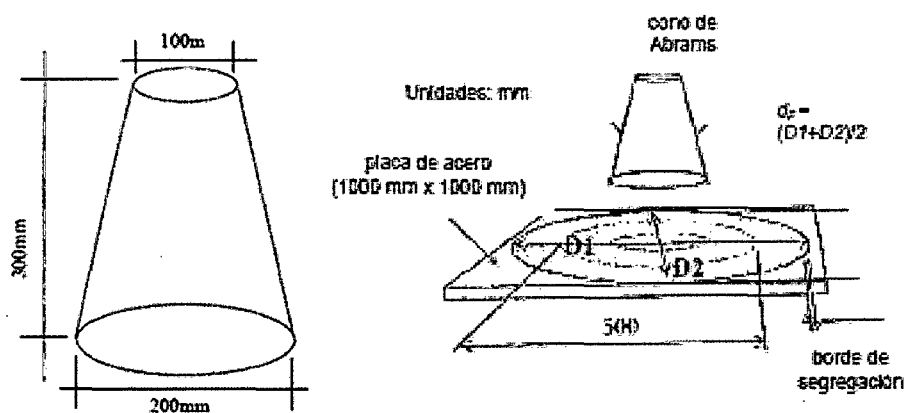
- ✓ Ecurrimiento
- ✓ Caja en L
- ✓ Caja en U

#### A) Ensayo del escurrimiento

El ensayo de escurrimiento, slump-flow en inglés, evalúa la capacidad de relleno del concreto autocompactante sin la presencia de obstáculos. Además se puede observar si hay segregación y/o exudación y nos da una medida indirecta de la tensión umbral de flujo, esta normalizado por norma española UNE 83361:2007.

Su procedimiento consiste en llenar el Cono de Abrams con una muestra de concreto, sin ningún tipo de compactación, sobre una placa de superficie lisa y perfectamente plana que presente dos circunferencias concéntricas marcadas, una de 200 mm de diámetro y otra de 500 mm de diámetro. Tras levantar el cono y dejar fluir el concreto, se mide el tiempo que tarda la masa de concreto en alcanzar un diámetro de 500 mm (T500 o T50) y posteriormente el diámetro final promedio alcanzado por la mezcla, medido como la media de dos medidas en direcciones perpendiculares (Dmax o Df).

El aspecto final del concreto debe ser homogéneo, presentando una buena distribución de la grava. Una concentración de grava en el centro de la masa de hormigón ensayado, indica una tendencia a la segregación, y el borde del hormigón no debe presentar señales de exudación.



**Figura 2:** Dimensiones de cono de Abrams y montaje del ensayo de escurrimiento

Respecto a los límites del ensayo, la Guía Europea para el CAC (2006) o el documento cero de la EHE para CAC (2007) recomiendan clasificar los CAC en distintas categorías en función del valor de su escurrimiento.

La Guía Europea propone seleccionar las exigencias en función del tipo de aplicación. La tabla siguiente resume estas recomendaciones. Para los elementos de concreto en masa o ligeramente armados así como los pavimentos y losas se podrá utilizar cualquiera de las categorías.

**Tabla 2:** Recomendaciones de la Guía Europea para el ensayo de Escurrimiento

Clase	mm	Aplicación
Sf1	550 a 650	- Estructuras en masa o poca densidad de armaduras que sean llenadas desde la parte superior con desplazamiento libre desde el punto de entrega (p.e. losas de cimentación o pavimentos) - Hormigones de relleno por bombeo (p.e. encofrados de túneles) - Elementos suficientemente pequeños que no precisen largos flujos horizontales (p.e. pilares y algunas cimentaciones profundas)
Sf2	660 a 750	Adecuado para muchas aplicaciones normales (p.e. muros y pilares)
Sf3	760 a 850	Aplicaciones verticales en estructuras muy armadas, estructuras de formas complejas, o rellenos bajo los encofrados.

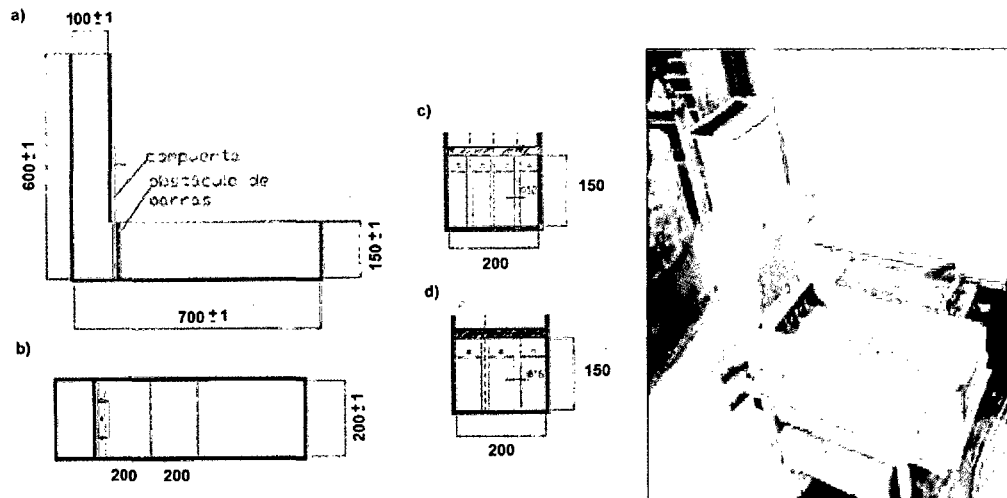
En cuanto al tiempo en el que el concreto debe alcanzar la marca de 500mm, se sugirió que entre 3-7 segundos es aceptable en aplicaciones de ingeniería civil, mientras que 2-5 segundos es correcto para las aplicaciones en edificación (EFNARC 2002).

### **B) Caja en L**

El ensayo de la caja en L, L-Box en inglés, mide la capacidad de paso del concreto autocompactante a través de barras de acero con flujo confinado. Además permite conocer la capacidad de relleno, la segregación y si existe o no bloqueo del mismo. Está normalizado por la norma española UNE 83363:2007.

La caja L está compuesto por un compartimiento vertical y un canal horizontal separados por una compuerta. En el canal, y junto a la compuerta se acopla un sistema de armaduras instalado con la intención de dificultar el paso del concreto. Tanto los diámetros de las barras utilizadas así como las separaciones entre ellas pueden ser modificados de acuerdo con el tipo de aplicación que se prevea para el hormigón. En 1999 Petersson utilizó tres barras de 12 mm en su investigación sobre el coeficiente de bloqueo del CAC con diferentes tamaños máximos de áridos. Esta misma configuración de barras es la que recomienda el RILEM en su Report 23 (1999) o EFNARC en su documento del 2002.

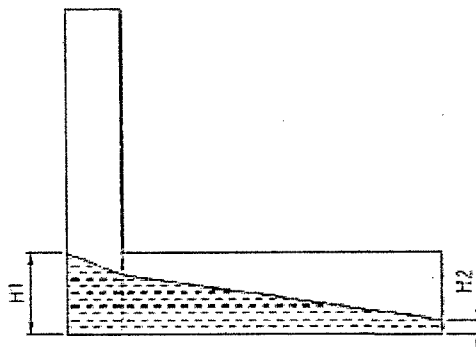
Ya en 2005 la guía europea contempla la utilización de dos o tres barras de 12 mm pero en ningún caso define cuando se debe utilizar cada una de las opciones. Finalmente, la norma española, UNE 83363 define la utilización de 3 barras de 12 mm de diámetro para ensayar concretos con diámetro máximo de árido igual a 20 mm y 2 barras de 16 mm de diámetro para hormigones con diámetros máximos de árido superior a 20 mm.



**Figura 3:** Configuración de la caja en L: a) vista general del molde, b) planta, c) disposición de las barras para un tamaño máximo de árido  $\leq 20$  mm, y d) disposición de las barras para un tamaño máximo de árido  $> 20$  mm (ACHE 2008).

Para realizar el ensayo, se rellena completamente el compartimiento vertical de la caja, con una muestra de concreto, sin compactación, manteniendo la compuerta cerrada. Una vez llena se enraza y tras un minuto de reposo, se abre la compuerta y el concreto empieza a fluir, por el canal horizontal, pasando a través de las barras de acero.

Cuando ha cesado el movimiento del concreto, se determinan las alturas de la masa de concreto en reposo en el lado de la compuerta (interiormente) y en el extremo horizontal de la caja, H1 y H2 respectivamente como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 4:** Determinación de las alturas H1, H2 (ACHE 2008)

Respecto a los parámetros medidos en el ensayo, inicialmente se recomendaban medir los tiempos que la masa de concreto tarda en recorrer, desde la compuerta, distancias de 200 y 400 mm, T200 y T400 respectivamente (Pettersson 1999 y RILEM 2000), pero los últimos documentos sobre la materia ya no consideran estas medidas (Guía Europea 2005) o simplemente miden el tiempo final, es decir, el tiempo que el concreto tarda en alcanzar el extremo de la sección horizontal de la caja, una vez se abre la compuerta (UNE 83363:2007).

Finalmente, después que la masa de concreto se estabiliza, se analiza la capacidad de nivelación o el coeficiente de bloqueo CbL, midiendo las alturas que alcanza el concreto en los dos extremos del canal horizontal, antes y después de las barras de acero, dando como resultado el cociente entre la altura al final (H2) y al principio del tramo horizontal (H1), definido según la expresión  $H2/H1$ .

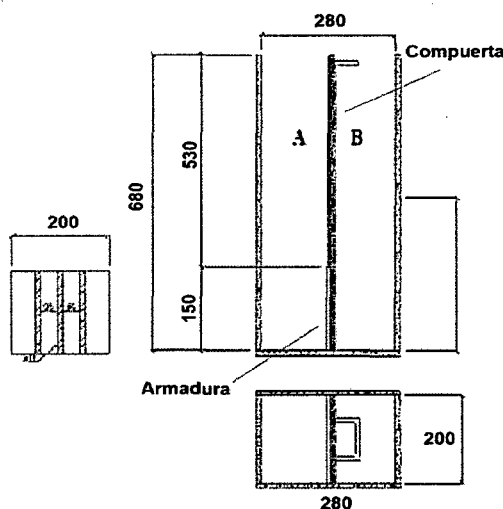
Como recomendaciones a este coeficiente de bloqueo RILEM considera valores entre 0,80 y 0,85, EFNARC entre 0,80 y 1,0, mientras que la Guía Europea únicamente considera como límite inferior el valor de 0,75. Y el anejo de la EHE propone el intervalo entre 0,75 y 1,0.

Un bloqueo frente las barras de acero puede ser causado básicamente por dos razones, la segregación de la mezcla debido a una dosificación inadecuada o la incompatibilidad entre el tamaño máximo del árido grueso y los vanos entre barras de acero.

### C) Ensayo de Caja en U

El ensayo de la caja en U, U-Box en inglés, al igual que la Caja L evalúa la habilidad de pasar entre las barras de acero (resistencia al bloqueo), la capacidad de relleno y la resistencia a la segregación pero con un mayor nivel de exigencia en cuanto a la fluidez, es decir, confinado y contra la gravedad (RILEM Technical Committee 174 – SCC).

El aparato está compuesto de dos compartimentos verticales separados por una sección armada y una compuerta. El ensayo consiste en llenar el compartimiento alto A con la muestra de concreto, manteniendo la compuerta cerrada. Tras un minuto de reposo se abre la compuerta, que separa los dos compartimentos, dejando que el concreto fluya del compartimiento A al compartimiento B, pasando por la zona armada. Posteriormente se mide la altura final alcanzada por el hormigón en el compartimiento B.



**Figura 5:** Dimensiones de la caja U y ensayo (ACHE, 2008).

Los parámetros que se miden son las alturas del hormigón en ambos compartimentos. Los requisitos habituales son: que la diferencia de alturas no supere los 30 mm, o que la altura del hormigón en el compartimiento B sea mayor de 300 mm.

Los resultados de este ensayo propuestos por varios autores (Hayakawa 1993, Hokamura 1997, Edamatsu y Nishida 1999) y por guías para la fabricación de los CAC (Japan Society Civil 1998, EFNARC 2002) coinciden en que la altura del concreto alcanzada en el compartimiento B debe superar los 300 mm.

Asimismo este ensayo no está contemplado en documentos más actuales tales como la



Guía Europea para CAC, el Anejo 21 de la EHE o el ACI 237R-07.

### 2.2.3.3. EXIGENCIAS DE AUTOCOMPACTIBILIDAD

Como ya se ha visto al comienzo de este apartado, el CAC tiene que cumplir simultáneamente los tres requisitos principales de autocompactibilidad que se evalúan a través de los ensayos descritos anteriormente.

En España, las normas UNE solamente recogen cuatro de los ensayos como ya se ha mencionado y mediante esos ensayos las características de autocompactibilidad se evalúan del siguiente modo:

- ✓ Capacidad de relleno: ensayos de escurrimiento y embudo en V.
- ✓ Resistencia de bloqueo: ensayo del embudo en V, caja en L y escurrimiento con anillo japonés.
- ✓ Resistencia a la segregación: la Instrucción EHE-08 estipula que la resistencia a segregación se mida indirectamente a través de los ensayos de escurrimiento y si se quiere de una manera directa se podría realizar con el ensayo de columna o con el tubo-U, aunque son ensayos que no están recogidos en las normas UNE.

**Tabla 3:** Rango admisible de los ensayos normalizados (Instrucción EHE-08).

Ensayo	Parámetro medido	Rango Admisible
Escurrecimiento	T50	$T5 \leq 8\text{seg}$
	Df	$550\text{mm} \leq Df \leq 850\text{mm}$
Caja L	$C_{bL}$	$0.75 \leq C_{bL} \leq 1$

**Tabla 4:** Rango admisible de los ensayos no normalizados (ACHE 2008).

Ensayo	Parámetro medido	Rango Admisible
Caja U	h (altura de relleno)	$\geq 300 \text{ mm}$
	$\Delta h$ (diferencia de altura)	$\leq 30 \text{ mm}$

Esta tabla se recoge los rangos recomendados de los ensayos que no están normalizados en la norma española.

**Tabla 5:** Parámetros de los ensayos en estado fresco (EFNARC 2002).

Ensayo	Unidad	Márgenes habituales de valores	
		Min	Max
Escurecimiento	mm	650	800
T50	segundos	2	5
Embudo en V	segundos	6	12
Embudo en V en 5min	segundos	0	3
Caja en L	H2/H1	0.8	1.0
Caja en U	(H2-H1) mm	0	30

Esta tabla recoge los rangos recomendados para los diferentes ensayos de estado fresco por la EFNARC.

## 2.2.7. MÉTODOS DE DOSIFICACIÓN

### Método general de dosificación

El método general de dosificación fue propuesto por Okamura y Ozawa en 1998.

Probablemente sea el método más usado. Se considera al concreto dividido en dos fases.

La primera sería el árido grueso y, la segunda el mortero incluyendo la pasta de cemento y los áridos finos. El procedimiento es el siguiente (ACHE 2008):

1. Se fija el contenido de árido grueso en el 50% del volumen de sólidos total del concreto.
2. Se fija el árido fino en el 40% sobre el volumen de mortero.
3. La relación agua / (cemento + filler) se asume en el rango de 0,9 a 1% en volumen, dependiendo de las propiedades del cemento y adiciones empleadas.
4. La cantidad de superplastificante y la relación agua/conglomerante se ajusta mediante ensayos sobre la pasta.
5. El procedimiento concluye cuando se alcanza un diámetro de 650 mm en el ensayo de escurecimiento sobre concreto.

### Método de dosificación EFNARC

EFNARC no presenta ningún modelo de dosificación en particular, únicamente da una serie de pasos para la dosificación del concreto autocompactante, especificando las siguientes condiciones:

- Relación en volumen agua/finos: 0,80-1,10.
- Contenido de finos: 400-600 kg/m<sup>3</sup>.

- Granulometría de la arena situada entre 0,125 y 4 mm.

El proceso de dosificación se establece según los siguientes pasos:

1. Se fija el contenido de aire deseado.
2. Se fija la relación agua/cemento dependiendo de los requisitos del concreto.
3. Se determina el volumen del árido grueso en función de su densidad situándolo entre el 50% y el 60%.
4. La cantidad de arena viene determinada en función de las propiedades de la pasta y se sitúa en un rango entre el 40-50% del volumen del mortero.
5. Se diseña la pasta experimentalmente mediante el ensayo de flujo de mortero con diferentes relaciones de agua/finos. Mediante una regresión lineal con los resultados obtenidos se obtiene la relación buscada.
6. Mediante los ensayos de flujo y embudo en V para morteros se determina la relación agua/finos y la cantidad de superplastificante. La relación agua/finos varía en un margen de 0,8 a 0,9 del valor obtenido en el proceso anteriormente descrito.
7. Se evalúa el concreto mediante los ensayos de caracterización en estado fresco vistos anteriormente.

#### **Método ACI (American Concrete Institute)**

El método de dosificación de la ACI parte del resultado del ensayo de escurrimiento. A partir de este resultado se ajustan las proporciones de los materiales siguiendo las recomendaciones de las Tablas 6 y 7. Una vez fijada la dosificación, se fabrica el concreto y se realizan los ensayos de caracterización en estado fresco. En base a esos resultados se ajusta la dosificación hasta que se alcancen las propiedades de autocompatibilidad (ACI 2007).

**Tabla 6:** Sugerencia del contenido de finos de la ACI para 1 m<sup>3</sup> de concreto

<b>Ensayo de escurrimiento (mm)</b>	< 550	550 – 600	< 550
<b>Contenido de finos (kg)</b>	355 – 385	385 – 445	> 458

**Tabla 7:** Valores recomendados para la dosificación de un concreto autocompactante.

Parámetro	Recomendación
% Grava (< 12 mm)	28 – 32
% Pasta	34 – 40
% Mortero	68 – 72
Agua / cemento	0,32 – 0,45
Contenido de cemento (kg)	386 – 475

### COMPOSICIÓN ORIENTATIVA

**Tabla 8:** Rangos típicos para la dosificación de un concreto autocompactante según la Instrucción EHE-08 (ACHE 2008).

Material	Contenido
Filler	(*) ≤ 250 kg/m <sup>3</sup>
Cemento	250 - 500 kg/m <sup>3</sup>
Finos totales (cemento + filler + adiciones)	450 - 600 kg/m <sup>3</sup>
Pasta (cemento + filler + adiciones + agua)	> 350 l/m <sup>3</sup>
Árido grueso (tamaño máximo: 25 mm)	≤ 50 %
(*) Incluyendo la adición caliza del cemento y partículas de los áridos < 63 μm NOTA: las limitaciones de contenido de agua y cemento quedarán precisadas según las condiciones de exposición definidas en la Instrucción.	

**Tabla 9:** Rangos típicos para la dosificación de un concreto autocompactante según EFNARC (EFNARC 2002).

Material	Contenido en peso (kg/m <sup>3</sup> )	Contenido en volumen (l/m <sup>3</sup> )
Cemento	380 – 600	
Pasta		300 – 380
Agua	150 – 210	150 – 210
Árido grueso	750 – 1000	270 – 360
Árido fino (arena)	48 – 55% del peso total del árido	
Volumen agua / Volumen de cemento		0,85 – 1,10

## **2.2.8. PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO ENDURECIDO**

### **2.2.7.1 RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN**

La resistencia a la compresión es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión mide el fracturado de probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a la compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de rotura dividida entre el área de sección resistente y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada (psi) unidades del sistema inglés o en mega pascales unidades del Sistema internacional (Norma: NTP 339.033).

### **2.2.7.2 MÓDULO DE ELASTICIDAD**

El módulo de elasticidad es un parámetro del concreto que está relacionado con las deformaciones y depende básicamente de tres factores en el concreto convencional: árido, pasta y la zona de transición entre la pasta y el árido. Dichos factores también son válidos para el caso del concretos autocompactante.

El primer factor es el árido. Se puede considerar que la naturaleza del árido en ambos concretos es igual pero varía el volumen del mismo, ya que en el concreto autocompactante se reduce el volumen del árido grueso por lo que conlleva una disminución del módulo de elasticidad.

El segundo factor es la pasta. El concreto autocompactante tiene un alto contenido de adiciones y un volumen elevado de pasta y esto crea comportamientos inversos debido a que el primero aumenta el módulo de elasticidad, pero el gran volumen de pasta disminuye el módulo.

Por último, la zona de transición entre la pasta y el árido es la zona más débil del hormigón donde puede aparecer microfisuración. Es la zona más importante para el desarrollo de las propiedades mecánicas del hormigón.

En general, se relaciona el módulo de elasticidad con la resistencia a compresión en la mayoría de las formulaciones existentes para los concretos convencional y que en

principio, son aplicables al concreto autocompactante. Pero estas fórmulas habituales sobrevaloran el valor del módulo de elasticidad para el caso del autocompactante entre un 7 y un 15% (Grupo de Proyecto Europeo (GPE) 2005; ACHE 2008), no siendo importantes estas diferencias.

En general se puede decir que el módulo de elasticidad del concreto autocompactante es menor respecto al del convencional, según investigaciones como la que estudio cinco mezclas de concreto autocompactante y una de concreto convencional y confirmaron que el módulo de elasticidad disminuye con el aumento del volumen de pasta, pero las diferencias no fueron importantes (Chopin et al. 2003).

Para Concretos de Peso Normal (aproximadamente 2,300 kg/m<sup>3</sup>) el reglamento nacional de edificaciones RNE E-060 permiten estimar el módulo de elasticidad mediante:  $E_c = 15,000 \sqrt{f_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>). También se puede calcular a través de la gráfica esfuerzo vs deformación, teniendo en cuenta que el concreto tiene un comportamiento elástico (donde el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación) plástico y que el límite elástico se encuentra donde el esfuerzo produce una deformación plástica prefijado de 0.002.

## CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales y métodos que se han utilizado en esta investigación están separadas en: selección de cantera, determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, diseño de mezclas, elaboración de especímenes, curado de probetas y prueba de compresión de los especímenes. En cada ítem se describe tanto los materiales, equipos y metodología (método experimental y procedimiento) para obtener los datos necesarios para el procesamiento de resultados.

### 3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 10.** Tipificación de la investigación

<b>CRITERIO</b>	<b>TIPO</b>
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Objetivos	explicativa
Fuente de datos	Primaria
Diseño de prueba de hipótesis	Experimental
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde se desarrolla	Laboratorio
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

#### 3.1.2 DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

Se realizó probetas de concreto autocompactante usando el aditivo superplastificante sika viscocrete y se aplicó tres dosis para evaluar la resistencia mecánica a la compresión en estado endurecido a los 7,14 y 28 días. Se hicieron 6 repeticiones por cada tratamiento.

**Tabla 11.** Matriz experimental de diseño y niveles de variable de estudio

RESULTADOS		FACTORES DE ANÁLISIS			
		C Patrón	CAC con Aditivo Sika Viscocrete		
Dosificación		Sin aditivo	1% en peso de cemento	1.5% en peso de cemento	2% en peso de cemento
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	7 días	CP-1	A1-1	A1.5-1	A2-1
		CP -2	A1-2	A1.5-2	A2-2
		CP -3	A1-3	A1.5-3	A2-3
		CP -4	A1-4	A1.5-4	A2-4
		CP -5	A1-5	A1.5-5	A2-5
		CP -6	A1-6	A1.5-6	A2-6
	14 días	CP -7	A1-7	A1.5-7	A2-7
		CP -8	A1-8	A1.5-8	A2-8
		CP -9	A1-9	A1.5-9	A2-9
		CP -10	A1-10	A1.5-10	A2-10
		CP -11	A1-11	A1.5-11	A2-11
		CP -12	A1-12	A1.5-12	A2-12
	28 días	CP -13	A1-13	A1.5-13	A2-13
		CP -14	A1-14	A1.5-14	A2-14
		CP -15	A1-15	A1.5-15	A2-15
		CP -16	A1-16	A1.5-16	A2-16
		CP -17	A1-17	A1.5-17	A2-17
		CP -18	A1-18	A1.5-18	A2-18

El número total de pruebas realizadas en estado endurecido es igual a: Variable independiente (resistencia a la compresión) X Numero de tratamientos de estudio X Numero de réplicas=4x3x6=72 ensayos de resistencia mecánica del concreto autocompactante.

### 3.1.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO

No aplicable a este estudio.

### 3.1.4 MUESTRA

La muestra será elegida por juicio o conveniencia, se tomará como muestra 72 especímenes de concreto diseñado los cuales serán sometidos a ensayos compresión axial.

### 3.1.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis será las probetas de concreto con adiciones de aditivo superplastificante sika visocrete 3330, que serán sometidas a ensayos de compresión



axial.

### 3.2. PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

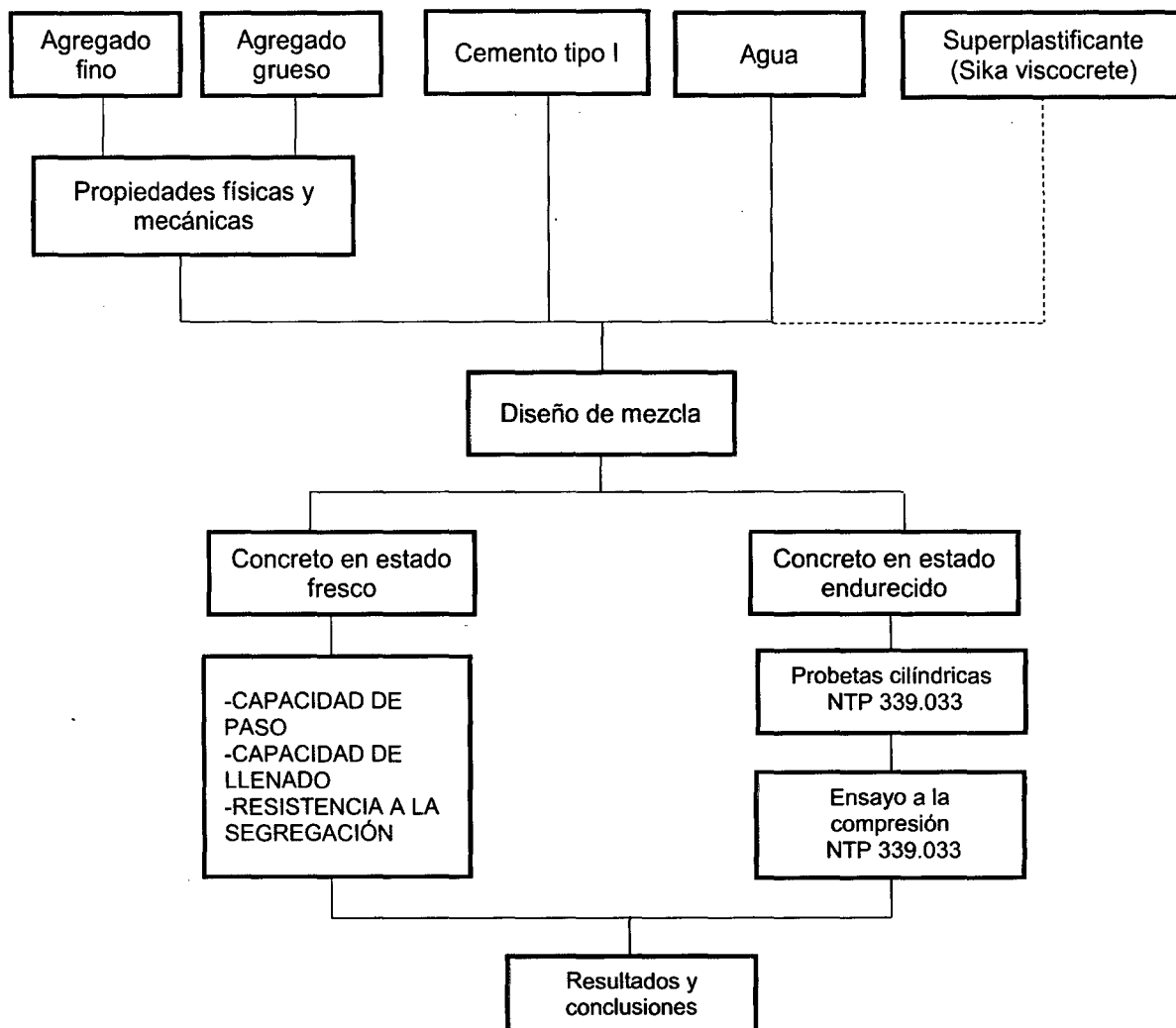


Figura 6: Diagrama del circuito experimental para la evaluación de concreto autocompactante

#### 3.2.1. SELECCIÓN DE CANTERA

Teniendo en cuenta las normas técnicas peruanas y las guías referentes a CAC, el material utilizado para la fabricación de los especímenes es de origen pluvial, tanto del agregado fino como el agregado grueso, los que provinieron de la cantera Banda - La victoria (Rio Chonta).

### a) Localización

La cantera se encuentra ubicada en el distrito de Cajamarca, denunciada y explotada por el señor Ciro Banda Culqui carretera a Jesús y con coordenadas UTM-WGS 1984 datum, zona 17 Sur: Este: 779915.52 m, Norte: 9205008.13 m, Cota: 2637 msnm.

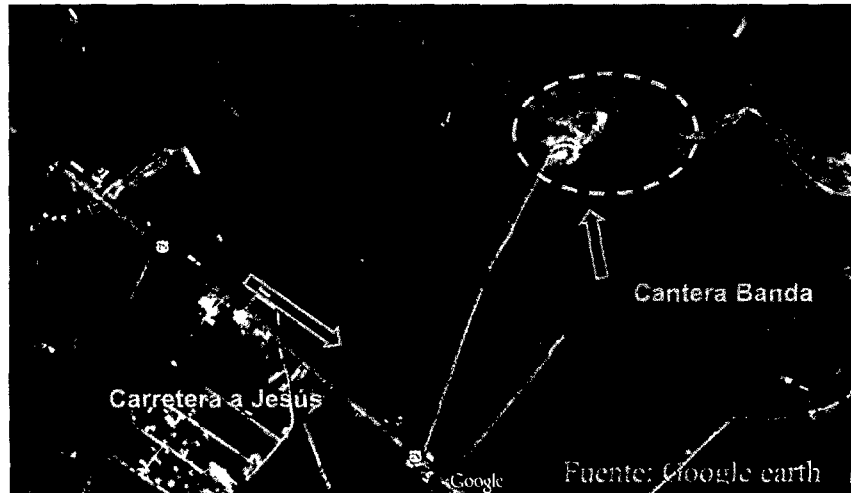


Figura 7: Ubicación de cantera

### 3.2.2. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

Se determinó de las características físicas y mecánicas de los agregados mediante una serie de ensayos realizados en el “Laboratorio de ensayo de materias Mg ING. Carlos Esparza Díaz.

#### a) Materiales

- Agregado fino de cantera de rio chonta.
- Agregado grueso de 1/2” de la cantera de rio chonta.
- Agua potable de la ciudad universitaria.

#### b) Equipo

- Juego de tamices conformados por: 3/4”, 1/2”, 3/8”, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N°100.
- Bandeja metálica.
- Balanza de sensibilidad de 0.1 gr.

- Estufa a temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$
- Recipiente adecuado que permiten saturar las muestras a trabajar.
- Frascos volumétrico: fiola y beaker con capacidad de  $500\text{cm}^3$  y  $400\text{cm}^3$  respectivamente.
- Molde cónico metálico de diámetro menor 4cm y diámetro mayor 9cm.
- Varilla de metal con estremo redondeado.
- Balanza de sensibilidad de 0.5 gr y capacidad no menor de 5kg
- Cesta de malla de alambre, con abertura de no mayor a 3mm.
- Deposito adecuado para sumergir la cesta de malla de alambre
- Máquina de los ángeles: con una carga abrasiva que consiste en esferas de acero de aproximadamente 4.7cm de diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445gr.
- Recipiente cilíndrico de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.
- Barra compactadora de acero, circular y recta.

**c) Metodología**

Los ensayos realizados para determinar las propiedades físico mecánicas de los agregados, siguieron los procedimientos indicados en las especificaciones de las norma técnicas peruanas (NTP) las cuales son una adaptación de las normas ASTM (American Section of the International Association for Testing Materials).

Las normas aplicadas para los ensayos de los agregados son las siguientes:

**Tabla 12.** Ensayos realizados y normas aplicadas para determinación de propiedades de los agregados

ENSAYO	NORMA
Análisis granulométrico Tamaño máximo y máximo nominal de los agregados (la cual se determina en el ensayo de granulometría)	Norma: ASTM C 136, NTP 400,037
Módulo de finura	Norma ASTM C 125, ASTM C 136, NTP 334.045
Peso específico y absorción para el agregado fino	Norma ASTM C 127, NTP 400.021
Peso específico y absorción para el agregado grueso	Norma ASTM C 128, NTP 400.022
Contenido de humedad	Norma: ASTM C 566, NTP 339.185
Resistencia a la abrasión	Norma: ASTM C 131, NTP 400.019-400.020
Peso unitario del agregado	Norma ASTM C 29, NTP 400.017

### 3.2.3. DISEÑO DE MEZCLAS

Para el diseño de mezcla se ha utilizado el método de módulo de finura de la combinación de agregados, pues en este método el contenido de agregado fino y grueso varía para diferentes resistencias (a diferencia del método ACI que con un mismo TMN y módulo de finura del agregado fino; se mantiene constante el agregado grueso independientemente de la resistencia), siendo esta variación, principalmente de la relación A/C y el contenido de agua total, expresados a través del contenido del cemento de la mezcla. Este método considera que el módulo de finura del agregado fino y grueso, es un índice de la superficie específica y a medida que esta aumenta se incrementa la demanda de pasta (Rivva 2007).

También se ha utilizado el método DIN para el cálculo del módulo de finura de la combinación de agregados, para lograr que los volúmenes cumplan con la dosificación y composición orientativa de concretos autocompactantes. Además se ha tenido en consideración los requisitos para concretos autocompactantes y para determinar los volúmenes óptimos, se ha realizado mezclas de prueba hasta obtener la consistencia deseada.

La resistencia diseño es para un  $f'c$  de 280kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y tres dosificaciones de aditivo superplastificante.

### **Procedimiento**

El diseño de mezclas es un proceso que consistente de pasos dependientes entre sí, los cuales han consistido en los siguientes:

- Tener los datos de las propiedades físicas de los agregados.
- Cálculo de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ )
- Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Elección del Asentamiento (Slump)
- Estimación del volumen unitario de agua (agua de mezclado).
- Porcentaje de aire.
- Selección de la relación agua/cemento (A/C).
- Cálculo del contenido de cemento (factor cemento).
- Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- Cálculo de proporciones en peso y volumen.
- Ajustes de la cantidad de agua por humedad y absorción.

### **Elección de dosificaciones de aditivo ser analizados**

Teniendo en cuenta la dosificación mínima y máxima de utilización del aditivo indicada en su respectiva ficha técnica, se ha seleccionado las dosificaciones de a ser analizadas (1%, 1.5% y 2% en peso del cemento), con el objetivo de evaluar la variación de la resistencia a la compresión.

#### **3.2.4. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES**

##### **a) Materiales**

- Cemento Pacasmayo tipo I (Norma ASTM C-150)
- Agregado fino de cantera de río
- Agregado grueso de cantera de río
- Agua potable (ciudad universitaria U.N.C)
- Aditivo súper plastificante sika viscocrete (Norma ASTM 494).
- Aceite para moldes.

**b) Equipo**

- Juego de tamices conformados por: 3/4", 3/8", N° 4.
- Balanza de sensibilidad de 0.5 gr y capacidad apropiada (30kg).
- Recipientes para pesar materiales.
- Probeta graduada 500 ml
- Herramientas. Palana, badilejo, cucharon, enrazador.
- Mezclador
- Cono de Abrams
- Varilla de acero lizo de 60 cm de largo y 5/8" de diámetro, semi redondeado.
- Comba de goma.

**c) Metodología**

Durante la elaboración de especímenes se realizó ensayos para evaluar las características tanto del concreto patrón como las del concreto autocompactante dentro de estos ensayos determinaron el slump, la capacidad de paso, capacidad de relleno, resistencia a la segregación.

**Tabla 13.** Ensayos realizados y normas aplicadas para la elaboración de especímenes

ENSAYO	NORMA
Asentamiento de concreto fresco con el cono de Abrams.	Norma ASTM C 143, NTP 339.035
Peso Unitario Y Rendimiento	Norma ASTM C 138, NTP 339.046

**3.2.5. ENSAYO DE FLUJO DE ASENTAMIENTO Y T50 (Capacidad de relleno y Resistencia a la Segregación)**

El flujo de asentamiento se utiliza para evaluar el flujo libre del CAC en ausencia de obstrucciones.

**a) Materiales**

- Mezcla de concreto autocompactante (6 litros aproximadamente).

**b) Equipo**

- Cono de Abrams
- Placa cuadrada de acero de por lo menos 700x700mm, marcada con un círculo

que indica la ubicación del cono de Abrams y otro círculo concreto de 500mm de diámetro.

- Pala
- Llana
- Regla, cinta métrica o wincha
- Cronometro.

### **c) Metodología**

- Primero se humedeció placa de acero y el interior del cono de Abrams.
- Luego se colocó plancha sobre un terreno uniforme y estable y se colocó el cono de Abrams en el centro de dicha placa y manteniéndolo sujeto hacia abajo con firmeza.
- Después se llenó el cono con ayuda de una pala sin necesidad de compactarlo, tan sólo se niveló el concreto de la parte superior del cono con una llana.
- Una vez quitado el concreto sobrante de alrededor de la base del cono se eleva el cono verticalmente y permitiendo que el concreto fluya hacia al exterior libremente.
- De manera simultánea, inició el cronómetro para registrar el tiempo que requiere el concreto autocompactante para alcanzar el círculo de 500 mm. (Éste es el período T50.)
- Luego se procedió a medir el diámetro final del concreto en dos direcciones perpendiculares (para calcular el diámetro promedio).

### **3.2.6. ENSAYO DE CAJA L (Capacidad de Paso)**

El ensayo de Caja L evalúa la capacidad de fluir del concreto y también la medida en la que está sujeto a bloqueos por parte del armado.

Para la realización de este ensayo se requiere de una caja de sección rectangular con forma de "L", con una sección vertical y otra horizontal, separadas por una puerta móvil, delante de la cual se encajan longitudes verticales de barras de armado.

#### **a) Materiales**

- Mezcla de concreto autocompactante (14 litros aproximadamente).

**b) Equipo**

- Caja en L de un material rígido no absorbente.
- Llana
- Pala
- Cronómetro

**c) Metodología**

- Se coloca la Caja L sobre terreno firme y uniforme; y se verificó que la compuerta deslizante puede moverse con libertad dejándola cerrada.
- Se humedeció las superficies interiores de la caja L y se eliminó el excedente.
- Luego se procedió al llenado de la sección vertical de la caja con la mezcla de concreto.
- Después de reposar la mezcla durante 1 minuto, se elevó la compuerta deslizante dejándola fluir hacia la sección horizontal. De manera simultánea, activó el cronómetro para registrar los tiempos que requiere el concreto para alcanzar las marcas de 200 y de 400 mm (según Guía Europea ya no son necesarias).
- Cuando el concreto dejó fluir, se midió las alturas “H1” cerca de la sección vertical y “H2” al otro extremo de la sección vertical, para su posterior cálculo de la relación de bloqueo (H2/H1).

**3.2.7. ENSAYO DE CAJA U (Capacidad de Relleno y Paso)**

El ensayo se utiliza para medir la capacidad de relleno del concreto autocompactante. Para la realización de ensayo se requiere en forma de U dividido en dos compartimientos, por una pared intermedia.

**a) Materiales**

- Mezcla de concreto autocompactante (20 litros aproximadamente).

**b) Equipo**

- Caja en U de un material rígido no absorbente.
- Llana
- Pala
- Cronómetro



**c) Metodología**

- Se inicia colocando la caja sobre terreno firme y uniforme; y asegurándonos de que la compuerta deslizante puede moverse con libertad, para luego cerrarla.
- Se humedeció las superficies interiores de la caja, eliminando el sobrante.
- Luego se llenó una sección de la caja con la muestra de concreto y después lo dejamos reposar durante 1 minuto.
- Pasado el tiempo de reposo se elevó la compuerta deslizante y se dejó que fluya la mezcla hacia el otro compartimiento.
- Después de dejar reposar el concreto, midió la altura del mismo en el compartimiento que se ha llenado, en dos lugares, y calculó la media (H1). Luego se midió también la altura en el otro compartimiento (H2). Con estos datos se calculó la altura de llenado (Calcule  $H1 - H2$ ).

**3.2.8. CURADO DE ESPECÍMENES**

El curado de los especímenes se realizó en las instalaciones del laboratorio de la universidad nacional de Cajamarca. Este curado tuvo una duración de 7, 14 y 28 días.

**a) Materiales**

- Agua para el curado

**b) Equipo**

- Poza de curado (laboratorio)

**c) Metodología**

Para la realización del curado de probetas de concreto siguió las especificaciones dadas en la norma peruana NTP 339.116.

**3.2.9. PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES**

En la prueba de resistencia a la compresión de especímenes se aplicó una carga axial a los cilindros moldeados a una velocidad constante normalizada, en un rango prescrito mientras ocurre una falla. La resistencia a la compresión de la probeta fue calculada por la división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el

área de sección recta de la probeta, las cuales se realizaron en moldes cilíndricos de 6"x12".

**a) Materiales**

- Especímenes de concreto

**b) Equipo**

- Presa Hidráulica de 200 Tn.
- Deflectometro.

**c) Metodología**

Para realizar la prueba en especímenes de concreto de las diferentes muestras elaboradas, se procedió a seguir las especificaciones dadas en las normas (ASTM C39, NTP 339.034).

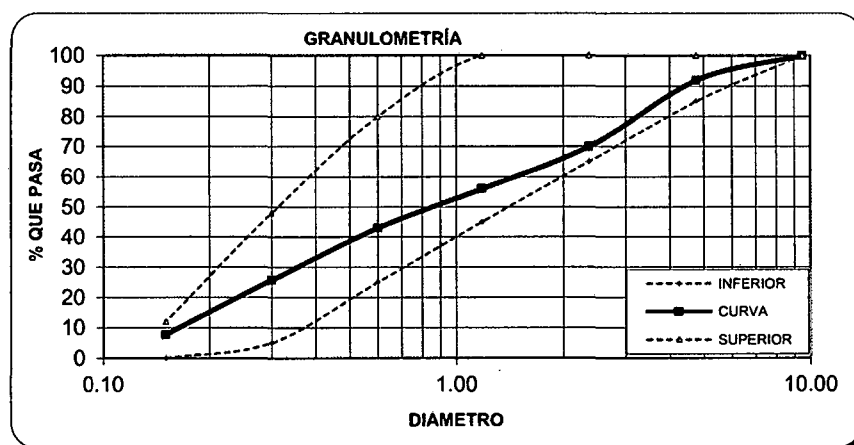
## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 3.1. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

**Tabla 14.** Resultados del análisis granulométrico de agregado fino.

ENSAYO PROMEDIO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
TAMIZ	Peso Ret	% Ret.	% Ret.	% Q.	Límite	
#	(mm)	(gr)	% Ret.	Acum.	Pasa	granulométrico
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100
N°4	4.76	137.40	8.18	8.18	91.82	85 - 100
N°8	2.36	367.70	21.89	30.08	69.92	65 - 100
N°16	1.18	235.10	14.00	44.08	55.92	45 - 100
N°30	0.60	217.87	12.97	57.05	42.95	25 - 80
N°50	0.30	290.67	17.31	74.36	25.64	5 - 48
N°100	0.15	301.93	17.98	92.33	7.67	0 - 12
cazoleta		128.73	7.67	100.00	0.00	Módulo de finura
<b>SUMA</b>		<b>1679.40</b>	<b>100.00</b>			<b>3.06</b>

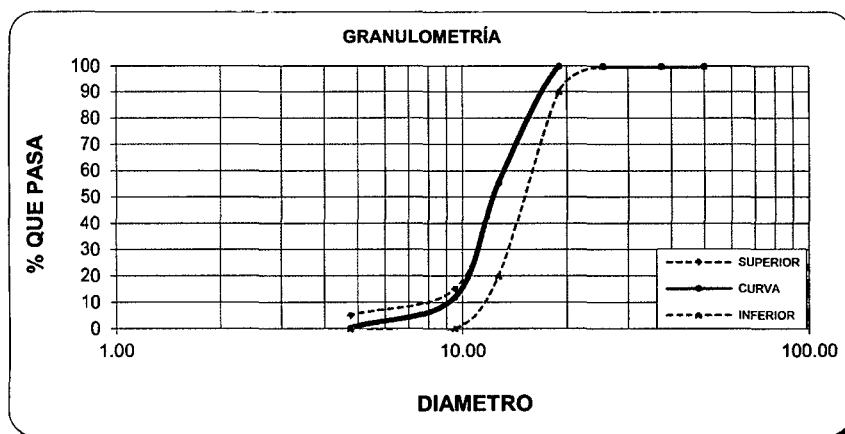
Nota: Los datos presentados corresponden a una granulometría mejorada, donde se eliminó el 70% del agregado retenido en la malla N° 4.



**Figura 8:** Curva granulométrica para el agregado fino

**Tabla 15.** Resultados del análisis granulométrico de agregado grueso.

ENSAYO PROMEDIO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO							
TAMIZ	Peso	% Ret.	% Ret.	% Q.	Huso		
#	(mm)	(gr)	% Ret.	Acum.	Pasa	granulométrico	
						67	
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	- 100
½"	12.70	1332.96	44.43	44.43	55.57	20	- 55
⅜"	9.51	1312.33	43.74	88.18	11.82	0	- 15
Nº 4	4.76	348.10	11.60	99.78	0.22	0	- 5
cazoleta		6.60	0.22	100.00	0.00	Módulo de	
SUMATORIA		3000.00	99.78			finura	
						6.88	



**Figura 9:** Curva granulométrica para el agregado grueso

**Tabla 16.** Resultados de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

<b>AGREGADOS : CARACTERÍSTICAS</b>	<b>A. FINO</b>	<b>A. GRUESO</b>
Módulo de finura	3.06	6.88
T.M.N	-----	1/2"
Peso específico de Masa (gr/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.48
Peso específico superficialmente seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.58	2.54
Peso específico aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2.67	2.64
Absorción (%)	2.14	2.53
Contenido de Humedad (%)	5.55	0.68
Abrasión (%)	-----	38.61
Peso unitario seco suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1693.42	1354.27
Peso unitario seco compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1796.73	1511.20

- La granulometría del agregado fino no se ajusta a los límites granulométricos según la norma peruana NTP 400,037, por lo cual se determinó que para cumplir con los requerimientos de la norma es necesario mejorar la granulometría eliminando el 70% del material retenido en la malla N°4; mediante este proceso se logró ajustar la granulometría. Para el agregado grueso no se tuvo ningún problema, pues éste se encuentra dentro del uso granulométrico 67 de la NTP 400,037.
- Los valores para el módulo de finura (M.F.) del agregado fino no deben ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1 según lo indicado en la norma peruana NTP 400,037. Mediante la realización del mejoramiento de la granulometría del agregado fino se ha podido lograr que el módulo de finura esté dentro de estos límites.
- Para poder cumplir con los requerimientos para concretos autocompactantes (Norma: UNE-EN 12620), el tamaño máximo del agregado grueso debe ser menor a 20 mm, por lo cual se eligió como tamaño máximo nominal de 1/2" (EFNARC 2002).
- El peso específico de los agregados puede variar entre los intervalos de 1.2 a 2.2 gr/cm<sup>3</sup> para concretos ligeros; 2.3 a 2.9 gr/cm<sup>3</sup> para concretos normales y 3.00 a 5.00 gr/cm<sup>3</sup> para concretos pesados.  
En los agregados de Cajamarca el peso específico varía de 2.45 a 2.71 gr/cm<sup>3</sup>, por lo cual nuestros agregados sí cumplen.

El porcentaje de absorción de los agregados comúnmente se halla en el intervalo de 0.20% - 3.5%, Pero en Cajamarca varía entre 0.87% y 2.75%, por lo cual los agregados estudiados se encuentran dentro de los límites.

- Para la resistencia a la abrasión se acepta límites menores al 50% de pérdida del peso original, por lo que el agregado grueso cumple con esta condición. Además para agregados a usarse en estructuras no expuestas a abrasión directa, se acepta desgaste hasta del 40%.
- El peso unitario suelto obtenido del agregado fino es 1693.42kg/m<sup>3</sup> y 1354.27kg/m<sup>3</sup> para el agregado grueso, y se encuentra en el límite de los pesos unitarios sueltos de la ciudad de Cajamarca.

Para los agregados finos en Cajamarca el peso unitario suelto varía entre 1400 kg/m<sup>3</sup> y 1700 kg/m<sup>3</sup> y para los agregados grueso entre 1350 kg/m<sup>3</sup> a 1680 kg/m<sup>3</sup>, por lo cual nuestro agregado está cumpliendo con ese rango.

### 3.2. DISEÑO DE MEZCLA

#### DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA EL CONCRETO PATRÓN

##### I) DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

PROPIEDADES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de fineza del agregado	3.06	6.88
peso específico de masa del agregado (gr/cm) <sup>3</sup>	2.53	2.48
Porcentaje de humedad (w%)	5.55	0.68
Absorción de agua (a%)	2.14	2.53
Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> )	1693.42	1354.27
Tamaño máximo	-	3/4"
Tamaño máximo nominal	-	1/2 "

## II) PROCEDIMIENTO

### 1) SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO ( $f'_{cr}$ )

$$\text{Resistencia } f'_{c} = 280$$

$$\rightarrow f'_{cr} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 280 + 84 = 364 \text{ Según RNE E 060 (ver anexo)}$$

### 2) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

$$\text{Consistencia} = \text{fluida}$$

$$\rightarrow \text{Slump} = \geq 5'' \text{ (ver anexo)}$$

### 3) TAMAÑO DEL AGREGADO

$$\text{Tamaño máximo nominal (TMN)} = 1/2'' \text{ (ver anexo de granulometría)}$$

### 4) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA $\text{Lt/m}^3$ :

$$\text{Criterio} = \text{Sin Aire Incorporado}$$

$$\rightarrow \text{Vol. de agua} = 228. \text{ Lts/m}^3 \text{ (ver anexo)}$$

### 5) PORCENTAJE DE AIRE:

$$\text{Aire Atrapado} = 2.5 \% \text{ (ver anexo)}$$

$$\text{Aire incorporado} = \underline{0.0 \%}$$

$$\text{TOTAL} = 2.5 \%$$

### 6) RELACIÓN AGUA CEMENTO (A/C)

a) Por resistencia

$$\rightarrow \text{Relación A/C} = 0.47 \text{ (ver anexo)}$$

b) Por durabilidad

No existe presencia de sulfato ni proceso de hielo y deshielo, por lo que no calculará la A/C por durabilidad

### 7) FACTOR CEMENTO (kg):

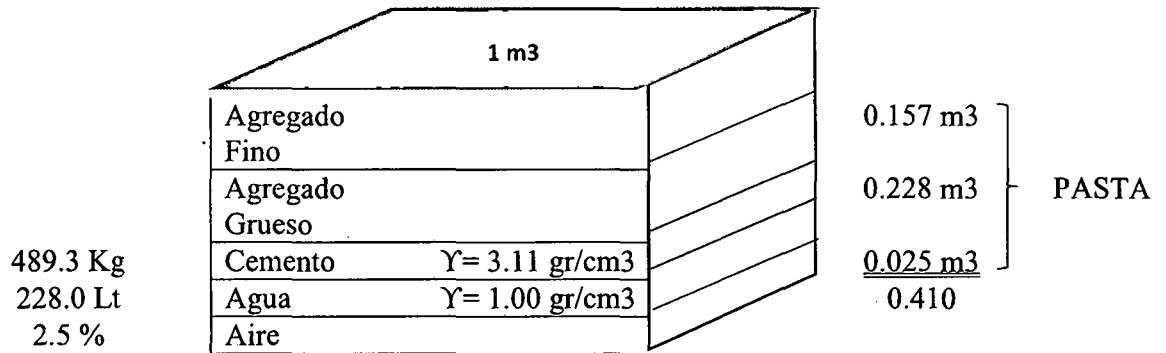
$$A/C = 0.47$$

$$228/C = 0.47$$

$$C = 489.3 \text{ kg/m}^3 \sim 11.5 \text{ bolsas/m}^3$$

PESO

VOLUMEN



### 8) VOLUMEN DE AGREGADOS

$$\text{Vol. Global Agregados} = 1 - \text{Vol. pasta} = 0.6 \text{ m}^3$$

### Módulo de finura integral o de la combinación de agregados

Debido a que no existen tablas para el cálculo de módulo de finura de la combinación de agregados se calculará de la siguiente manera

TAMIZ	GRAVA	ARENA	TANTEOS		
	X	Y	GRAVA	ARENA	SUMATORIA
	%Ret.Acum.	%Ret.Acum.	0.35	0.65	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1/2"	44.44	0	15.55	0.00	15.55
3/8"	88.19	0.00	30.87	0.00	30.87
#4	99.79	8.19	34.93	5.33	40.25
#8	100.00	30.12	35.00	19.58	54.58
#16	100.00	44.14	35.00	28.69	63.69
#30	100.00	57.13	35.00	37.13	72.13
#50	100.00	74.46	35.00	48.40	83.40
#100	100.00	92.46	35.00	60.10	95.10
				M.c. =	4.556

$$mc = rf * mf + rg * mg = 4.56$$

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} = 0.607$$

$$mg - mf$$



$$\text{Vol. AF} = \text{Vol. Abs. Agr. Global} * \%AF = 0.358 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de AF} = 905.74 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Vol. AG} = \text{Vol. Agr. Global} - \text{Vol. AF} = 0.232 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de AG} = 575.36 \text{ kg/m}^3$$

### 9) PESO SECO DE LOS AGREGADOS

$$\text{CEMENTO: } 489.27 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ARENA: } 905.74 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PIEDRA: } 575.36 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AGUA: } 228.00 \text{ Lts/m}^3$$

### 10) CORRECCIÓN POR HUMEDAD

#### Corrección de agregados

$$\text{AF} = \text{Peso seco del AF} * (1 + \%w) = 956.01 \text{ kg}$$

$$\text{AG} = \text{Peso seco del AG} * (1 + \%w) = 579.27 \text{ kg}$$

#### Humedad superficial

$$\text{AF} = 0.034$$

$$\text{AG} = -0.019$$

#### Aporte de agua

$$\text{AF} = \text{Peso seco del AF} * \text{humed. Superficial} = 30.89 \text{ Lt}$$

$$\text{AG} = \text{Peso seco del AG} * \text{humed. Superficial} = \underline{-10.64 \text{ Lt}}$$

$$20.24 \text{ Lt} \quad (\text{aporta agua})$$

#### Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{aporte de agua} = 207.76 \text{ Lt}$$

$$\text{CEMENTO: } 489.27 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ARENA: } 956.01 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PIEDRA: } 579.27 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AGUA: } 207.76 \text{ Lts/m}^3$$

### 11) PROPORCIÓN EN PESO HÚMEDOS (PP)

CEMENTO: 1  
ARENA: 1.95  
PIEDRA: 1.18  
AGUA: 0.42 ~ 18.0 litros/bolsas

### 12) POR VOLUMEN (pies<sup>3</sup>):

$P_v = \frac{P_p * 42.5}{\text{PUSH}}$                       1 pie<sup>3</sup> cemento = 42.5kg  
1m<sup>3</sup> = 35.51 pie<sup>3</sup>

PUSH = PUSS\*(1 + w%)  
PUSH AF: 1787.40 kg/m<sup>3</sup>  
PUSH AG: 1363.48 kg/m<sup>3</sup>

CEMENTO: 11.51 p<sup>3</sup>  
ARENA: 18.89 p<sup>3</sup>  
PIEDRA: 15.00 p<sup>3</sup>  
AGUA: 18.05 Lt

### 14) PROPORCIÓN POR VOLUMEN

CEMENTO: 1.00  
ARENA: 1.64  
PIEDRA: 1.30  
AGUA: 18.05 Lt

### 15) PROPORCIÓN POR TANDA DE 1 ESPÉCIMEN

CEMENTO: 3.26 kg  
ARENA: 6.37 kg  
PIEDRA: 3.86 kg  
AGUA: 1.39 Lt ~ 1385.1 ml

## **PESO CORREGIDO POR HUMEDAD CANTIDADES PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES**

### **Peso Corregido por Humedad (1% de aditivo)**

CEMENTO:	440.34 kg/m <sup>3</sup>
ARENA:	1012.09 kg/m <sup>3</sup>
PIEDRA:	611.73 kg/m <sup>3</sup>
AGUA:	183.74 Lts/m <sup>3</sup>
ADITIVO:	4.40 kg/m <sup>3</sup>

### **Peso Corregido por Humedad (1.5% de aditivo)**

CEMENTO:	440.34 kg/m <sup>3</sup>
ARENA:	956.34 kg/m <sup>3</sup>
PIEDRA:	605.12 kg/m <sup>3</sup>
AGUA:	205.20 Lts/m <sup>3</sup>
ADITIVO:	6.61 kg/m <sup>3</sup>

### **Peso Corregido por Humedad (2% de aditivo)**

CEMENTO:	440.34 kg/m <sup>3</sup>
ARENA:	951.28 kg/m <sup>3</sup>
PIEDRA:	605.12 kg/m <sup>3</sup>
AGUA:	205.20 Lts/m <sup>3</sup>
ADITIVO:	8.81 kg/m <sup>3</sup>

Del análisis de los diseños de mezcla se puede inferir que cumplen con los lineamientos para concretos autocompactantes como por ejemplo: el tamaño máximo nominal del agregado es menor a 25mm, la cantidad de cemento está entre 350 y 450 kg/m<sup>3</sup> (para el CAC), el contenido de finos (cemento más finos del árido) varía entre 400-600 kg/cm<sup>3</sup> y el volumen de agregado grueso está dentro del margen de 50-60% cumpliendo así lo establecido según método de dosificación indicados anteriormente.

### 3.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

#### ENSAYO DE CONSISTENCIA

Según la NTP 339.035 se determinó que el asentamiento de la mezcla de concreto patrón es de 16 cm (6”), lo cual indica que una consistencia fluida.

#### ENSAYO DE EXTENSIÓN DE FLUJO (Cono de Abrams)

Según la NTP 339.219 y las normas UNE, se determinó la extensión de flujo de las mezclas de CAC, teniendo como resultado extensiones de mayores de 60 cm, los cuales a su vez están dentro de lo permisible y su aplicación es adecuado para muchos concretos normales (muros, columnas, pilares). También se observó que el diámetro Df es proporcional al incremento del porcentaje de aditivo, pero esto no siempre es positivo pues se degeneró una ligera exudación y segregación como se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 17.** Resumen de ensayo de extensión de flujo (Cono de Abrams)

Parámetros	Porcentajes de Aditivo		
	1.0%	1.5%	2.0%
T50(s)	5.1	4.2	3.1
Dmax (cm)	66	70	73
Segregación	Ninguna	Ninguna	Ligera

Nota: Rango de aceptación  $T50 \leq 8 \text{seg}$  y  $550 \leq Df \leq 580 \text{mm}$

En cuanto al tiempo T50 se puede considerar aceptable.

#### ENSAYO DE CAJA L (Capacidad de paso)

La mayor capacidad de paso del CAC se obtuvo con el 1.5% de aditivo sika viscocrete, donde el coeficiente de bloqueo H2/H1 se acerca a 1, esto se debe a que al incrementar el superplastificante se genera segregación en la mezcla, haciendo el agregado grueso se separe de la pasta y se asiente en el fondo, esta aglomeración de agregado grueso evitar pasar con facilidad a través de las varillas de acero.

**Tabla 18.** Resumen de ensayo de caja L (capacidad de paso)

Replicas	Parámetros	Dosificación		
		1.0%	1.5%	2.0%
	CbL: H2/H1 (cm)	0.94	0.99	0.89
<b>Promedio</b>	Bloqueo	No	No	Ligero
	Segregación	No	No	Ligero

Nota: Rango de aceptación  $0.75 \leq Cbl \leq 1$

### ENSAYO DE CAJA U (Capacidad de paso y relleno)

Este ensayo al igual que el de caja L, evidencia que el aumento de aditivo puede generar segregación y por ende un ligero bloqueo de la mezcla al momento de pasar a través de las armadura.

**Tabla 19.** Resumen de ensayo de caja U (capacidad de paso y relleno)

Replicas	Parámetros	Dosificación		
		1.0%	1.5%	2.0%
	H1(cm)	33.60	33.50	33.33
	H2 (cm)	33.13	33.37	31.30
<b>Promedio</b>	H2/H1 (cm)	0.99	1.00	0.94
	H1-H2 (cm)	0.47	0.13	2.03
	Segregación	No	No	Ligero

Nota: Rango de aceptación h (altura de relleno  $\geq 300\text{mm}$  y  $\Delta H \leq 30\text{mm}$ )

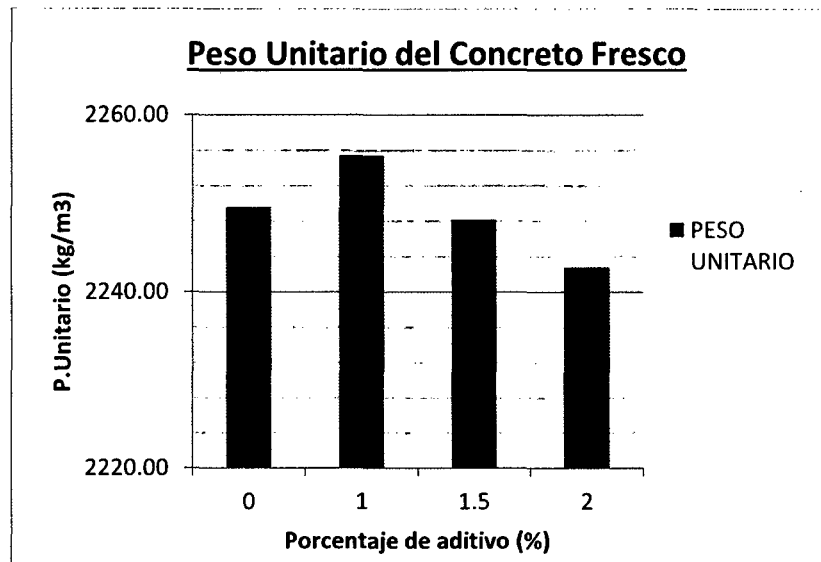
De la tabla se puede inferir que la dosis que presenta mejores resultados de paso y relleno es la de 1.5%, pero las otras dosificaciones también están cumpliendo con los parámetros de este ensayo.

### PESO UNITARIO:

Se determinó el peso unitario de las mezclas de concreto según NTP 339.046, los valores del peso unitario se clasificaron como concretos de peso normal (2240-2400 kg/m<sup>3</sup>). Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 20.** Valores de peso unitario para concreto fresco

<b>PESO UNITARIO CONCRETO FRESCO</b>				
	0.0 %	1.0 %	1.5 %	2.0 %
Peso del Cilindro + concreto (kg)	12.793	12.825	12.785	12.755
Peso del Cilindro (kg)	0.285	0.285	0.285	0.285
Peso del concreto (kg)	12.508	12.540	12.500	12.470
Vol. del Cilindro (m3)	0.006	0.006	0.006	0.006
<b>Peso Unitario (kg/m3)</b>	<b>2249.55</b>	<b>2255.40</b>	<b>2248.20</b>	<b>2242.81</b>



**Figura 10:** Peso unitario del concreto fresco para diferentes porcentajes de aditivo

El peso unitario del concreto fresco en mezcla de concreto patrón es ligeramente menor en comparación con el concreto con dosificación de 1%, pues el concreto patrón tiene menos cantidad de agregados en su diseño.

A medida que se aumenta la dosis de aditivo el valor del peso específico decrece, esto se debe a la disminución de agregados, además se pueden observar que se encuentran dentro de los límites permisibles.

### 3.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

#### ESFUERZO A COMPRESIÓN

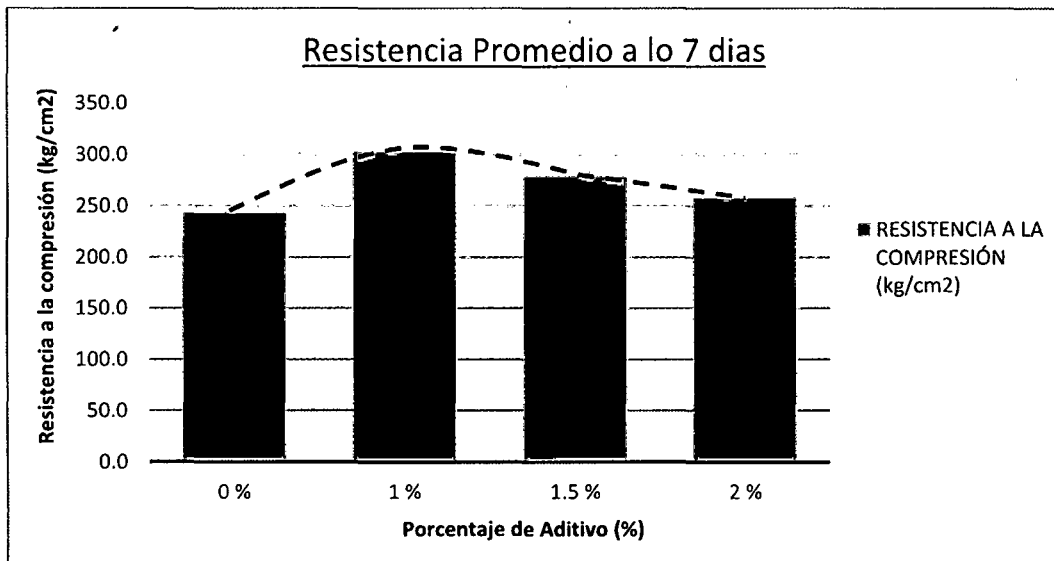
CÓDIGO	TIPOS DE MUESTRAS
CP	Concreto patrón sin aditivo o con 0% de aditivo.
A-1	Concreto autocompactante con 1% de aditivo.
A-1.5	Concreto autocompactante con 1.5% de aditivo.
A-2	Concreto autocompactante con 2% de aditivo

**Tabla 21.** Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 de curado

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>3</sup> )				
Edad (días)	CP 0 %	A-1 1%	A-1.5 1.5 %	A-2 2 %
7	234.21	290.17	281.95	251.84
	247.99	314.12	288.27	249.10
	249.63	316.20	278.30	251.84
	244.08	306.59	270.03	260.05
	246.86	295.64	285.69	257.32
	236.97	292.90	268.27	276.48
14	294.83	358.21	292.08	287.43
	287.43	350.39	306.59	292.08
	273.74	347.65	300.34	290.17
	295.64	347.19	311.37	273.74
	290.17	360.18	309.33	265.53
	289.32	361.34	312.07	268.27
28	352.26	383.24	328.49	299.91
	331.23	377.76	328.49	307.13
	336.17	383.24	352.70	298.38
	327.90	394.03	344.43	292.90
	325.14	410.36	327.90	295.64
	347.19	385.76	338.92	296.43

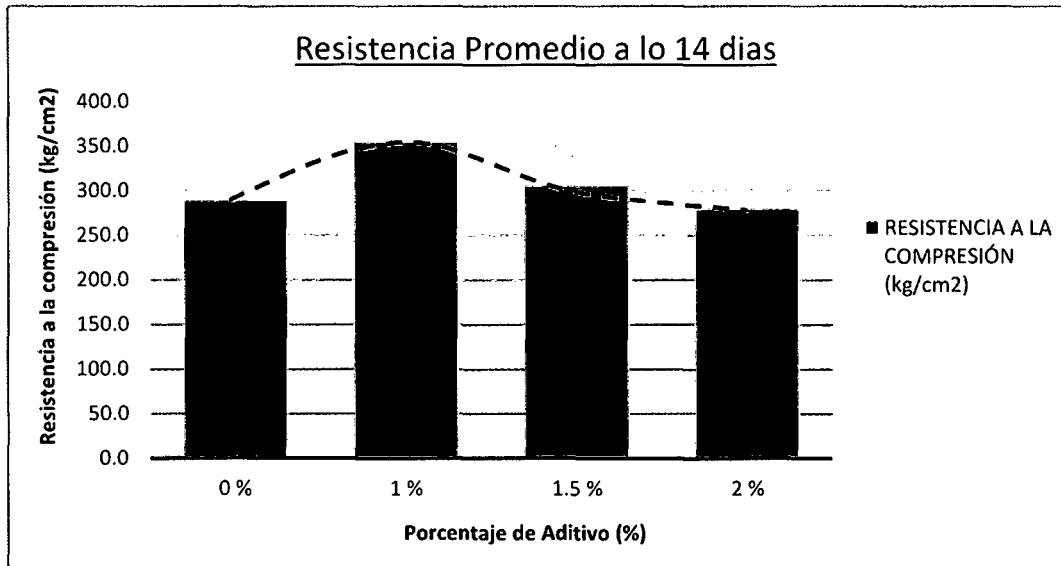
**Tabla 22.** Resumen comparativo de resultados de resistencia promedio a la compresión.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )							
Edad	CP		A-1		A-1.5	A-2	
	0 %	<	1 %	>	1.5 %	>	2 %
7 días	243.3	<	302.6	>	278.8	>	257.8
14 días	288.5	<	354.2	>	305.3	>	279.5
28 días	336.6	<	389.1	>	336.8	>	298.4

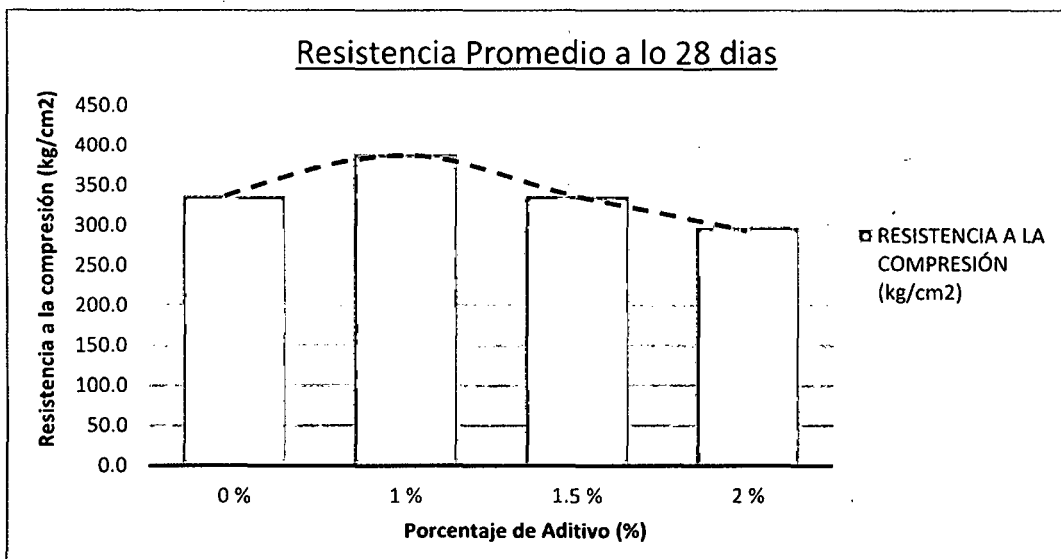


**Figura 11:** Resistencia promedio a la compresión a los 7 días.

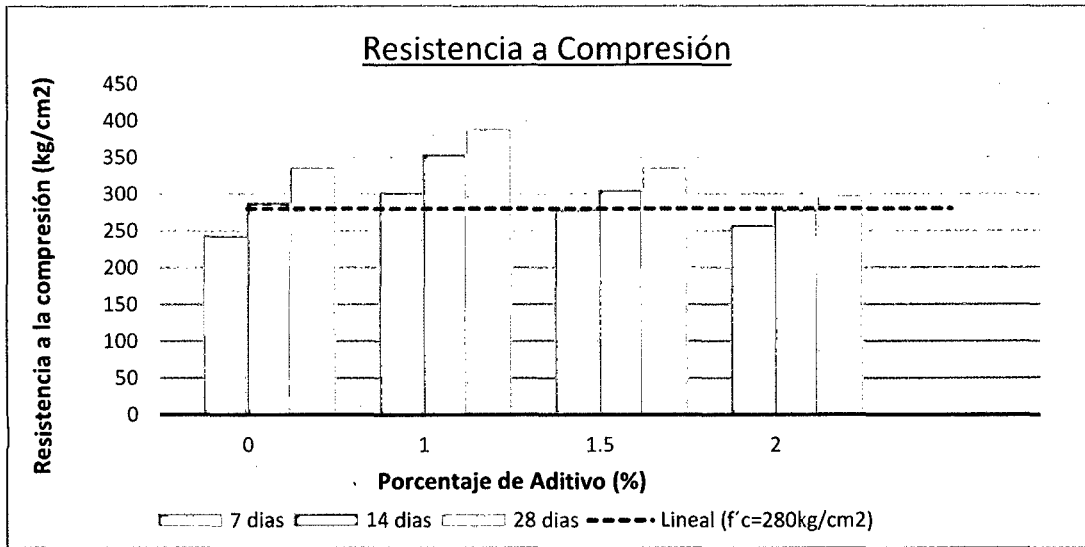




**Figura 12:** Resistencia promedio a la compresión a los 14 días.



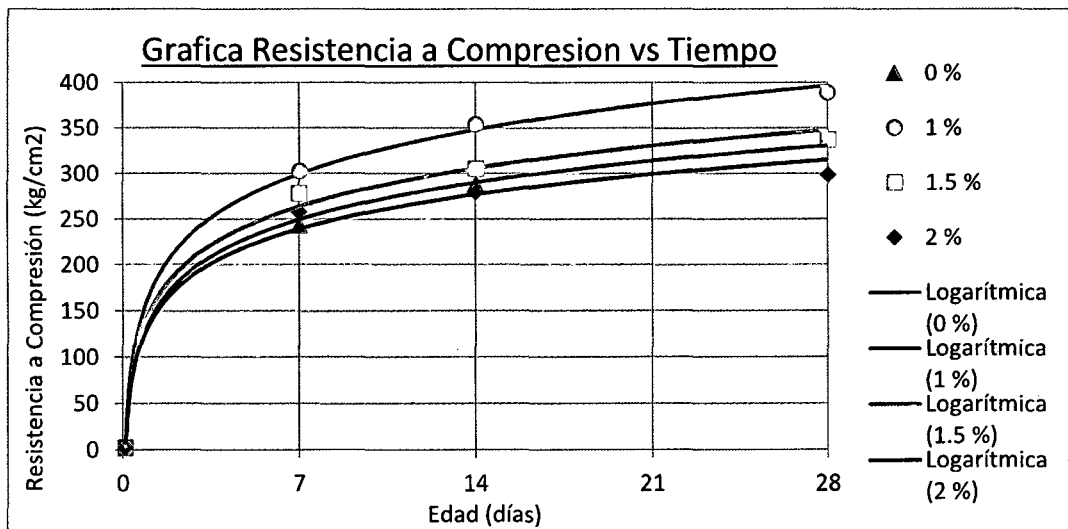
**Figura 13:** Resistencia promedio a la compresión a los 28 días.



**Figura 14:** Resumen de Resistencia promedio a la compresión a los 7,14 y 28 días.

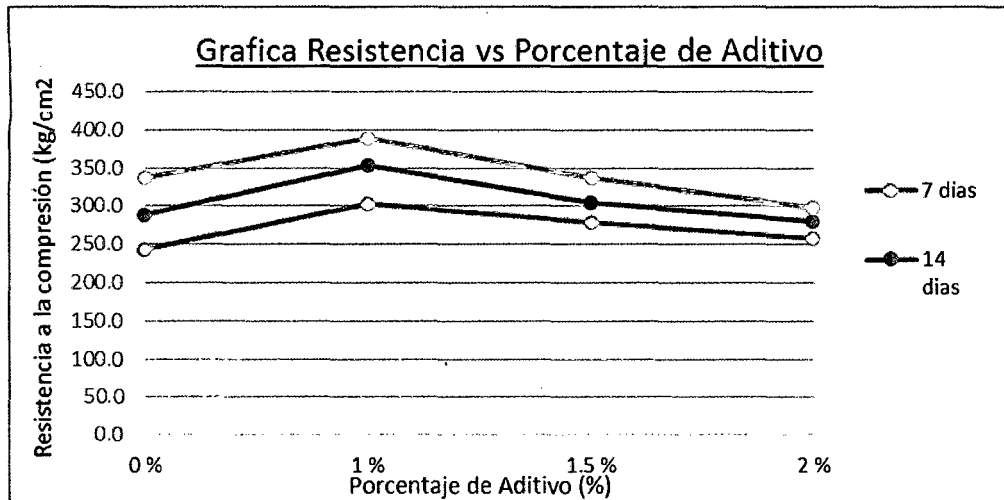
Se observa que el concreto patrón logra un desarrollo de 70% y 80% de la resistencia final a los 7 y 14 días respectivamente; mientras que para las mismas edades el concreto autocompactante obtiene un promedio de 82 y 92% de resistencia obtenida a los 28 días.

*resistencia*  
De esto se puede inferir que el concreto autocompactante logra mayores desarrollos de resistencia a edades iniciales en comparación con el concreto patrón, pero esto no asegura que se mantenga la tendencia a los 28 días.



**Figura 15:** Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en función de tiempo, para varias dosificaciones.

De la gráfica resistencia a compresión vs tiempo se puede concluir que las mezclas de concreto con dosis 1% aumentan la resistencia del concreto patrón a los 28 días en un 15%, mientras que con 1.5% de adición la resistencia es ligeramente superior al del concreto patrón y con 2% de aditivo se aprecia que la resistencia a compresión disminuye en aproximado de 10%. Se tiene que tener en consideración que los concretos con aditivos aumentan levemente su resistencia hasta los 90 días.



**Figura 16:** Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto en función del porcentaje de aditivo, para varios tiempos de curado.

De la gráfica anterior se puede deducir que a medida que se va aumentando la dosis de aditivo superplastificante, la resistencia a compresión del concreto autocompactante disminuye, esto se debe a que al aumentar la fluidez del concreto y se produce segregación de la mezcla, afectado de esta manera las propiedades del concreto autocompactante. Además se observa que la mayor resistencia a compresión lo obtenemos con la dosificación de 1% de aditivo sika viscocrete por eso se puede indicar que es nuestro porcentaje óptimo de adición de superplastificante.

### MÓDULO ELASTICIDAD

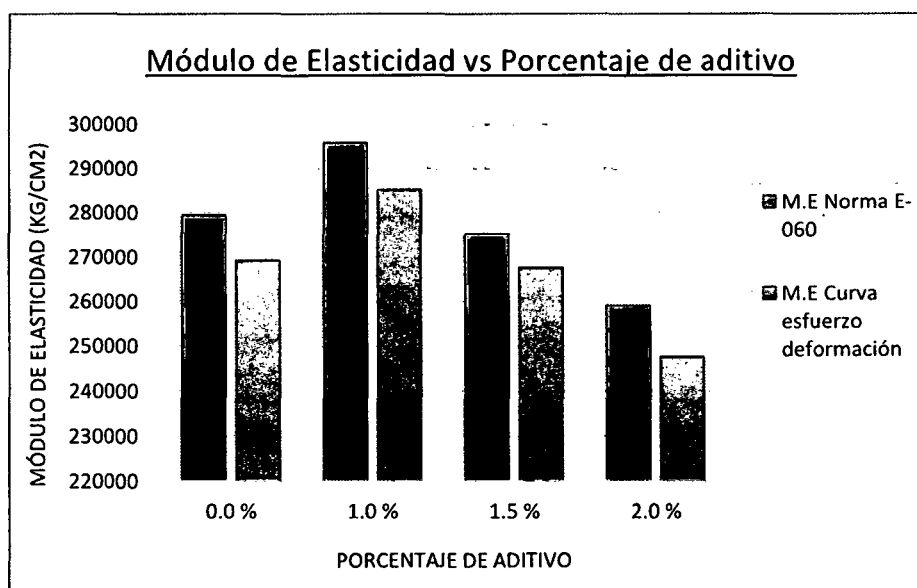
Los las probetas ensayadas se determinó el módulo de elasticidad en función a la norma E-060 y la gráfica de esfuerzo deformación se muestran a continuación:

**Tabla 23.** Módulo de Elasticidad según la Norma E-060

<b>Módulo de Elasticidad <math>E_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>Dosis</b>	<b>0.0 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>1.5 %</b>	<b>2.0 %</b>
<b>28 días</b>	281527	293647	271864	259767
	280780	291542	271864	262876
	275022	293647	281704	259104
	279494	297753	278383	256716
	280601	303858	271620	257913
	279494	294613	276147	258258
<b>Promedio</b>	<b>279487</b>	<b>295843</b>	<b>275264</b>	<b>259106</b>

**Tabla 24.** Módulo de Elasticidad según grafica esfuerzo deformación

<b>Módulo de Elasticidad <math>E_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>Dosis</b>	<b>0.0 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>1.5 %</b>	<b>2.0 %</b>
<b>28 días</b>	270897	294724	268443	249648
	271730	285672	266129	257919
	265255	280486	273521	243836
	266999	262976	267110	243818
	271384	305264	265651	248273
	269247	282334	265053	242245
<b>Promedio</b>	<b>269252</b>	<b>285242</b>	<b>267651</b>	<b>247623</b>



**Figura 17:** Comparación del el cálculo de módulo de elasticidad.

De los resultados obtenidos se puede concluir que existe una variación en el módulo de

elasticidad, aproximadamente en 10000 kg/cm<sup>2</sup>, siendo mayor la obtenida con los lineamientos del reglamento nacional de edificaciones RNE E-060 ( $E_c = 15,000 \sqrt{f_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)) en comparación a la obtenida de la gráfica esfuerzo deformación; esto se puede deber en general a que la mayoría de las formulas existentes para los concretos (lo cuales son aplicables al CAC), sobrevaloran el valor del módulo de elasticidad, no siendo importantes estas diferencias.

Además a medida que se incrementa la dosis de aditivo, el concreto autocompactante (1%, 1.5%, 2%) disminuye el módulo de elasticidad, esto se debe a que el módulo de elasticidad es directamente relacionado con la resistencia mecánica de concreto.

### 3.5. RESUMEN DE LOS COSTOS DE LOS MATERIALES POR TIPO DE MUESTRA ELABORADA

**Tabla 25.** Costo del Concreto Patrón por m<sup>3</sup> (0% de aditivo)

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	BLS	11.51	23.6	271.69
Agregado fino	M3	0.56	60	33.87
Agregado grueso	M3	0.43	60	25.66
Agua	M3	0.21	1.9	0.39
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>331.62</b>

**Tabla 26.** Costo del Concreto Autocompactante por m<sup>3</sup> (1% de aditivo)

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	BLS	10.36	23.6	244.52
Agregado fino	M3	0.60	60	35.86
Agregado grueso	M3	0.45	60	27.10
Agua	M3	0.18	1.9	0.35
Superplastificante sika viscocrete	L	4.12	25	102.88
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>410.71</b>

**Tabla 27.** Costo del Concreto Autocompactante por m3 (1.5% de aditivo)

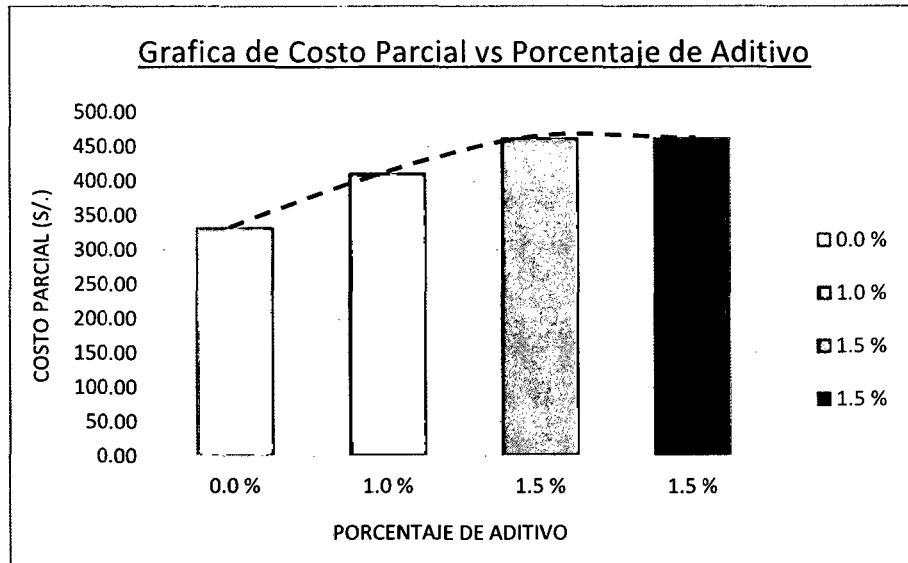
DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	BLS	10.36	23.6	244.52
Agregado fino	M3	0.60	60	35.77
Agregado grueso	M3	0.45	60	26.99
Agua	M3	0.18	1.9	0.35
Superplastificante sika viscocrete	L	6.17	25	154.32
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>461.95</b>

**Tabla 28.** Costo del Concreto Autocompactante por m3 (2% de aditivo)

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL
Cemento	BLS	10.36	23.6	244.52
Agregado fino	M3	0.59	60	35.58
Agregado grueso	M3	0.45	60	27.12
Agua	M3	0.18	1.9	0.34
Superplastificante sika viscocrete	L	8.23	25	205.77
<b>TOTAL (S/.)</b>				<b>513.32</b>

**Tabla 29.** Resumen Costo del Concreto Patrón y Autocompactante por m3

Muestra	Dosis	Costo (S/.)
CP	0.0 %	331.62
A-1	1.0 %	410.71
A-1.5	1.5 %	461.9
A-2	1.5 %	461.95



**Figura 18:** Comparación del costo parcial del concreto por m<sup>3</sup>, para diferentes dosis de aditivo.

De la gráfica se puede inferir a primera vista, que conforme se incrementa el porcentaje de aditivo superplastificante (Sika viscocrete), aumenta el costo del concreto diseñado. Por ejemplo comparando el concreto que presentó mayor resistencia a compresión (1% de aditivo) con el concreto patrón (0% de aditivo) el costo se incrementa al 24%.

De éstos datos se puede concluir que la elaboración de concretos autocompactantes es económicamente más costoso, pero considerando las ventajas que ofrece el CAC tales como: mejora en el acabado de estructuras, disminución de ruido (por eliminación del proceso de compactación o vibrado), reducción del tiempo de colocación del concreto, ahorro en costo horas hombre (operario) y máquina (vibrador), etc.; es factible poder considerar el uso de esta tecnología.

*disminución*

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de la cantera Banda-La Victoria, indican que estos pueden ser usados en elaboración de concretos autocompactantes, siempre y cuando se trabaje con una granulometría mejorada para el agregado fino ~~y con~~ y con tamaño máximo nominal de ½ pulgada para el agregado grueso.
  
- El concreto autocompactante realizado con los agregados de la cantera Banda, cemento Pacasmayo tipo I, agua de la ciudad universitaria y superplastificante sika viscocrete 3330 presentan las siguientes características:
  - Asentamientos superiores a 10 pulgadas.
  - Ensayo de extensión de flujo, presenta una extensibilidad entre los rangos 66-73 cm.
  - Ensayo de caja L, con una capacidad de paso buena con un coeficiente de bloqueo entre 0.94 y 0.89.
  - Ensayo de caja U, con capacidad de paso y relleno adecuada con altura de relleno mayor a 300mm y diferencia de alturas menor a 30mm.

Con lo indicado anteriormente se concluye que cumple con los requerimientos para concretos autocompactantes, sin embargo a medida que se incrementó la dosis de superplastificante presentó una ligera segregación y exudación.

- La <sup>RESISTENCIA</sup> ~~resistencia~~ mecánica a compresión del concreto autocompactante, se incrementa en comparación del concreto patrón para dosificaciones de 1% y 1.5%, mientras que para la máxima dosificación (2%) la resistencia disminuye en 10% a la obtenida con el concreto patrón a los 28 días. A pesar que la resistencia disminuye con el incremento de las dosificaciones, todas están cumpliendo con ser mayor a las resistencias de diseño ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ).



- Los concreto elaborados con sika viscocrete 3330, presentan elevados desarrollos de la resistencia a compresión a edades tempranas, en comparación con concretos convencionales, pero esto no asegura que la tendencia se mantenga constante.
- El óptimo porcentaje de utilización de superplastificante sika viscocrete 3330, para un aumento de más de 10% de la resistencia es de 1% en peso de cemento.
- El módulo de elasticidad del concreto autocompactante, disminuye su valor conforme se aumenta el porcentaje de aditivo, esto se debe a su relación con la resistencia a compresión.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

- Evaluar el comportamiento autocompactante del concreto con dosificaciones intermedias a las realizadas en la presente tesis o también con rangos inferiores pues según la ficha técnica se puede emplear entre 0.4-1% de aditivo para concretos plásticos.
- Realizar investigaciones de concreto autocompactante pero usando agregados de otras canteras o inclusive con agregado reciclado.
- Estudiar concretos autocompactante pero la inclusión de adiciones como filler, microsílíce o nanosílíce; con el fin de mejorar la cohesión del concreto y evitar problemas de exudación y segregación. También se podría investigar con otro aditivos superplastificantes.
- Realizar investigación del concreto autocompactante usando agregados de otras canteras o inclusive agregado reciclado

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHE (Asociación Científico Técnica del Hormigón Estructural). 2008. Hormigón Autocompactante: Diseño y aplicación. Monografía n° 13. Editorial ACHE, 1-142.
- ACI (American Concrete Institute) Committee 237. 2007. Self-Consolidating Concrete (en línea). Disponible en <http://www.concrete.org>
- Bermejo Núñez, EB; Moragues Terrades, A; Gálvez Ruiz, JC; Fernández Cánovas, M. 2010. Permeabilidad y estructura porosa de hormigones autocompactantes de resistencia moderada. *Materiales de construcción* 60(299): 37-51.
- Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil (9, 2001, Lima). 2001. Concreto autocompactado: memoria. Eds. Alegre Dextre, VH. Lima, Perú. UNIFIC.
- De Schutter, G; Audenaert, K. 2007. Durability of Self-Compacting Concrete, State of the Art Report of RILEM Technical Committee 205-DSC (en línea). Consultado 13 oct. 2014. Disponible en [http://www.rilem.org/gene/main.php?base=500219&id\\_publication=102](http://www.rilem.org/gene/main.php?base=500219&id_publication=102)
- EFNARC (The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems). 2002. Especificaciones y Directrices para el Hormigón Autocompactante – HAC (en línea). Consultado 20 ago. 2014. Disponible en <https://www.efnarc.org>
- Fernández Gómez, J; Burón Maestro, M. 2005. Guía práctica para la utilización del hormigón autocompatante. IECA, Madrid, ES.
- GPE (Grupo de Proyecto Europeo). 2006. Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante Especificaciones Producción y Uso (en línea). Consultado 20 ago. 2014. Disponible en <http://www.efnarc.org/pdf/SandGforSCCSpanish.pdf> -
- Hayakawa, M; Matsuoka, Y; Shindoh, T. 1993. Special Concretes workability and Mixing (Proceedings International RILEM Workshop): Development and application of super-workable concrete. Londres, Inglaterra., Ed. P.J.M. Bartos, E&FN Spon, 173-190.
- Okamura, H; Ouchi Masahiro. 2003. Self-Compacting Concrete. *Journal of Advanced Concrete technology* 1(1): 5-15.
- Rivva Lopez, E. 2007. Tecnología del concreto: Diseño de mezclas. 2. ed. PE.

292p.

- Santa Cruz Noriega, SG; Valenzuela, AA. 2013. Diseño y Control del Concreto Autocompactante en el Valle del Mantaro. Revista Científica Ingetecno 2(1).
- Valcuende, MO; Parra, C; Jarque, JC. 2007. Homogeneidad de los hormigones autocompactantes. Materiales de Construcción 57(287): 37-52.
- Vilca Malaver, ME. 2012. Incidencia del porcentaje de Microsilice en un concreto autocompactante. Tesis Profesional. Cajamarca. UNC.

## ANEXOS

### A) ENSAYO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

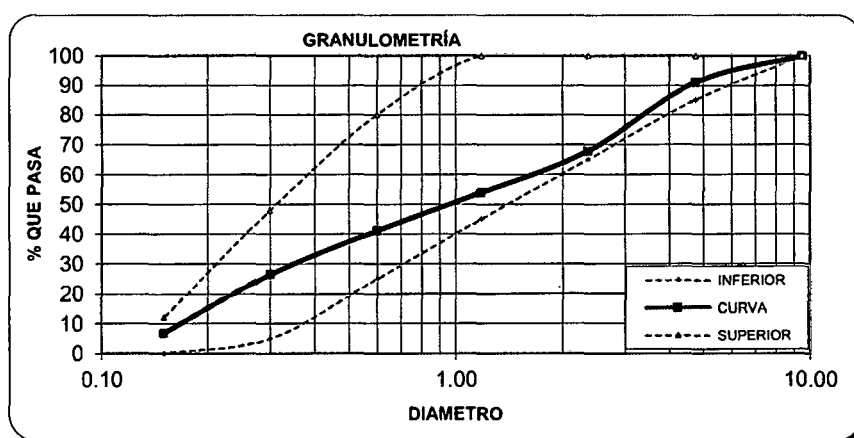
#### A.1) ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y MÓDULO DE FINURA

##### AGREGADO FINO

**Tabla 30.** Primer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado fino

1° ENSAYO						
TAMIZ	Peso Ret	% Ret.	% Ret.	% Q.	Huso	
#	(mm)	(gr)	%	Acum.	Pasa	granulométrico
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100
N°4	4.76	149.13	9.03	9.03	90.97	85 - 100
N°8	2.36	382.70	23.17	32.19	67.81	65 - 100
N°16	1.18	230.20	13.93	46.13	53.87	45 - 100
N°30	0.60	210.80	12.76	58.89	41.11	25 - 80
N°50	0.30	242.10	14.65	73.54	26.46	5 - 48
N°100	0.15	323.80	19.60	93.14	6.86	0 - 12
cazoleta		113.30	6.86	100.00	0.00	Módulo de
Total		1652.03	100.00			finura
						3.13

Nota: Los datos presentados corresponden a una granulometría mejorada, donde se eliminó el 70% del agregado retenido en la malla N° 4.

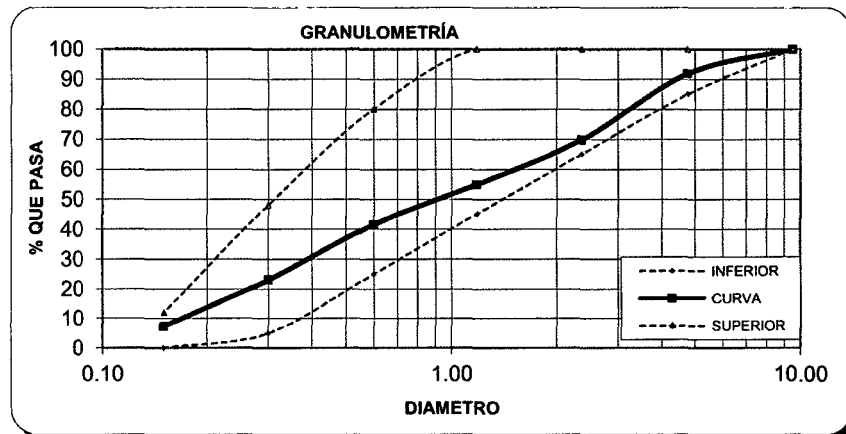


**Figura 19:** Primer curva granulométrica para el agregado fino

**Tabla 31.** Segundo ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado fino

2° ENSAYO							
TAMIZ		Peso Ret (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Q. Pasa	Huso granulométrico	
#	(mm)						
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
N°4	4.76	137.19	8.17	8.17	91.83	85	- 100
N°8	2.36	371.00	22.08	30.25	69.75	65	- 100
N°16	1.18	249.60	14.86	45.11	54.89	45	- 100
N°30	0.60	223.50	13.30	58.41	41.59	25	- 80
N°50	0.30	310.30	18.47	76.89	23.11	5	- 48
N°100	0.15	264.90	15.77	92.65	7.35	0	- 12
cazoleta		123.40	7.35	100.00	0.00	Módulo de finura	
<b>Total</b>		1679.89	100.00			<b>3.11</b>	

Nota: Los datos presentados corresponden a una granulometría mejorada, donde se eliminó el 70% del agregado retenido en la malla N° 4.

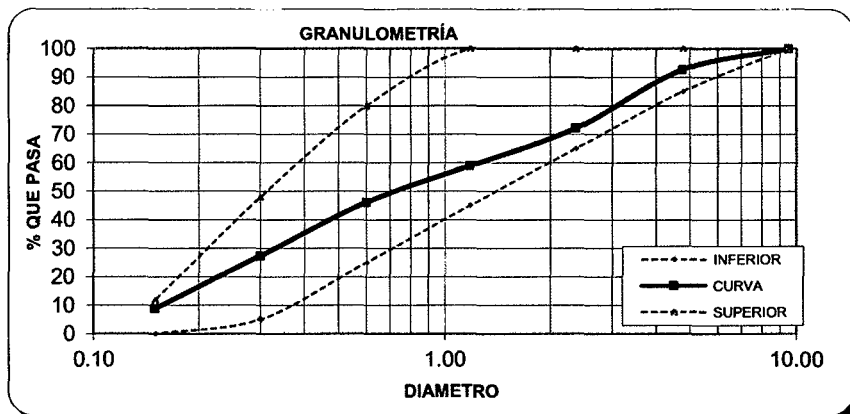


**Figura 20:** Segunda curva granulométrica para el agregado fino

**Tabla 32.** Tercer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado fino

3° ENSAYO							
TAMIZ		Peso (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Q. Pasa	Huso granulométrico	
#	(mm)						
3/8"	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
N°4	4.76	125.88	7.38	7.38	92.62	85	- 100
N°8	2.36	349.40	20.48	27.85	72.15	65	- 100
N°16	1.18	225.50	13.22	41.07	58.93	45	- 100
N°30	0.60	219.30	12.85	53.92	46.08	25	- 80
N°50	0.30	319.60	18.73	72.65	27.35	5	- 48
N°100	0.15	317.10	18.58	91.24	8.76	0	- 12
<b>cazoleta</b>		149.50	8.76	100.00	0.00	<b>Módulo de finura</b>	
<b>Total</b>		1706.28	100.00			<b>2.94</b>	

Nota: Los datos presentados corresponden a una granulometría mejorada, donde se eliminó el 70% del agregado retenido en la malla N° 4.

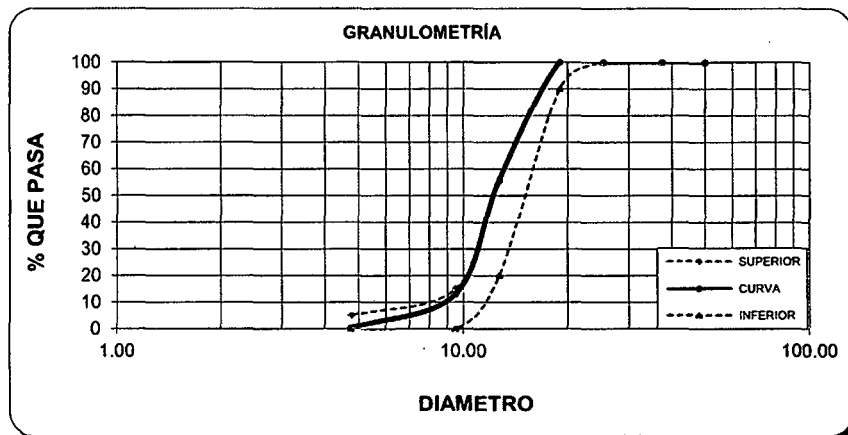


**Figura 21:** Tercer curva granulométrica para el agregado fino

## AGREGADO GRUESO

**Tabla 33.** Primer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado grueso

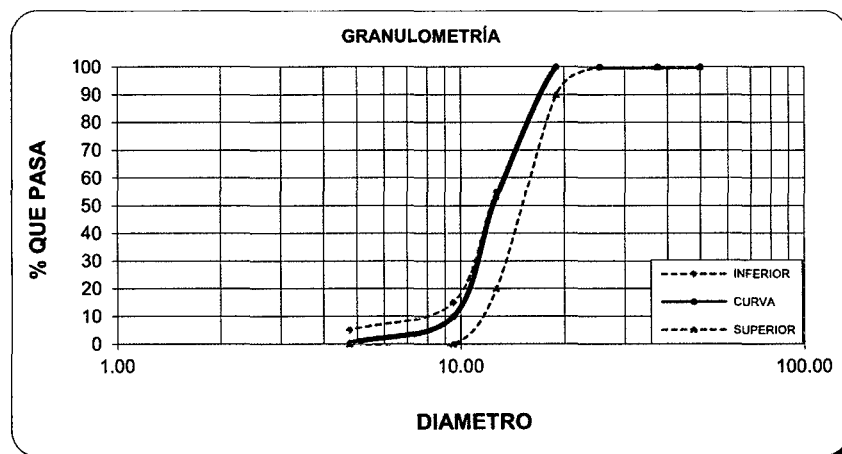
<b>1° ENSAYO</b>						
<b>TAMIZ</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>% Ret.</b>	<b>% Ret. Acum.</b>	<b>% Q. Pasa</b>	<b>Huso granulométrico 67</b>	
<b>#</b>	<b>(mm)</b>					
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100
½"	12.70	1321.20	44.04	44.04	55.96	20 - 55
⅜"	9.51	1287.80	42.93	86.97	13.03	0 - 15
N° 4	4.76	384.00	12.80	99.77	0.23	0 - 5
<b>cazoleta</b>		7.00	0.23	100.00	0.00	
<b>Total</b>		3000.00	100.00			<b>Módulo de finura 6.87</b>



**Figura 22:** Primera curva granulométrica para el agregado grueso

**Tabla 34.** Segundo ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado grueso

2° ENSAYO							
TAMIZ		Peso (gr)	% Ret.	% Ret. Acum.	% Q. Pasa	Huso granulométrico 67	
#	(mm)						
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	- 100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	- 100
½"	12.70	1407.00	46.90	46.90	53.10	20	- 55
⅜"	9.51	1293.90	43.13	90.03	9.97	0	- 15
N° 4	4.76	292.90	9.76	99.79	0.21	0	- 5
cazoleta		6.20	0.21	100.00	0.00	Módulo de finura	
Total		3000.00	99.79			6.90	

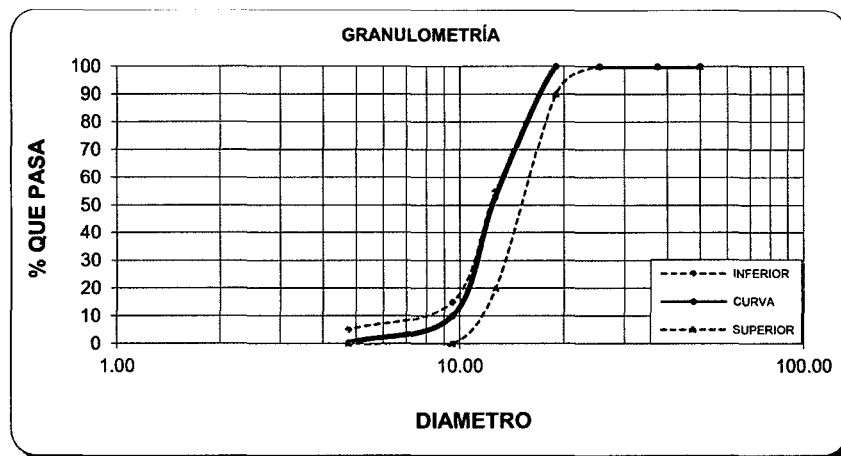


**Figura 23:** Segundo curva granulométrica para el agregado grueso



**Tabla 35.** Tercer ensayo de Análisis granulométrico y módulo de finura del agregado grueso

3° ENSAYO								
TAMIZ	Peso	%	%	% Q.	Huso granulométrico			
#	(mm)	(gr)	Ret.	Ret. Acum.	Pasa	67		
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1 ½"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	100	-	100
¾"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90	-	100
½"	12.70	1270.69	42.36	42.36	57.64	20	-	55
3/8"	9.51	1355.30	45.18	87.53	12.47	0	-	15
N° 4	4.76	367.41	12.25	99.78	0.22	0	-	5
cazoleta		6.60	0.22	100.00	0.00	Módulo de finura		
<b>Total</b>		3000.00	99.78			<b>6.87</b>		



**Figura 24:** Tercer curva granulométrica para el agregado grueso

### A.2) Tamaño del agregado

Este parámetro también se determinó en el proceso de granulometría del agregado grueso.

Tamaño máximo del agregado (TM): ¾" (19 mm)

Tamaño máximo nominal del agregado (TMN): ½" (12.7 mm)

### A.3) PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN

#### AGREGADO FINO

**Tabla 36.** Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino

DATOS	1°	2°	3°	
$W_{\text{agregado SSS}} \text{ (gr)}$	500.00	500.00	500.00	
$W_{\text{fiola}} \text{ (gr)}$	213.10	213.20	213.10	
$W_{\text{agregado + fiola}} \text{ (gr)}$	713.10	713.20	713.10	
$W_{\text{fiola + agregado + agua}} \text{ (gr)}$	1016.10	1016.50	1016.30	
$V_a = V_{\text{agua añadida}} \text{ (cm}^3\text{)}$	303.00	303.30	303.20	
$W_{\text{tara}} \text{ (gr)}$	86.80	75.10	87.50	
$W_{\text{tara + muestra seca}} \text{ (gr)}$	576.00	565.00	577.00	
$W_o = W_{\text{Muestra Seca}} \text{ (gr)}$	489.20	489.90	489.50	

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
$W_o = \text{Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)}$	489.20	489.90	489.50	489.53
$V = \text{Volumen del frasco (cm}^3\text{)}$	500.00	500.00	500.00	500.00
$V_a = \text{Peso en gr o volumen del agua añadida al frasco (gr)}$	299.93	310.51	308.81	306.42
a. <b>Peso específico de masa</b> $P_{\text{cm}} = W_o / (V - V_a) \text{ (gr/cm}^3\text{)}$	2.45	2.59	2.56	<b>2.53</b>
b. <b>Peso específico de masa saturada con superficie seca</b> $P_{\text{csss}} = 500 / (V - V_a) \text{ (gr/cm}^3\text{)}$	2.50	2.64	2.62	<b>2.58</b>
c. <b>Peso específico aparente</b> $P_{\text{ea}} = W_o / ((V - V_a) - (500 - W_o)) \text{ (gr/cm}^3\text{)}$	2.58	2.73	2.71	<b>2.67</b>
d. <b>Absorción</b> $\text{Abs} = ((500 - W_o) / W_o) * 100 \text{ (\%)}$	2.21	2.06	2.15	<b>2.14</b>

## AGREGADO GRUESO

**Tabla 37.** Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
A=Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)	1948.79	1951.36	1951.92	1950.69
B=Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr)	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00
C=Peso en el agua de la muestra saturada (gr)	1216.59	1213.29	1208.86	1212.91
a. Peso específico de masa $P_c=A/(B-C)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.49	2.48	2.47	<b>2.48</b>
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca $P_{ess}=B/(B-C)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.55	2.54	2.53	<b>2.54</b>
c. Peso específico aparente $P_{ea}=A/(A-C)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2.66	2.64	2.63	<b>2.64</b>
d. Absorción $Abs=((B-A)/A)*100$ (%)	2.63	2.49	2.46	<b>2.53</b>

### A.4) CONTENIDO DE HUMEDAD

## AGREGADO FINO

**Tabla 38.** Ensayo de contenido de humedad del agregado fino

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
W tara	29.70	26.80	27.40	27.97
Peso de muestra hum + tara (gr)	177.30	199.70	194.10	190.37
Peso de muestra Seca + tara (gr)	169.40	190.80	185.30	181.83
Wh= Peso de muestra húmeda (gr)	147.60	172.90	166.70	162.40
Ws= Peso de muestra seca (gr)	139.70	164.00	157.90	153.87
Wa= Peso del agua (gr)	7.90	8.90	8.80	8.53
Contenido de humedad $(Wh-Ws)/Ws*100$	5.65	5.43	5.57	5.55
>>> Contenido de humedad promedio (%)=				<b>5.55</b>

## AGREGADO GRUESO

**Tabla 39.** Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
W tara	39.00	38.60	38.70	38.77
Peso de muestra hum + tara (gr)	262.70	253.10	235.00	250.27
Peso de muestra Seca + tara (gr)	260.80	251.80	233.90	248.83
Wh= Peso de muestra húmeda (gr)	223.70	214.50	196.30	211.50
Ws= Peso de muestra seca (gr)	221.80	213.20	195.20	210.07
Wa= Peso del agua (gr)	1.90	1.30	1.10	1.43
Porcentaje de humedad (Wh-Ws)/Ws*100	0.86	0.61	0.56	0.68
>>> Porcentaje de humedad promedio =			<b>0.68</b>	

### A.5) PESO UNITARIO

**Tabla 40.** Calculo de peso específico del agua y del factor f

<b>Calculo del peso específico del agua</b>	
Peso de fiola+agua (gr)	710.70
Peso de fiola (gr)	212.80
Peso de agua (gr)	497.90
Volumen fiola (cm3)	500.00
Peso específico=W/V (gr/cm3)	0.9958
<b>P.e en (kg/m3)</b>	<b>995.80</b>
<b>Calculo del factor f</b>	
Peso específico del agua (kg/m3)	995.80
Peso del Cilindro+vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro+vidrio+Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
>>> <b>f (1/m3) =</b>	<b>338.707</b>

### AGREGADO FINO

Tabla 41. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	8.89	8.85	8.92
Peso de muestra (kg)	5.00	4.96	5.04
f	338.71	338.71	338.71
PUS kg/m <sup>3</sup>	1693.54	1681.34	1705.39
<b>Peso Unitario Suelto promedio</b>	<b>1693.42</b>		

Tabla 42. Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	9.19	9.18	9.20
Peso de muestra (kg)	5.31	5.29	5.32
f	338.71	338.71	338.71
PUC kg/m <sup>3</sup>	1796.84	1793.12	1800.23
<b>Peso Unitario Compactado promedio</b>	<b>1796.73</b>		

### AGREGADO GRUESO

Tabla 43. Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	7.87	7.88	7.90
Peso de muestra (kg)	3.99	4.00	4.02
f	338.71	338.71	338.71
PUS kg/m <sup>3</sup>	1349.75	1353.14	1359.91
<b>Peso Unitario Suelto promedio</b>	<b>1354.27</b>		

**Tabla 44.** Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.89	3.89	3.89
Peso del recipiente+muestra (kg)	8.35	8.31	8.39
Peso de muestra (kg)	4.46	4.42	4.51
f	338.71	338.71	338.71
PUC kg/m <sup>3</sup>	1510.64	1497.09	1525.88
<b>Peso Unitario Compactado promedio</b>	<b>1511.20</b>		

#### A.6) RESISTENCIA ABRASIÓN

**Tabla 45.** Ensayo de resistencia a la abrasión

DATOS						
TAMIZ		RETENIDO EN		ENSAYO		
#	(mm)	#	(mm)	1°	2°	3°
1 ½"	37.50	1"	25.40	0	0	0
1"	25.40	¾"	19.00	0	0	0
¾"	19.00	½"	12.70	2500	2500	2500
½"	12.70	⅜"	9.51	2500	2500	2500
⅜"	9.51	¼"	6.35	0	0	0
¼"	6.35	N° 4	4.76	0	0	0
N° 4	4.76	N° 8	2.36	0	0	0
<b>TOTAL</b>				<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
Peso de muestra Seca (gr)	5000.00	5000.0 0	5000.0 0	5000.00
Wo=Peso de muestra Seca + recipiente (gr)	3380.50	3370.0 0	3375.0 0	3375.17
Recipiente (gr)	305.50	305.50	305.50	305.50
Wf=Peso de muestra seca final (gr)	3075.00	3064.5 0	3069.5 0	3069.67
Abrasión (%) = (Wo-Wf)/Wo*100	38.50	38.71	38.61	38.61
>>>Resistencia a la abrasión promedio (%)=	38.61			

## B) DISEÑO DE MEZCLA CON DIFERENTE PORCENTAJE DE ADITIVO

### DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS (DOSIFICACIÓN DE 1%)

#### I) DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

PROPIEDADES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de fineza del agregado	3.06	6.88
Peso específico de masa del agregado (gr/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.48
Porcentaje de humedad (w%)	5.55	0.68
Absorción de agua (a%)	2.14	2.53
Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> )	1693.42	1354.27
Tamaño máximo	-	3/4"
Tamaño máximo nominal	-	1/2 "

#### II) PROCEDIMIENTO

##### 1) SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'cr)

Resistencia f'c = 280

→ f'cr (kg/cm<sup>2</sup>) = 280 + 84 = 364 Según RNE E 060 (ver anexo)

##### 2) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia = fluida

→ Slump = ≥5" (ver anexo de tablas)

##### 3) TAMAÑO DEL AGREGADO

Tamaño máximo nominal (TMN) = 1/2 " (ver anexo de granulometría)

##### 4) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA Lt/m<sup>3</sup>:

Criterio = Sin Aire Incorporado

→ Vol. de agua = 228. Lts/m<sup>3</sup> (ver anexo de tablas)

Mediante ensayos previos se determinó que el aditivo reduce agua hasta 10%:

$$10\% * V.U.A = 205. \text{ Lts/m}^3$$

**5) PORCENTAJE DE AIRE:**

Aire Atrapado = 2.5 %

Aire incorporado = 0.0 %

2.5 %

**6) RELACIÓN AGUA CEMENTO (A/C)**

a) Por resistencia

→ Relación A/C = 0.47

b) Por durabilidad

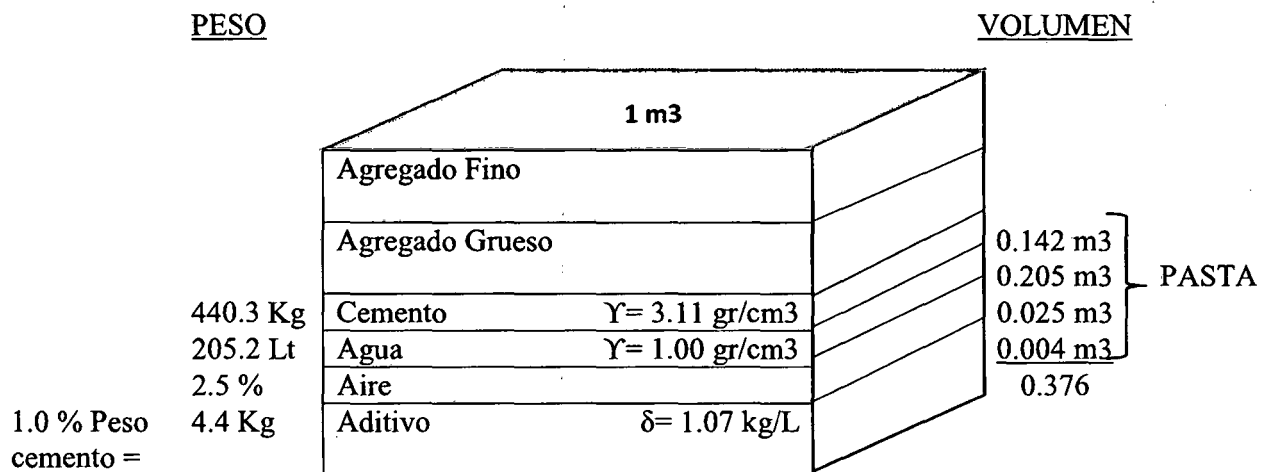
No existe presencia de sulfato ni proceso de hielo y deshielo, por lo que no calculó la relación A/C por durabilidad

**7) FACTOR CEMENTO (kg):**

A/C = 0.47

205.2/C = 0.47

C = 440 kg/m<sup>3</sup> ~ 10.4 bolsa/m<sup>3</sup>



**8) VOLUMEN DE AGREGADOS**

Vol. Global Agregados = 1- Vol. pasta = 0.624 m<sup>3</sup>

**Módulo de finura integral o de la combinación de agregados**

Debido a que no existen tablas para el cálculo de módulo de finura de la combinación de



agregados se calculará de la siguiente manera

TAMIZ	GRAVA	ARENA	TANTEOS		
	X	Y	GRAVA	ARENA	SUMATORIA
	%Ret.Acum.	%Ret.Acum.	0.35	0.65	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1/2"	44.44	0	15.55	0.00	15.55
3/8"	88.19	0.00	30.87	0.00	30.87
#4	99.79	8.19	34.93	5.33	40.25
#8	100.00	30.12	35.00	19.58	54.58
#16	100.00	44.14	35.00	28.69	63.69
#30	100.00	57.13	35.00	37.13	72.13
#50	100.00	74.46	35.00	48.40	83.40
#100	100.00	92.46	35.00	60.10	95.10
				<b>M.c. =</b>	<b>4.556</b>

$$mc = rf * mf + rg * mg = 4.56$$

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} = 0.607$$

$$mg - mf$$

$$\text{Vol. AF} = \text{Vol. Abs. Agr. Global} * \%AF = 0.379 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de AF} = 958.87 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Vol. AG} = \text{Vol. Agr. Global} - \text{Vol. AF} = 0.245 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de AG} = 607.60 \text{ kg/m}^3$$

### 9) PESO SECO DE LOS AGREGADOS

$$\text{CEMENTO: } 440.34 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ARENA: } 958.87 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PIEDRA: } 607.60 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AGUA: } 205.20 \text{ Lts/m}^3$$

$$\text{ADITIVO: } 4.40 \text{ kg/m}^3 \sim 4.1 \text{ Lt/m}^3$$

## 10) CORRECCIÓN POR HUMEDAD

### Corrección de agregados

$$AF = \text{Peso seco del AF} \cdot (1 + \%w) = 1012.09 \text{ kg}$$

$$AG = \text{Peso seco del AG} \cdot (1 + \%w) = 611.73 \text{ kg}$$

### Humedad superficial

$$AF = 0.0341$$

$$AG = -0.0185$$

### Aporte de agua

$$AF = \text{Peso seco del AF} \cdot \text{humed. Superficial} = 32.70 \text{ Lt}$$

$$AG = \text{Peso seco del AG} \cdot \text{humed. Superficial} = -11.24 \text{ Lt}$$

$$21.46 \text{ Lt} \quad \text{El agregado aporta agua}$$

### Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{aporte de agua} = 183.74 \text{ Lt}$$

$$\text{CEMENTO: } 440.34 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ARENA: } 1012.09 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PIEDRA: } 611.73 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AGUA: } 183.74 \text{ Lts/m}^3$$

$$\text{ADITIVO: } 4.40 \text{ kg/m}^3$$

## 11) PROPORCIÓN EN PESOS HÚMEDOS (corregidos)

$$\text{CEMENTO: } 1$$

$$\text{ARENA: } 2.30$$

$$\text{PIEDRA: } 1.39$$

$$\text{AGUA: } 0.42 \quad \sim 17.7 \text{ Lt/bolsas}$$

## 12) POR VOLUMEN (pies<sup>3</sup>):

$$P_v = \frac{P_p \cdot 42.5}{\text{PUSH}}$$

$$1 \text{ pie}^3 \text{ cemento} = 42.5 \text{ kg}$$

$$\text{PUSH}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.51 \text{ pie}^3$$

$$\text{PUSH} = \text{PUSS} \cdot (1 + w\%)$$

$$\text{PUSH AF: } 1787.40 \text{ kg/m}^3$$

PUSH AG: 1363.48 kg/m<sup>3</sup>

CEMENTO: 10.36 p<sup>3</sup>

ARENA: 19.99 p<sup>3</sup>

PIEDRA: 15.84 p<sup>3</sup>

AGUA: 17.73 Lt

#### 14) PROPORCIÓN POR VOLUMEN

CEMENTO: 1.00

ARENA: 1.93

PIEDRA: 1.53

AGUA: 17.73 Lt

#### 15) PROPORCIÓN POR TANDA DE 1 ESPÉCIMEN

CEMENTO: 2.94 kg

ARENA: 6.75 kg

PIEDRA: 4.08 kg

AGUA: 1.22 Lt~ 1225.0 ml

ADITIVO: 0.03 kg ~ 29.36 gr

### DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS (DOSIFICACIÓN DE 1.5%)

#### I) DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

PROPIEDADES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de fineza del agregado	3.06	6.88
Peso específico de masa del agregado (gr/cm) <sup>3</sup>	2.53	2.48
Porcentaje de humedad (w%)	5.55	0.68
Absorción de agua (a%)	2.14	2.53
Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> )	1693.42	1354.27
Tamaño máximo	-	3/4"
Tamaño máximo nominal	-	1/2 "

## II) PROCEDIMIENTO

### 1) SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO ( $f'_{cr}$ )

Resistencia  $f'_{c} = 280$

→  $f'_{cr} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 280 + 84 = 364$  Según RNE E 060 (ver anexo)

### 2) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia = fluida

→ Slump =  $\geq 5''$  (ver anexo de tablas)

### 3) TAMAÑO DEL AGREGADO

Tamaño máximo nominal (TMN) =  $1/2''$  (ver anexo de granulometría)

### 4) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA $\text{Lt/m}^3$ :

Criterio = Sin Aire Incorporado

→ Vol. de agua =  $228. \text{Lts/m}^3$  (ver anexo de tablas)

Mediante ensayos previos se determinó que el aditivo reduce agua hasta 10%:

$$10\% * V.U.A = 205. \text{Lts/m}^3$$

### 5) PORCENTAJE DE AIRE:

Aire Atrapado =  $2.5 \%$

Aire incorporado =  $0.0 \%$

$2.5 \%$

### 6) RELACIÓN AGUA CEMENTO (A/C)

a) Por resistencia

→ Relación A/C =  $0.47$

b) Por durabilidad

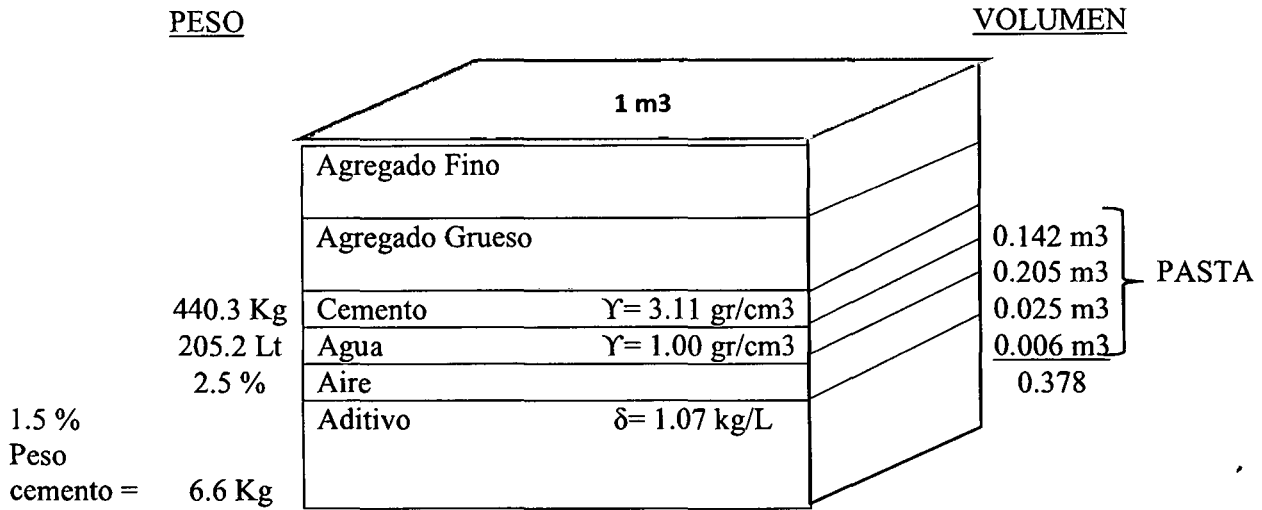
No existe presencia de sulfato ni proceso de hielo y deshielo, por lo que no calculó la relación A/C por durabilidad

### 7) FACTOR CEMENTO (kg):

$$A/C = 0.47$$

$$205.2/C = 0.47$$

$$C = 440 \text{ kg/m}^3 \quad \sim 10.4 \text{ bolsa/m}^3$$



### 8) VOLUMEN DE AGREGADOS

$$\text{Vol. Global Agregados} = 1 - \text{Vol. pasta} = 0.622 \text{ m}^3$$

### Módulo de finura integral o combinación de agregados

Debido a que no existen tablas para el cálculo de módulo de finura de la combinación de agregados se calculó de la siguiente manera

TAMIZ	GRAVA	ARENA	TANTEOS		
	X	Y	GRAVA	ARENA	SUMATORIA
	%Ret.Acum.	%Ret.Acum.	0.35	0.65	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1/2"	44.44	0	15.55	0.00	15.55
3/8"	88.19	0.00	30.87	0.00	30.87
#4	99.79	8.19	34.93	5.33	40.25
#8	100.00	30.12	35.00	19.58	54.58
#16	100.00	44.14	35.00	28.69	63.69
#30	100.00	57.13	35.00	37.13	72.13
#50	100.00	74.46	35.00	48.40	83.40
#100	100.00	92.46	35.00	60.10	95.10
				<b>M.c. =</b>	<b>4.556</b>

$$mc = rf * mf + rg * mg = 4.56$$

$$rf = \frac{mg-mc}{mg-mf} = 0.607$$

$$\text{Vol. AF} = \text{Vol. Abs. Agr. Global} * \%AF = 0.378 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de Af} = 956.34 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Vol. AG} = \text{Vol. Agr. Global} - \text{Vol. AF} = 0.244 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de AG} = 605.12 \text{ kg/m}^3$$

## 9) PESO SECO DE LOS AGREGADOS

$$\text{CEMENTO: } 440.34 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{ARENA: } 956.34 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PIEDRA: } 605.12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{AGUA: } 205.20 \text{ Lts/m}^3$$

$$\text{ADITIVO: } 6.61 \text{ kg/m}^3 \sim 6.2 \text{ Lt/m}^3$$

## 10) CORRECCIÓN POR HUMEDAD

### Corrección de agregados

$$\text{AF} = \text{Peso seco del AF} * (1 + \%w) = 1009.42 \text{ kg}$$

$$\text{AG} = \text{Peso seco del AG} * (1 + \%w) = 609.23 \text{ kg}$$

### Humedad superficial

$$\text{AF} = 0.0341$$

$$\text{AG} = -0.0185$$

### Aporte de agua

$$\text{AF} = \text{Peso seco del AF} * \text{humed. Superficial} = 32.61 \text{ Lt}$$

$$\text{AG} = \text{Peso seco del AG} * \text{humed. Superficial} = -11.19 \text{ Lt}$$

21.42 Lt El agregado aporta agua

### Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{aporte de agua} = 183.78 \text{ Lt}$$

CEMENTO: 440.34 kg/m<sup>3</sup>  
ARENA: 1009.42 kg/m<sup>3</sup>  
PIEDRA: 609.23 kg/m<sup>3</sup>  
AGUA: 183.78 Lts/m<sup>3</sup>  
ADITIVO: 6.61 kg/m<sup>3</sup>

#### 11) PROPORCIÓN EN PESOS HÚMEDOS (corregidos)

CEMENTO: 1  
ARENA: 2.29  
PIEDRA: 1.38  
AGUA: 0.42 ~ 17.7 Lt/bolsas

#### 12) POR VOLUMEN (pies<sup>3</sup>):

$P_v = \frac{P_p * 42.5}{PUSH}$       1 pie<sup>3</sup> cemento = 42.5kg  
1m<sup>3</sup> = 35.51 pie<sup>3</sup>

$PUSH = PUSS * (1 + w\%)$

PUSH AF: 1787.40 kg/m<sup>3</sup>

PUSH AG: 1363.48 kg/m<sup>3</sup>

CEMENTO: 10.36 p<sup>3</sup>  
ARENA: 19.94 p<sup>3</sup>  
PIEDRA: 15.78 p<sup>3</sup>  
AGUA: 17.74 Lt

#### 14) PROPORCIÓN POR VOLUMEN

CEMENTO: 1.00  
ARENA: 1.92  
PIEDRA: 1.52  
AGUA: 17.74 Lt

## 15) PROPORCIÓN POR TANDA DE 1 ESPÉCIMEN

CEMENTO: 2.94 kg  
ARENA: 6.73 kg  
PIEDRA: 4.06 kg  
AGUA: 1.23 Lt~ 1225.2 ml  
ADITIVO: 0.04 kg~ 44.03 gr

## DISEÑO DE MEZCLA POR EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS (DOSIFICACIÓN DE 2%)

### I) DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO

PROPIEDADES	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de fineza del agregado	3.06	6.88
Peso específico de masa del agregado (gr/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.48
Porcentaje de humedad (w%)	5.55	0.68
Absorción de agua (a%)	2.14	2.53
Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> )	1693.42	1354.27
Tamaño máximo	-	3/4"
Tamaño máximo nominal	-	1/2 "

### II) PROCEDIMIENTO

#### 1) SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'cr)

Resistencia f'c = 280  
→ f'cr (kg/cm<sup>2</sup>) = 280 + 84 = 364 Según RNE E 060 (ver anexo)

#### 2) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia = fluida  
→ Slump = ≥5" (ver anexo de tablas)

#### 3) TAMAÑO DEL AGREGADO

Tamaño máximo nominal (TMN) = 1/2 " (ver anexo de granulometría)

#### 4) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA Lt/m<sup>3</sup>

Criterio = Sin Aire Incorporado



→ Vol. de agua = 228. Lts/m<sup>3</sup> (ver anexo de tablas)

Mediante ensayos previos se determinó que el aditivo reduce agua hasta 10%:

$$10\% * V.U.A = 205. \text{ Lts/m}^3$$

### 5) PORCENTAJE DE AIRE

Aire Atrapado = 2.5 %

Aire incorporado = 0.0 %

2.5 %

### 6) RELACIÓN AGUA CEMENTO (A/C)

a) Por resistencia

→ Relación A/C = 0.47

b) Por durabilidad

No existe presencia de sulfato ni proceso de hielo y deshielo, por lo que no calculó la relación A/C por durabilidad

### 7) FACTOR CEMENTO (kg)

$$A/C = 0.47$$

$$205.2/C = 0.47$$

$$C = 440 \text{ kg/m}^3 \quad \sim 10.4 \text{ bolsa/m}^3$$

<u>PESO</u>		<u>VOLUMEN</u>	
	<b>1 m<sup>3</sup></b>		
	Agregado Fino		
	Agregado Grueso		
440.3 Kg	Cemento	$\gamma = 3.11 \text{ gr/cm}^3$	} PASTA
205.2 Lt	Agua	$\gamma = 1.00 \text{ gr/cm}^3$	
2.5 %	Aire		
2.0 %	Aditivo	$\delta = 1.07 \text{ kg/L}$	
Peso cemento =			
			0.142 m <sup>3</sup>
			0.205 m <sup>3</sup>
			0.025 m <sup>3</sup>
			<u>0.008 m<sup>3</sup></u>
			0.380

## 8) VOLUMEN DE AGREGADOS

$$\text{Vol. Global Agregados} = 1 - \text{Vol. pasta} = 0.620 \text{ m}^3$$

### Módulo de finura integral o de la combinación de agregados

Debido a que no existen tablas para el cálculo de módulo de finura de la combinación de agregados se calculó de la siguiente manera

TAMIZ	GRAVA	ARENA	TANTEOS		
	X	Y	GRAVA	ARENA	SUMATORIA
	%Ret.Acum.	%Ret.Acum.	0.35	0.65	
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
3/4"	0.00	0	0.00	0.00	0.00
1/2"	44.44	0	15.55	0.00	15.55
3/8"	88.19	0.00	30.87	0.00	30.87
#4	99.79	8.19	34.93	5.33	40.25
#8	100.00	30.12	35.00	19.58	54.58
#16	100.00	44.14	35.00	28.69	63.69
#30	100.00	57.13	35.00	37.13	72.13
#50	100.00	74.46	35.00	48.40	83.40
#100	100.00	92.46	35.00	60.10	95.10
				<b>M.c. =</b>	<b>4.556</b>

$$mc = rf * mf + rg * mg = 4.56$$

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} = 0.607$$

$$\text{Vol. AF} = \text{Vol. Abs. Agr. Global} * \%AF = 0.376 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de AF} = 951.28 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Vol. AG} = \text{Vol. Agr. Global} - \text{Vol. AF} = 0.244 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de AG} = 605.12 \text{ kg/m}^3$$

## 9) PESO SECO DE LOS AGREGADOS

CEMENTO: 440.34 kg/m<sup>3</sup>  
ARENA: 951.28 kg/m<sup>3</sup>  
PIEDRA: 605.12 kg/m<sup>3</sup>  
AGUA: 205.20 Lts/m<sup>3</sup>  
ADITIVO: 8.81 kg/m<sup>3</sup> ~ 8.2 Lt/m<sup>3</sup>

## 10) CORRECCIÓN POR HUMEDAD

### Corrección de agregados

AF= Peso seco del AF\*(1+%w)= 1004.08 kg

AG= Peso seco del AG\*(1+%w)= 612.02 kg

### Humedad superficial

AF= 0.0341

AG= -0.0139

### Aporte de agua

AF= Peso seco del AF\*humed. Superficial=32.44 Lt

AG= Peso seco del AG\*humed. Superficial=-8.41 Lt

24.03 Lt El agregado aporta agua

### Agua efectiva

Agua efectiva = Agua de diseño-aporte de agua= 181.17 Lt

CEMENTO: 440.34 kg/m<sup>3</sup>  
ARENA: 1004.08 kg/m<sup>3</sup>  
PIEDRA: 612.02 kg/m<sup>3</sup>  
AGUA: 181.17 Lts/m<sup>3</sup>  
ADITIVO: 8.81 kg/m<sup>3</sup>

## 11) PROPORCIÓN EN PESOS HÚMEDOS (corregidos)

CEMENTO: 1  
ARENA: 2.28  
PIEDRA: 1.39  
AGUA: 0.41 ~ 17.5 Lt/bolsas

## 12) POR VOLUMEN (pies<sup>3</sup>):

$$P_v = \frac{P_p \cdot 42.5}{\text{PUSH}}$$

PUSH

$$1 \text{ pie}^3 \text{ cemento} = 42.5 \text{ kg}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35.51 \text{ pie}^3$$

$$\text{PUSH} = \text{PUSS} \cdot (1 + w\%)$$

$$\text{PUSH AF: } 1787.40 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{PUSH AG: } 1369.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{CEMENTO: } 10.36 \text{ p}^3$$

$$\text{ARENA: } 19.84 \text{ p}^3$$

$$\text{PIEDRA: } 15.78 \text{ p}^3$$

$$\text{AGUA: } 17.49 \text{ Lt}$$

## 14) PROPORCIÓN POR VOLUMEN

$$\text{CEMENTO: } 1.00$$

$$\text{ARENA: } 1.91$$

$$\text{PIEDRA: } 1.52$$

$$\text{AGUA: } 17.49 \text{ Lt}$$

## 15) PROPORCIÓN POR TANDA DE 1 ESPÉCIMEN

$$\text{CEMENTO: } 2.94 \text{ kg}$$

$$\text{ARENA: } 6.69 \text{ kg}$$

$$\text{PIEDRA: } 4.08 \text{ Lt}$$

$$\text{AGUA: } 1.21 \text{ kg} \quad \sim 1207.8 \text{ ml}$$

$$\text{ADITIVO: } 0.06 \text{ kg} \quad \sim 58.71 \text{ gr}$$

### C) ENSAYOS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Ensayo de extensión de flujo (Cono de Abrams)

Ensayo	Parámetros	Porcentajes de Aditivo		
		1.0%	1.5%	2.0%
		5.0	4.0	3.2
	Dmax (cm)	$\frac{67}{65}$	66 $\frac{70}{68}$	$\frac{74}{73}$ 73.5
	Segregación	Ninguna	Ninguna	Ninguna
	T50(s)	5.2	4.3	3.0
2°	Dmax (cm)	$\frac{66}{64}$	65 $\frac{71}{70}$ 70.5	$\frac{74}{70.5}$ 72.25
	Segregación	Ninguna	Ninguna	Ligera
	T50(s)	5.0	4.4	3.2
3°	Dmax (cm)	$\frac{69}{65.5}$	67.25 $\frac{70}{68}$	$\frac{74}{72}$ 73
	Segregación	Ninguna	Ninguna	Ligera

Ensayo de resistencia al paso (Caja L)

Replicas	Parámetros	Dosificación		
		1.0%	1.5%	2.0%
E1	H1(cm)	8.90	9.30	9.60
	H2 (cm)	8.60	9.20	8.41
	H2/H1 (cm)	0.97	0.99	0.88
	Bloqueo	No	No	Ligero
	Segregación	No	No	Ligero
E2	H1(cm)	9.30	9.20	9.40
	H2 (cm)	8.90	9.20	8.50
	H2/H1 (cm)	0.96	1.00	0.90
	Bloqueo	No	No	Ligero
	Segregación	No	No	Ligero
E3	H1(cm)	9.40	9.40	9.50
	H2 (cm)	8.50	9.30	8.50
	H2/H1 (cm)	0.90	0.99	0.89
	Bloqueo	No	No	Ligero
	Segregación	No	No	Ligero

Ensayo de resistencia al paso (Caja U)

Replicas	Parámetros	Dosificación		
		1.0%	1.5%	2.0%
E1	H1(cm)	33.50	33.40	33.40
	H2 (cm)	33.00	33.30	31.30
	H2/H1 (cm)	0.99	1.00	0.94
	H1-H2 (cm)	0.50	0.10	2.10
	Segregación	No	No	Ligero
E2	H1(cm)	33.60	33.50	33.50
	H2 (cm)	33.20	33.40	31.70
	H2/H1 (cm)	0.99	1.00	0.95
	H1-H2 (cm)	0.40	0.10	1.80
	Segregación	No	No	Ligero
E3	H1(cm)	33.70	33.60	33.10
	H2 (cm)	33.20	33.40	30.90
	H2/H1 (cm)	0.99	0.99	0.93
	H1-H2 (cm)	0.50	0.20	2.20
	Segregación	No	No	Ligero

D) TABLAS

Tabla N° 01. Resistencia a la compresión promedio requerida (kg/cm<sup>2</sup>)

f' c	f' cr
menos de 210	f' c + 70
210 a 350	f' c + 84
sobre 350	f' c + 98

Fuente: Reglamento nacional de edificaciones RNE

Tabla N° 02. Husos granulométricos del agregado fino

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO (MASA) QUE PASA									
N° (mm)	Límites Totales		Huso C		Huso o M		Huso F			
3/8" (9.50 mm)	100	100	-	100	100	-	100	100	-	100
N°4 (4.75 mm)	95-100	95	-	100	85	-	100	89	-	100
N°8 (2.36 mm)	80-100	80	-	100	65	-	100	80	-	100
N°16 (1.18 mm)	50-85	50	-	85	45	-	100	70	-	100
N°30 (0.60 mm)	25-60	25	-	60	25	-	80	55	-	100
N°50 (0.30 mm)	10-30	10	-	30	5	-	48	5	-	70
N°100 (0.15 mm)	2-10	2	-	10	0	-	12	0	-	12

\* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33

Tabla N° 03. Husos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máx. nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100	90m	75m	63m	50m	37,5m	25m	19m	12,5	9,5m	4,75	2,36	1,18	300u
		mm	m	m	m	m	m	m	m	mm	m	mm	mm	mm	m
		4"	3.5"	3"	2.5"	2"	1.5"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°50
1	3 1/2"-1 1/2"	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2	2 1/2"-1 1/2"	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	2"-1"	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---
357	2"-N°4	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	1 1/2"- 3/4"	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	1 1/2"- N°4	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	1"-1/2"	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	1"-3/8"	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	1"-N°4	---	---	---	---	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
	3/4"- 3/8"	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	3/4"- N°4	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	1/2"- N°4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	3/8"- N°8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	3/8"- N°16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33

Tabla N°04. Consistencia y asentamientos

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
seca	0" a 2"	Poco trabajable
plástica	3" a 4"	Trabajable
fluida	≥5"	Muy Trabajable

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

Tabla N°05. Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados

Asentamiento	Tamaño máximo nominales del agregado grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
0" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
≥5"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
0" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
≥5"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

Tabla N°06. Contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados

TMN del agregado grueso	Aire atrapado
3/8 "	3.00%
1/2 "	2.50%
3/4 "	2.00%
1 "	1.50%
1 1/2 "	1.00%
2 "	0.50%
3 "	0.30%
4 "	0.20%

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

Tabla N°07. Relación agua/material cementante y resistencia a la compresión del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días f'cr	Relación agua – cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

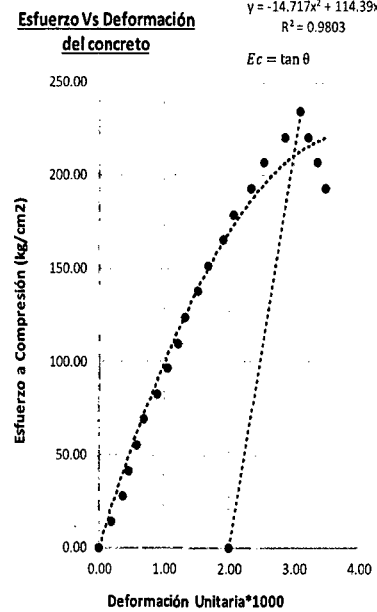


### E) GRÁFICA DE ROTURA DE PROBETAS

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	04/11/2014	Código:	CP-1	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.53	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.06	0.20	13.78	21.95
5.00	0.11	0.36	27.55	39.38
7.50	0.14	0.46	41.33	49.46
10.00	0.18	0.59	55.11	62.45
12.50	0.21	0.69	68.89	71.86
15.00	0.27	0.89	82.66	89.84
17.50	0.32	1.05	96.44	103.96
20.00	0.37	1.22	110.22	117.28
22.50	0.40	1.32	124.00	124.90
25.00	0.46	1.51	137.77	139.28
27.50	0.51	1.68	151.55	150.40
30.00	0.58	1.91	165.33	164.64
32.50	0.63	2.07	179.10	173.87
35.00	0.71	2.34	192.88	186.99
37.50	0.77	2.53	206.66	195.50
40.00	0.87	2.86	220.44	207.17
42.50	0.94	3.09	234.21	213.47
40.00	0.98	3.22	220.44	216.37
37.50	1.02	3.36	206.66	218.76
35.00	1.06	3.49	192.88	220.66
Ecuación:	Esf = -14.717x2 + 114.39x			
Coef. de correlación	R² = 0.9803			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	234.21			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	229561	Norma E.060		
	214461	Grafica		

2.00	0.00
3.09	234.21

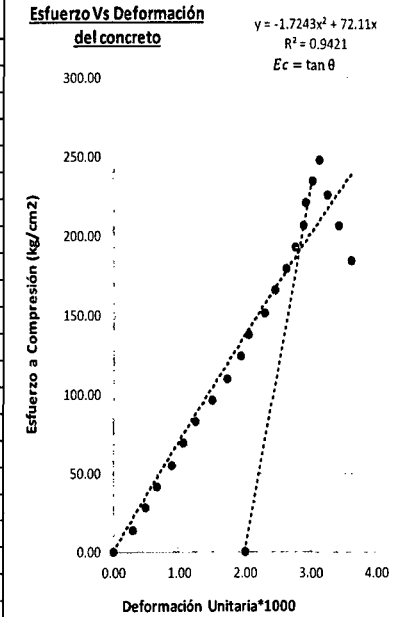
Ec= 214461 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	04/11/2014	Código:	CP-2	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.60	Altura (mm):	300.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.78	22.16
5.00	0.15	0.50	27.55	36.63
7.50	0.20	0.67	41.33	48.51
10.00	0.27	0.90	55.11	64.85
12.50	0.32	1.07	68.89	76.31
15.00	0.38	1.27	82.66	89.85
17.50	0.45	1.50	96.44	105.34
20.00	0.52	1.73	110.22	120.49
22.50	0.58	1.93	124.00	133.21
25.00	0.62	2.07	137.77	141.56
27.50	0.69	2.30	151.55	155.91
30.00	0.74	2.47	165.33	165.95
32.50	0.79	2.63	179.10	175.83
35.00	0.83	2.77	192.88	183.61
37.50	0.87	2.90	206.66	191.28
40.00	0.88	2.93	220.44	193.18
42.50	0.91	3.03	234.21	198.84
45.00	0.94	3.13	247.99	204.44
41.00	0.98	3.27	225.95	211.82
37.50	1.03	3.43	206.66	220.88
33.50	1.09	3.63	184.62	231.53
Ecuación:	Esf. = -3.0454x2 + 74.793x			
Coef. de correlación	R² = 0.9435			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	247.99			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	236216	Norma E.060		
	226658	Grafica		

2.00	0.00
3.03	234.21

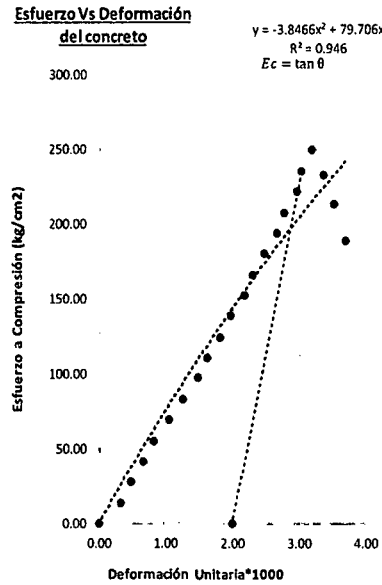
Ec= 226658 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	04/11/2014	Código:	CP-3	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.54	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.15	Área (cm2):	180.27	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.87	25.89
5.00	0.15	0.50	27.74	38.52
7.50	0.20	0.66	41.61	50.94
10.00	0.25	0.83	55.47	63.15
12.50	0.32	1.06	69.34	79.89
15.00	0.38	1.25	83.21	93.91
17.50	0.45	1.49	97.08	109.89
20.00	0.49	1.62	110.95	118.84
22.50	0.55	1.82	124.82	132.01
25.00	0.60	1.98	138.68	142.75
27.50	0.66	2.18	152.55	155.37
30.00	0.70	2.31	166.42	163.61
32.50	0.75	2.48	180.29	173.72
35.00	0.81	2.67	194.16	185.59
37.50	0.84	2.77	208.03	191.40
40.00	0.90	2.97	221.89	202.81
42.50	0.92	3.04	235.76	206.55
45.00	0.97	3.20	249.63	215.74
42.50	1.02	3.37	232.99	224.73
38.50	1.07	3.53	213.57	233.50
34.00	1.12	3.70	188.61	242.07
Ecuación:	Esf. = -3.8466x <sup>2</sup> + 79.706x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.946			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	249.63			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	236995	Norma E.060		
	227503	Grafica		

2.00	0.00
3.04	235.76

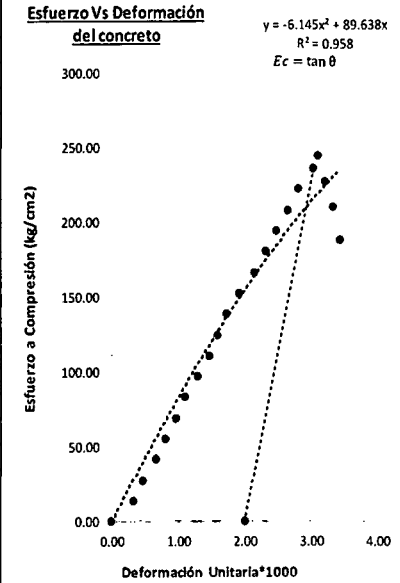
Ec= 227503 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	04/11/2014	Código:	CP-4	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.64	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.15	Área (cm2):	180.27	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.87	27.12
5.00	0.14	0.46	27.74	37.75
7.50	0.20	0.66	41.61	53.48
10.00	0.24	0.79	55.47	63.81
12.50	0.29	0.96	69.34	76.56
15.00	0.33	1.09	83.21	86.62
17.50	0.39	1.29	97.08	101.48
20.00	0.44	1.45	110.95	113.65
22.50	0.48	1.58	124.82	123.26
25.00	0.52	1.72	138.68	132.74
27.50	0.58	1.91	152.55	146.74
30.00	0.65	2.15	166.42	162.72
32.50	0.70	2.31	180.29	173.91
35.00	0.75	2.48	194.16	184.91
37.50	0.80	2.64	208.03	195.73
40.00	0.85	2.81	221.89	206.35
42.50	0.92	3.04	235.76	220.90
44.00	0.94	3.10	244.08	224.99
41.00	0.97	3.20	227.44	231.07
38.00	1.01	3.33	210.80	239.07
34.00	1.04	3.43	188.61	244.98
Ecuación:	Esf. = -3.4795x <sup>2</sup> + 83.318x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	244.08			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	234347	Norma E.060		
	227503	Grafica		

2.00	0.00
3.04	235.76

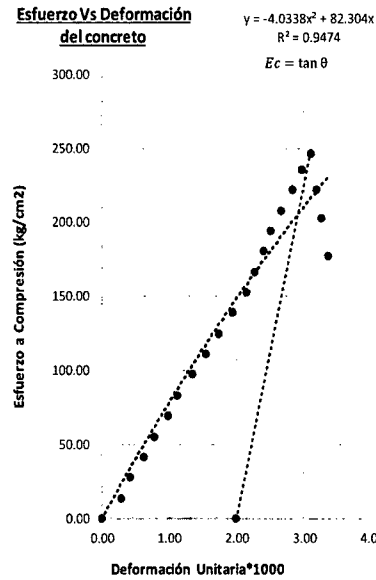
Ec= 227503 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	04/11/2014	Código:	CP-5	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.53	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.15	Área (cm2):	180.27	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.87	24.01
5.00	0.13	0.43	27.74	34.46
7.50	0.19	0.63	41.61	49.86
10.00	0.24	0.79	55.47	62.46
12.50	0.30	0.99	69.34	77.29
15.00	0.34	1.12	83.21	87.00
17.50	0.41	1.35	97.08	103.66
20.00	0.47	1.55	110.95	117.60
22.50	0.53	1.74	124.82	131.23
25.00	0.59	1.94	138.68	144.54
27.50	0.65	2.14	152.55	157.54
30.00	0.69	2.27	166.42	166.03
32.50	0.73	2.40	180.29	174.38
35.00	0.76	2.50	194.16	180.55
37.50	0.81	2.66	208.03	190.66
40.00	0.86	2.83	221.89	200.55
42.50	0.90	2.96	235.76	208.31
44.50	0.94	3.09	246.86	215.93
40.00	0.97	3.19	221.89	221.55
36.50	0.99	3.26	202.48	225.25
32.00	1.02	3.36	177.51	230.74
Ecuación:	Esf. = -4.0338x2 + 82.304x			
Coef. de correlación	R² = 0.9474			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	246.86			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	235675	Norma E.060		
	226037	Grafica		

2.00	0.00
3.09	246.86

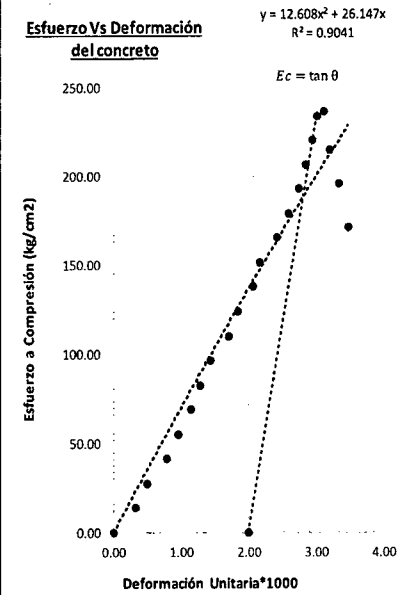
Ec= 226037 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	04/11/2014	Código:	CP-6	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.63	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.78	5.88
5.00	0.15	0.49	27.55	10.36
7.50	0.24	0.79	41.33	21.02
10.00	0.29	0.95	55.11	28.38
12.50	0.35	1.15	68.89	38.56
15.00	0.39	1.28	82.66	46.18
17.50	0.44	1.45	96.44	56.62
20.00	0.52	1.71	110.22	75.47
22.50	0.56	1.84	124.00	85.87
25.00	0.63	2.07	137.77	105.67
27.50	0.66	2.17	151.55	114.78
30.00	0.74	2.43	165.33	140.86
32.50	0.79	2.60	179.10	158.49
35.00	0.84	2.76	192.88	177.15
37.50	0.87	2.86	206.66	188.85
40.00	0.90	2.96	220.44	200.91
42.50	0.92	3.03	234.21	209.15
43.00	0.95	3.13	236.97	221.83
39.00	0.98	3.22	214.93	234.88
35.50	1.02	3.36	195.64	252.85
31.00	1.06	3.49	170.84	271.48
Ecuación:	Esf. = 12.608x2 + 26.147x			
Coef. de correlación	R² = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	236.97			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	230907	Norma E.060		
	228208	Grafica		

2.00	0.00
3.03	234.21

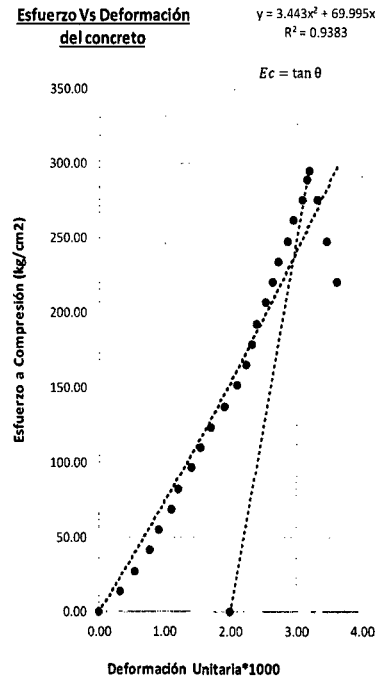
Ec= 228208 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	11/11/2014	Código:	CP-7	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.57	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.78	23.40
5.00	0.17	0.56	27.55	40.22
7.50	0.24	0.79	41.33	57.41
10.00	0.28	0.92	55.11	67.39
12.50	0.34	1.12	68.89	82.59
15.00	0.37	1.22	82.66	90.29
17.50	0.43	1.41	96.44	105.89
20.00	0.47	1.55	110.22	116.45
22.50	0.52	1.71	124.00	129.80
25.00	0.58	1.91	137.77	146.08
27.50	0.64	2.11	151.55	162.62
30.00	0.68	2.24	165.33	173.79
32.50	0.71	2.34	179.10	182.26
35.00	0.73	2.40	192.88	187.93
37.50	0.77	2.53	206.66	199.38
40.00	0.80	2.63	220.44	208.04
42.50	0.83	2.73	234.21	216.77
45.00	0.87	2.86	247.99	228.51
47.50	0.90	2.96	261.77	237.40
50.00	0.94	3.09	275.55	249.35
52.50	0.96	3.16	289.32	255.37
53.50	0.97	3.19	294.83	258.39
50.00	1.01	3.32	275.55	270.55
45.00	1.05	3.45	247.99	282.83
40.00	1.10	3.62	220.44	298.35
Ecuación:	Esf. = 3.443x2 + 69.995x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	294.83			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	257561	Norma E.060		
	247595	Grafica		

2.00	0.00
3.19	294.83

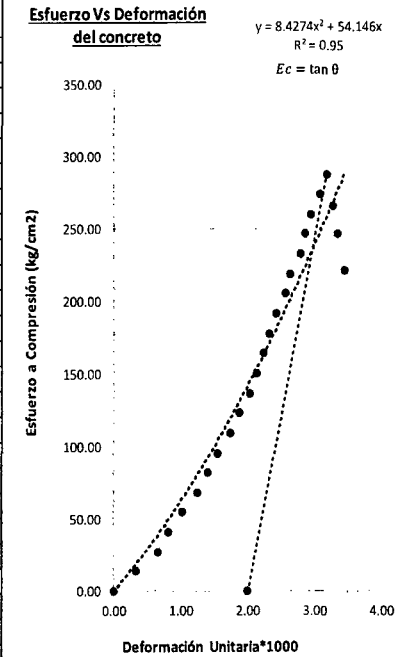
Ec= 247595 kg/cm<sup>2</sup>



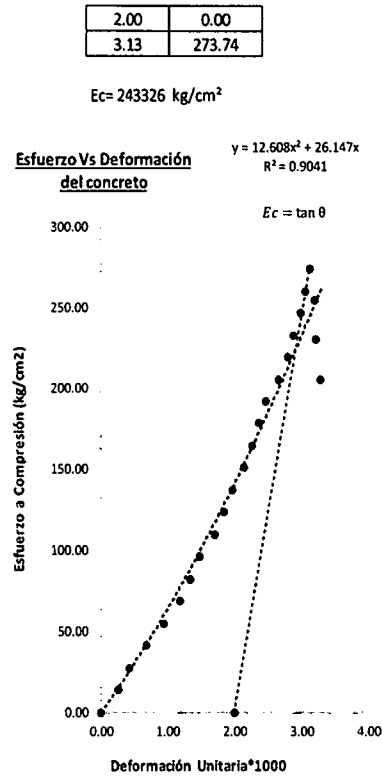
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	11/11/2014	Código:	CP-8	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.64	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.69	5.88
5.00	0.20	0.66	27.37	15.87
7.50	0.25	0.82	41.06	22.41
10.00	0.31	1.02	54.75	31.61
12.50	0.38	1.25	68.44	44.21
15.00	0.43	1.41	82.12	54.45
17.50	0.47	1.55	95.81	63.38
20.00	0.53	1.74	109.50	78.01
22.50	0.57	1.88	123.18	88.58
25.00	0.62	2.04	136.87	102.72
27.50	0.65	2.14	150.56	111.70
30.00	0.68	2.24	164.24	121.05
32.50	0.71	2.34	177.93	130.77
35.00	0.74	2.43	191.62	140.86
37.50	0.78	2.57	205.31	154.88
40.00	0.80	2.63	218.99	162.14
42.50	0.85	2.80	232.68	181.01
45.00	0.87	2.86	246.37	188.85
47.50	0.90	2.96	260.05	200.91
50.00	0.94	3.09	273.74	217.57
52.50	0.97	3.19	287.43	230.49
48.50	1.00	3.29	265.53	243.78
45.00	1.02	3.36	246.37	252.85
40.50	1.05	3.45	221.73	266.76
Ecuación:	Esf. = 8.4274x2 + 54.146x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	287.43			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	254306	Norma E.060		
	241376	Grafica		

2.00	0.00
3.19	287.43

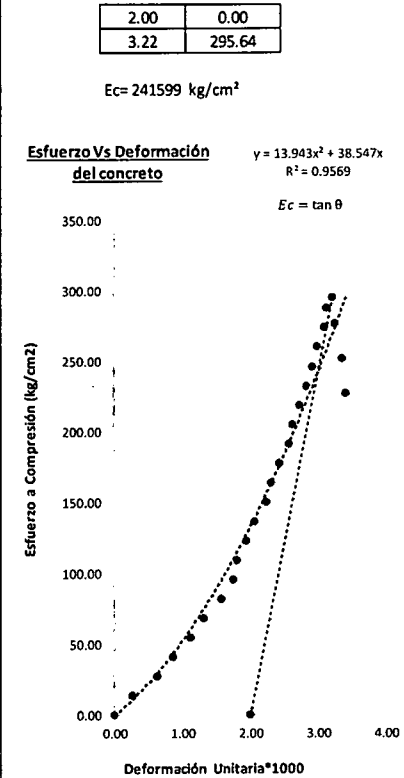
Ec= 241376 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	11/11/2014	Código:	CP-9	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.59	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	4.38
5.00	0.13	0.43	27.37	8.45
7.50	0.21	0.69	41.06	17.10
10.00	0.29	0.95	54.75	28.38
12.50	0.36	1.18	68.44	40.41
15.00	0.41	1.35	82.12	50.23
17.50	0.45	1.48	95.81	58.83
20.00	0.52	1.71	109.50	75.47
22.50	0.56	1.84	123.18	85.87
25.00	0.60	1.97	136.87	96.94
27.50	0.65	2.14	150.56	111.70
30.00	0.69	2.27	164.24	124.25
32.50	0.72	2.37	177.93	134.09
35.00	0.75	2.47	191.62	144.30
37.50	0.81	2.66	205.31	165.83
40.00	0.85	2.80	218.99	181.01
42.50	0.88	2.89	232.68	192.83
45.00	0.91	2.99	246.37	205.01
47.50	0.93	3.06	260.05	213.34
50.00	0.95	3.13	273.74	221.83
46.50	0.97	3.19	254.58	230.49
42.00	0.98	3.22	229.94	234.88
37.50	1.00	3.29	205.31	243.78
Ecuación:	Esf. = 12.608x2 + 26.147x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	273.74			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	248177	Norma E.060		
	243326	Grafica		



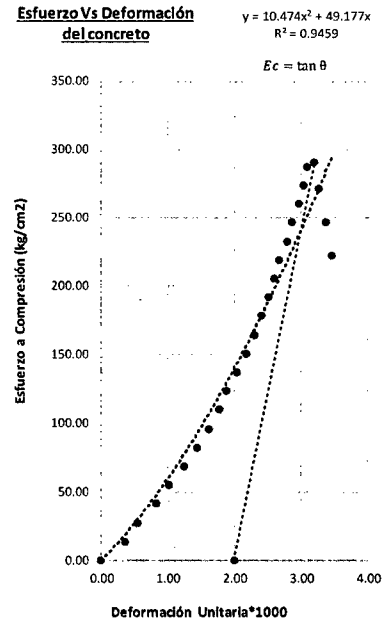
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	11/11/2014	Código:	CP-10	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.60	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	11.11
5.00	0.19	0.63	27.37	29.54
7.50	0.26	0.86	41.06	43.17
10.00	0.34	1.12	54.75	60.55
12.50	0.40	1.32	68.44	74.86
15.00	0.48	1.58	82.12	95.62
17.50	0.53	1.74	95.81	109.58
20.00	0.55	1.81	109.50	115.38
22.50	0.59	1.94	123.18	127.33
25.00	0.63	2.07	136.87	139.76
27.50	0.68	2.24	150.56	155.99
30.00	0.70	2.30	164.24	162.69
32.50	0.74	2.43	177.93	176.45
35.00	0.78	2.57	191.62	190.69
37.50	0.80	2.63	205.31	198.00
40.00	0.83	2.73	218.99	209.18
42.50	0.86	2.83	232.68	220.63
45.00	0.89	2.93	246.37	232.36
47.50	0.91	2.99	260.05	240.32
50.00	0.94	3.09	273.74	252.50
52.50	0.95	3.13	287.43	256.62
54.00	0.98	3.22	295.64	269.16
50.50	0.99	3.26	276.48	273.40
46.00	1.02	3.36	251.84	286.30
41.50	1.04	3.42	227.21	295.05
Ecuación:	Esf. = 13.943x2 + 38.547x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	295.64			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	257913	Norma E.060		
	241599	Grafica		



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	11/11/2014	Código:	CP-11	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.52	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.69	6.69
5.00	0.17	0.56	27.37	12.44
7.50	0.25	0.82	41.06	22.41
10.00	0.31	1.02	54.75	31.61
12.50	0.38	1.25	68.44	44.21
15.00	0.44	1.45	82.12	56.62
17.50	0.49	1.61	95.81	68.09
20.00	0.54	1.78	109.50	80.59
22.50	0.57	1.88	123.18	88.58
25.00	0.62	2.04	136.87	102.72
27.50	0.66	2.17	150.56	114.78
30.00	0.70	2.30	164.24	127.49
32.50	0.73	2.40	177.93	137.45
35.00	0.76	2.50	191.62	147.79
37.50	0.79	2.60	205.31	158.49
40.00	0.81	2.66	218.99	165.83
42.50	0.85	2.80	232.68	181.01
45.00	0.87	2.86	246.37	188.85
47.50	0.90	2.96	260.05	200.91
50.00	0.92	3.03	273.74	209.15
52.50	0.94	3.09	287.43	217.57
53.00	0.97	3.19	290.17	230.49
49.50	0.99	3.26	271.00	239.31
45.00	1.02	3.36	246.37	252.85
40.50	1.05	3.45	221.73	266.76
Ecuación:	Esf. = 11.957x2 + 45.608x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	290.17			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	255514	Norma E.060		
	243675	Grafica		

2.00	0.00
3.19	290.17

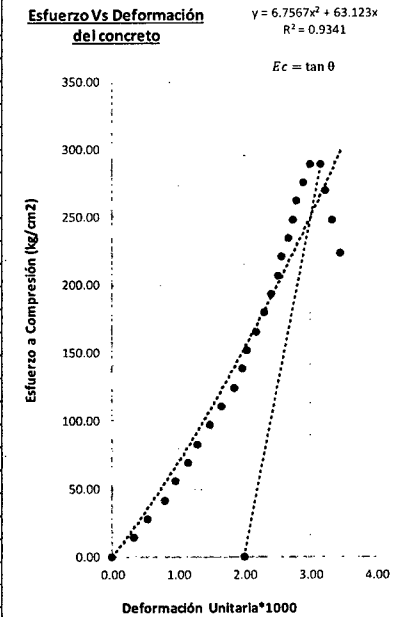
Ec= 243675 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	11/11/2014	Código:	CP-12	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.61	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.78	20.62
5.00	0.16	0.53	27.55	33.82
7.50	0.24	0.79	41.33	52.40
10.00	0.29	0.95	55.11	64.57
12.50	0.35	1.15	68.89	79.75
15.00	0.39	1.28	82.66	90.21
17.50	0.45	1.48	96.44	106.43
20.00	0.50	1.64	110.22	120.43
22.50	0.56	1.84	124.00	137.79
25.00	0.60	1.97	137.77	149.71
27.50	0.62	2.04	151.55	155.78
30.00	0.66	2.17	165.33	168.11
32.50	0.70	2.30	179.10	180.73
35.00	0.73	2.40	192.88	190.37
37.50	0.76	2.50	206.66	200.17
40.00	0.78	2.57	220.44	206.79
42.50	0.81	2.66	234.21	216.85
45.00	0.83	2.73	247.99	223.65
47.50	0.85	2.80	261.77	230.51
50.00	0.88	2.89	275.55	240.93
52.50	0.91	2.99	289.32	251.51
52.50	0.96	3.16	289.32	269.49
49.00	0.98	3.22	270.03	276.80
45.00	1.01	3.32	247.99	287.90
40.50	1.05	3.45	223.19	302.95
Ecuación:	Esf. = 8.0101x2 + 60.044x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	289.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	255142	Norma E.060		
	249869	Grafica		

2.00	0.00
3.16	289.32

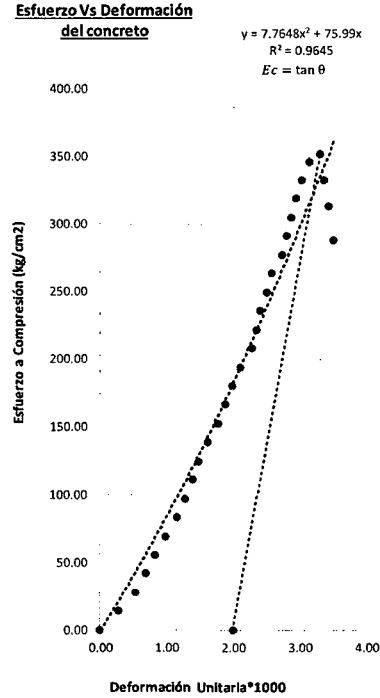
Ec= 249869 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	25/11/2014	Código:	CP-13	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.54	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.15	Área (cm2):	180.27	
Carga (Tn)	Defomac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.87	20.60
5.00	0.16	0.53	27.74	42.29
7.50	0.21	0.69	41.61	56.40
10.00	0.25	0.83	55.47	67.98
12.50	0.30	0.99	69.34	82.85
15.00	0.35	1.16	83.21	98.14
17.50	0.39	1.29	97.08	110.67
20.00	0.42	1.39	110.95	120.25
22.50	0.45	1.49	124.82	129.98
25.00	0.49	1.62	138.68	143.19
27.50	0.54	1.78	152.55	160.09
30.00	0.57	1.88	166.42	170.43
32.50	0.60	1.98	180.29	180.92
35.00	0.64	2.11	194.16	195.15
37.50	0.69	2.28	208.03	213.31
40.00	0.71	2.34	221.89	220.69
42.50	0.73	2.41	235.76	228.14
45.00	0.76	2.51	249.63	239.45
47.50	0.78	2.57	263.50	247.07
50.00	0.83	2.74	277.37	266.42
52.50	0.85	2.81	291.24	274.27
55.00	0.87	2.87	305.10	282.20
57.50	0.89	2.94	318.97	290.19
60.00	0.92	3.04	332.84	302.31
62.50	0.95	3.14	346.71	314.57
63.50	1.00	3.30	352.26	335.36
60.00	1.02	3.37	332.84	343.79
56.50	1.04	3.43	313.42	352.29
52.00	1.06	3.50	288.46	360.86
Ecuación:	Esf. = 7.7648x2 + 75.99x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9645			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	352.26			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	281527	Norma E.060		
	270897	Grafica		

2.00	0.00
3.30	352.26

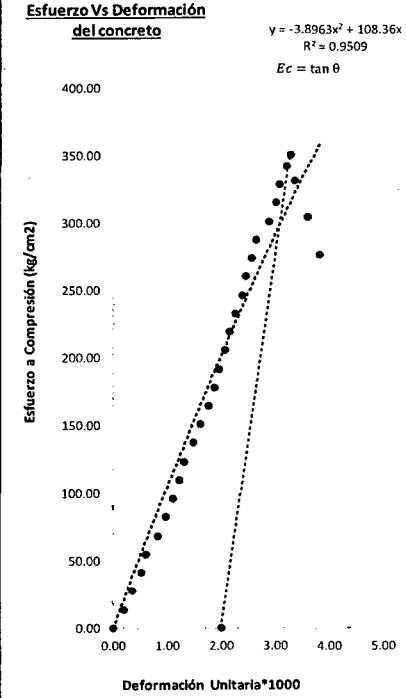
Ec= 270897 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	25/11/2014	Código:	CP-14	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.62	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.06	0.20	13.69	21.24
5.00	0.11	0.36	27.37	38.70
7.50	0.16	0.53	41.06	55.95
10.00	0.19	0.63	54.75	66.20
12.50	0.25	0.82	68.44	86.48
15.00	0.30	0.99	82.12	103.14
17.50	0.34	1.12	95.81	116.32
20.00	0.37	1.22	109.50	126.11
22.50	0.40	1.32	123.18	135.83
25.00	0.45	1.48	136.87	151.86
27.50	0.49	1.61	150.56	164.54
30.00	0.54	1.78	164.24	180.19
32.50	0.57	1.88	177.93	189.48
35.00	0.60	1.97	191.62	198.69
37.50	0.63	2.07	205.31	207.83
40.00	0.66	2.17	218.99	216.89
42.50	0.69	2.27	232.68	225.88
45.00	0.73	2.40	246.37	237.74
47.50	0.75	2.47	260.05	243.62
50.00	0.78	2.57	273.74	252.38
52.50	0.81	2.66	287.43	261.06
55.00	0.88	2.89	301.12	281.02
57.50	0.92	3.03	314.80	292.25
60.00	0.94	3.09	328.49	297.81
62.50	0.98	3.22	342.18	308.83
64.00	1.00	3.29	350.39	314.29
60.50	1.03	3.39	331.23	322.41
55.50	1.10	3.62	303.85	341.08
50.50	1.17	3.85	276.48	359.33
Ecuación:	Esf. = -3.8963x2 + 108.36x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9509			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	350.39			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	280780	Norma E.060		
	271730	Grafica		

2.00	0.00
3.29	350.39

Ec= 271730 kg/cm<sup>2</sup>

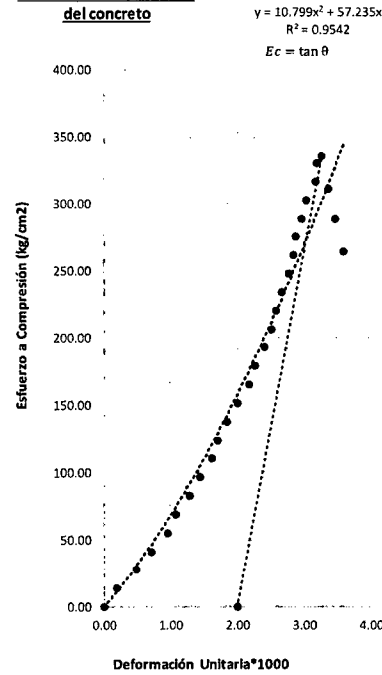


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	25/11/2014	Código:	CP-15	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.60	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.06	0.20	13.78	11.76
5.00	0.15	0.50	27.55	30.98
7.50	0.22	0.73	41.33	47.25
10.00	0.29	0.96	55.11	64.67
12.50	0.33	1.09	68.89	75.14
15.00	0.39	1.29	82.66	91.56
17.50	0.44	1.45	96.44	105.89
20.00	0.49	1.62	110.22	120.80
22.50	0.52	1.72	124.00	130.03
25.00	0.56	1.85	137.77	142.67
27.50	0.61	2.01	151.55	158.99
30.00	0.66	2.18	165.33	175.91
32.50	0.69	2.28	179.10	186.34
35.00	0.73	2.41	192.88	200.58
37.50	0.76	2.51	206.66	211.50
40.00	0.78	2.57	220.44	218.90
42.50	0.81	2.67	234.21	230.18
45.00	0.84	2.77	247.99	241.67
47.50	0.86	2.84	261.77	249.44
50.00	0.87	2.87	275.55	253.37
52.50	0.90	2.97	289.32	265.28
55.00	0.92	3.04	303.10	273.34
57.50	0.96	3.17	316.88	289.74
60.00	0.97	3.20	330.65	293.90
61.00	0.99	3.27	336.17	302.29
56.50	1.02	3.37	311.37	315.05
52.50	1.05	3.47	289.32	328.02
48.00	1.09	3.60	264.52	345.64
Ecuación:	Esf. = 10.799x2 + 57.235x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9542			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	336.17			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	275022	Norma E.060		
	265255	Grafica		

2.00	0.00
3.27	336.17

Ec= 265255 kg/cm<sup>2</sup>

**Esfuerzo Vs Deformación del concreto**

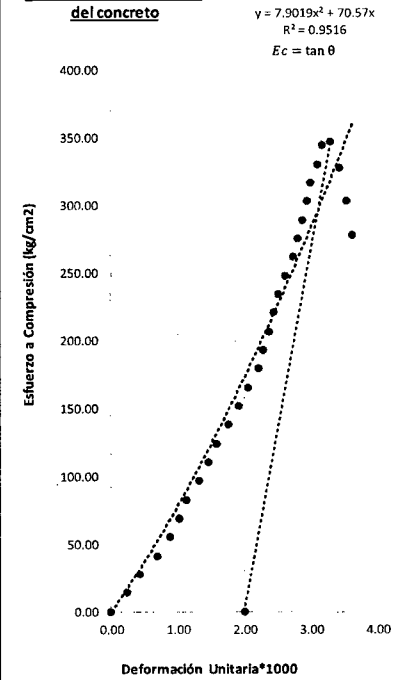


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	25/11/2014	Código:	CP-16	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.64	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.78	16.73
5.00	0.13	0.43	27.55	31.73
7.50	0.21	0.69	41.33	52.71
10.00	0.27	0.89	55.11	69.16
12.50	0.31	1.02	68.89	80.47
15.00	0.34	1.12	82.66	89.14
17.50	0.40	1.32	96.44	106.93
20.00	0.44	1.45	110.22	119.14
22.50	0.48	1.58	124.00	131.62
25.00	0.53	1.75	137.77	147.62
27.50	0.58	1.91	151.55	164.04
30.00	0.62	2.05	165.33	177.49
32.50	0.67	2.21	179.10	194.68
35.00	0.69	2.28	192.88	201.68
37.50	0.72	2.38	206.66	212.31
40.00	0.74	2.44	220.44	219.48
42.50	0.76	2.51	234.21	226.72
45.00	0.79	2.61	247.99	237.71
47.50	0.83	2.74	261.77	252.60
50.00	0.85	2.81	275.55	260.15
52.50	0.87	2.87	289.32	267.77
55.00	0.89	2.94	303.10	275.46
57.50	0.91	3.00	316.88	283.22
60.00	0.94	3.10	330.65	294.98
62.50	0.96	3.17	344.43	302.91
63.00	1.00	3.30	347.19	318.97
59.50	1.04	3.43	327.90	335.31
55.00	1.07	3.53	303.10	347.75
50.50	1.10	3.63	278.30	360.34
Ecuación:	Esf. = 7.9019x2 + 70.57x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9516			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	347.19			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	279494	Norma E.060		
	266999	Grafica		

2.00	0.00
3.30	347.19

Ec= 266999 kg/cm<sup>2</sup>

**Esfuerzo Vs Deformación del concreto**

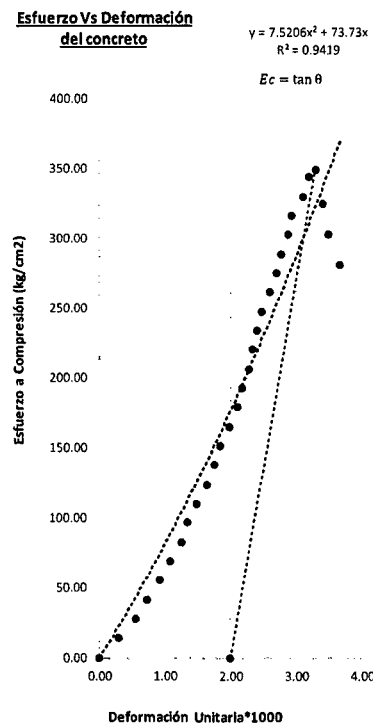




ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	25/11/2014	Código:	CP-17	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.59	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.78	22.49
5.00	0.17	0.56	27.55	43.58
7.50	0.22	0.72	41.33	57.30
10.00	0.28	0.92	55.11	74.29
12.50	0.33	1.09	68.89	88.90
15.00	0.38	1.25	82.66	103.91
17.50	0.41	1.35	96.44	113.12
20.00	0.45	1.48	110.22	125.62
22.50	0.50	1.64	124.00	141.61
25.00	0.53	1.74	137.77	151.40
27.50	0.56	1.84	151.55	161.34
30.00	0.60	1.97	165.33	174.82
32.50	0.64	2.11	179.10	188.55
35.00	0.66	2.17	192.88	195.52
37.50	0.69	2.27	206.66	206.09
40.00	0.71	2.34	220.44	213.22
42.50	0.73	2.40	234.21	220.42
45.00	0.75	2.47	247.99	227.67
47.50	0.79	2.60	261.77	242.39
50.00	0.82	2.70	275.55	253.60
52.50	0.84	2.76	289.32	261.15
55.00	0.87	2.86	303.10	272.60
57.50	0.89	2.93	316.88	280.31
60.00	0.94	3.09	330.65	299.89
62.50	0.97	3.19	344.43	311.83
63.50	1.00	3.29	349.94	323.91
59.00	1.03	3.39	325.14	336.14
55.00	1.06	3.49	303.10	348.52
51.00	1.11	3.65	281.06	369.48
Ecuación:	Esf. = 7.5206x2 + 73.73x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9419			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	349.94			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	280601	Norma E.060		
	271384	Grafica		

2.00	0.00
3.29	349.94

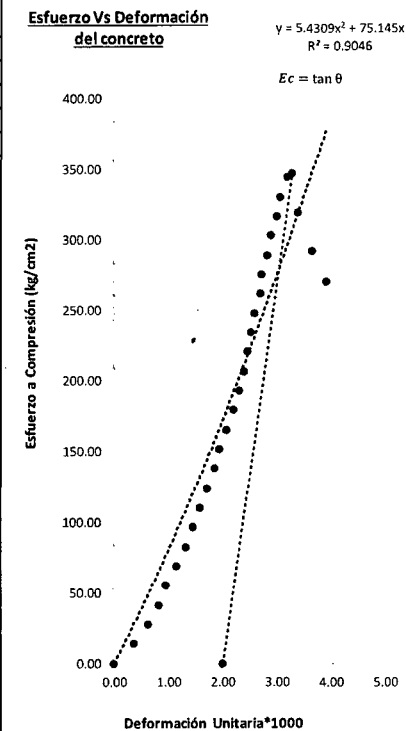
Ec = 271384 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN PATRÓN (SIN ADITIVO)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	28/10/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	25/11/2014	Código:	CP-18	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.65	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.78	27.90
5.00	0.19	0.63	27.55	49.09
7.50	0.25	0.82	41.33	65.47
10.00	0.29	0.95	55.11	76.63
12.50	0.35	1.15	68.89	93.71
15.00	0.40	1.32	82.66	108.28
17.50	0.44	1.45	96.44	120.14
20.00	0.48	1.58	110.22	132.19
22.50	0.52	1.71	124.00	144.43
25.00	0.56	1.84	137.77	156.85
27.50	0.59	1.94	151.55	166.30
30.00	0.63	2.07	165.33	179.05
32.50	0.67	2.20	179.10	192.00
35.00	0.70	2.30	192.88	201.83
37.50	0.73	2.40	206.66	211.76
40.00	0.75	2.47	220.44	218.45
42.50	0.77	2.53	234.21	225.18
45.00	0.79	2.60	247.99	231.95
47.50	0.82	2.70	261.77	242.21
50.00	0.83	2.73	275.55	245.65
52.50	0.86	2.83	289.32	256.04
55.00	0.88	2.89	303.10	263.03
57.50	0.91	2.99	316.88	273.60
60.00	0.93	3.06	330.65	280.71
62.50	0.97	3.19	344.43	295.06
63.00	1.00	3.29	347.19	305.95
58.00	1.03	3.39	319.63	316.95
53.00	1.11	3.65	292.08	346.78
49.00	1.19	3.91	270.03	377.37
Ecuación	Esf. = 5.4309x2 + 75.145x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9046			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	347.19			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	279494	Norma E.060		
	269247	Grafica		

2.00	0.00
3.29	347.19

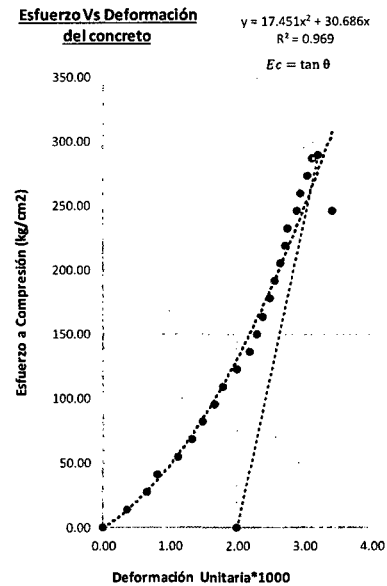
Ec = 269247 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	08/11/2014	Código:	A-1%-1	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	11.97	Altura (mm):	302.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.69	13.49
5.00	0.20	0.66	27.37	27.98
7.50	0.25	0.83	41.06	37.36
10.00	0.34	1.13	54.75	56.67
12.50	0.40	1.32	68.44	71.26
15.00	0.45	1.49	82.12	84.47
17.50	0.50	1.66	95.81	98.64
20.00	0.54	1.79	109.50	110.66
22.50	0.60	1.99	123.18	129.85
25.00	0.66	2.19	136.87	150.41
27.50	0.69	2.28	150.56	161.21
30.00	0.72	2.38	164.24	172.35
32.50	0.75	2.48	177.93	183.84
35.00	0.77	2.55	191.62	191.68
37.50	0.80	2.65	205.31	203.75
40.00	0.82	2.72	218.99	211.98
42.50	0.83	2.75	232.68	216.15
45.00	0.87	2.88	246.37	233.23
47.50	0.89	2.95	260.05	241.99
50.00	0.92	3.05	273.74	255.43
52.50	0.94	3.11	287.43	264.58
53.00	0.97	3.21	290.17	278.59
45.00	1.03	3.41	246.37	307.65
Ecuación:	Esf. = 17.451x2 + 30.686x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.969			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	290.17			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	255514	Norma E.060		
	239426	Grafica		

2.00	0.00
3.21	290.17

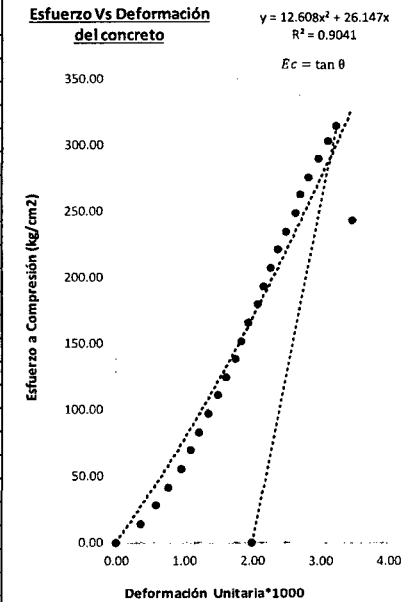
Ec= 239426 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	08/11/2014	Código:	A-1%-2	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 4	
Peso (kg):	11.99	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.78	6.72
5.00	0.18	0.59	27.55	13.61
7.50	0.23	0.76	41.33	19.77
10.00	0.29	0.96	55.11	28.53
12.50	0.33	1.09	68.89	35.19
15.00	0.37	1.22	82.66	42.52
17.50	0.41	1.35	96.44	50.51
20.00	0.45	1.49	110.22	59.16
22.50	0.49	1.62	124.00	68.48
25.00	0.53	1.75	137.77	78.46
27.50	0.56	1.85	151.55	86.37
30.00	0.59	1.95	165.33	94.66
32.50	0.63	2.08	179.10	106.29
35.00	0.66	2.18	192.88	115.45
37.50	0.69	2.28	206.66	124.98
40.00	0.72	2.38	220.44	134.88
42.50	0.76	2.51	234.21	148.67
45.00	0.80	2.64	247.99	163.11
47.50	0.82	2.71	261.77	170.58
50.00	0.86	2.84	275.55	186.02
52.50	0.90	2.97	289.32	202.12
55.00	0.94	3.10	303.10	218.88
57.00	0.98	3.23	314.12	236.31
44.00	1.05	3.47	242.48	268.40
Ecuación:	Esf. = 12.608x2 + 26.147x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	314.12			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	265852	Norma E.060		
	254489	Grafica		

2.00	0.00
3.23	314.12

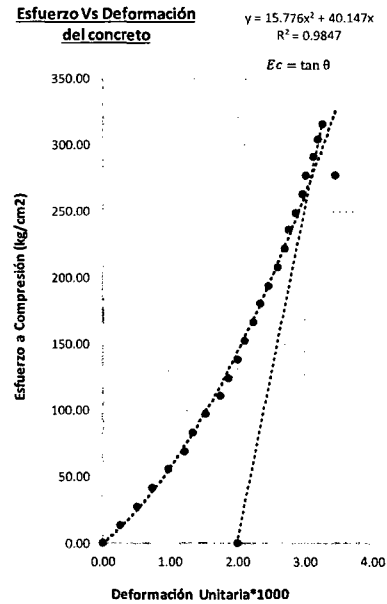
Ec= 254489 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	08/11/2014	Código:	A-1%-3	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.13	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.15	Área (cm2):	180.27	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.87	11.66
5.00	0.16	0.53	27.74	25.50
7.50	0.23	0.76	41.61	39.40
10.00	0.30	0.99	55.47	54.98
12.50	0.37	1.22	69.34	72.23
15.00	0.41	1.35	83.21	82.84
17.50	0.47	1.55	97.08	99.78
20.00	0.53	1.74	110.95	117.94
22.50	0.57	1.88	124.82	130.74
25.00	0.61	2.01	138.68	144.08
27.50	0.64	2.11	152.55	154.44
30.00	0.68	2.24	166.42	168.74
32.50	0.71	2.34	180.29	179.82
35.00	0.75	2.47	194.16	195.07
37.50	0.79	2.60	208.03	210.87
40.00	0.82	2.70	221.89	223.07
42.50	0.84	2.76	235.76	231.38
45.00	0.87	2.86	249.63	244.10
47.50	0.90	2.96	263.50	257.13
50.00	0.92	3.03	277.37	265.98
52.50	0.95	3.13	291.24	279.52
55.00	0.97	3.19	305.10	288.72
57.00	0.99	3.26	316.20	298.05
50.00	1.05	3.45	277.37	326.87
Ecuación:	Esf. = 15.776x2 + 40.147x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9847			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	316.20			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	266730	Norma E.060		
	251634	Grafica		

2.00	0.00
3.26	316.20

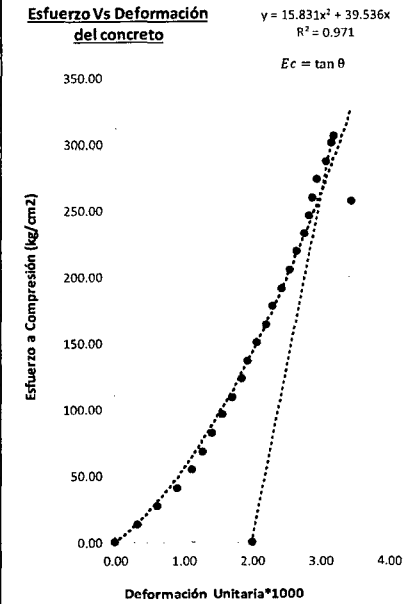
Ec= 251634 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	08/11/2014	Código:	A-1%-4	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.34	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.69	14.72
5.00	0.19	0.63	27.37	30.89
7.50	0.28	0.92	41.06	49.84
10.00	0.34	1.12	54.75	64.02
12.50	0.39	1.28	68.44	76.78
15.00	0.43	1.41	82.12	87.60
17.50	0.48	1.58	95.81	101.89
20.00	0.52	1.71	109.50	113.95
22.50	0.56	1.84	123.18	126.55
25.00	0.59	1.94	136.87	136.36
27.50	0.63	2.07	150.56	149.92
30.00	0.67	2.20	164.24	164.03
32.50	0.70	2.30	177.93	174.97
35.00	0.74	2.43	191.62	190.04
37.50	0.78	2.57	205.31	205.66
40.00	0.81	2.66	218.99	217.73
42.50	0.84	2.76	232.68	230.11
45.00	0.86	2.83	246.37	238.54
47.50	0.88	2.89	260.05	247.10
50.00	0.90	2.96	273.74	255.80
52.50	0.94	3.09	287.43	273.61
55.00	0.96	3.16	301.12	282.72
56.00	0.97	3.19	306.59	287.33
47.00	1.05	3.45	257.32	325.42
Ecuación:	Esf. = 15.831x2 + 39.536x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.971			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	306.59			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	262646	Norma E.060		
	257468	Grafica		

2.00	0.00
3.19	306.59

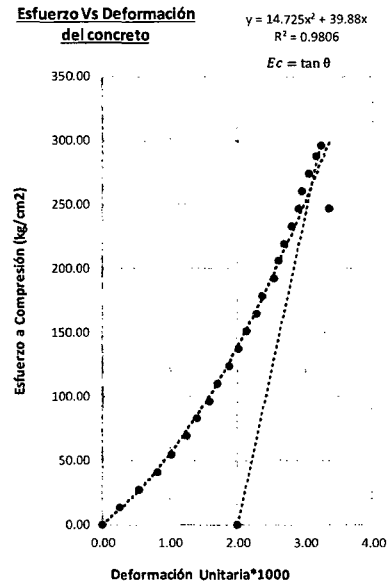
Ec= 257468 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	08/11/2014	Código:	A-1%-5	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.06	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	11.51
5.00	0.17	0.56	27.37	26.91
7.50	0.25	0.82	41.06	42.75
10.00	0.31	1.02	54.75	55.98
12.50	0.38	1.25	68.44	72.86
15.00	0.43	1.41	82.12	85.87
17.50	0.48	1.58	95.81	99.68
20.00	0.52	1.71	109.50	111.30
22.50	0.57	1.88	123.18	126.54
25.00	0.61	2.01	136.87	139.31
27.50	0.65	2.14	150.56	152.59
30.00	0.69	2.27	164.24	166.38
32.50	0.72	2.37	177.93	177.05
35.00	0.77	2.53	191.62	195.48
37.50	0.79	2.60	205.31	203.08
40.00	0.82	2.70	218.99	214.71
42.50	0.85	2.80	232.68	226.63
45.00	0.88	2.89	246.37	238.83
47.50	0.90	2.96	260.05	247.13
50.00	0.93	3.06	273.74	259.81
52.50	0.96	3.16	287.43	272.78
54.00	0.98	3.22	295.64	281.58
45.00	1.02	3.36	246.37	299.58
Ecuación:	Esf. = 14.725x <sup>2</sup> + 39.88x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9806			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	295.64			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	257913	Norma E.060		
	241599	Grafica		

2.00	0.00
3.22	295.64

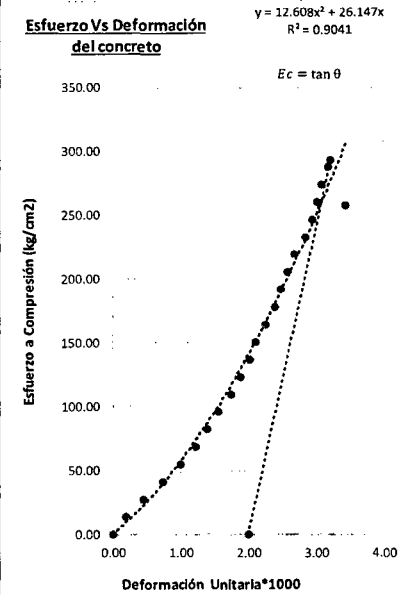
Ec= 241599 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	08/11/2014	Código:	A-1%-6	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	11.95	Altura (mm):	302.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.06	0.20	13.69	3.06
5.00	0.14	0.46	27.37	9.47
7.50	0.22	0.73	41.06	18.55
10.00	0.30	0.99	54.75	30.29
12.50	0.37	1.23	68.44	42.76
15.00	0.42	1.39	82.12	52.91
17.50	0.47	1.56	95.81	64.10
20.00	0.53	1.75	109.50	78.91
22.50	0.57	1.89	123.18	89.61
25.00	0.61	2.02	136.87	100.98
27.50	0.64	2.12	150.56	109.95
30.00	0.68	2.25	164.24	122.48
32.50	0.72	2.38	177.93	135.69
35.00	0.75	2.48	191.62	146.03
37.50	0.78	2.58	205.31	156.74
40.00	0.81	2.68	218.99	167.83
42.50	0.86	2.85	232.68	187.15
45.00	0.89	2.95	246.37	199.24
47.50	0.91	3.01	260.05	207.50
50.00	0.93	3.08	273.74	215.94
52.50	0.96	3.18	287.43	228.90
53.50	0.97	3.21	292.90	233.31
47.00	1.04	3.44	257.32	265.30
Ecuación:	Esf. = 12.608x <sup>2</sup> + 26.147x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	292.90			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	256716	Norma E.060		
	241685	Grafica		

2.00	0.00
3.21	292.90

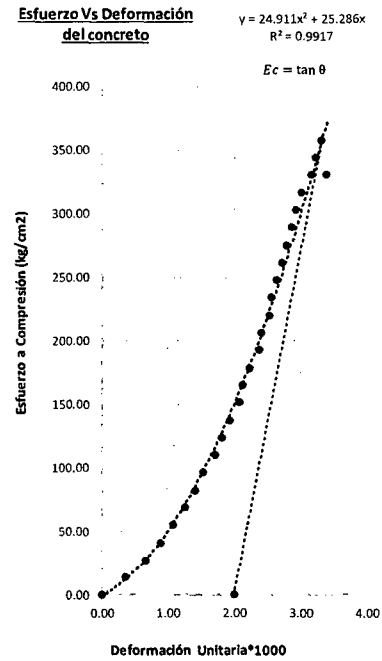
Ec= 241685 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	15/11/2014	Código:	A-1%-7	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.01	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Correg. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.78	13.72
5.00	0.20	0.66	27.55	29.10
7.50	0.27	0.89	41.33	43.65
10.00	0.33	1.09	55.11	57.93
12.50	0.38	1.25	68.89	71.10
15.00	0.43	1.41	82.66	85.42
17.50	0.47	1.55	96.44	97.72
20.00	0.52	1.71	110.22	114.12
22.50	0.55	1.81	124.00	124.52
25.00	0.59	1.94	137.77	139.03
27.50	0.63	2.07	151.55	154.28
30.00	0.65	2.14	165.33	162.18
32.50	0.68	2.24	179.10	174.39
35.00	0.72	2.37	192.88	191.30
37.50	0.73	2.40	206.66	195.64
40.00	0.77	2.53	220.44	213.48
42.50	0.78	2.57	234.21	218.06
45.00	0.80	2.63	247.99	227.35
47.50	0.83	2.73	261.77	241.63
50.00	0.85	2.80	275.55	251.38
52.50	0.87	2.86	289.32	261.32
55.00	0.89	2.93	303.10	271.44
57.50	0.92	3.03	316.88	286.97
60.00	0.96	3.16	330.65	308.32
62.50	0.98	3.22	344.43	319.28
65.00	1.01	3.32	358.21	336.06
60.00	1.03	3.39	330.65	347.47
Ecuación:	Esf. = 21.362x2 + 30.177x			
Coef. de correlación	R² = 0.9922			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	358.21			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	283896	Norma E.060		
	270884	Grafica		

2.00	0.00
3.32	358.21

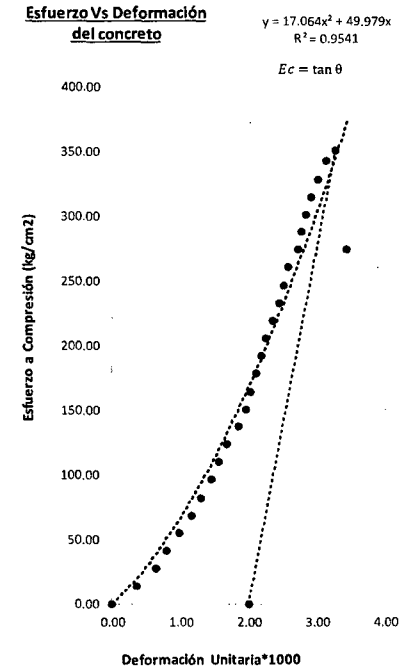
Ec = 270884 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	15/11/2014	Código:	A-1%-8	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	11.89	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.69	20.39
5.00	0.19	0.63	27.37	38.05
7.50	0.24	0.79	41.06	50.29
10.00	0.30	0.99	54.75	66.21
12.50	0.35	1.16	68.44	80.50
15.00	0.39	1.29	82.12	92.60
17.50	0.44	1.45	95.81	108.56
20.00	0.47	1.55	109.50	118.58
22.50	0.51	1.68	123.18	132.47
25.00	0.56	1.85	136.87	150.66
27.50	0.59	1.95	150.56	162.02
30.00	0.61	2.01	164.24	169.78
32.50	0.64	2.11	177.93	181.70
35.00	0.66	2.18	191.62	189.83
37.50	0.68	2.24	205.31	198.11
40.00	0.71	2.34	218.99	210.81
42.50	0.74	2.44	232.68	223.84
45.00	0.76	2.51	246.37	232.71
47.50	0.78	2.57	260.05	241.74
50.00	0.82	2.71	273.74	260.23
52.50	0.84	2.77	287.43	269.70
55.00	0.86	2.84	301.12	279.32
57.50	0.88	2.90	314.80	289.09
60.00	0.91	3.00	328.49	304.02
62.50	0.95	3.14	342.18	324.44
64.00	0.99	3.27	350.39	345.46
50.00	1.04	3.43	273.74	372.58
Ecuación:	Esf. = 17.064x2 + 49.979x			
Coef. de correlación	R² = 0.9541			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	350.39			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	280780	Norma E.060		
	276479	Grafica		

2.00	0.00
3.27	350.39

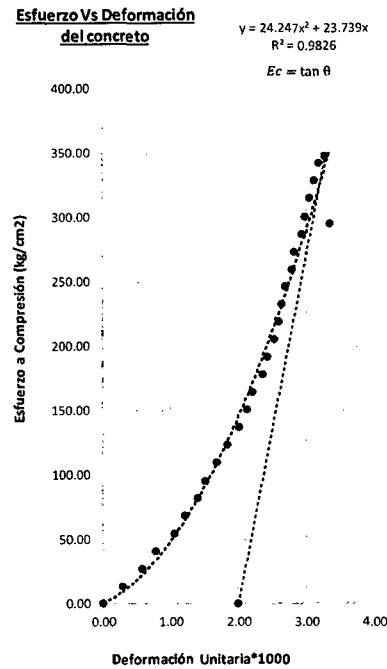
Ec = 276479 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	15/11/2014	Código:	A-1%-9	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.01	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.69	9.15
5.00	0.18	0.59	27.37	22.56
7.50	0.24	0.79	41.06	33.85
10.00	0.32	1.05	54.75	51.85
12.50	0.37	1.22	68.44	64.81
15.00	0.43	1.41	82.12	82.09
17.50	0.46	1.51	95.81	91.44
20.00	0.51	1.68	109.50	108.07
22.50	0.56	1.84	123.18	126.01
25.00	0.61	2.01	136.87	145.26
27.50	0.65	2.14	150.56	161.61
30.00	0.67	2.20	164.24	170.10
32.50	0.72	2.37	177.93	192.24
35.00	0.74	2.43	191.62	201.46
37.50	0.77	2.53	205.31	215.69
40.00	0.79	2.60	218.99	225.43
42.50	0.80	2.63	232.68	230.39
45.00	0.82	2.70	246.37	240.45
47.50	0.85	2.80	260.05	255.94
50.00	0.86	2.83	273.74	261.20
52.50	0.89	2.93	287.43	277.32
55.00	0.91	2.99	301.12	288.33
57.50	0.93	3.06	314.80	299.54
60.00	0.95	3.13	328.49	310.97
62.50	0.97	3.19	342.18	322.61
63.50	1.00	3.29	347.65	340.46
54.00	1.02	3.36	295.64	352.62
Ecuación:	Esf. = 24.247x2 + 23.739x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9826			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	347.65			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	279681	Norma E.060		
	269607	Grafica		

2.00	0.00
3.29	347.65

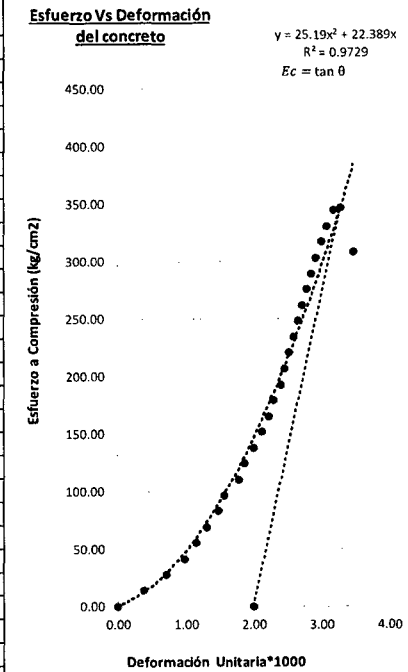
Ec= 269607 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	15/11/2014	Código:	A-1%-10	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.04	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.12	0.39	13.78	12.76
5.00	0.22	0.72	27.55	29.40
7.50	0.30	0.99	41.33	46.63
10.00	0.35	1.15	55.11	59.17
12.50	0.40	1.32	68.89	73.07
15.00	0.45	1.48	82.66	88.34
17.50	0.48	1.58	96.44	98.15
20.00	0.54	1.78	110.22	119.25
22.50	0.57	1.88	124.00	130.54
25.00	0.61	2.01	137.77	146.35
27.50	0.65	2.14	151.55	163.03
30.00	0.68	2.24	165.33	176.12
32.50	0.70	2.30	179.10	185.11
35.00	0.73	2.40	192.88	199.02
37.50	0.75	2.47	206.66	208.56
40.00	0.77	2.53	220.44	218.32
42.50	0.79	2.60	234.21	228.29
45.00	0.81	2.66	247.99	238.49
47.50	0.83	2.73	261.77	248.90
50.00	0.85	2.80	275.55	259.53
52.50	0.87	2.86	289.32	270.38
55.00	0.89	2.93	303.10	281.45
57.50	0.92	3.03	316.88	298.46
60.00	0.94	3.09	330.65	310.07
62.50	0.97	3.19	344.43	327.90
63.00	1.00	3.29	347.19	346.22
56.00	1.06	3.49	308.61	384.33
Ecuación:	Esf. = 25.19x2 + 22.389x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9729			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	347.19			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	279494	Norma E.060		
	269247	Grafica		

2.00	0.00
3.29	347.19

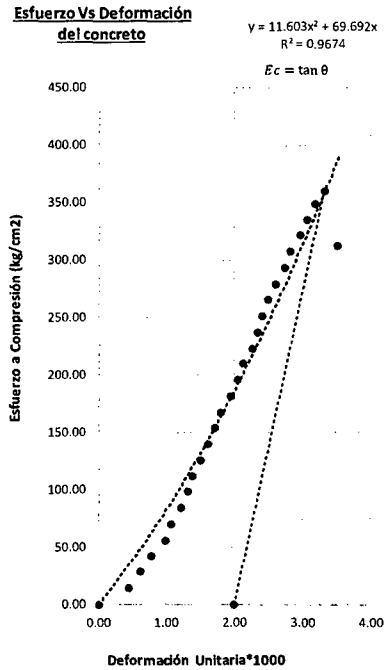
Ec= 269247 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	15/11/2014	Código:	A-1%-11	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.24	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.10	Área (cm2):	179.08	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.14	0.46	13.96	34.10
5.00	0.19	0.63	27.92	47.46
7.50	0.24	0.79	41.88	61.46
10.00	0.30	0.99	55.84	79.09
12.50	0.33	1.09	69.80	88.24
15.00	0.37	1.22	83.76	100.79
17.50	0.40	1.32	97.72	110.47
20.00	0.42	1.38	111.68	117.05
22.50	0.46	1.51	125.64	130.51
25.00	0.49	1.61	139.60	140.87
27.50	0.52	1.71	153.56	151.45
30.00	0.55	1.81	167.52	162.26
32.50	0.59	1.94	181.48	177.02
35.00	0.62	2.04	195.44	188.36
37.50	0.65	2.14	209.41	199.92
40.00	0.69	2.27	223.37	215.69
42.50	0.71	2.34	237.33	223.72
45.00	0.73	2.40	251.29	231.86
47.50	0.76	2.50	265.25	244.25
50.00	0.79	2.60	279.21	256.87
52.50	0.83	2.73	293.17	274.04
55.00	0.86	2.83	307.13	287.18
57.50	0.90	2.96	321.09	305.06
60.00	0.93	3.06	335.05	318.73
62.50	0.97	3.19	349.01	337.31
64.50	1.01	3.32	360.18	356.30
56.00	1.07	3.52	312.71	385.52
Ecuación:	Esf. = 11.603x <sup>2</sup> + 69.692x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9674			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	360.18			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	284675	Norma E.060		
	272373	Grafica		

2.00	0.00
3.32	360.18

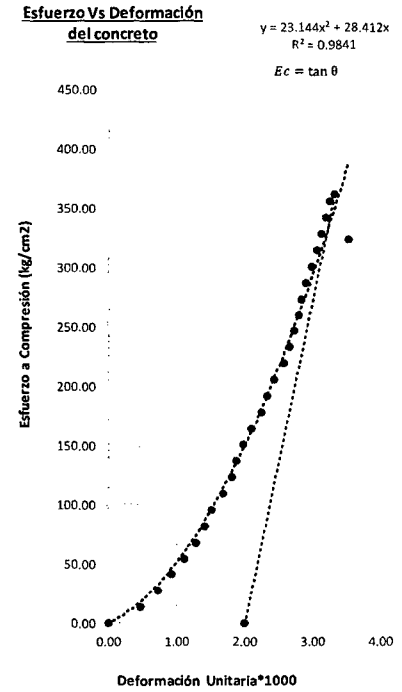
Ec= 272373 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	15/11/2014	Código:	A-1%-12	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.09	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.14	0.46	13.69	17.99
5.00	0.22	0.72	27.37	32.68
7.50	0.28	0.92	41.06	45.80
10.00	0.34	1.12	54.75	60.73
12.50	0.39	1.28	68.44	74.54
15.00	0.43	1.41	82.12	86.49
17.50	0.46	1.51	95.81	95.98
20.00	0.51	1.68	109.50	112.80
22.50	0.55	1.81	123.18	127.16
25.00	0.57	1.88	136.87	134.64
27.50	0.60	1.97	150.56	146.23
30.00	0.64	2.11	164.24	162.39
32.50	0.68	2.24	177.93	179.35
35.00	0.71	2.34	191.62	192.60
37.50	0.74	2.43	205.31	206.30
40.00	0.78	2.57	218.99	225.26
42.50	0.81	2.66	232.68	240.01
45.00	0.83	2.73	246.37	250.10
47.50	0.85	2.80	260.05	260.38
50.00	0.86	2.83	273.74	265.60
52.50	0.88	2.89	287.43	276.18
55.00	0.91	2.99	301.12	292.43
57.50	0.93	3.06	314.80	303.52
60.00	0.95	3.13	328.49	314.80
62.50	0.97	3.19	342.18	326.29
65.00	0.99	3.26	355.86	337.98
66.00	1.01	3.32	361.34	349.86
59.00	1.07	3.52	323.01	386.72
Ecuación:	Esf. = 23.144x <sup>2</sup> + 28.412x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9841			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	361.34			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	285134	Norma E.060		
	273251	Grafica		

2.00	0.00
3.32	361.34

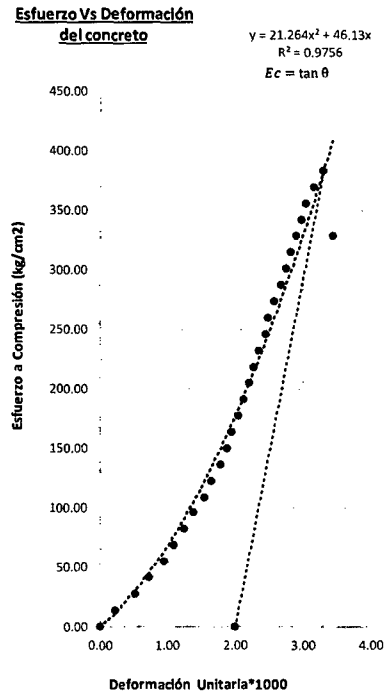
Ec= 273251 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	29/11/2014	Código:	A-1%-13	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.23	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.69	11.79
5.00	0.16	0.53	27.37	30.29
7.50	0.22	0.73	41.06	44.70
10.00	0.29	0.96	54.75	63.63
12.50	0.33	1.09	68.44	75.46
15.00	0.38	1.25	82.12	91.30
17.50	0.42	1.39	95.81	104.80
20.00	0.47	1.55	109.50	122.72
22.50	0.50	1.65	123.18	134.02
25.00	0.54	1.78	136.87	149.75
27.50	0.57	1.88	150.56	162.03
30.00	0.59	1.95	164.24	170.45
32.50	0.62	2.05	177.93	183.42
35.00	0.64	2.11	191.62	192.30
37.50	0.67	2.21	205.31	205.97
40.00	0.69	2.28	218.99	215.32
42.50	0.71	2.34	232.68	224.85
45.00	0.74	2.44	246.37	239.49
47.50	0.75	2.48	260.05	244.46
50.00	0.78	2.57	273.74	259.66
52.50	0.81	2.67	287.43	275.28
55.00	0.83	2.74	301.12	285.92
57.50	0.85	2.81	314.80	296.75
60.00	0.88	2.90	328.49	313.33
62.50	0.90	2.97	342.18	324.62
65.00	0.92	3.04	355.86	336.10
67.50	0.96	3.17	369.55	359.61
70.00	1.00	3.30	383.24	383.86
60.00	1.04	3.43	328.49	408.84
Ecuación:	Esf. = 21.264x2 + 46.13x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9756			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	383.24			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	293647	Norma E.060		
	294724	Grafica		

2.00	0.00
3.30	383.24

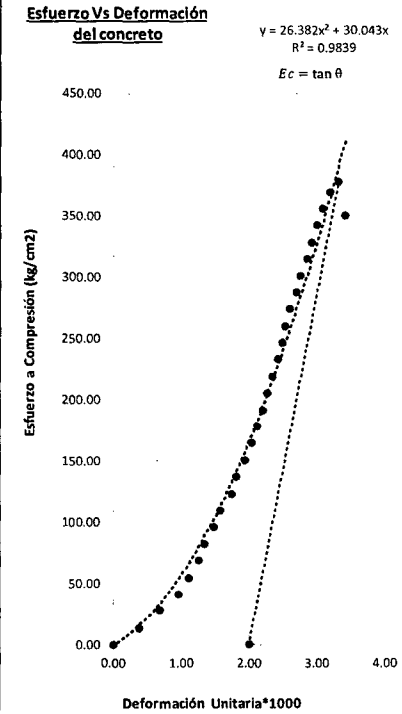
Ec = 294724 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	29/11/2014	Código:	A-1%-14	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	11.85	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.12	0.39	13.69	15.97
5.00	0.21	0.69	27.37	33.34
7.50	0.29	0.95	41.06	52.67
10.00	0.34	1.12	54.75	66.60
12.50	0.38	1.25	68.44	78.78
15.00	0.41	1.35	82.12	88.51
17.50	0.45	1.48	95.81	102.28
20.00	0.48	1.58	109.50	113.21
22.50	0.53	1.74	123.18	132.57
25.00	0.55	1.81	136.87	140.71
27.50	0.59	1.94	150.56	157.68
30.00	0.62	2.04	164.24	171.01
32.50	0.64	2.11	177.93	180.18
35.00	0.67	2.20	191.62	194.36
37.50	0.69	2.27	205.31	204.10
40.00	0.71	2.34	218.99	214.07
42.50	0.74	2.43	232.68	229.45
45.00	0.76	2.50	246.37	240.00
47.50	0.77	2.53	260.05	245.35
50.00	0.79	2.60	273.74	256.23
52.50	0.82	2.70	287.43	272.99
55.00	0.84	2.76	301.12	284.44
57.50	0.87	2.86	314.80	302.05
60.00	0.89	2.93	328.49	314.08
62.50	0.91	2.99	342.18	326.33
65.00	0.94	3.09	355.86	345.14
67.50	0.97	3.19	369.55	364.46
69.00	1.01	3.32	377.76	391.02
64.00	1.04	3.42	350.39	411.54
Ecuación:	Esf. = 26.382x2 + 30.043x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9839			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	377.76			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	291542	Norma E.060		
	285672	Grafica		

2.00	0.00
3.32	377.76

Ec = 285672 kg/cm<sup>2</sup>

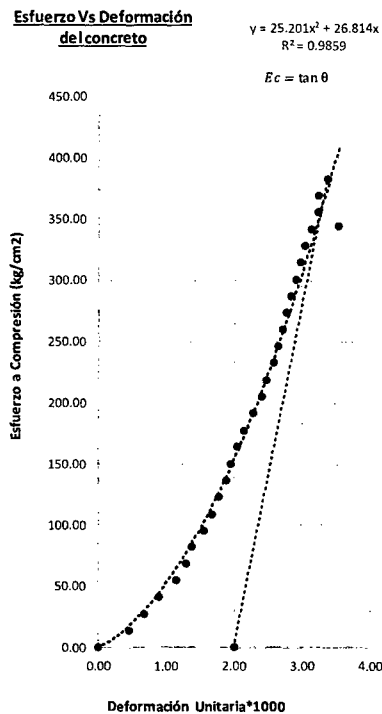




ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	29/11/2014	Código:	A-1%-15	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	11.90	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.14	0.46	13.69	17.77
5.00	0.21	0.69	27.37	30.69
7.50	0.27	0.89	41.06	43.90
10.00	0.35	1.16	54.75	64.60
12.50	0.39	1.29	68.44	76.26
15.00	0.42	1.39	82.12	85.59
17.50	0.47	1.55	95.81	102.23
20.00	0.51	1.68	109.50	116.53
22.50	0.54	1.78	123.18	127.83
25.00	0.57	1.88	136.87	139.63
27.50	0.59	1.95	150.56	147.76
30.00	0.62	2.05	164.24	160.38
32.50	0.65	2.15	177.93	173.50
35.00	0.69	2.28	191.62	191.75
37.50	0.73	2.41	205.31	210.88
40.00	0.75	2.48	218.99	220.77
42.50	0.78	2.57	232.68	236.03
45.00	0.80	2.64	246.37	246.47
47.50	0.82	2.71	260.05	257.14
50.00	0.84	2.77	273.74	268.02
52.50	0.86	2.84	287.43	279.12
55.00	0.88	2.90	301.12	290.44
57.50	0.90	2.97	314.80	301.99
60.00	0.92	3.04	328.49	313.75
62.50	0.95	3.14	342.18	331.80
65.00	0.98	3.23	355.86	350.35
67.50	0.98	3.23	369.55	350.35
70.00	1.02	3.37	383.24	375.85
63.00	1.07	3.53	344.91	408.96
Ecuación:	Esf. = 25.201x2 + 26.814x			
Coef. de correlación	R² = 0.9859			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	383.24			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	293647	Norma E.060		
	280486	Grafica		

2.00	0.00
3.37	383.24

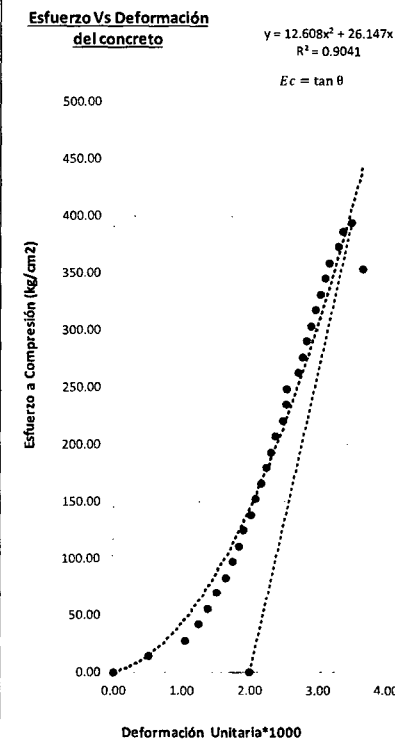
Ec= 280486 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	29/11/2014	Código:	A-1%-16	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.20	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.16	0.53	13.78	17.32
5.00	0.32	1.06	27.55	41.68
7.50	0.38	1.25	41.33	52.62
10.00	0.42	1.39	55.11	60.47
12.50	0.46	1.52	68.89	68.75
15.00	0.50	1.65	82.66	77.48
17.50	0.53	1.75	96.44	84.31
20.00	0.56	1.85	110.22	91.39
22.50	0.58	1.91	124.00	96.25
25.00	0.61	2.01	137.77	103.74
27.50	0.63	2.08	151.55	108.87
30.00	0.66	2.18	165.33	116.77
32.50	0.68	2.24	179.10	122.18
35.00	0.70	2.31	192.88	127.70
37.50	0.72	2.38	206.66	133.32
40.00	0.75	2.48	220.44	141.97
42.50	0.77	2.54	234.21	147.87
45.00	0.77	2.54	247.99	147.87
47.50	0.82	2.71	261.77	163.10
50.00	0.84	2.77	275.55	169.39
52.50	0.86	2.84	289.32	175.78
55.00	0.88	2.90	303.10	182.29
57.50	0.90	2.97	316.88	188.90
60.00	0.92	3.04	330.65	195.63
62.50	0.94	3.10	344.43	202.46
65.00	0.96	3.17	358.21	209.40
67.50	1.00	3.30	371.99	223.62
70.00	1.02	3.37	385.76	230.90
71.50	1.06	3.50	394.03	245.77
64.00	1.11	3.66	352.70	264.99
Ecuación:	Esf. = 12.608x² + 26.147x			
Coef. de correlación	R² = 0.9041			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	394.03			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	297753	Norma E.060		
	262976	Grafica		

2.00	0.00
3.50	394.03

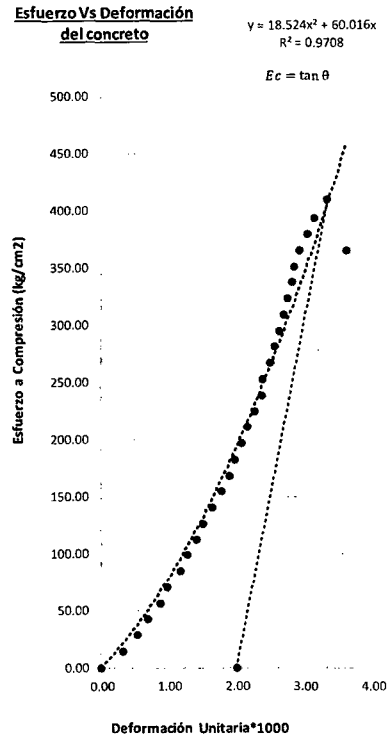
Ec= 262976 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	29/11/2014	Código:	A-1%-17	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.28	Altura (mm):	305.00	
Diámetro (cm):	15.05	Área (cm2):	177.89	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	14.05	21.67
5.00	0.16	0.52	28.11	36.58
7.50	0.21	0.69	42.16	50.10
10.00	0.27	0.89	56.21	67.65
12.50	0.30	0.98	70.27	76.95
15.00	0.36	1.18	84.32	96.65
17.50	0.39	1.28	98.37	107.03
20.00	0.43	1.41	112.43	121.43
22.50	0.46	1.51	126.48	132.65
25.00	0.50	1.64	140.53	148.17
27.50	0.54	1.77	154.59	164.32
30.00	0.58	1.90	168.64	181.12
32.50	0.60	1.97	182.69	189.75
35.00	0.63	2.07	196.75	203.00
37.50	0.66	2.16	210.80	216.61
40.00	0.69	2.26	224.85	230.58
42.50	0.72	2.36	238.91	244.91
45.00	0.73	2.39	252.96	249.76
47.50	0.76	2.49	267.01	264.57
50.00	0.78	2.56	281.07	274.63
52.50	0.80	2.62	295.12	284.86
55.00	0.82	2.69	309.17	295.25
57.50	0.84	2.75	323.23	305.80
60.00	0.86	2.82	337.28	316.50
62.50	0.87	2.85	351.33	321.91
65.00	0.89	2.92	365.38	332.86
67.50	0.93	3.05	379.44	355.23
70.00	0.96	3.15	393.49	372.42
73.00	1.02	3.34	410.36	407.88
65.00	1.10	3.61	365.38	457.40
Ecuación:	Esf. = 18.524x2 + 60.016x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9708			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	410.36			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	303858	Norma E.060		
	305264	Grafica		

2.00	0.00
3.34	410.36

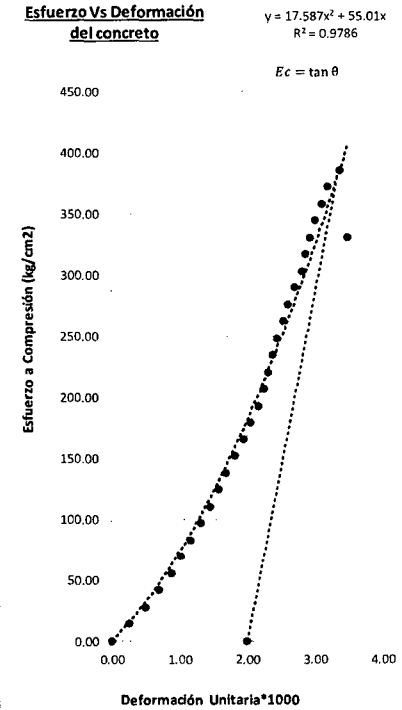
Ec= 305264 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	01/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	29/11/2014	Código:	A-1%-18	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	11.92	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.78	15.75
5.00	0.15	0.50	27.55	31.54
7.50	0.21	0.69	41.33	46.57
10.00	0.27	0.89	55.11	62.98
12.50	0.31	1.02	68.89	74.69
15.00	0.35	1.16	82.66	87.01
17.50	0.40	1.32	96.44	103.27
20.00	0.44	1.45	110.22	116.97
22.50	0.48	1.58	124.00	131.28
25.00	0.51	1.68	137.77	142.42
27.50	0.55	1.82	151.55	157.80
30.00	0.59	1.95	165.33	173.80
32.50	0.62	2.05	179.10	186.20
35.00	0.66	2.18	192.88	203.27
37.50	0.68	2.24	206.66	212.03
40.00	0.70	2.31	220.44	220.95
42.50	0.72	2.38	234.21	230.02
45.00	0.74	2.44	247.99	239.25
47.50	0.77	2.54	261.77	253.37
50.00	0.79	2.61	275.55	262.98
52.50	0.82	2.71	289.32	277.68
55.00	0.85	2.81	303.10	292.72
57.50	0.87	2.87	316.88	302.94
60.00	0.89	2.94	330.65	313.32
62.50	0.91	3.00	344.43	323.84
65.00	0.94	3.10	358.21	339.92
67.50	0.97	3.20	371.99	356.34
70.00	1.02	3.37	385.76	384.48
60.00	1.06	3.50	330.65	407.68
Ecuación:	Esf. = 17.587x2 + 55.01x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9786			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	385.76			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	294613	Norma E.060		
	282334	Grafica		

2.00	0.00
3.37	385.76

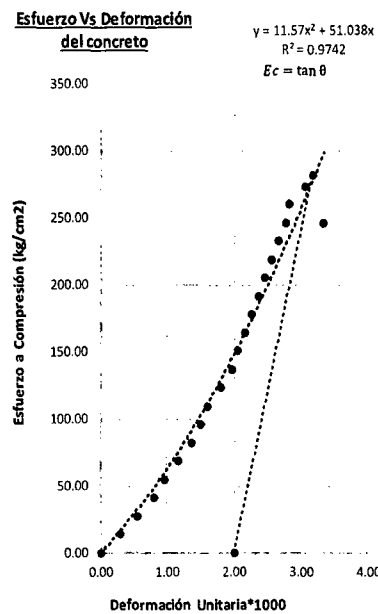
Ec= 282334 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	10/11/2014	Código:	A-1.5%-1	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):	12.57	Altura (mm):	300.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.69	16.35
5.00	0.17	0.57	27.37	32.64
7.50	0.24	0.80	41.06	48.24
10.00	0.29	0.97	54.75	60.15
12.50	0.35	1.17	68.44	75.29
15.00	0.41	1.37	82.12	91.36
17.50	0.45	1.50	95.81	102.59
20.00	0.48	1.60	109.50	111.28
22.50	0.54	1.80	123.18	129.36
25.00	0.59	1.97	136.87	145.12
27.50	0.62	2.07	150.56	154.90
30.00	0.65	2.17	164.24	164.90
32.50	0.68	2.27	177.93	175.13
35.00	0.71	2.37	191.62	185.59
37.50	0.74	2.47	205.31	196.29
40.00	0.77	2.57	218.99	207.22
42.50	0.80	2.67	232.68	218.38
45.00	0.83	2.77	246.37	229.77
47.50	0.85	2.83	260.05	237.49
50.00	0.92	3.07	273.74	265.33
51.50	0.95	3.17	281.95	277.64
45.00	1.00	3.33	246.37	298.68
Ecuación:	Esf. = 11.57x2 + 51.038x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9742			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	281.95			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	251872	Norma E.060		
	241675	Grafica		

2.00	0.00
3.17	281.95

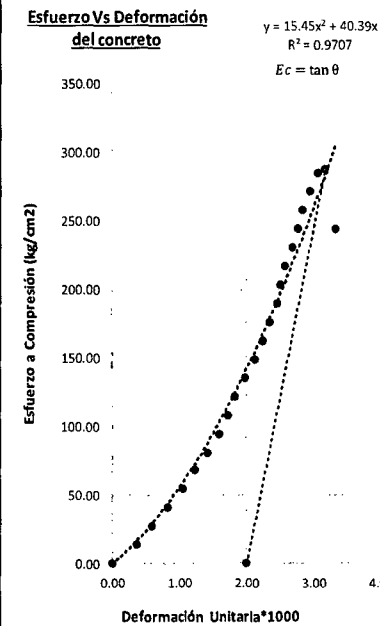
Ec= 241675 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	10/11/2014	Código:	A-1.5%-2	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.54	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.30	Área (cm2):	183.85	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.60	16.70
5.00	0.18	0.59	27.20	29.45
7.50	0.25	0.83	40.79	43.84
10.00	0.32	1.06	54.39	59.89
12.50	0.37	1.22	67.99	72.36
15.00	0.43	1.42	81.59	88.43
17.50	0.48	1.58	95.18	102.76
20.00	0.52	1.72	108.78	114.82
22.50	0.55	1.82	122.38	124.22
25.00	0.60	1.98	135.98	140.56
27.50	0.64	2.11	149.58	154.24
30.00	0.68	2.24	163.17	168.46
32.50	0.71	2.34	176.77	179.48
35.00	0.74	2.44	190.37	190.79
37.50	0.76	2.51	203.97	198.51
40.00	0.78	2.57	217.56	206.36
42.50	0.81	2.67	231.16	218.38
45.00	0.84	2.77	244.76	230.71
47.50	0.86	2.84	258.36	239.10
50.00	0.89	2.94	271.96	251.94
52.50	0.93	3.07	285.55	269.52
53.00	0.96	3.17	288.27	283.06
45.00	1.01	3.33	244.76	306.30
Ecuación:	Esf. = 15.45x2 + 40.39x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9707			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	288.27			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	254679	Norma E.060		
	246742	Grafica		

2.00	0.00
3.17	288.27

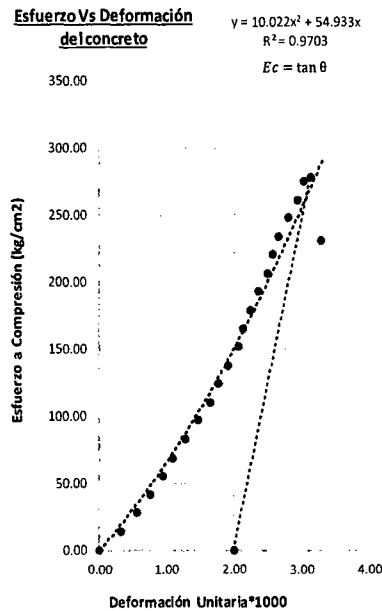
Ec= 246742 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	10/11/2014	Código:	A-1.5%-3	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.65	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.78	19.22
5.00	0.17	0.56	27.55	33.98
7.50	0.23	0.76	41.33	47.47
10.00	0.29	0.96	55.11	61.76
12.50	0.33	1.09	68.89	71.72
15.00	0.39	1.29	82.66	87.31
17.50	0.45	1.49	96.44	103.69
20.00	0.50	1.65	110.22	117.94
22.50	0.54	1.78	124.00	129.73
25.00	0.58	1.91	137.77	141.87
27.50	0.63	2.08	151.55	157.54
30.00	0.65	2.15	165.33	163.96
32.50	0.68	2.24	179.10	173.76
35.00	0.72	2.38	192.88	187.12
37.50	0.76	2.51	206.66	200.84
40.00	0.78	2.57	220.44	207.83
42.50	0.81	2.67	234.21	218.47
45.00	0.85	2.81	247.99	232.97
47.50	0.89	2.94	261.77	247.82
50.00	0.92	3.04	275.55	259.19
50.50	0.95	3.14	278.30	270.75
42.00	1.00	3.30	231.46	290.46
Ecuación:	Esf. = 10.022x2 + 54.933x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9703			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	278.30			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	250235	Norma E.060		
	245131	Grafica		

2.00	0.00
3.14	278.30

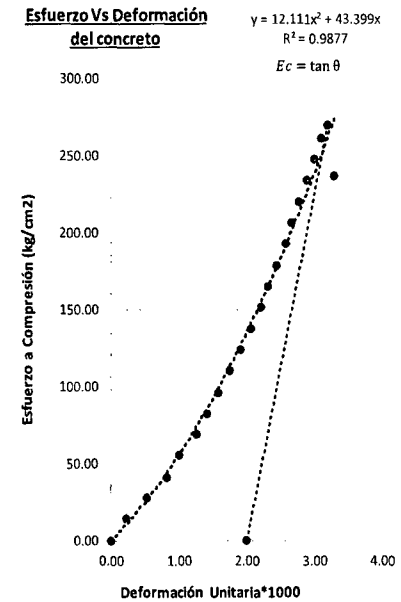
Ec= 245131 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	10/11/2014	Código:	A-1.5%-4	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.71	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.78	10.64
5.00	0.16	0.53	27.55	26.20
7.50	0.25	0.82	41.33	43.88
10.00	0.30	0.99	55.11	54.62
12.50	0.38	1.25	68.89	73.17
15.00	0.43	1.41	82.66	85.62
17.50	0.48	1.58	96.44	98.72
20.00	0.53	1.74	110.22	112.47
22.50	0.58	1.91	124.00	126.89
25.00	0.63	2.07	137.77	141.95
27.50	0.67	2.20	151.55	154.48
30.00	0.70	2.30	165.33	164.15
32.50	0.74	2.43	179.10	177.40
35.00	0.78	2.57	192.88	191.08
37.50	0.81	2.66	206.66	201.62
40.00	0.84	2.76	220.44	212.39
42.50	0.88	2.89	234.21	227.11
45.00	0.91	2.99	247.99	238.43
47.50	0.94	3.09	261.77	249.99
49.00	0.97	3.19	270.03	261.78
43.00	1.00	3.29	236.97	273.81
Ecuación:	Esf. = 12.111x2 + 43.399x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9877			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	270.03			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	246491	Norma E.060		
	226769	Grafica		

2.00	0.00
3.19	270.03

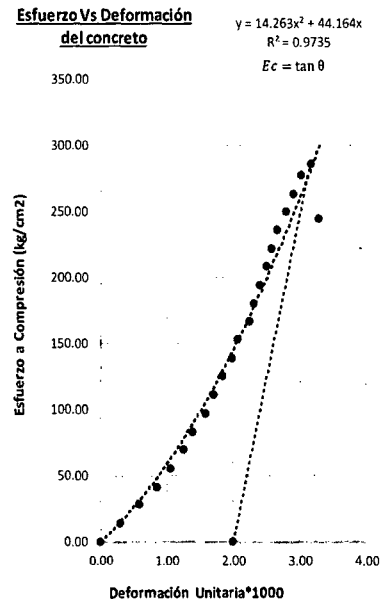
Ec= 226769 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	10/11/2014	Código:	A-1.5%-5	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.77	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.15	Área (cm2):	180.27	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.87	14.32
5.00	0.18	0.59	27.74	31.15
7.50	0.26	0.86	41.61	48.20
10.00	0.32	1.05	55.47	62.29
12.50	0.38	1.25	69.34	77.49
15.00	0.42	1.38	83.21	88.24
17.50	0.48	1.58	97.08	105.29
20.00	0.52	1.71	110.95	117.28
22.50	0.56	1.84	124.82	129.75
25.00	0.60	1.97	138.68	142.73
27.50	0.63	2.07	152.55	152.78
30.00	0.68	2.24	166.42	170.15
32.50	0.70	2.30	180.29	177.32
35.00	0.73	2.40	194.16	188.30
37.50	0.76	2.50	208.03	199.55
40.00	0.78	2.57	221.89	207.21
42.50	0.81	2.66	235.76	218.93
45.00	0.85	2.80	249.63	234.99
47.50	0.88	2.89	263.50	247.36
50.00	0.92	3.03	277.37	264.28
51.50	0.96	3.16	285.69	281.70
44.00	1.00	3.29	244.08	299.61
Ecuación:	Esf. = 14.263x <sup>2</sup> + 44.164x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9735			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	285.69			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	253535	Norma E.060		
	246731	Grafica		

2.00	0.00
3.16	285.69

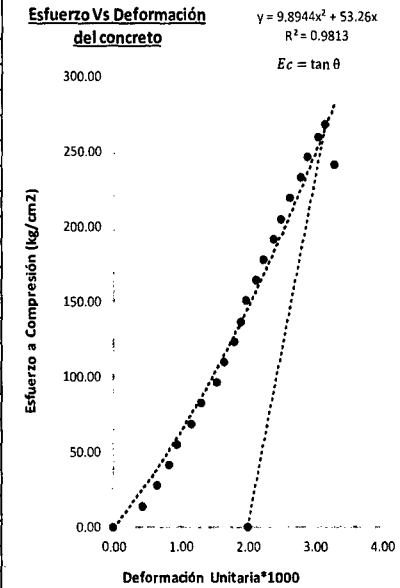
Ec= 246731 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	10/11/2014	Código:	A-1.5%-6	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.81	Altura (mm):	305.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.13	0.43	13.69	24.50
5.00	0.20	0.66	27.37	39.18
7.50	0.25	0.82	41.06	50.30
10.00	0.29	0.95	54.75	59.59
12.50	0.35	1.15	68.44	74.15
15.00	0.40	1.31	82.12	86.87
17.50	0.47	1.54	95.81	105.57
20.00	0.50	1.64	109.50	113.90
22.50	0.55	1.80	123.18	128.22
25.00	0.58	1.90	136.87	137.06
27.50	0.60	1.97	150.56	143.06
30.00	0.65	2.13	164.24	158.44
32.50	0.68	2.23	177.93	167.93
35.00	0.73	2.39	191.62	184.16
37.50	0.76	2.49	205.31	194.15
40.00	0.80	2.62	218.99	207.77
42.50	0.85	2.79	232.68	225.28
45.00	0.88	2.89	246.37	236.04
47.50	0.93	3.05	260.05	254.39
49.00	0.96	3.15	268.27	265.66
44.00	1.00	3.28	240.89	280.99
Ecuación:	Esf. = 9.8944x <sup>2</sup> + 53.26x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9813			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	268.27			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	245683	Norma E.060		
	233775	Grafica		

2.00	0.00
3.15	268.27

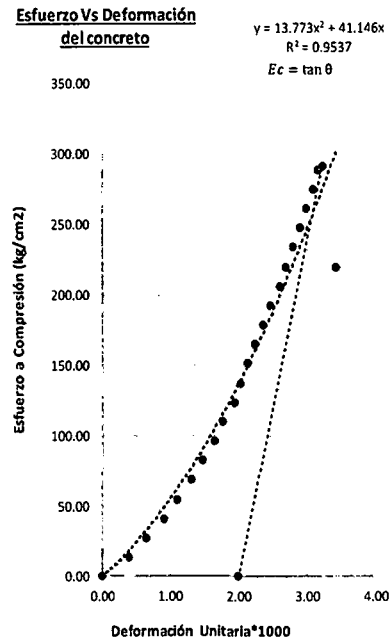
Ec= 233775 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	17/11/2014	Código:	A-1.5%-7	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.55	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.12	0.39	13.78	18.39
5.00	0.20	0.66	27.55	33.03
7.50	0.28	0.92	41.33	49.58
10.00	0.34	1.12	55.11	63.25
12.50	0.40	1.32	68.89	77.98
15.00	0.45	1.48	82.66	91.09
17.50	0.50	1.64	96.44	104.93
20.00	0.54	1.78	110.22	116.55
22.50	0.59	1.94	124.00	131.73
25.00	0.62	2.04	137.77	141.20
27.50	0.65	2.14	151.55	150.94
30.00	0.68	2.24	165.33	160.95
32.50	0.72	2.37	179.10	174.71
35.00	0.75	2.47	192.88	185.34
37.50	0.79	2.60	206.66	199.94
40.00	0.82	2.70	220.44	211.20
42.50	0.85	2.80	234.21	222.72
45.00	0.88	2.89	247.99	234.52
47.50	0.91	2.99	261.77	246.58
50.00	0.94	3.09	275.55	258.91
52.50	0.96	3.16	289.32	267.28
53.00	0.98	3.22	292.08	275.77
40.00	1.04	3.42	220.44	301.96
Ecuación:	Esf. = 13.773x2 + 41.146x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9535			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	292.08			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	256354	Norma E.060		
	238687	Grafica		

2.00	0.00
3.22	292.08

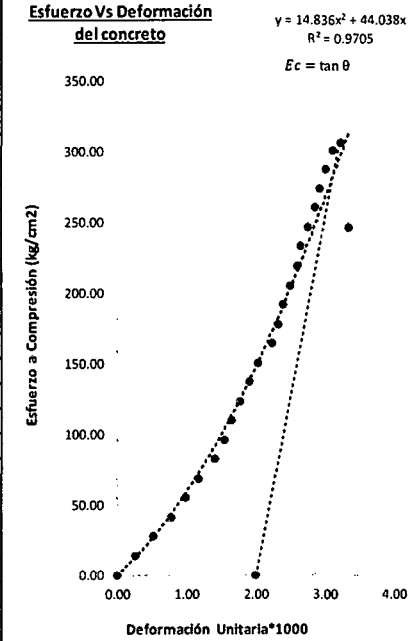
Ec = 238687 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:		Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)		
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	17/11/2014	Código:	A-1.5%-8	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.62	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	12.62
5.00	0.16	0.53	27.37	27.29
7.50	0.24	0.79	41.06	44.01
10.00	0.30	0.99	54.75	57.91
12.50	0.36	1.18	68.44	72.96
15.00	0.43	1.41	82.12	91.97
17.50	0.47	1.55	95.81	103.55
20.00	0.50	1.64	109.50	112.56
22.50	0.54	1.78	123.18	125.04
25.00	0.58	1.91	136.87	138.02
27.50	0.62	2.04	150.56	151.52
30.00	0.68	2.24	164.24	172.74
32.50	0.71	2.34	177.93	183.78
35.00	0.73	2.40	191.62	191.30
37.50	0.76	2.50	205.31	202.82
40.00	0.79	2.60	218.99	214.63
42.50	0.81	2.66	232.68	222.67
45.00	0.84	2.76	246.37	234.96
47.50	0.87	2.86	260.05	247.54
50.00	0.89	2.93	273.74	256.09
52.50	0.92	3.03	287.43	269.15
55.00	0.95	3.13	301.12	282.50
56.00	0.98	3.22	306.59	296.14
45.00	1.02	3.36	246.37	314.78
Ecuación:	Esf. = 14.836x2 + 44.038x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9705			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	306.59			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	262646	Norma E.060		
	250547	Grafica		

2.00	0.00
3.22	306.59

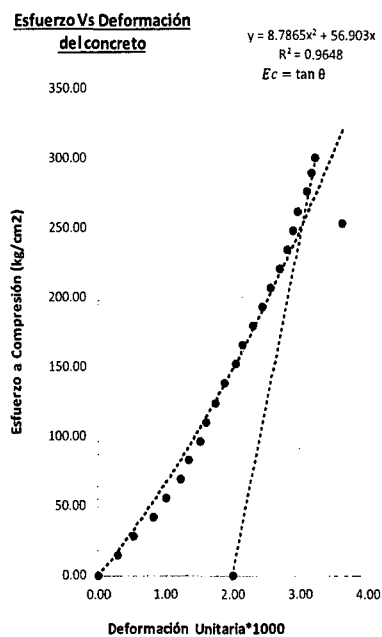
Ec = 250547 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	17/11/2014	Código:	A-1.5%-9	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.67	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.78	17.62
5.00	0.16	0.53	27.55	32.38
7.50	0.25	0.82	41.33	52.74
10.00	0.31	1.02	55.11	67.16
12.50	0.37	1.22	68.89	82.27
15.00	0.41	1.35	82.66	92.73
17.50	0.46	1.51	96.44	106.22
20.00	0.49	1.61	110.22	114.55
22.50	0.53	1.74	124.00	125.91
25.00	0.57	1.88	137.77	137.58
27.50	0.62	2.04	151.55	152.60
30.00	0.65	2.14	165.33	161.84
32.50	0.70	2.30	179.10	177.61
35.00	0.74	2.43	192.88	190.58
37.50	0.78	2.57	206.66	203.85
40.00	0.82	2.70	220.44	217.42
42.50	0.85	2.80	234.21	227.80
45.00	0.88	2.89	247.99	238.35
47.50	0.90	2.96	261.77	245.47
50.00	0.94	3.09	275.55	259.96
52.50	0.96	3.16	289.32	267.32
54.50	0.98	3.22	300.34	274.75
46.00	1.10	3.62	253.50	320.94
Ecuación:	Esf. = 11.57x2 + 51.038x			
Coef. de correlación	R² = 0.9742			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	300.34			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	259957	Norma E.060		
	245443	Grafica		

2.00	0.00
3.22	300.34

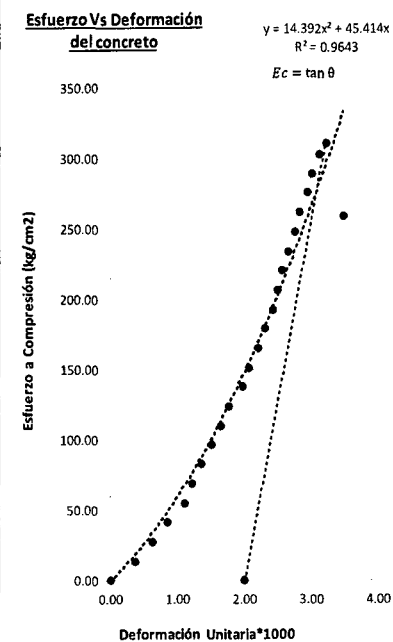
Ec= 245443 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	17/11/2014	Código:	A-1.5%-10	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.86	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.78	18.32
5.00	0.19	0.63	27.55	34.01
7.50	0.26	0.86	41.33	49.37
10.00	0.34	1.12	55.11	68.80
12.50	0.37	1.22	68.89	76.59
15.00	0.41	1.35	82.66	87.43
17.50	0.46	1.51	96.44	101.67
20.00	0.50	1.64	110.22	113.63
22.50	0.54	1.78	124.00	126.08
25.00	0.60	1.97	137.77	145.70
27.50	0.63	2.07	151.55	155.93
30.00	0.67	2.20	165.33	170.00
32.50	0.70	2.30	179.10	180.88
35.00	0.74	2.43	192.88	195.83
37.50	0.76	2.50	206.66	203.49
40.00	0.78	2.57	220.44	211.27
42.50	0.81	2.66	234.21	223.18
45.00	0.84	2.76	247.99	235.37
47.50	0.86	2.83	261.77	243.66
50.00	0.90	2.96	275.55	260.59
52.50	0.92	3.03	289.32	269.25
55.00	0.95	3.13	303.10	282.47
56.50	0.98	3.22	311.37	295.97
47.00	1.06	3.49	259.01	333.33
Ecuación:	Esf. = 14.392x2 + 45.414x			
Coef. de correlación	R² = 0.9646			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	311.37			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	264684	Norma E.060		
	254450	Grafica		

2.00	0.00
3.22	311.37

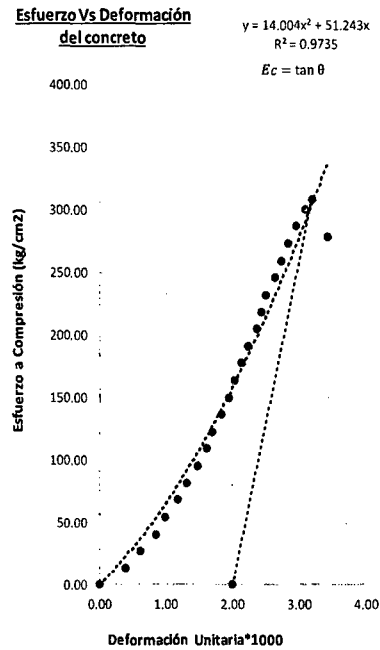
Ec= 254450 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	17/11/2014	Código:	A-1.5%-11	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.63	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.12	0.39	13.69	22.41
5.00	0.19	0.63	27.37	37.50
7.50	0.26	0.86	41.06	54.07
10.00	0.30	0.99	54.75	64.21
12.50	0.36	1.18	68.44	80.32
15.00	0.40	1.32	82.12	91.67
17.50	0.45	1.48	95.81	106.54
20.00	0.49	1.61	109.50	118.98
22.50	0.52	1.71	123.18	128.63
25.00	0.56	1.84	136.87	141.92
27.50	0.59	1.94	150.56	152.20
30.00	0.62	2.04	164.24	162.76
32.50	0.65	2.14	177.93	173.59
35.00	0.68	2.24	191.62	184.69
37.50	0.72	2.37	205.31	199.92
40.00	0.74	2.43	218.99	207.72
42.50	0.76	2.50	232.68	215.63
45.00	0.80	2.63	246.37	231.83
47.50	0.83	2.73	260.05	244.30
50.00	0.86	2.83	273.74	257.04
52.50	0.90	2.96	287.43	274.45
55.00	0.94	3.09	301.12	292.34
56.50	0.97	3.19	309.33	306.08
51.00	1.04	3.42	279.22	339.20
Ecuación:	Esf. = 14.004x2 + 51.243x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9735			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	309.33			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	263816	Norma E.060		
	259767	Grafica		

2.00	0.00
3.19	309.33

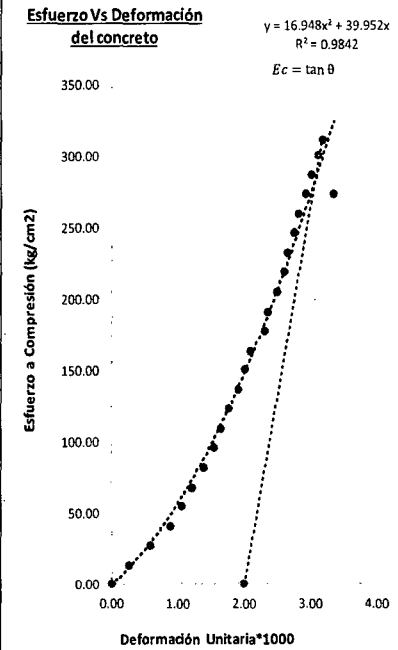
Ec = 259767 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	17/11/2014	Código:	A-1.5%-12	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.61	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	11.69
5.00	0.18	0.59	27.37	29.60
7.50	0.27	0.89	41.06	48.85
10.00	0.32	1.05	54.75	60.83
12.50	0.37	1.22	68.44	73.73
15.00	0.42	1.38	82.12	87.55
17.50	0.47	1.55	95.81	102.28
20.00	0.50	1.64	109.50	111.56
22.50	0.54	1.78	123.18	124.44
25.00	0.58	1.91	136.87	137.92
27.50	0.61	2.01	150.56	148.41
30.00	0.64	2.11	164.24	159.23
32.50	0.70	2.30	177.93	181.85
35.00	0.72	2.37	191.62	189.69
37.50	0.76	2.50	205.31	205.81
40.00	0.79	2.60	218.99	218.28
42.50	0.81	2.66	232.68	226.77
45.00	0.84	2.76	246.37	239.79
47.50	0.86	2.83	260.05	248.66
50.00	0.89	2.93	273.74	262.23
52.50	0.92	3.03	287.43	276.13
55.00	0.95	3.13	301.12	290.36
57.00	0.97	3.19	312.07	300.03
50.00	1.02	3.36	273.74	324.85
Ecuación:	Esf. = 16.948x2 + 39.952x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9842			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	312.07			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	264980	Norma E.060		
	262066	Grafica		

2.00	0.00
3.19	312.07

Ec = 262066 kg/cm<sup>2</sup>



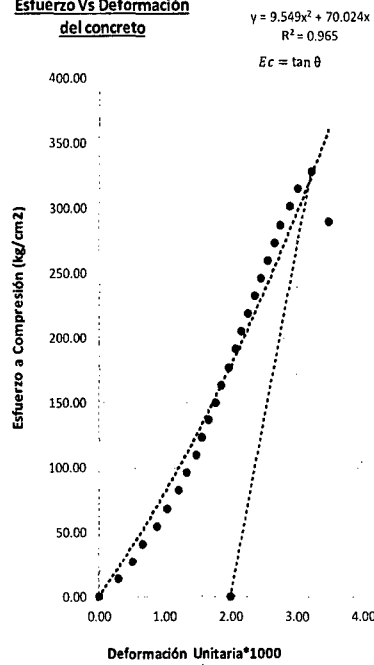


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	01/12/2014	Código:	A-1.5%-13	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.77	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.69	21.57
5.00	0.16	0.53	27.37	39.50
7.50	0.21	0.69	41.06	52.93
10.00	0.27	0.89	54.75	69.72
12.50	0.32	1.05	68.44	84.29
15.00	0.37	1.22	82.12	99.37
17.50	0.41	1.35	95.81	111.81
20.00	0.45	1.48	109.50	124.58
22.50	0.48	1.58	123.18	134.37
25.00	0.51	1.68	136.87	144.35
27.50	0.54	1.78	150.56	154.51
30.00	0.57	1.88	164.24	164.87
32.50	0.60	1.97	177.93	175.40
35.00	0.63	2.07	191.62	186.13
37.50	0.66	2.17	205.31	197.03
40.00	0.69	2.27	218.99	208.13
42.50	0.72	2.37	232.68	219.41
45.00	0.75	2.47	246.37	230.88
47.50	0.78	2.57	260.05	242.53
50.00	0.81	2.66	273.74	254.37
52.50	0.84	2.76	287.43	266.39
55.00	0.88	2.89	301.12	282.72
57.50	0.92	3.03	314.80	299.37
60.00	0.98	3.22	328.49	324.97
53.00	1.06	3.49	290.17	360.26
Ecuación:	Esf. = 9.549x2 + 70.024x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.965			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	328.49			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	271864	Norma E.060		
	268443	Grafica		

2.00	0.00
3.22	328.49

Ec = 268443 kg/cm<sup>2</sup>

**Esfuerzo Vs Deformación del concreto**

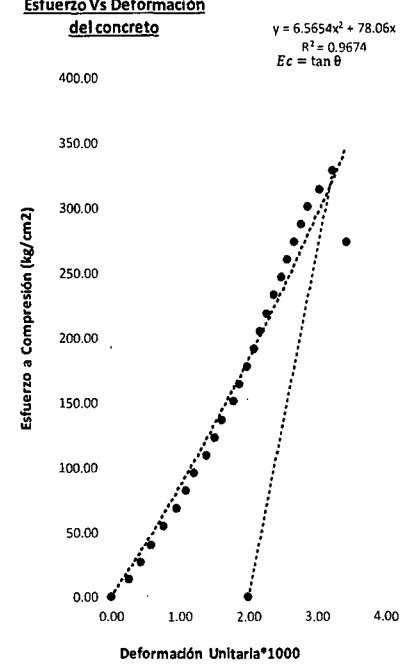


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	01/12/2014	Código:	A-1.5%-14	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 4	
Peso (kg):	12.54	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	21.07
5.00	0.13	0.43	27.37	34.70
7.50	0.18	0.59	41.06	48.69
10.00	0.23	0.76	54.75	63.04
12.50	0.29	0.96	68.44	80.73
15.00	0.33	1.09	82.12	92.80
17.50	0.37	1.22	95.81	105.11
20.00	0.42	1.39	109.50	120.82
22.50	0.46	1.52	123.18	133.64
25.00	0.49	1.62	136.87	143.41
27.50	0.54	1.78	150.56	159.97
30.00	0.57	1.88	164.24	170.08
32.50	0.60	1.98	177.93	180.32
35.00	0.63	2.08	191.62	190.69
37.50	0.66	2.18	205.31	201.18
40.00	0.69	2.28	218.99	211.81
42.50	0.72	2.38	232.68	222.56
45.00	0.75	2.48	246.37	233.44
47.50	0.78	2.57	260.05	244.45
50.00	0.81	2.67	273.74	255.59
52.50	0.84	2.77	287.43	266.86
55.00	0.87	2.87	301.12	278.26
57.50	0.92	3.04	314.80	297.54
60.00	0.98	3.23	328.49	321.15
50.00	1.04	3.43	273.74	345.28
Ecuación:	Esf. = 6.5654x2 + 78.06x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9674			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	328.49			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	271864	Norma E.060		
	266129	Grafica		

2.00	0.00
3.23	328.49

Ec = 266129 kg/cm<sup>2</sup>

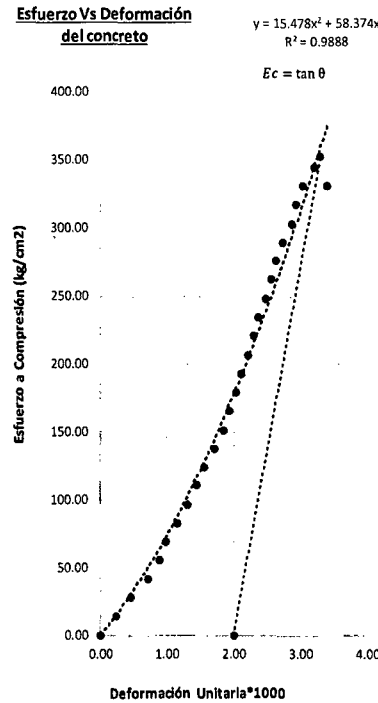
**Esfuerzo Vs Deformación del concreto**



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	01/12/2014	Código:	A-1.5%-15	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.69	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.78	14.26
5.00	0.14	0.46	27.55	30.17
7.50	0.22	0.72	41.33	50.35
10.00	0.27	0.89	55.11	64.05
12.50	0.30	0.99	68.89	72.68
15.00	0.35	1.15	82.66	87.72
17.50	0.40	1.32	96.44	103.60
20.00	0.44	1.45	110.22	116.91
22.50	0.47	1.55	124.00	127.25
25.00	0.52	1.71	137.77	145.14
27.50	0.56	1.84	151.55	160.05
30.00	0.59	1.94	165.33	171.59
32.50	0.62	2.04	179.10	183.43
35.00	0.64	2.11	192.88	191.49
37.50	0.67	2.20	206.66	203.84
40.00	0.70	2.30	220.44	216.48
42.50	0.72	2.37	234.21	225.08
45.00	0.75	2.47	247.99	238.22
47.50	0.78	2.57	261.77	251.67
50.00	0.80	2.63	275.55	260.80
52.50	0.83	2.73	289.32	274.75
55.00	0.87	2.86	303.10	293.82
57.50	0.89	2.93	316.88	303.56
60.00	0.92	3.03	330.65	318.41
62.50	0.97	3.19	344.43	343.84
64.00	1.00	3.29	352.70	359.50
60.00	1.03	3.39	330.65	375.46
Ecuación:	Esf. = 15.478x2 + 58.374x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9888			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	352.70			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	281704	Norma E.060		
	273521	Grafica		

2.00	0.00
3.29	352.70

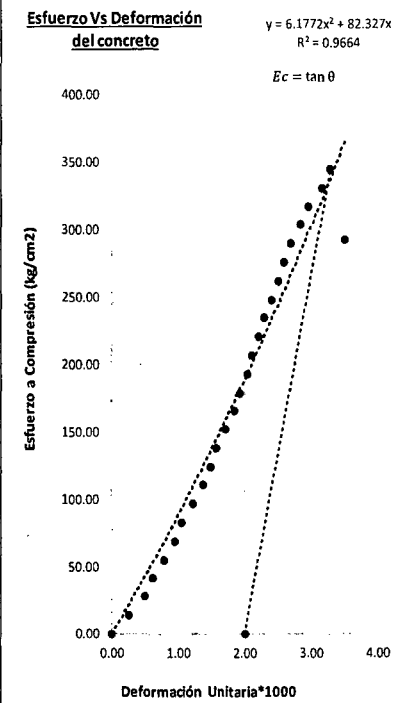
Ec = 273521 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	01/12/2014	Código:	A-1.5%-16	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.66	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.78	22.09
5.00	0.15	0.49	27.55	42.13
7.50	0.19	0.63	41.33	53.87
10.00	0.24	0.79	55.11	68.85
12.50	0.29	0.95	68.89	84.16
15.00	0.32	1.05	82.66	93.50
17.50	0.37	1.22	96.44	109.35
20.00	0.42	1.38	110.22	125.53
22.50	0.45	1.48	124.00	135.40
25.00	0.48	1.58	137.77	145.39
27.50	0.52	1.71	151.55	158.90
30.00	0.56	1.84	165.33	172.62
32.50	0.59	1.94	179.10	183.05
35.00	0.62	2.04	192.88	193.60
37.50	0.64	2.11	206.66	200.70
40.00	0.67	2.20	220.44	211.45
42.50	0.70	2.30	234.21	222.32
45.00	0.73	2.40	247.99	233.31
47.50	0.76	2.50	261.77	244.43
50.00	0.79	2.60	275.55	255.66
52.50	0.82	2.70	289.32	267.01
55.00	0.86	2.83	303.10	282.33
57.50	0.90	2.96	316.88	297.87
60.00	0.96	3.16	330.65	321.58
62.50	1.00	3.29	344.43	337.65
53.00	1.07	3.52	292.08	366.30
Ecuación:	Esf. = 6.1772x2 + 82.327x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9664			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	344.43			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	278383	Norma E.060		
	267110	Grafica		

2.00	0.00
3.29	344.43

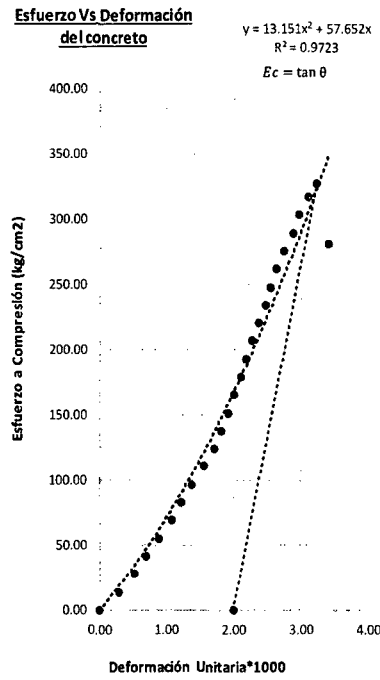
Ec = 267110 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	01/12/2014	Código:	A-1.5%-17	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.51	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.78	18.28
5.00	0.16	0.53	27.55	34.11
7.50	0.21	0.69	41.33	46.27
10.00	0.27	0.89	55.11	61.82
12.50	0.33	1.09	68.89	78.39
15.00	0.37	1.22	82.66	90.01
17.50	0.42	1.39	96.44	105.18
20.00	0.47	1.55	110.22	121.07
22.50	0.52	1.72	124.00	137.67
25.00	0.55	1.82	137.77	147.98
27.50	0.58	1.91	151.55	158.54
30.00	0.61	2.01	165.33	169.37
32.50	0.64	2.11	179.10	180.45
35.00	0.66	2.18	192.88	187.98
37.50	0.69	2.28	206.66	199.48
40.00	0.72	2.38	220.44	211.25
42.50	0.75	2.48	234.21	223.28
45.00	0.77	2.54	247.99	231.44
47.50	0.80	2.64	261.77	243.89
50.00	0.83	2.74	275.55	256.60
52.50	0.87	2.87	289.32	273.96
55.00	0.90	2.97	303.10	287.27
57.50	0.94	3.10	316.88	305.42
59.50	0.98	3.23	327.90	324.04
51.00	1.03	3.40	281.06	347.95
Ecuación:	Esf. = 13.151x2 + 57.652x			
Coef. de correlación	R² = 0.9723			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	327.90			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	271620	Norma E.060		
	265651	Grafica		

2.00	0.00
3.23	327.90

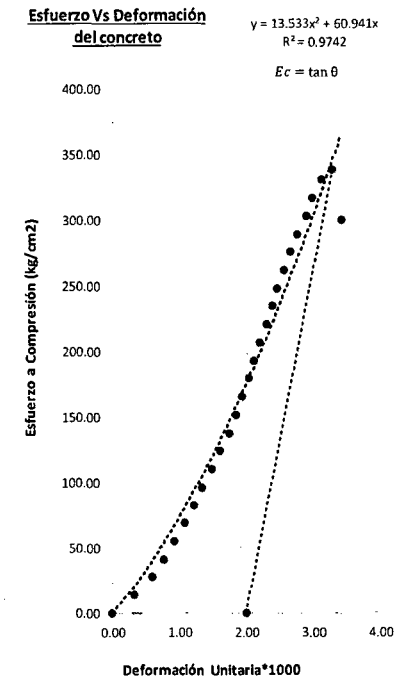
Ec = 265651 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 1.5%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	03/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	01/12/2014	Código:	A-1.5%-18	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.73	Altura (mm):	305.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.78	21.44
5.00	0.18	0.59	27.55	40.68
7.50	0.23	0.75	41.33	53.65
10.00	0.28	0.92	55.11	67.35
12.50	0.33	1.08	68.89	81.78
15.00	0.37	1.21	82.66	93.84
17.50	0.41	1.34	96.44	106.38
20.00	0.45	1.48	110.22	119.37
22.50	0.49	1.61	124.00	132.83
25.00	0.53	1.74	137.77	146.76
27.50	0.56	1.84	151.55	157.51
30.00	0.59	1.93	165.33	168.53
32.50	0.62	2.03	179.10	179.80
35.00	0.64	2.10	192.88	187.46
37.50	0.67	2.20	206.66	199.18
40.00	0.70	2.30	220.44	211.15
42.50	0.73	2.39	234.21	223.38
45.00	0.75	2.46	247.99	231.69
47.50	0.78	2.56	261.77	244.36
50.00	0.81	2.66	275.55	257.29
52.50	0.84	2.75	289.32	270.49
55.00	0.88	2.89	303.10	288.49
57.50	0.91	2.98	316.88	302.29
60.00	0.95	3.11	330.65	321.11
61.50	1.00	3.28	338.92	345.28
54.50	1.04	3.41	300.34	365.15
Ecuación:	Esf. = 13.533x2 + 60.941x			
Coef. de correlación	R² = 0.9842			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	338.92			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	276147	Norma E.060		
	265053	Grafica		

2.00	0.00
3.28	338.92

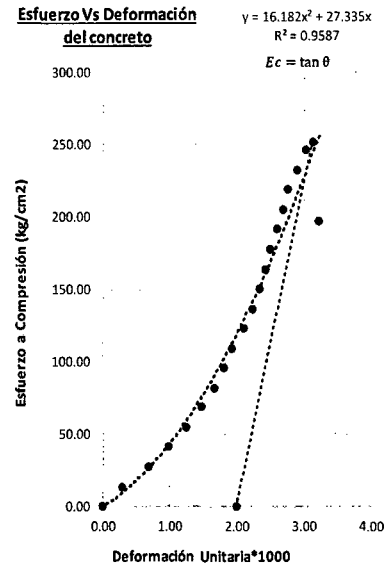
Ec = 265053 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	12/11/2014	Código:	A-2%-1	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 3	
Peso (kg):	12.60	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.69	9.51
5.00	0.21	0.69	27.37	26.60
7.50	0.30	0.99	41.06	42.73
10.00	0.38	1.25	54.75	59.45
12.50	0.45	1.48	68.44	75.92
15.00	0.51	1.68	82.12	91.40
17.50	0.55	1.81	95.81	102.42
20.00	0.59	1.94	109.50	114.00
22.50	0.64	2.11	123.18	129.27
25.00	0.68	2.24	136.87	142.11
27.50	0.71	2.34	150.56	152.11
30.00	0.74	2.43	164.24	162.42
32.50	0.76	2.50	177.93	169.48
35.00	0.79	2.60	191.62	180.31
37.50	0.82	2.70	205.31	191.47
40.00	0.84	2.76	218.99	199.08
42.50	0.88	2.89	232.68	214.72
45.00	0.92	3.03	246.37	230.93
46.00	0.95	3.13	251.84	243.45
36.00	0.98	3.22	197.09	256.29
Ecuación:	Esf. = 16.182x2 + 27.335x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9587			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	251.84			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	238043	Norma E.060		
	223860	Grafica		

2.00	0.00
3.13	251.84

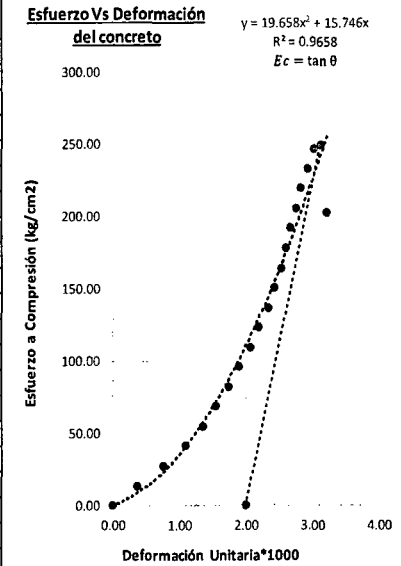
Ec=223860 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	12/11/2014	Código:	A-2%-2	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.66	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.69	8.27
5.00	0.23	0.76	27.37	23.17
7.50	0.33	1.09	41.06	40.26
10.00	0.41	1.35	54.75	56.99
12.50	0.47	1.55	68.44	71.33
15.00	0.53	1.74	82.12	87.20
17.50	0.58	1.91	95.81	101.60
20.00	0.63	2.07	109.50	117.06
22.50	0.67	2.20	123.18	130.19
25.00	0.71	2.34	136.87	144.00
27.50	0.74	2.43	150.56	154.81
30.00	0.77	2.53	164.24	166.00
32.50	0.79	2.60	177.93	173.67
35.00	0.81	2.66	191.62	181.52
37.50	0.84	2.76	205.31	193.60
40.00	0.86	2.83	218.99	201.87
42.50	0.89	2.93	232.68	214.59
45.00	0.92	3.03	246.37	227.69
45.50	0.95	3.13	249.10	241.18
37.00	0.98	3.22	202.57	255.05
Ecuación:	Esf. = 19.658x2 + 15.746x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9658			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	249.10			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	236746	Norma E.060		
	221426	Grafica		

2.00	0.00
3.13	249.10

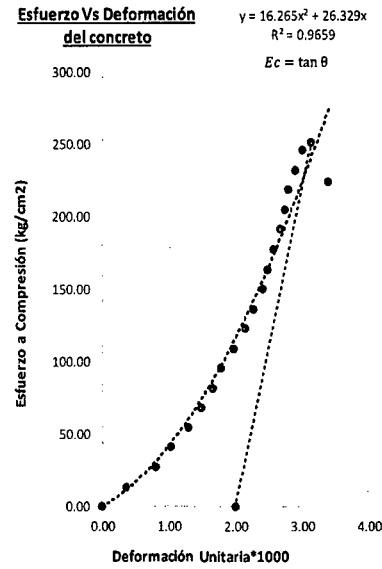
Ec=221426 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	12/11/2014	Código:	A-2%-3	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.69	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.69	12.75
5.00	0.24	0.79	27.37	32.53
7.50	0.31	1.02	41.06	45.30
10.00	0.39	1.28	54.75	61.71
12.50	0.45	1.48	68.44	75.29
15.00	0.50	1.64	82.12	87.44
17.50	0.54	1.78	95.81	97.71
20.00	0.60	1.97	109.50	114.01
22.50	0.65	2.14	123.18	128.43
25.00	0.69	2.27	136.87	140.51
27.50	0.73	2.40	150.56	153.07
30.00	0.75	2.47	164.24	159.54
32.50	0.78	2.57	177.93	169.46
35.00	0.81	2.66	191.62	179.65
37.50	0.83	2.73	205.31	186.60
40.00	0.85	2.80	218.99	193.67
42.50	0.88	2.89	232.68	204.50
45.00	0.91	2.99	246.37	215.60
46.00	0.95	3.13	251.84	230.83
41.00	1.03	3.39	224.47	262.73
Ecuación:	Esf. = 13.984x2 + 30.165x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9676			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	251.84			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	238043	Norma E.060		
	223860	Grafica		

2.00	0.00
3.13	251.84

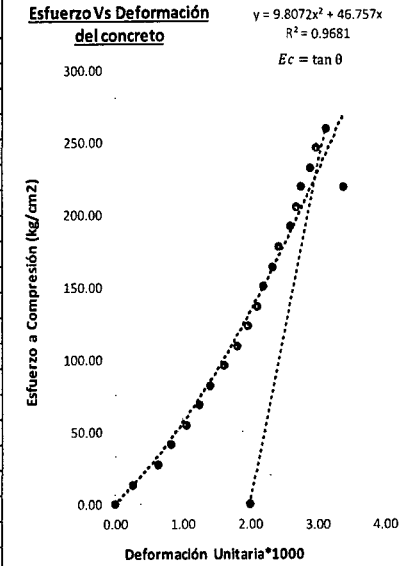
Ec=223860 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	12/11/2014	Código:	A-2%-4	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.75	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	12.98
5.00	0.19	0.63	27.37	33.05
7.50	0.25	0.82	41.06	45.08
10.00	0.32	1.05	54.75	60.08
12.50	0.38	1.25	68.44	73.77
15.00	0.43	1.41	82.12	85.76
17.50	0.49	1.61	95.81	100.84
20.00	0.55	1.81	109.50	116.69
22.50	0.60	1.97	123.18	130.49
25.00	0.64	2.11	136.87	141.90
27.50	0.67	2.20	150.56	150.69
30.00	0.71	2.34	164.24	162.70
32.50	0.74	2.43	177.93	171.93
35.00	0.79	2.60	191.62	187.74
37.50	0.82	2.70	205.31	197.48
40.00	0.84	2.76	218.99	204.08
42.50	0.88	2.89	232.68	217.53
45.00	0.91	2.99	246.37	227.84
47.50	0.95	3.13	260.05	241.89
40.00	1.03	3.39	218.99	271.00
Ecuación:	Esf. = 9.8072x2 + 46.757x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9681			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	260.05			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	241893	Norma E.060		
	231159	Grafica		

2.00	0.00
3.13	260.05

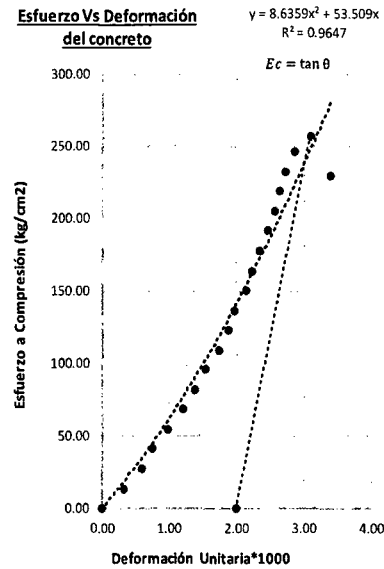
Ec=231159 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	12/11/2014	Código:	A-2%-5	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.68	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.69	18.54
5.00	0.18	0.59	27.37	34.71
7.50	0.23	0.76	41.06	45.43
10.00	0.30	0.99	54.75	61.22
12.50	0.37	1.22	68.44	77.92
15.00	0.42	1.38	82.12	90.41
17.50	0.47	1.55	95.81	103.37
20.00	0.53	1.74	109.50	119.54
22.50	0.57	1.88	123.18	130.69
25.00	0.60	1.97	136.87	139.25
27.50	0.65	2.14	150.56	153.89
30.00	0.68	2.24	164.24	162.90
32.50	0.71	2.34	177.93	172.08
35.00	0.75	2.47	191.62	184.58
37.50	0.78	2.57	205.31	194.15
40.00	0.80	2.63	218.99	200.62
42.50	0.83	2.73	232.68	210.47
45.00	0.87	2.86	246.37	223.86
47.00	0.94	3.09	257.32	248.02
42.00	1.03	3.39	229.94	280.43
Ecuación:	Esf. = 8.6359x2 + 53.509x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9647			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	257.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	240516	Norma E.060		
	235615	Grafica		

2.00	0.00
3.09	257.32

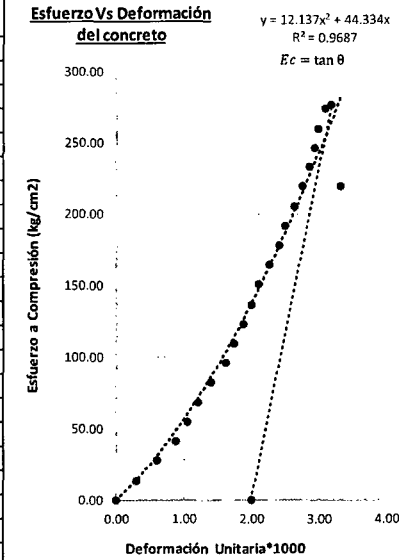
Ec=235615 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	7	
Fecha de rotura:	12/11/2014	Código:	A-2%-6	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.65	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.69	14.19
5.00	0.18	0.59	27.37	30.51
7.50	0.27	0.89	41.06	48.95
10.00	0.32	1.05	54.75	60.12
12.50	0.37	1.22	68.44	71.94
15.00	0.43	1.41	82.12	86.99
17.50	0.49	1.61	95.81	102.99
20.00	0.53	1.74	109.50	114.18
22.50	0.57	1.88	123.18	125.80
25.00	0.61	2.01	136.87	137.83
27.50	0.64	2.11	150.56	147.13
30.00	0.69	2.27	164.24	163.15
32.50	0.73	2.40	177.93	176.45
35.00	0.76	2.50	191.62	186.69
37.50	0.80	2.63	205.31	200.72
40.00	0.84	2.76	218.99	215.17
42.50	0.87	2.86	232.68	226.28
45.00	0.89	2.93	246.37	233.82
47.50	0.91	2.99	260.05	241.46
50.00	0.94	3.09	273.74	253.13
50.50	0.97	3.19	276.48	265.03
40.00	1.01	3.32	218.99	281.26
Ecuación:	Esf. = 12.137x2 + 44.334x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9687			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	276.48			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	249415	Norma E.060		
	232181	Grafica		

2.00	0.00
3.19	276.48

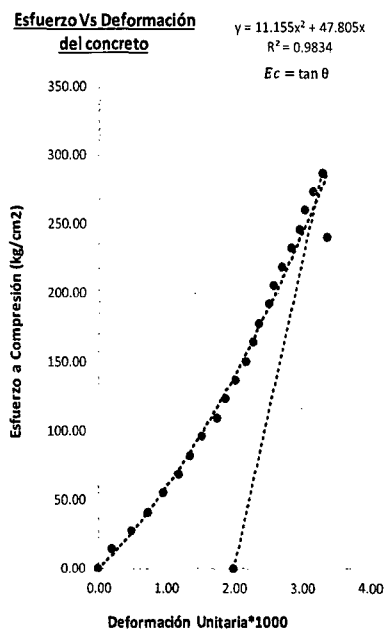
Ec=232181 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	19/11/2014	Código:	A-2%-7	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.64	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.06	0.20	13.69	9.87
5.00	0.15	0.49	27.37	26.30
7.50	0.22	0.72	41.06	40.44
10.00	0.29	0.95	54.75	55.75
12.50	0.36	1.18	68.44	72.25
15.00	0.41	1.35	82.12	84.76
17.50	0.46	1.51	95.81	97.88
20.00	0.53	1.74	109.50	117.25
22.50	0.57	1.88	123.18	128.85
25.00	0.61	2.01	136.87	140.84
27.50	0.66	2.17	150.56	156.37
30.00	0.69	2.27	164.24	165.97
32.50	0.72	2.37	177.93	175.80
35.00	0.76	2.50	191.62	189.23
37.50	0.78	2.57	205.31	196.09
40.00	0.82	2.70	218.99	210.11
42.50	0.86	2.83	232.68	224.51
45.00	0.90	2.96	246.37	239.30
47.50	0.92	3.03	260.05	246.84
50.00	0.96	3.16	273.74	262.20
52.50	1.00	3.29	287.43	277.96
44.00	1.02	3.36	240.89	285.98
Ecuación:	Esf. = 11.155x2 + 47.805x			
Coef. de correlación	R² = 0.9934			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	240.89			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	232811	Norma E.060		
	222904	Grafica		

2.00	0.00
3.29	287.43

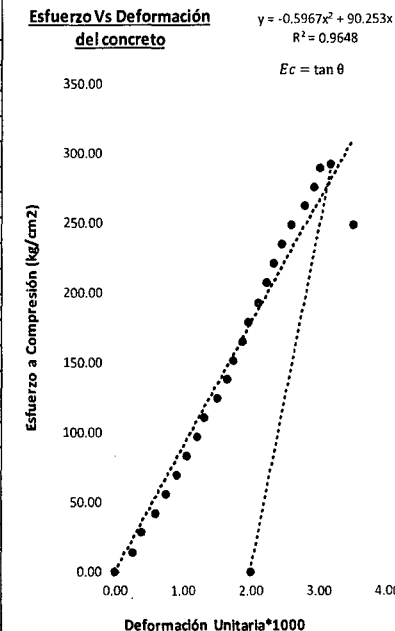
Ec=222904 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	19/11/2014	Código:	A-2%-8	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.62	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.20	Área (cm2):	181.46	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.78	23.71
5.00	0.12	0.39	27.55	35.53
7.50	0.18	0.59	41.33	53.23
10.00	0.23	0.76	55.11	67.94
12.50	0.28	0.92	68.89	82.62
15.00	0.32	1.05	82.66	94.34
17.50	0.37	1.22	96.44	108.96
20.00	0.40	1.32	110.22	117.72
22.50	0.46	1.51	124.00	135.20
25.00	0.50	1.64	137.77	146.83
27.50	0.53	1.74	151.55	155.54
30.00	0.57	1.88	165.33	167.13
32.50	0.60	1.97	179.10	175.81
35.00	0.64	2.11	192.88	187.36
37.50	0.68	2.24	206.66	198.90
40.00	0.71	2.34	220.44	207.53
42.50	0.75	2.47	234.21	219.03
45.00	0.79	2.60	247.99	230.51
47.50	0.85	2.80	261.77	247.69
50.00	0.89	2.93	275.55	259.11
52.50	0.92	3.03	289.32	267.67
53.00	0.97	3.19	292.08	281.90
45.00	1.07	3.52	247.99	310.27
Ecuación:	Esf. = -0.5967x2 + 90.253x			
Coef. de correlación	R² = 0.9648			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	292.08			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	256354	Norma E.060		
	245281	Grafica		

2.00	0.00
3.19	292.08

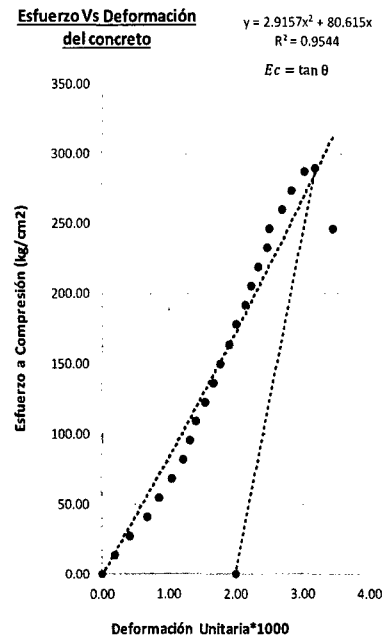
Ec=245281 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	19/11/2014	Código:	A-2%-9	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.66	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.06	0.20	13.69	16.02
5.00	0.13	0.43	27.37	35.01
7.50	0.21	0.69	41.06	57.08
10.00	0.26	0.86	54.75	71.08
12.50	0.32	1.05	68.44	88.09
15.00	0.37	1.22	82.12	102.44
17.50	0.40	1.32	95.81	111.12
20.00	0.43	1.41	109.50	119.86
22.50	0.47	1.55	123.18	131.60
25.00	0.51	1.68	136.87	143.45
27.50	0.54	1.78	150.56	152.40
30.00	0.58	1.91	164.24	164.42
32.50	0.61	2.01	177.93	173.50
35.00	0.65	2.14	191.62	185.70
37.50	0.68	2.24	205.31	194.91
40.00	0.71	2.34	218.99	204.18
42.50	0.75	2.47	232.68	216.63
45.00	0.76	2.50	246.37	219.76
47.50	0.82	2.70	260.05	238.66
50.00	0.86	2.83	273.74	251.39
52.50	0.92	3.03	287.43	270.67
53.00	0.97	3.19	290.17	286.91
45.00	1.05	3.45	246.37	313.22
Ecuación:	Esf. = 2.9157x2 + 80.615x			
Coef. de correlación	R² = 0.9544			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	290.17			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	255514	Norma E.060		
	243675	Grafica		

2.00	0.00
3.19	290.17

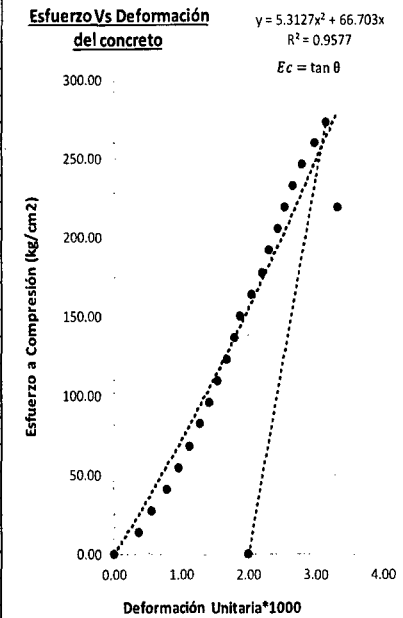
Ec=243675 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	19/11/2014	Código:	A-2%-10	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.68	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.11	0.36	13.69	24.83
5.00	0.17	0.56	27.37	38.96
7.50	0.24	0.79	41.06	55.97
10.00	0.29	0.95	54.75	68.47
12.50	0.34	1.12	68.44	81.25
15.00	0.39	1.28	82.12	94.32
17.50	0.43	1.41	95.81	104.98
20.00	0.47	1.55	109.50	115.83
22.50	0.51	1.68	123.18	126.86
25.00	0.54	1.78	136.87	135.25
27.50	0.57	1.88	150.56	143.75
30.00	0.62	2.04	164.24	158.14
32.50	0.67	2.20	177.93	172.82
35.00	0.70	2.30	191.62	181.76
37.50	0.74	2.43	205.31	193.85
40.00	0.77	2.53	218.99	203.04
42.50	0.81	2.66	232.68	215.45
45.00	0.85	2.80	246.37	228.04
47.50	0.91	2.99	260.05	247.27
50.00	0.96	3.16	273.74	263.62
40.00	1.01	3.32	218.99	280.25
Ecuación:	Esf. = 5.3127x2 + 66.703x			
Coef. de correlación	R² = 0.9577			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	273.74			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	248177	Norma E.060		
	236413	Grafica		

2.00	0.00
3.16	273.74

Ec=236413 kg/cm²

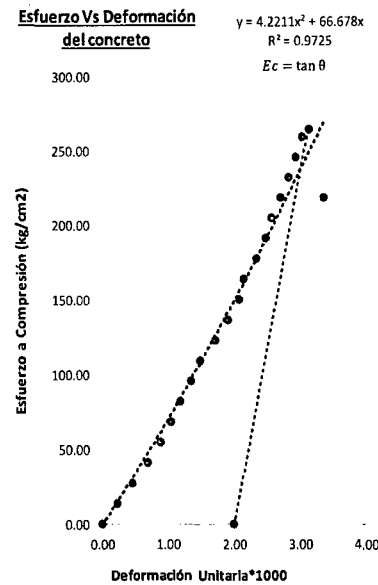




ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	19/11/2014	Código:	A-2%-11	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.67	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm <sup>2</sup> ):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.69	15.58
5.00	0.14	0.46	27.37	31.60
7.50	0.21	0.69	41.06	48.07
10.00	0.27	0.89	54.75	62.55
12.50	0.32	1.05	68.44	74.86
15.00	0.36	1.18	82.12	84.88
17.50	0.41	1.35	95.81	97.61
20.00	0.45	1.48	109.50	107.95
22.50	0.52	1.71	123.18	126.40
25.00	0.58	1.91	136.87	142.58
27.50	0.63	2.07	150.56	156.31
30.00	0.65	2.14	164.24	161.87
32.50	0.71	2.34	177.93	178.75
35.00	0.75	2.47	191.62	190.19
37.50	0.78	2.57	205.31	198.87
40.00	0.82	2.70	218.99	210.57
42.50	0.86	2.83	232.68	222.41
45.00	0.89	2.93	246.37	231.39
47.50	0.92	3.03	260.05	240.45
48.50	0.95	3.13	265.53	249.59
40.00	1.02	3.36	218.99	271.24
Ecuación:	Esf. = 4.2211x <sup>2</sup> + 66.678x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9725			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	265.53			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	244426	Norma E.060		
	236026	Grafica		

2.00	0.00
3.13	265.53

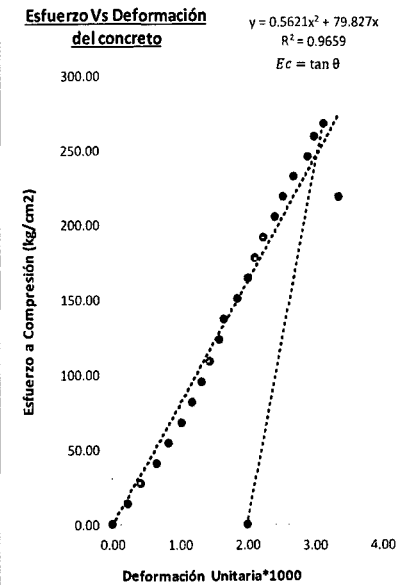
Ec=236026 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	14	
Fecha de rotura:	19/11/2014	Código:	A-2%-12	
Resistencia f'c (kg/cm <sup>2</sup> ):	280	Falla:	Tipo - 2	
Peso (kg):	12.69	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm <sup>2</sup> ):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esf. Corr. (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.69	18.41
5.00	0.13	0.43	27.37	34.24
7.50	0.20	0.66	41.06	52.76
10.00	0.25	0.82	54.75	66.03
12.50	0.31	1.02	68.44	81.99
15.00	0.36	1.18	82.12	95.32
17.50	0.40	1.32	95.81	106.01
20.00	0.44	1.45	109.50	116.72
22.50	0.48	1.58	123.18	127.44
25.00	0.50	1.64	136.87	132.81
27.50	0.56	1.84	150.56	148.96
30.00	0.61	2.01	164.24	162.44
32.50	0.64	2.11	177.93	170.55
35.00	0.68	2.24	191.62	181.37
37.50	0.73	2.40	205.31	194.93
40.00	0.77	2.53	218.99	205.80
42.50	0.82	2.70	232.68	219.41
45.00	0.88	2.89	246.37	235.79
47.50	0.91	2.99	260.05	243.99
49.00	0.95	3.13	268.27	254.95
40.00	1.02	3.36	218.99	274.17
Ecuación:	Esf. = 0.5621x <sup>2</sup> + 79.827x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9659			
Esf. de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	268.27			
Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	245683	Norma E.060		
	238459	Grafica		

2.00	0.00
3.13	268.27

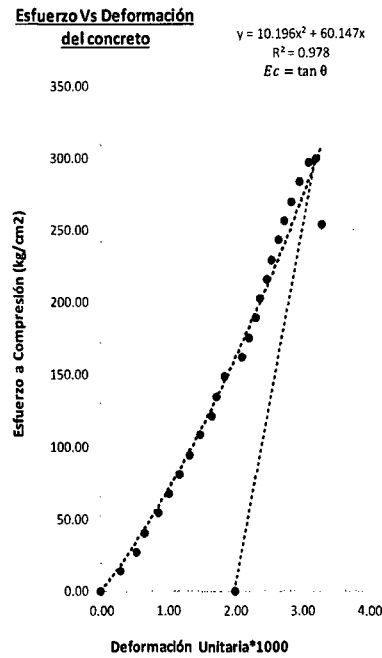
Ec=238459 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	03/12/2014	Código:	A-2%-13	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.63	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.35	Área (cm2):	185.06	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.09	0.30	13.51	18.77
5.00	0.16	0.53	27.02	34.60
7.50	0.20	0.66	40.53	44.14
10.00	0.26	0.86	54.04	59.12
12.50	0.31	1.02	67.55	72.21
15.00	0.36	1.19	81.06	85.85
17.50	0.40	1.32	94.57	97.17
20.00	0.45	1.49	108.07	111.82
22.50	0.50	1.65	121.58	127.02
25.00	0.52	1.72	135.09	133.25
27.50	0.56	1.85	148.60	145.99
30.00	0.64	2.11	162.11	172.53
32.50	0.67	2.21	175.62	182.85
35.00	0.70	2.31	189.13	193.37
37.50	0.72	2.38	202.64	200.50
40.00	0.75	2.48	216.15	211.35
42.50	0.77	2.54	229.66	218.69
45.00	0.80	2.64	243.17	229.88
47.50	0.83	2.74	256.68	241.27
50.00	0.86	2.84	270.19	252.85
52.50	0.90	2.97	283.70	268.61
55.00	0.94	3.10	297.20	284.72
55.50	0.97	3.20	299.91	297.04
47.00	1.00	3.30	253.98	309.56
Ecuación:	Esf. = 10.196x2 + 60.147x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.978			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	299.91			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	259767	Norma E.060		
	249648	Grafica		

2.00	0.00
3.20	299.91

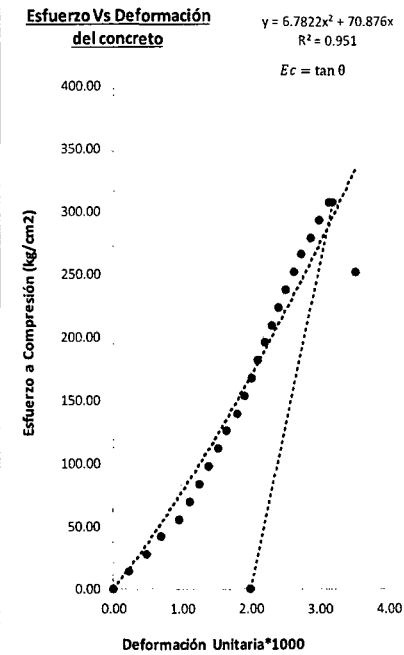
Ec=249648 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPECÍMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	03/12/2014	Código:	A-2%-14	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.60	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.10	Área (cm2):	179.08	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.96	16.68
5.00	0.15	0.49	27.92	36.62
7.50	0.21	0.69	41.88	52.20
10.00	0.29	0.95	55.84	73.78
12.50	0.34	1.12	69.80	87.75
15.00	0.38	1.25	83.76	99.19
17.50	0.42	1.38	97.72	110.87
20.00	0.46	1.51	111.68	122.78
22.50	0.50	1.64	125.64	134.92
25.00	0.55	1.81	139.60	150.43
27.50	0.58	1.91	153.56	159.91
30.00	0.61	2.01	167.52	169.53
32.50	0.64	2.11	181.48	179.27
35.00	0.67	2.20	195.44	189.15
37.50	0.70	2.30	209.41	199.16
40.00	0.73	2.40	223.37	209.30
42.50	0.76	2.50	237.33	219.58
45.00	0.80	2.63	251.29	233.48
47.50	0.83	2.73	265.25	244.07
50.00	0.87	2.86	279.21	258.38
52.50	0.91	2.99	293.17	272.93
55.00	0.95	3.13	307.13	287.72
55.00	0.97	3.19	307.13	295.20
45.00	1.07	3.52	251.29	333.49
Ecuación:	Esf. = 6.7822x2 + 70.876x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.951			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	307.13			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	262876	Norma E.060		
	257919	Grafica		

2.00	0.00
3.19	307.13

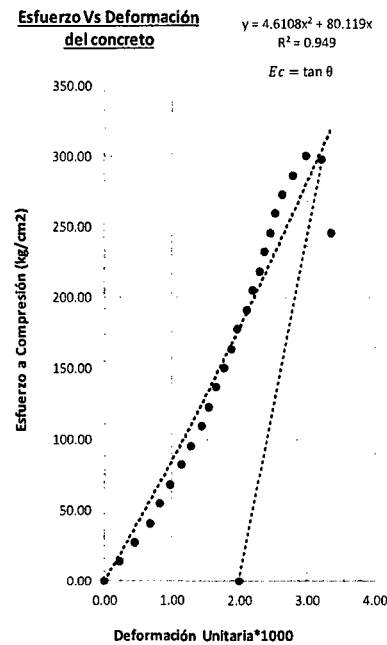
Ec=257919 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	03/12/2014	Código:	A-2%-15	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.69	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.69	18.69
5.00	0.14	0.46	27.37	37.87
7.50	0.21	0.69	41.06	57.55
10.00	0.25	0.82	54.75	69.01
12.50	0.30	0.99	68.44	83.56
15.00	0.35	1.15	82.12	98.35
17.50	0.39	1.28	95.81	110.37
20.00	0.44	1.45	109.50	125.62
22.50	0.47	1.55	123.18	134.89
25.00	0.50	1.64	136.87	144.25
27.50	0.54	1.78	150.56	156.87
30.00	0.57	1.88	164.24	166.43
32.50	0.60	1.97	177.93	176.09
35.00	0.64	2.11	191.62	189.11
37.50	0.67	2.20	205.31	198.97
40.00	0.70	2.30	218.99	208.93
42.50	0.72	2.37	232.68	215.62
45.00	0.75	2.47	246.37	225.73
47.50	0.77	2.53	260.05	232.51
50.00	0.80	2.63	273.74	242.77
52.50	0.85	2.80	287.43	260.06
55.00	0.91	2.99	301.12	281.15
54.50	0.98	3.22	298.38	306.19
45.00	1.02	3.36	246.37	320.73
Ecuación:	Esf. = 4.6108x2 + 80.119x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.949			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	298.38			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	259104	Norma E.060		
	243836	Grafica		

2.00	0.00
3.22	298.38

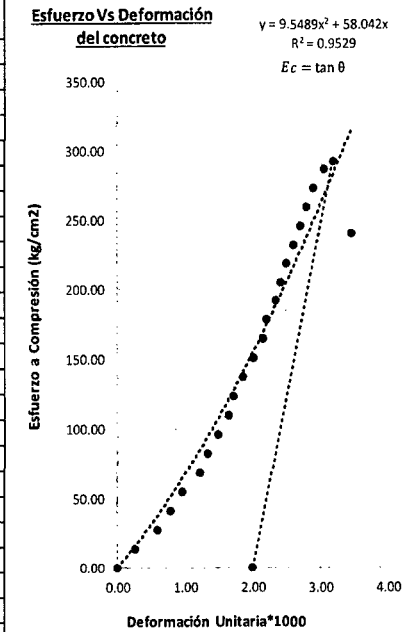
Ec=243836 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	03/12/2014	Código:	A-2%-16	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.57	Altura (mm):	303.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.08	0.26	13.69	15.99
5.00	0.18	0.59	27.37	37.85
7.50	0.24	0.79	41.06	51.96
10.00	0.29	0.96	54.75	64.30
12.50	0.37	1.22	68.44	85.12
15.00	0.40	1.32	82.12	93.26
17.50	0.45	1.49	95.81	107.26
20.00	0.50	1.65	109.50	121.78
22.50	0.52	1.72	123.18	127.73
25.00	0.56	1.85	136.87	139.89
27.50	0.61	2.01	150.56	155.55
30.00	0.65	2.15	164.24	168.46
32.50	0.67	2.21	177.93	175.03
35.00	0.71	2.34	191.62	188.44
37.50	0.73	2.41	205.31	195.26
40.00	0.76	2.51	218.99	205.66
42.50	0.79	2.61	232.68	216.24
45.00	0.82	2.71	246.37	227.01
47.50	0.85	2.81	260.05	237.97
50.00	0.88	2.90	273.74	249.11
52.50	0.93	3.07	287.43	268.11
53.50	0.97	3.20	292.90	283.67
44.00	1.05	3.47	240.89	315.80
Ecuación:	Esf. = 9.5489x2 + 58.042x			
Coef. de correlación	R <sup>2</sup> = 0.9529			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	292.90			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	256716	Norma E.060		
	243818	Grafica		

2.00	0.00
3.20	292.90

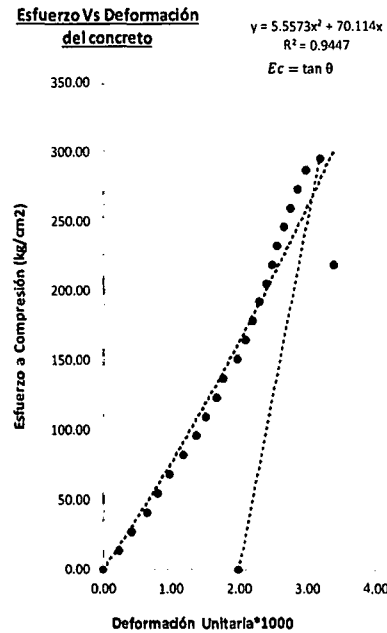
Ec=243818 kg/cm<sup>2</sup>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	03/12/2014	Código:	A-2%-17	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.68	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.25	Área (cm2):	182.65	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.07	0.23	13.69	16.44
5.00	0.13	0.43	27.37	31.00
7.50	0.20	0.66	41.06	48.53
10.00	0.25	0.82	54.75	61.42
12.50	0.30	0.99	68.44	74.60
15.00	0.36	1.18	82.12	90.82
17.50	0.42	1.38	95.81	107.48
20.00	0.46	1.51	109.50	118.82
22.50	0.51	1.68	123.18	133.27
25.00	0.54	1.78	136.87	142.08
27.50	0.60	1.97	150.56	160.03
30.00	0.64	2.11	164.24	172.24
32.50	0.67	2.20	177.93	181.52
35.00	0.70	2.30	191.62	190.91
37.50	0.73	2.40	205.31	200.41
40.00	0.76	2.50	218.99	210.02
42.50	0.78	2.57	232.68	216.48
45.00	0.81	2.66	246.37	226.27
47.50	0.84	2.76	260.05	236.17
50.00	0.87	2.86	273.74	246.17
52.50	0.91	2.99	287.43	259.68
54.00	0.97	3.19	295.64	280.30
40.00	1.03	3.39	218.99	301.35
Ecuación:	Esf. = 5.5573x2 + 70.114x			
Coef. de correlación	R² = 0.9447			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	295.64			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	257913	Norma E.060		
	248273	Grafica		

2.00	0.00
3.19	295.64

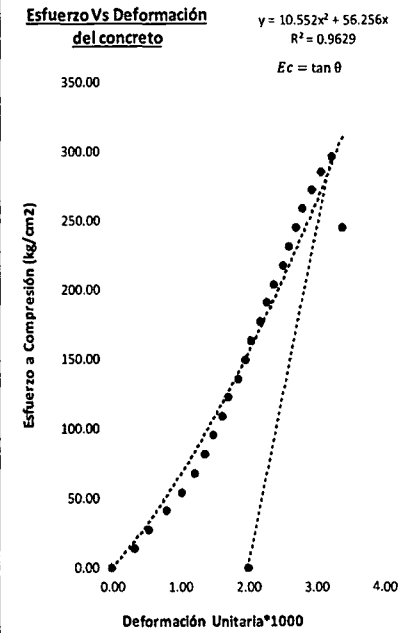
Ec=248273 kg/cm²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN				
ESPÉCIMEN CON ADITIVO (DOSIFICACIÓN = 2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I (ASTM C-150)			
Fecha de elaboración:	05/11/2014	Edad (días):	28	
Fecha de rotura:	03/12/2014	Código:	A-2%-18	
Resistencia f'c (kg/cm2):	280	Falla:	Tipo - 5	
Peso (kg):	12.69	Altura (mm):	304.00	
Diámetro (cm):	15.30	Área (cm2):	183.85	
Carga (Tn)	Deformac. (mm)	Def. Unit. (*1000)	Esfuerzo (kg/cm2)	Esf. Corr. (kg/cm2)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.10	0.33	13.60	19.65
5.00	0.16	0.53	27.20	32.53
7.50	0.24	0.79	40.79	50.99
10.00	0.31	1.02	54.39	68.34
12.50	0.37	1.22	67.99	84.10
15.00	0.41	1.35	81.59	95.07
17.50	0.45	1.48	95.18	106.40
20.00	0.49	1.61	108.78	118.09
22.50	0.52	1.71	122.38	127.10
25.00	0.56	1.84	135.98	139.44
27.50	0.59	1.94	149.58	148.93
30.00	0.62	2.04	163.17	158.62
32.50	0.66	2.17	176.77	171.87
35.00	0.69	2.27	190.37	182.05
37.50	0.72	2.37	203.97	192.43
40.00	0.76	2.50	217.56	206.59
42.50	0.79	2.60	231.16	217.45
45.00	0.82	2.70	244.76	228.52
47.50	0.85	2.80	258.36	239.79
50.00	0.89	2.93	271.96	255.14
52.50	0.93	3.06	285.55	270.85
54.50	0.98	3.22	296.43	291.01
45.00	1.03	3.39	244.76	311.74
Ecuación:	Esf. = 10.552x² + 56.256x			
Coef. de correlación	R² = 0.9629			
Esf. de rotura (Kg/cm2)	296.43			
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	258258	Norma E.060		
	242245	Grafica		

2.00	0.00
3.22	296.43

Ec=242245 kg/cm²



## F) CERTIFICADO DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

### LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE  
MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CAJAMARCA.

## CERTIFICA

Que la bachiller en ingeniería Civil: **LEIDY YSIS YASODARA SÁNCHEZ HIDALGO** con D.N.I. N° 45061156, ex alumna de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca; ha registrado su asistencia en este laboratorio desde los periodos de: agosto del 2014 – diciembre del 2014 , desarrollando los ensayos correspondientes al capítulo de ensayo de materiales de la tesis profesional denominada: **“EFECTO DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKA VISCOCRETE EN LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE”**, cuyos resultados obran en este laboratorio.

Se expide el presente, a la solicitud del interesado para los fines que estime por conveniente.



Cajamarca, diciembre del 2014

## G) HOJA TÉCNICA

Construcción

Hoja Técnica  
Edición 5, 06/02/12 CG  
Sika® ViscoCrete® 3330

### Sika® ViscoCrete® 3330

Aditivo Superplastificante de Alto Rango para Climas Frios

<b>Descripción General</b>	Es un superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para climas fríos y/o se necesita altas resistencias a tempranas edades.
<b>Campos de aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Es adecuado para la producción de concreto en obra y concreto pre-mezclado.</li> <li>■ Se usa para los siguientes tipos de concreto: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto pre-fabricado.</li> <li>- Acelera la fragua del concreto.</li> <li>- Para concretos de pavimentos tipos Fast Track, concretos de pronta puesta en servicio.</li> <li>- Concreto para climas fríos.</li> <li>- Concreto con alta reducción de agua (hasta 30%)</li> <li>- Es adecuado para concreto bajo agua, sistemas Tremie. (la relación agua material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)</li> <li>- Concreto de alta resistencia.</li> <li>- Concreto autocompactante.</li> </ul> </li> <li>■ El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez y el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionadas</li> </ul>
<b>Ventajas</b>	<p>Sika® ViscoCrete® 3330 actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia)</li> <li>■ Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).</li> <li>■ Adecuado para la producción de concreto autocompactante.</li> <li>■ Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados)</li> <li>■ Alta impermeabilidad</li> <li>■ Menor relación agua - cemento la impermeabilidad.</li> <li>■ Aumenta la durabilidad del concreto.</li> <li>■ Reduce la exudación y segregación.</li> <li>■ Aumenta la cohesión del concreto.</li> <li>■ Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.</li> <li>■ Comportamiento mejorado de contracción y deslizamiento.</li> <li>■ Reduce la carbonatación del concreto</li> </ul> <p>Sika® ViscoCrete® 3330 no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.</p>
<b>Datos Básicos</b>	
Aspecto	Líquido.
Color	Marrón.
Presentación	■ Cilindro x 200 L.
Almacenamiento	12 meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
<b>Datos Técnicos</b>	
Densidad	1.07 kg/L ± 0.01
Norma	Cumple con la norma ASTM C-494 tipo G y ASTM C-1017
<b>Aplicación</b>	
Consumo	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Para concretos plásticos suaves: 0,4 % - 1 % del peso del cemento.</li> <li>■ Para concretos fluidos y autocompactantes: 1 % - 2 % del peso del cemento.</li> </ul>

<b>Método de aplicación</b>	<p>Sika® ViscoCrete® 3330 se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo.</p> <p>Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 40 segundos del tiempo de mezclado.</p> <p>El uso de Sika® ViscoCrete® 3330 garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete® 3330 debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos.</p> <p>El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® S. Cuando se trabaja con relaciones a (material cementante) bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos.</p>
<b>Importante</b>	<p>Para <b>Concretos Fluidos y Concretos Autocompactantes</b>. Sika® ViscoCrete® 3330 también puede usarse para concretos fluidos y autocompactantes mediante la utilización de dosificaciones especiales de mezclado.</p> <p>Cuando el Sika® ViscoCrete® 3330 está Congelado. Descongelarlo lentamente a temperatura ambiente y mezclarlo en forma intensiva.</p> <p><b>Combinaciones.</b> Sika® ViscoCrete® 3330 puede combinarse con los siguientes productos Sika®: Sika® CNI, Sika® Fume y Sika® Aer, Sika® Rapid 1 entre otros. Se recomienda realizar un ensayo previo si se realizan combinaciones de varios de los productos antes mencionados. Favor consultar a nuestro servicio técnico.</p>
<b>Instrucciones de Seguridad</b> <b>Precauciones de manipulación</b>	<p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>
<b>Ecología</b>	No desechar en vías acuáticas ni en el suelo. Cumplir las normas locales al respecto.
<b>Toxicidad</b>	No tóxico según los códigos suizos vigentes sobre salud y seguridad.
<b>Observaciones</b>	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>
<b>Nota Legal</b>	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>.</p>

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°4  
la misma que deberá ser destruida”**

Sika Perú S.A. Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N, MZ "B"  
Lote 5 y 6 Lurín, Lima - Perú Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070  
E-mail: [construccion@pe.sika.com](mailto:construccion@pe.sika.com) / Web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)



## H) PANEL FOTOGRÁFICO



Cantera, de donde se extrajeron los materiales.



Ensayo de granulometría de los agregados





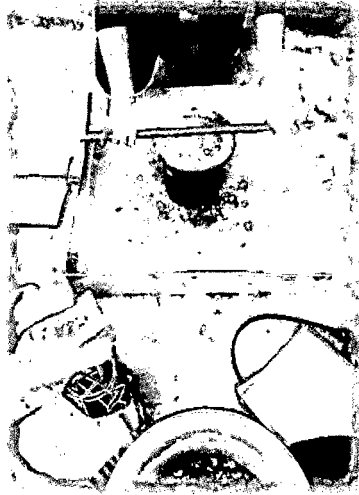
Ensayo de peso específico del agregado fino.



Ensayo de peso específico del agregado grueso.



Tamizado del agregado grueso luego del ensayo de abrasión.



Ensayo de peso unitario suelto seco del agregado fino



Ensayo de peso unitario seco compactado de agregado grueso



Ensayo de cono de Abrams



Medida del slump



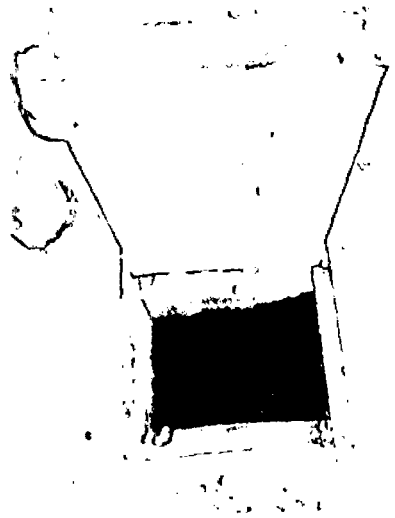
Ensayo de extensión de flujo, medida de diámetros perpendiculares



Ensayo de Caja L



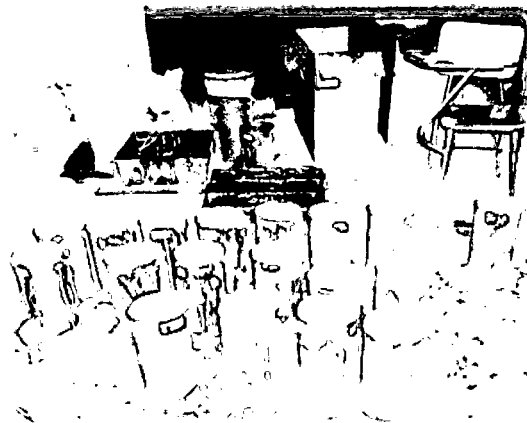
Ensayo de caja U, medida de alturas H1 y H2



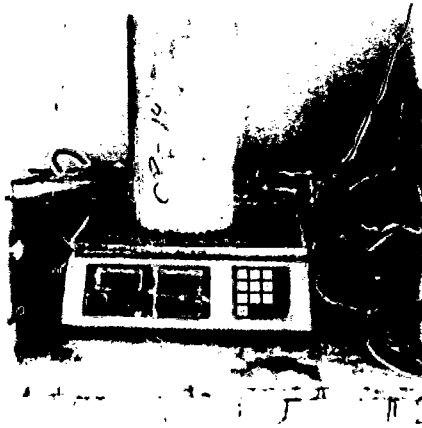
Mezcla de concreto autocompactante después de ser abierta la compuerta



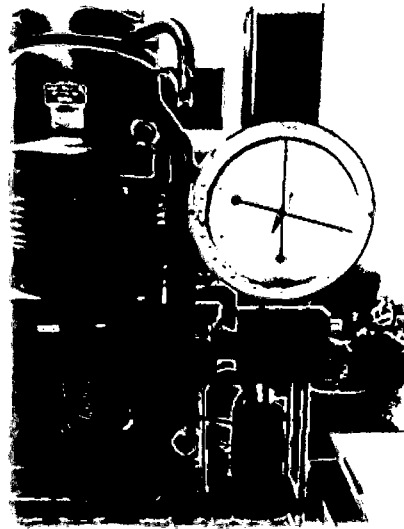
Peso de concreto en estado fresco



Especímenes de concreto autocompactante con 2% de aditivo



Peso de concreto en estado endurecido



Ensayo a compresión de especímenes de concreto



Fallas de típicas de los especímenes ensayados.