

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



EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO CON ADITIVO SIKA RAPID 1

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:
Juan Fernando Torres Trigoso

ASESOR:
Ing. José Lezama Leiva

Cajamarca - Perú
2013

DEDICATORIA

A mi madre y Hermanos:

Julia Trigoso de Torres

Flor Torres Trigoso, Pedro, Aniano, Dino, Eduardo,
Carlos y Cesar, por su incondicional apoyo y
comprensión

A la memoria de padre y hermano:

Román Torres León, José que hace mucho tiempo
tomaron el camino de la eternidad pero que me
guían siempre por la senda del bien y la sabiduría.

A mi esposa e hijos

Marivel Cabrera Quiroz, Jefferson y Juan que me
apoyan en los momentos más difíciles, con su
comprensión y su Cariño.

AGRADECIMIENTO

Hago llegar mi agradecimiento y reconocimiento a los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de manera especial a mi asesor Ing. José Lezama Leiva por su apoyo y guía en la ejecución de la presente tesis; también agradezco al Sr. Juan Villanueva quien me apoyó durante el desarrollo del presente trabajo y brindó todas las facilidades necesarias para el uso del equipo y laboratorio de ensayo de materiales y a los compañeros de tesis que de una u otra forma me apoyaron, con lo cual se hizo posible la culminación de la presente tesis.

RESUMEN

El Problema general de la presente investigación fue determinar en qué medida el uso del aditivo SIKA RAPID 1 mejora la resistencia a la compresión del concreto.

El objetivo de dicha investigación fue, evaluar la variación de la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$ usando aditivo SIKA RAPID 1; usando diferentes porcentajes de aditivo y así escoger el porcentaje más óptimo tomando en cuenta la incidencia en la Resistencia a la Compresión y el costo producido.

El proceso de la investigación se basó en elaborar tres especímenes de concreto normal y doce especímenes de concreto con diferentes porcentajes, tres con 0.5%, tres con 1%, tres con 1.5% y tres con 2%; de los cuales se probarían su Resistencia a la Compresión y se escogería el más óptimo, para ser evaluado con mayor amplitud (elaborar 20 especímenes) para ser probados a la resistencia a la compresión y cuantificar los resultados tanto en Resistencia como en Costo.

Se llevó a cabo todo lo programado y se concluyó que el porcentaje más adecuado fue el 1% de aditivo puesto que la Resistencia a la compresión con el porcentaje de 1% fue mayor que 0.5% en 3.86% y para el porcentaje de 1.5% fue menor en 0.40% que es un porcentaje muy bajo; y en cuanto al 2% fue menor en 2.76%, que no es muy considerable puesto que en proporción es el doble en la cantidad de aditivo y por tanto duplica el costo.

Se elaboraron 20 especímenes de concreto con aditivo empleando 1% del peso del cemento, los cuales al ser ensayados y cuantificados nos arrojaron resultados satisfactorios tales como:

La Resistencia a la compresión fue satisfactoria alcanzando un valor promedio de 232.20 Kg/cm^2 . (10.57%) Mayor a la resistencia especificada.

El costo por m^3 de concreto es menor en 1.32% en comparación a un concreto normal.

ABSTRACT

The general problem of this research was to determine to what extent the use of the additive SIKA RAPID 1 improves the compressive strength of concrete.

The objective of this research was to evaluate the variation of compressive strength of concrete $f_c = 210\text{Kg/cm}^2$ using additive SIKA RAPID 1; using different percentages of additive and thus to choose the optimal percentage taking into account the effect on the Compressive Strength and cost occurred.

The research process was based on three specimens develop normal concrete and twelve concrete specimens with different percentages, three 0.5%, three with 1%, three with 1.5% and three with 2% of which prove his strength compressive and choose the most optimal to be evaluated more fully (construct 20 specimens) for testing the compressive strength and quantify the results in both strength and cost.

Held all scheduled and concluded that the most suitable percentage was 1% additive since the compressive strength with the percentage of 1% was greater than 0.5% at 3.86% and the percentage of 1.5% was lower by 0.40% which is a very low percentage, and about 2% was lower at 2.76%, which is very significant because a proportion is twice the amount of additive and therefore doubles the cost.

20 specimens were made of concrete with additive using 1% by weight of cement, which when tested and quantified us satisfactory results such as:

The compressive strength was satisfactory reaching an average value of 232.20 Kg/cm^2 . (10.57%) Greater than the specified strength.

The cost per m^3 of concrete is lower at 1.32% compared to a conventional concrete.

I INTRODUCCION

Siendo el hormigón un material de construcción de uso extenso debido a sus muchas características favorables; es muy importante que el ingeniero civil conozca las propiedades de sus componentes para producir un hormigón de alta calidad para un determinado proyecto.

Como se sabe el hormigón es un material moldeable a temperatura ambiente lo que permite su adecuación a distintas formas. Además presenta elevada resistencia a la compresión y gran capacidad de adherencia con otros materiales. Cuyos insumos son nacionales y requiere de mano de obra especializada.

Por las propiedades antes mencionadas el hormigón se utiliza en edificios, pisos, muros, puentes, pavimentos, pilotes, etc. Por lo tanto el ingeniero civil debe estar preparado para seleccionar los componentes adecuados (cemento, agregados, agua y aditivos). Para lograr un hormigón de alta calidad, también debe saber interpretar los resultados obtenidos de laboratorio. Y lo más importante saber diseñar hormigones económicos.

Este proyecto constituye un esfuerzo por poner al alcance de estudiantes y profesionales de ingeniería civil, los conocimientos teóricos y los obtenidos en laboratorio que permitan la más eficiente utilización del hormigón sin modificar sus propiedades.

Todo proyecto que se encuentra en el campo de la construcción civil está relacionado con la elaboración de hormigón sea directa o indirectamente lo que conlleva un gasto a veces excesivo sobre lo normal, para evitar este problema realizamos este proyecto de investigación.

La importancia de obtener hormigón de durabilidad óptima y al más bajo costo en los proyectos de construcción con el uso de aditivos reductores de agua, es la razón principal del enfoque de éste estudio además de la inclusión de

cemento tipo I en nuestra ciudad ya que este cemento es el que reacciona con los aditivos; además que estos aspectos son los que idealmente deben cumplir los que diseñan hormigón.

Este estudio permitirá predecir teóricamente, los efectos que sufre el hormigón con la inclusión de aditivo (Acelerante de Resistencia).

INDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCION.....	viii
CAPITULO I. MARCO TEORICO.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Bases teóricas.....	4
1.2.1. Agregados.....	4
1.2.2. Cemento.....	10
1.2.3. Aditivos.....	19
1.2.4. Agua.....	43
1.2.5. Características físicas de los agregados	22
1.2.6. Concreto.....	31
1.2.7. Diseño de mezclas método módulo de fineza.....	45
CAPITULO II. MATERIALES Y METODO.....	49
2.1. Materiales.....	50
2.1.1.-Materiales y Equipos.....	50
2.2. Metodología.....	51
2.2.1. Tipo de Investigación.....	51

2.2.2. Tipo de Análisis.....	53
2.2.3. Etapas.....	53
2.2.4. Técnicas.....	55
2.2.5. Población de informantes.....	55
2.2.6. Procedimientos.....	55
2.2.7. Forma de tratamiento de datos.....	56
2.2.8. Forma de análisis de las informaciones.....	57
CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
3.1. Características físicas y mecánicas de los agregados.....	64
3.2. Propiedades del Concreto.....	77
3.3. Resistencia y módulo de elasticidad del concreto.....	80
CAPITULO IV. CONCLUSIONES.....	84
CAPITULO V. BIBLIOGRAFIA.....	88
CAPITULO VI. ANEXOS.....	90

INDICE DE TABLAS

1.1. –Granulometria del agregado Fino	5
1.2. –Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso.....	7
1.3. –Porcentaje de variación de los compuestos del Cemento....	12
1.4. –Calor de Hidratación para cada tipo de Cemento Portland.....	14
1.5. –Características Físico Mecánicas del Cemento Pacasmayo Tipo I	17
1.6. –Características químicas del cemento Pacasmayo tipo I	31
1.8. –Carga abrasiva.....	31
1.9. –Consistencia asentamiento y trabajabilidad.....	40
1.10. –Límites permisibles de impurezas del agua.....	31
1.11. –Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra	46
1.12. –Contenido de agua de mezcla para concreto sin aire incorporado	31
1.13. –Relación agua/cemento por resistencia	48
1.14. –Módulo de fineza de la combinación de agregados	48
2.1. –Factores Niveles y tratamientos en estudio	52
2.2. –Gradaciones de muestras de ensayo	31

CAPITULO I
MARCO TEORICO

I MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes

Posiblemente el empleo de materiales cementantes se remonta al inicio de la civilización cuando el hombre se vio en la necesidad de construir su habitación utilizando arcilla o una mezcla de cal y arena para unir las piedras y conformar una estructura simple que le sirviera de protección.

En el año 500 A.C. los antiguos griegos mezclaron compuestos basados en caliza calcinada (cal viva) y agua a la cual se adicionaba arena, para recubrir y unir piedras y ladrillos no cocidos, llegando a mencionarse que los palacios de Creso y Atala fueron construidos de esta forma.

La adición a estas mezclas, de piedra triturada, tejas rotas o ladrillo, dieron origen al primer concreto de la historia. Probablemente, la civilización romana copió la idea de la producción de concreto de los griegos. Se han encontrado obras de concreto romanas fechadas con anterioridad al año 300 A.C. Como los morteros de cal viva no resistían bien la acción del agua durante períodos largos, se presume que a esta mezcla se incorporaron toda clase de agregados y durante estas pruebas empíricas se descubrió que las arenas provenientes de ciertas rocas volcánicas tenían mayor resistencia y durabilidad tanto en aguas dulces como saladas [Instituto del Concreto, 1997].

1.1.1. Antecedentes internacionales.

Antecedentes internacionales a nivel de investigación:

- Tesis: "Plastificantes Para El Hormigón", Bach. César Augusto Hernández Preisler, Universidad Austral De Chile, Chile, 2005.
- Tesis: "Evaluación del concreto armado utilizando aditivos plastificantes del alto rango expuesto en ambiente marino", Bach. Ing. Lúquez León, Yolimar, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela, 2010.

1.1.2. Antecedentes nacionales.

En el Perú se han hecho proyectos de investigación sobre el uso del aditivo

Superplastificante:

- Tesis: "Concreto de Alta Resistencia usando aditivo Superplastificante, Microsilice y Nanosilice con cemento Portland tipo I", Bach. Ing. Ángel Antonio Millones Prado, Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.
- Tesis: "Concreto de Alta Densidad con Superplastificante", Bach. Ángel Antonio Millones Prado, Universidad Ricardo Palma, 2008.

1.1.3. Antecedentes locales.

En nuestra ciudad se han realizado tesis a nivel de investigación como son:

- Tesis: "Estudio del concreto empleando agregados de la cantera Sangal (carretera Cajamarca - Combayo) y cantera km 14+00 (carretera Cajamarca - Chilite) para concreto $f_c=210$ kg/cm² utilizando aditivos EUCO 37, EUCO WR = 91 y POLYHEED RI", Bach. Milton A. Chávez Bazán, Bach. Frecia Seminario Cadenillas, Bach. Frank E. Salazar Sánchez, Universidad Nacional de Cajamarca, 2006.

De esta investigación se pudo concluir que el agregado grueso cumplió con las características necesarias para este diseño, mientras que para el agregado fino se presentaron ciertas dificultades debido al alto porcentaje de finos. Además, al utilizar los aditivos Euco 37, Euco Wr-91 Y Polyheed RI se logró una trabajabilidad y consistencia óptima, lograndose realizar mezclas de concreto óptimo para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con bajos costos.

- Tesis: "Diseño para obtener concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la incorporación de aditivo superplastificante (RHEOBUILD 1000), empleando agregados de la cantera Rodolfito (carretera Cajamarca - ciudad de dios km 5.00)", Bach. Ing. Luis Basauri Ponce; Universidad Nacional de Cajamarca - 2010.

En esta investigación se llegó a determinar en cuanto a los agregados que en ciertos aspectos no cumplen con lo estipulado en las normas ASTM Y NTP; y con la incorporación de aditivo, se pudo reducir notablemente la cantidad de agua de mezclado manteniendo la consistencia plástica, trabajabilidad, cohesión y mínima exudación.

1.2.- Bases Teóricas

1.2.1.- Agregados.

Se definen los agregados como los elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta para formar la estructura resistente.

Ocupan alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes del volumen total del concreto.

Sus dimensiones están comprendidas entre límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011 o la norma ASTM C 33.

Dependiendo de sus características y dimensiones la Norma Técnica Peruana clasifica y denomina a los agregados en:

1.2.1.1.-Agregado fino. El agregado fino consistirá en arena natural arena manufacturada o una combinación de ambas, la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33, define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200).

Según la norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, el agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Puede estar constituido de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.
- Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas.
- El agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.
- En general, es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33, según la tabla 1

Tabla N°1.1. Granulometría del agregado fino

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

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

pavimentos. Fuente. NTP 400.037

- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10.
- El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica cuando ella es determinada de acuerdo a los requisitos de la norma NTP 400.013 o la norma ASTM C 40.
- Podrá emplearse agregado fino que no cumple con los requisitos de la norma NTP 400.013 o la norma ASTM C 40 siempre que:
 1. La coloración en el ensayo se debe a la presencia de pequeñas partículas de carbón, lignito u otras partículas similares; o
 2. Realizado el ensayo, la resistencia a los siete días de morteros preparados con dicho agregado no sea menor del 95% de la resistencia de morteros similares preparados con otra porción de la misma muestra de agregado fino previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio.

1.2.1.2 Agregado grueso.

- a). La granulometría del agregado grueso está especificada en 13 series granulométricas normadas por el ASTM, dado en la tabla N° 1.2.

TABLA N°1. 2: Requisitos granulométricos del agregado grueso ASTM C 33

N° A.S.T .M	Tamaño Nominal	% QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm 4"	90 mm 3.5"	75 mm 3"	63 mm 2.5"	50 mm 2"	37,5 mm 1.5"	25 mm 1"	19 mm ¾"	12,5 mm ½"	9,5 mm 3/8"	4,75 mm N°4	2,36 mm N°8	1,18 mm N°16	
1	3 ½"		90		25		0		0						
	a	100	a		a		a		a						
	1 ½"		100												
2	2 ½"				60		15		5						
	a			100	a	a	a		a						
	1 ½"				100	70	15		5						
3	2"				90	35	0		0						
	a				100	a	a	a	a						
	1"					100	70	15	5						
357	2"				95		35		10		0				
	a			100	a		a		a		a				
	N°4				100		70		30		5				
4	1 ½"					90	20	0	0		0				
	a				100	a	a	a	a						
	¾"					100	55	15	5						
467	1 ½"					95		35	10	0					
	a				100	a		a	a	a					
	N°4					100		70	30	5					
5	1"						90	20	0	0					
	a						100	a	a	a	a				
	½"							100	55	10	5				
56	1"						90	40	10	0	0				
	a						100	a	a	a	a				
	3/8"							100	85	40	15	5			
57	1"						95		25		0	0			
	a						100	a		a	a	a			
	N°4							100		60		10	5		
6	¾"								90	20	0	0			
	a								100	a	a	a	a		
	3/8"									10	55	15	5		
67	¾"								90		20	0	0		
	a								100	a	a	a	a		
	N°4									100		55	10	5	
7	½"								90	40	0	0			
	a								100	a	a	a	a		
	N°4									100	70	15	5		
9	3/8"										85	10	0	0	
	a										100	a	a	a	
	N°8											100	30	10	5

Fuente. NTP 400.037

1.2.1.3 Tamaño máximo del agregado (NTP. 400. 011).

Esta característica está referida única y exclusivamente al agregado grueso.

a. Tamaño Máximo.- Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15%, o más del agregado grueso tamizado.

b. Tamaño Máximo Nominal.- Está dado por la malla que produce el primer retenido.

Ha quedado comprobado que cuando se extiende la granulometría del agregado a un tamaño máximo mayor, hasta de una pulgada, las necesidades de agua de mezcla se pueden reducir; tal es así que, para una trabajabilidad y riqueza especificada se puede conseguir mayor resistencia, reduciendo la relación agua-cemento. Cuando se sobrepasa el tamaño máximo de 1", los incrementos en resistencia debido a la reducción de agua se compensan por los efectos de la menor área de adherencia y las discontinuidades producidas por los agregados muy grandes.

1.2.1.4.-Arena. La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas.

También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman en in-situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial, las primeras son las arenas naturales; y las segundas, las arenas artificiales.

Se clasifican según la "Comisión de Normalización" de la Sociedad de Ingenieros del Perú como sigue:

Arena Fina:	0.05	a	0.5 mm.
Arena Media:	0.5	a	2.0 mm.
Arena Gruesa:	2.0	a	5.0 mm.

1.2.1.5.-Grava. La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define a la grava como el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural.

1.2.1.6.-Piedra triturada o chancada. La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define como el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.

1.2.1.7. Agregado global. La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, definen al agregado global como al material compuesto de grava y arena empleado en forma natural de extracción.

En lo que sea aplicable, se seguirá para el agregado global las recomendaciones correspondientes a los agregados fino y grueso:

- Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica, u otras sustancias dañinas para el concreto. Su granulometría deberá estar comprendida entre la malla de 2" como máximo y la malla N°100 como mínimo.
- Deberá ser manejado, transportado y almacenado de manera tal de garantizar la ausencia de contaminación con materiales que podrían reaccionar con el concreto.

- Deberá emplearse únicamente en la elaboración de concretos con resistencias en compresión, hasta de 100 kg/cm^2 a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será 255 kg/m^3 .

1.2.2.-Cemento.

El cemento es el componente más importante y activo del concreto, por ello y recordando que las propiedades del concreto dependen tanto de la calidad como de la cantidad de sus componentes, la selección y el empleo adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica, las propiedades deseadas para una mezcla dada:

En el mercado peruano existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario y todos ellos proporcionan los niveles de resistencia y durabilidad requeridos en obras usuales. Sin embargo es recomendable que el Ingeniero Proyectista indique en las especificaciones las propiedades necesarias y los requisitos exigidos para el cemento, a fin de elegir el cemento más indicado para una condición dada.

La totalidad de los cementos empleados son Cementos Portland que cumplen con las normas ASTM C150; o cementos combinados que cumplen con lo indicado en la norma ASTM C585, o las NTP equivalentes.

1.2.2.1.-Cemento portland (ASTM C 150)

1.2.2.2.-Definición de cemento portland. El cemento Portland Normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland con la adición eventual de Sulfato de Calcio, se admite la adición siempre que no excedan el 1% del total en peso y que la norma correspondiente determine que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante.

1.2.3.-Fabricación del Cemento.

1.2.3.1.- Síntesis.- para la fabricación del cemento se procede esquemáticamente de la siguiente manera:

La materia prima, material calizo y material arcilloso, se tritura mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Los procedimientos de mezcla y molido pueden efectuarse en seco o húmedo. La dosificación de los materiales debe de ser la adecuada a fin de evitar perjuicio en la calidad.

El polvo pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización. En la etapa inicial del proceso de calentamiento el agua y anhídrido carbónico son expulsados. Al acercarse la mezcla a las regiones más calientes del horno se producen las reacciones químicas entre los constituyentes de la mezcla cruda, durante esas reacciones se forman nuevos compuestos, algunos de los cuales alcanzan el punto de fusión.

El producto resultante conocido como Clinker, cae a uno de los diversos tipos de enfriadores, o se deja enfriar al aire.

Posteriormente se combina con un porcentaje determinado de yeso (3 -10%) y el conjunto se muele hasta convertirse en un polvo muy fino al que se conoce como cemento Portland.

1.2.3.2. Compuestos principales del cemento portland. Los óxidos principales (C= CaO, S= SiO₂, A= Al₂O₃, F= FeO₃) constituyen prácticamente más del 90% en peso del Clínker. De los cuatro óxidos principales la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido, de ellos la sílice y la cal son componentes activos, y la alúmina y el hierro actúan como fundentes.

Tabla 1.3. Porcentaje de variación de los compuestos del cemento

NOMBRE DEL COMPUESTO	NOMENCLATURA	% DE VARIACION
Silicato Tricálcico	C3S	40 - 60
Silicato Dicálcico	C2S	15 - 30
Aluminato Tricálcico	C3A	2 - 14
Ferro aluminato Tetracálcico	C4AF	8- 12

Fuente. Norma ASTM C 150

1.2.3.3.-Propiedades físicas del cemento portland.

1. Superficie específica o finura del cemento (NTP 334.002, ASTM C 150).

La finura es el tamaño de las partículas que componen el cemento; llamada también superficie específica, se expresa en cm^2/gr y se dice que a mayor superficie específica, mejor y más rápido el tiempo de fraguado.

Entre mayor sea la superficie de contacto, mayor será la superficie del cemento.

La superficie específica del cemento está comprendida entre los valores de 2500 a $4500 \text{ cm}^2/\text{gr}$.

2. Peso específico (NTP 334.005, ASTM C 150).

El peso específico o densidad aparente expresa la relación entre el peso de una muestra de cemento y el volumen absoluto del mismo; se expresa en gr/cm^3 . Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{Absoluto}}}$$

Dónde: m = Peso de la muestra de cemento.

V_{Absoluto} = Volumen de la materia sólida.

El peso específico del cemento es el valor usado en el diseño de mezclas; el cual debería estar comprendido entre los valores de 3.10 a $3.15 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

5. Falso fraguado (NTP 334.052, ASTM C 150). Fenómeno que produce endurecimiento rápido y rigidez prematura anormal del cemento, durante los primeros minutos de su hidratación; restableciéndose las propiedades de la pasta en el transcurso del tiempo. El falso fraguado se debe a 2 factores fundamentales:

- A la falta de adición de yeso suficiente al cemento.
- A la falta de adición del Clíinker mediante la fabricación.

6. Calor de hidratación (NTP 334.064, ASTM C 150). Al reaccionar el agua con el cemento, genera un calor de hidratación en los procesos de fraguado y endurecimiento, incrementándose la temperatura del concreto originando una rápida evaporación del agua, que lleva a la contracción del material y un ocasional agrietamiento.

Tabla 1.4. Calor de hidratación para cada tipo de cemento portland

TIPO	CARACTERISTICA	% DE CALOR GENERADO
I	Uso general	100
II	Moderada resistencia a los sulfatos	80 a 85
III	Desarrollo de altas resistencias iniciales	150
IV	Desarrollo de Bajo calor hidratación	40 a 60
V	Alta resistencia a los sulfatos	60 ^a 95

Fuente. NTP 334.064

1.2.3.4. Estabilidad de volumen (NTP 334.004, ASTM C 150). Un cemento es estable, cuando ningún elemento principal experimenta expansión perjudicial o destructiva después del fenómeno de hidratación. Pero generalmente el concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen (retracción), debido a variaciones en la temperatura, en la humedad, en los esfuerzos aplicados, entre

Cabe resaltar que un valor bajo de peso específico, nos indica poca presencia de Clínter y alta de yeso.

3. Consistencia normal del cemento (NTP 334.003, ASTM C 150). La consistencia normal del cemento se expresa como: un porcentaje en peso o volumen de agua con relación al peso seco del cemento, necesario para obtener una pasta con fluidez. Siendo esta una propiedad óptima de hidratación.

$$\%CN = \frac{W_{\text{Agua}}}{W_{\text{Cemento}}}$$

Dónde: W_{Agua} = peso del agua.

W_{Cemento} = peso del cemento.

Por ejemplo 30% de consistencia normal de cemento, significa que por 100 gr de cemento hay que agregar 30 ml de agua. Lo que determina la consistencia normal de cemento es la viscosidad de la pasta (Cemento), la lubricación de los agregados (concretos), entre otros factores. Siendo sus valores normales los comprendidos entre 24% y 32%.

4. Tiempo de fraguado (NTP 334.056, ASTM C 150):

- **Fraguado Inicial:** Es el transcurrido desde la adición de agua hasta alcanzar el estado de plasticidad y dureza, en éste tiempo la pasta se deforma por la acción de pequeñas cargas. Es el tiempo que disponemos para fabricar, transportar, vibrar y colocar el concreto en las obras.
- **Fraguado Final:** Va desde el fraguado inicial hasta que la pastas se endurezca se vuelva indeformable. En éste caso se produce la unión con los agregados en una mezcla de concreto.

otros. Estos cambios de volumen o de longitud pueden variar de aproximadamente 0.01% hasta 0.08%.

Los principales factores que afectan la estabilidad del cemento son:

- Composición química.
- Finura del cemento.
- Cantidades de agregado empleado.
- Tamaño y forma de la masa de concreto.
- Temperatura y humedad relativa del medio ambiente.
- Condiciones de curado.
- Grado de hidratación y tiempo transcurrido.

1.2.3.5. Resistencia mecánica (NTP 334.051, ASTM C 150). Es la propiedad más importante del cemento endurecido en cuanto a los requisitos estructurales, la resistencia mecánica debe ser a la tracción, flexión y compresión. Es un requisito que debe cumplir todo cemento, se mide a la compresión y mide la calidad de cemento.

La resistencia a la compresión se hace sobre mortero (Agua + Cemento+ Arena), en cubos de 2"x2"x2"; la proporción de la mezcla debe ser 1:3 en volumen. A los 28 días adquiere la resistencia de 100%.

1.2.3.6. Tipos de cemento portland (NTP 334.009). Los cementos portland por lo general, se fabrican en cinco tipos, cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de las especificaciones de la norma ASTM C 150.

1. Cemento portland tipo I: para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.

2. Cemento portland tipo II: para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

3. Cemento portland tipo III: para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.

4. Cemento portland tipo IV: para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

5. Cemento portland tipo V: para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

1.2.3.7. Muestreo del cemento (NTP 334.037). El muestreo consiste en obtener una porción representativa del cemento en estudio, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

Cuando el cemento se suministra en sacos, el muestreo se realiza en el vehículo de transporte o en el almacenamiento, directamente de los envases cerrados del cemento que fue expedido.

Cuando el cemento se maneja a granel, el muestreo se realiza en los vehículos de transporte, en la banda transportadora que descarga el cemento en el lugar de almacenamiento, o en las tolvas, silos u otros depósitos donde éste se almacena.

1.2.3.8. Cemento utilizado en la investigación. Para la ejecución de la presente investigación, se utilizó Cemento Portland Tipo I Marca Pacasmayo

1. Características. Entre sus principales características tenemos:

- Es un producto obtenido de la molienda conjunta de clínker y yeso.
- Ofrece un fraguado controlado.
- Por su buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.

- El acelerado desarrollo de sus resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado

2. Usos y aplicaciones. Entre sus principales usos tenemos:

- Para construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requiera características especiales o no se especifique otro tipo de cemento.
- Elementos Pre-fabricados de concreto (hormigón).
- En la fabricación de bloques, tubos para acueductos y alcantarillados, terrazos, adoquines, etc.
- Mortero para asentado de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

A continuación se da a conocer las características físicas y químicas de los cementos peruanos de mayor uso respecto al cemento utilizado en la presente investigación.

Tabla 1.5. Características físico-mecánicas del cemento Pacasmayo tipo I

CARACTERISTICAS	CEMENTO TIPO I
Peso Específico (gr/cm ³)	3.11
Finura: Malla N° 100 (%)	
Finura: Malla N° 200 (%)	
Superficie Específica BLAINE (cm ² /gr)	3200
Contenido de Aire (%)	10.10
Expansión Autoclave (%)	0.80
Fragua Inicial (vicat) (hrs : min)	2 : 40
Fragua Final (vicat) (hrs: min)	5 : 30
Resistencia a Compresión (kg/cm ²)	
f'c = 3 días	150
f'c = 7 días	201
f'c = 28 días	267

Fuente: Alvares Barrantes M. A., 2007

Tabla 1.6. Características químicas del cemento Pacasmayo tipo I

ELEMENTO	CEMENTO TIPO I (%)
CaO	62.70
SiO ₂	20.8
Al ₂ O ₃	5.70
Fe ₂ O ₃	3.60
K ₂ O	0.68
Na ₂ O	0.22
SO ₃	2.2
MgO	2.40
C.L	1.10
P.lgn.	1.93
R.l.	0.68

Fuente: Alvares Barrantes M. A., 2007

1.2.3.11 .- La Pasta.

1.- Conceptos fundamentales. La pasta comprende a cuatro elementos fundamentales:

El gel, nombre que denomina al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento:

- a) Los poros incluidos en ella;
- b) El cemento no hidratado, si lo hay;
- c) Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre, que pueden haberse formado durante la hidratación del cemento.

La pasta tiene cuatro grandes funciones en el concreto:

Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido;

- a) Separar las partículas del agregado
- b) Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas;
- c) Proporcionar lubricación a la masa cuando esta aún no ha endurecido

Las propiedades de la pasta dependen de:

- a) Las proporciones relativas del cemento y agua en la mezcla;
- b) El grado de hidratación del cemento, dado por la efectividad de la combinación química entre este y el agua.

1.2.3.12. El Gel. Se define con gel a la parte sólida de la pasta, la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas, en su mayoría escamosas o fibrosas, el conjunto de los cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfo.

En su composición el gel comprende:

La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa.

- a) Hidróxido de calcio cristalino
- b) Poros Gel.
- c) El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto, especialmente en su resistencia y comportamiento elástico.

1.2.4.-Aditivos ASTM C 494

1.2.4.1 Aditivos y sus Propiedades ASTM C 125 y Comité 116R del ACI.

1.- Definición. Un aditivo es definido como un material diferente del agua, Agregados, cemento hidráulico y refuerzo de fibra, el cual se emplea como un ingrediente del cemento mortero y es añadido a la tanda en la mezcladora inmediatamente antes o durante el mezclado, con la finalidad de:

- Modificar una o algunas de las propiedades del concreto.
- Facilitar el proceso de colocación del concreto
- Obtener economía en los costos de producción del concreto
- Ahorrar energía.

Los aditivos son productos que, introducidos en pequeña porción en el hormigón, 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 entre un 0.1 % y 5 % del peso del cemento.

Su empleo se ha ido generalizando hasta el punto de constituir actualmente un componente habitual del hormigón. Sin embargo su empleo debe ser considerado cuidadosamente, siendo importante verificar cuál es su influencia

en otras características distintas de las que se desea modificar.

En primera aproximación, su proporción de empleo debe establecerse de acuerdo a las especificaciones del fabricante, debiendo posteriormente verificarse según los resultados obtenidos en obra o, preferentemente, mediante mezclas de prueba.

El empleo de los aditivos permite controlar algunas propiedades del hormigón, tales como las siguientes:

- Trabajabilidad y exudación en estado fresco.
- Tiempo de fraguado y resistencia inicial de la pasta de cemento.
- Resistencia, impermeabilidad y durabilidad en estado endurecido.

1.2.4.2.- Clasificación.- 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

Por su parte el código de buena práctica "Aditivos,

Clasificación, Requisitos y Ensayos", elaborado por el Centro Tecnológico del Hormigón (CTH), establece la siguiente

Clasificación:

- Retardador de fraguado.

- Acelerador de fraguado y endurecimiento.
- Plastificante.
- Plastificante-Retardador.
- Plastificante-Acelerador.
- Superplastificante.
- Superplastificante retardador.
- Incorporador de aire.

1.2.4.3.- Mecanismo de Acción de Algunos Aditivos.- Para la elaboración del presente trabajo de investigación tomaremos en cuenta sólo un aditivo acelerador de resistencia que va a ser utilizado.

1.2.4.4.- Plastificantes Reductores de Agua.- Se definen como aditivos que permiten, para una misma docilidad, una reducción de la cantidad de agua en un hormigón dado o que, para una misma cantidad de agua aumentan considerablemente esta docilidad o, incluso permiten obtener estos dos efectos simultáneamente.

El aumento de docilidad permite la colocación del hormigón en estructuras complicadas, con alta densidad de armadura o con efectos superficiales especiales sin necesidad de incrementar cantidad de agua de amasado y por consiguiente la dosis de cemento para obtener las resistencias especificadas.

La disminución de la dosis de agua y en consecuencia de la razón agua-cemento, manteniendo una determinada trabajabilidad, permite aumentar la compacidad del hormigón y, por consiguiente, su resistencia, impermeabilidad y durabilidad. Por la misma razón, la retracción y en consecuencia, la tendencia a la fisuración se ven disminuidas.

1.2.4.5- Efectos.-El principal efecto producido por los aditivos plastificadores - reductores de agua incide sobre la trabajabilidad del hormigón en su estado fresco. Este efecto puede traducirse en una reducción de la dosis de agua, si se mantiene constante la docilidad o fluidez del hormigón, o en un aumento de su docilidad, si se mantiene constante la dosis de agua del hormigón.

Cuando los aditivos fluidificantes se emplean como reductores de agua se obtiene un incremento de algunas características del hormigón endurecido, especialmente su resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

Otro factor importante a tener en consideración, es sobre la base de ensayos de laboratorio y aplicaciones en obra indican que la sobredosis de aditivo superplastificantes o su aplicación en un hormigón de composición inadecuada puede producir una fuerte segregación, depositándose las partículas sólidas en una masa compacta y dura, mientras el agua de amasado sube a la superficie del hormigón.

1.2.4.6.- Aditivo Utilizado. En el presente proyecto de tesis se usara un Aditivo Denominado **SIKA RAPID 1** el cual:

- Es un aditivo liquido acelerante de resistencias iniciales, exento de cloruros para concretos y morteros.
- Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales, Aumentando las Resistencias finales

Cuyas características se detallan en la hoja técnica (anexos)

1.2.5. Características físicas de los agregados

1.2.5.1.-Análisis granulométrico (NTP 400.012, ASTM C 136). Se define como el estudio de la manera como se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas del agregado.

1.2.5.2.-Módulo de finura (NTP 334.045, ASTM C 136). Es el indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado. Puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que no representa la distribución de las partículas. El módulo de finura esta en relación inversa a las áreas superficiales; por lo que la cantidad de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura.

Para el caso del agregado fino, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$M.F = \frac{\%Ret. Acum. Tamices (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Para el caso del agregado grueso, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1", 3/4", 3/8", N°4, más el valor de 500; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$M.G = \frac{\%Ret. Acum. Tamices (1", 3/4", 3/8", N^{\circ}4) + 500}{100}$$

1.2.4.1. Peso específico y absorción (NTP 400.021- 400.022, ASTM C 127 – C 128).

A. Peso específico de masa. Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{em} = \frac{W_{ms}}{S - V_a}$$

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{em} = \frac{W_{ms}}{S - W_{ma}}$$

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

B. Peso específico de masa saturada superficialmente seca. Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

Para el Agregado Fino, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{em(sss)} = \frac{S}{S - V_a}$$

S : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el Agregado Grueso, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{em(sss)} = \frac{S}{S - W_{ma}}$$

S: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

C. Peso específico nominal o aparente. Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el material es un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

Para el **Agregado Fino**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{e.a} = \frac{W_{ms}}{((S - V_a) - (S - W_{ms}))}$$

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

S: Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

V_a : Volumen de agua añadida.

Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{e.a} = \frac{W_{ms}}{W_{ms} - W_{ma}}$$

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

D. Absorción. Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergidos durante 24 horas en ésta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca expresado en porcentaje, se denomina porcentaje de Absorción.

La absorción, depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de mezclas de concreto.

La absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la resistencia a la abrasión y a la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_{e.a} = \frac{S - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100$$

S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

W_{ms}: Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

1.2.4.2. Contenido de humedad (NTP 400.010, ASTM C-70). Es el total de agua que contiene el agregado en un momento dado. Si se expresa como porcentaje de la muestra seca, se le denomina Porcentaje de Humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: seco en el laboratorio, seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto, se considera al agregado en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

A. Seco en el laboratorio. No existe humedad alguna en el agregado. Se consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de 105 ± 5°C.

B. Seco al aire. Es característico de los agregados que se han dejado secar al medio ambiente, cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Al igual

que en el estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

C. Saturado superficialmente seco. Viene a ser el estado cuando todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua. Es la condición ideal de un agregado, en el cual el agregado no absorbe ni cede agua al concreto.

D. Húmedo. Existe una película de agua que rodea al agregado, llamado agua libre, y es la cantidad de agua en exceso. En éste estado el contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. Es importante mencionar que el agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso.

El contenido de humedad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W\% = \frac{A - B}{B} \times 100$$

A: Peso de la muestra húmeda

B: Peso de la muestra seca

1.2.4.3. Peso unitario (NTP 400.017, ASTM C 29). Es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplean en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

A. Peso unitario seco suelto. Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

B. Peso unitario seco compactado. Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material en capas dentro del molde, éste se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute.

Según la American Concrete Institute (ACI), existen dos procedimientos para determinar el peso unitario seco compactado. El Método del Apisonado, para agregados cuyo tamaño máximo no sea mayor de 3.8 cm, y el Método De Vibrado, para agregados cuyo tamaño máximo está comprendido entre 3.8 cm y 10 cm:

B.1. Método del apisonado. El agregado se coloca en un recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta colmarlo. Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona dicha muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes, distribuidos uniformemente en cada capa. La varilla de acero es de 16 mm de ancho y 60 cm de longitud, terminada en una semiesfera.

Al apisonar se aplica la fuerza necesaria para que la varilla atraviese solamente la capa respectiva.

Una vez colmado el recipiente se enrasa la superficie usando la varilla como regla y se determina el peso neto del agregado en Kg; para finalmente obtener el peso unitario seco compactado del agregado, al multiplicar dicho peso por el factor (F), como se indica en los cálculos realizados de los agregados.

B.2. Método de vibrado. El agregado se coloca en un recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente hasta colmarlo. Al terminar de colocar cada capa, se coloca el recipiente sobre una base firme y se inclina hasta que el borde opuesto al punto de apoyo diste unos 5 cm de la base. Luego se suelta, con lo

que se produce un golpe seco y se repite la operación inclinando el recipiente por el borde opuesto.

Estos golpes alternados se ejecutan 25 veces de cada lado, de modo que el número total es de 50 para cada capa y 150 para todo el conjunto.

Al término, se enrasa la superficie del agregado con una regla o con la mano, de modo que las partes salientes se compensen con las depresiones en relación al plano de enrase; para finalmente obtener el peso unitario seco compactado.

1.2.4.4. Porcentaje que pasa el tamiz # 200 (NTP 400.018, ASTM C 117). Son materiales muy finos del agregado, se presentan en forma de recubrimientos superficiales (arcillas), o en forma de partículas sueltas (limo y polvo de trituración). La primera interfiere en la adherencia entre el agregado y el cemento, y la segunda incrementa la cantidad de agua de mezclado, logrando disminuir la resistencia.

- Las partículas muy finas como la arcilla, el limo y el polvo de trituración pueden ser eliminadas de los agregados mediante el lavado de los mismos con agua potable o su similar.
- El porcentaje que pasa el tamiz # 200, se calcula mediante tamizado por lavado en la malla N° 200. A la pérdida en peso debido al lavado, calculado en porcentaje en peso de la muestra original, se la conoce como: porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200.

A. Porcentaje que pasa el tamiz # 200 (sin lavado previo). Se realizó el cálculo del porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 tal cual se obtuvo de la cantera, utilizándose la siguiente expresión:

$$\% \text{ Pasa tamiz N}^\circ 200 = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

W_i: Peso seco de la muestra original

W_f: Peso seco de la muestra después del lavado

B. porcentaje que pasa el tamiz # 200 (con lavado previo). Debido a la excesiva presencia de material fino en los agregados, se realizó un lavado previo de los mismos con agua potable de la red, utilizándose la siguiente expresión:

$$\% \text{ Pasa tamiz N}^{\circ}200 = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

W_i: Peso seco de la muestra original

W_f: Peso seco de la muestra después del lavado

1.2.4.5. Resistencia a la abrasión (NTP 400.019 - 400.020, ASTM C 131). Es la fuerza que presentan los agregados al ser sometidos a fuerzas de impacto, al desgaste por abrasión y frotamiento. Cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

El método de prueba usado es el de la Máquina los Ángeles, por su rapidez y porque se puede aplicar a cualquier agregado. La resistencia a la abrasión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_e = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100$$

W_o: Peso Original de la muestra

W_f: Peso final de la muestra

Para el cálculo de la Resistencia a la Abrasión, se escogerá una de las 4 gradaciones (A, B, C, D); establecidas por las aberturas de los tamices de la

norma ITINTEC 350.001; y dependiendo el tipo de gradación se procederá al ensayo con un número determinado de esferas.

El número de esferas para el ensayo, deberán ser de fierro fundido, con un diámetro de 48 mm y entre 390 y 445 gr de masa.

Tabla 1.7. Gradaciones de muestras de ensayo

TAMAÑO DE LOS TAMICES (ABERTURAS GRADADAS)		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (g)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1 1/2")	25.40 mm (1")	1250±25	-----	-----	-----
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1250±25	-----	-----	-----
19.00 mm (3/4")	12.70 mm (1/2")	1250±10	2500±10	-----	-----
12.70 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	1250±10	2500±10	-----	-----
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	-----	-----	2500±10	-----
6.35 mm (1/4")	4.76 mm (Nº 4)	-----	-----	2500±10	-----
4.76 mm (Nº 4)	2.36 mm (Nº 8)	-----	-----	-----	5000±10

Fuente. Norma ITINTEC 350.001

Tabla 1.8. Carga abrasiva

GRADACIÓN	NÚMEROS DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Fuente. Norma ITINTEC 350.001

1.2.6.-Concreto.

1.2.6.1.- Definición. el Concreto es un material de construcción, pétreo, artificial, producto de la combinación, en proporciones determinadas de agregados, cemento, agua y aditivos. El cemento y el agua al reaccionar forman una pasta que rodea a los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Dicha combinación debe ser satisfactoria, tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

1.2.6.2.- Clasificación.

Existen diversos tipos de hormigones, y entre éstos se pueden mencionar los siguientes: hormigón simple, hormigón ciclópeo, hormigón armado, hormigón estructural, hormigón pretensado, hormigón postensado, etc.

1.2.6.3.- Naturaleza física del Concreto.- En una mezcla de concreto ordinario, no endurecida, se tienen tres componentes principales, y cuyas proporciones en volumen se encuentran en los siguientes intervalos: agregados (60-80 %), cemento (6-16 %), agua (12-20 %), aditivos (0.4%-10%). Además se encuentra un quinto componente de origen natural, el aire que se halla entre (1-6 %).

Sin embargo, para facilitar el estudio del comportamiento del hormigón desde la etapa en que se considera como una masa fluida sin forma regular, hasta que se convierta en un cuerpo sólido y que adquiera ciertas propiedades, es importante considerar que se encuentra formado por sólo dos componentes: los agregados minerales y la pasta de cemento, siendo función de esta última, entre otras, la de separar las piezas individuales de los agregados y adherirse firmemente a ellas.

1.2.6.4.- Porosidad. Existen en el hormigón, además de los agregados y la pasta de cemento, cantidades variables de espacios vacíos, que forman parte importante del mismo. Estos vacíos no contienen materia sólida pero que, bajo ciertas circunstancias, pueden llenarse total o parcialmente con agua; situación que resulta perjudicial en el hormigón endurecido. Su capacidad para retener el agua, está en función inversa de su tamaño.

Los espacios vacíos presentes en el hormigón se pueden agrupar por la siguiente manera.

- a) **La porosidad cerrada:** Cuando los poros no se comunican entre ellos ni con el exterior; formada por parte de la porosidad de agregados y por el aire atrapado en el concreto.
- b) **La porosidad abierta:** Cuando los poros se comunican entre sí y con el medio exterior al concreto; formada por la porosidad de agregados y por los micro canales dejados al evaporarse parte del agua de mezclado (poros capilares), y es aquella que debe preocupar a los expertos en concreto.

1.2.6.5.- Relación Agua/Cemento.

a).- **Alcance.** Al igual que en otras reacciones químicas, el cemento y el agua se combina en proporciones definidas, y para el cemento Portland Normal, una parte de cemento en peso, necesita algo menos de 0.25 partes de agua en peso para su hidratación. Una mezcla de hormigón con tal proporción de agua, sería difícil de prepararse y compactarse, razón por la cual, se incrementa la cantidad de agua para lubricar dicha mezcla, es decir para hacerla trabajable; sin embargo es necesario que el incremento de agua para lubricar la mezcla sea el mínimo requerido, pues de lo contrario el exceso de agua al evaporarse por efecto de secado, puede originar vacíos que son perjudiciales para el hormigón.

b).- **Definición.**

La cantidad de agua, que interviene en la mezcla, cuando el agregado está en condiciones de saturado superficialmente seco, dividida entre la cantidad de cemento empleada en la misma, está definida como la relación agua-

cemento.

Matemáticamente, la relación agua-cemento se expresa:

$$A/C = \frac{W_a}{W_c} \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

A/C = Relación agua-cemento

W_a = Peso del agua (Kg) cuando los agregados están s.s.s.

W_c = Peso del cemento (Kg)

1.2.6.6. Influencia de la Relación Agua- Cemento.

La relación agua-cemento, es el factor individual más importante del hormigón, pues determina las principales propiedades de éste, tales como: resistencia, durabilidad, impermeabilidad, etc.

Un hormigón de resistencia razonable y colocada adecuadamente, es durable bajo condiciones ordinarias, pero es preciso aclarar, que cuando un hormigón no es necesario que posea alta resistencia y las condiciones de exposición sean tales que, la alta durabilidad sea vital, es ésta la que deberá determinar la relación agua-cemento a usarse.

1.2.7.- Propiedades del concreto Fresco (ASTM C172)

1.2.7.1. Concreto Fresco.

Es el estado en que una masa de hormigón, durante las primeras horas de haberse fabricado, puede moldearse fácilmente, con una fluidez que depende, principalmente, de las cantidades de pasta y del agua misma dentro de ella. Las principales propiedades que el hormigón presenta en estas condiciones son:

1.2.7.2.- Trabajabilidad.

a) **Definición.-** La trabajabilidad es la propiedad del hormigón recién mezclado, que determina la facilidad con que ésta puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado con el menor esfuerzo y sin la presencia de segregación y exudación durante estas operaciones.

b) Factores que afectan la Trabajabilidad.

En una mezcla de concreto, la trabajabilidad depende de muchos factores, siendo los más importantes los siguientes:

- Contenido de agua de la mezcla.
- Contenido, finura y composición química del cemento.
- Tamaño máximo, granulometría, forma y textura de los agregados.
- Proporciones de la mezcla de hormigón.
- Temperatura ambiente.
- Tiempo de medición.
- Aditivos.

1.2.7.3.- Consistencia.

Definición.- Es el comportamiento de la masa en diferentes condiciones de humedad y está relacionada con la habilidad relativa que tiene el hormigón fresco para fluir. De acuerdo al mayor o menor contenido de agua, se dice que la mezcla tiene consistencia húmeda, cuando es muy fluida; se trata de una consistencia plástica, cuando es de fluidez media; y tiene consistencia seca, cuando la mezcla es poco fluida.

1.2.7.4.- Medida de la Consistencia. Para medir la consistencia del concreto existen tres pruebas:

- 1º Prueba del revenimiento
- 2º Prueba de la esfera de Kelly.
- 3º Prueba de la mesa de fluidez.

La primera prueba es conocida ampliamente y se usa para mantener la uniformidad del hormigón en obra, proporcionándonos una idea de la resistencia en el campo. Las otras dos pruebas son exclusivas para el laboratorio y casi nunca se emplean en la práctica.

Por consiguiente, a continuación describiremos la prueba del revenimiento o "Slump Test".

1.2.7.5.- Prueba del Revenimiento. Esta prueba es de carácter práctico, y se usa frecuentemente tanto en el laboratorio como en el campo debido a su simplicidad. Su empleo es aceptado para caracterizar el comportamiento del hormigón fresco y consiste en consolidar una muestra representativa del mismo en un molde metálico tronco cónico de 12" de altura, con 8" de diámetro en la base y 4" en la parte superior.

Nuestro país se rige por la NTP 339.035 y el ensayo se denomina de Asentamiento.

Se mide por el "Slump" o consistencia (cono de ABRAMS), ya que este permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, pero limitadamente, pues es una prueba de uniformidad más que de trabajabilidad.

Es común que esta prueba sea un condicionante de aprobación o desaprobación del concreto fresco.

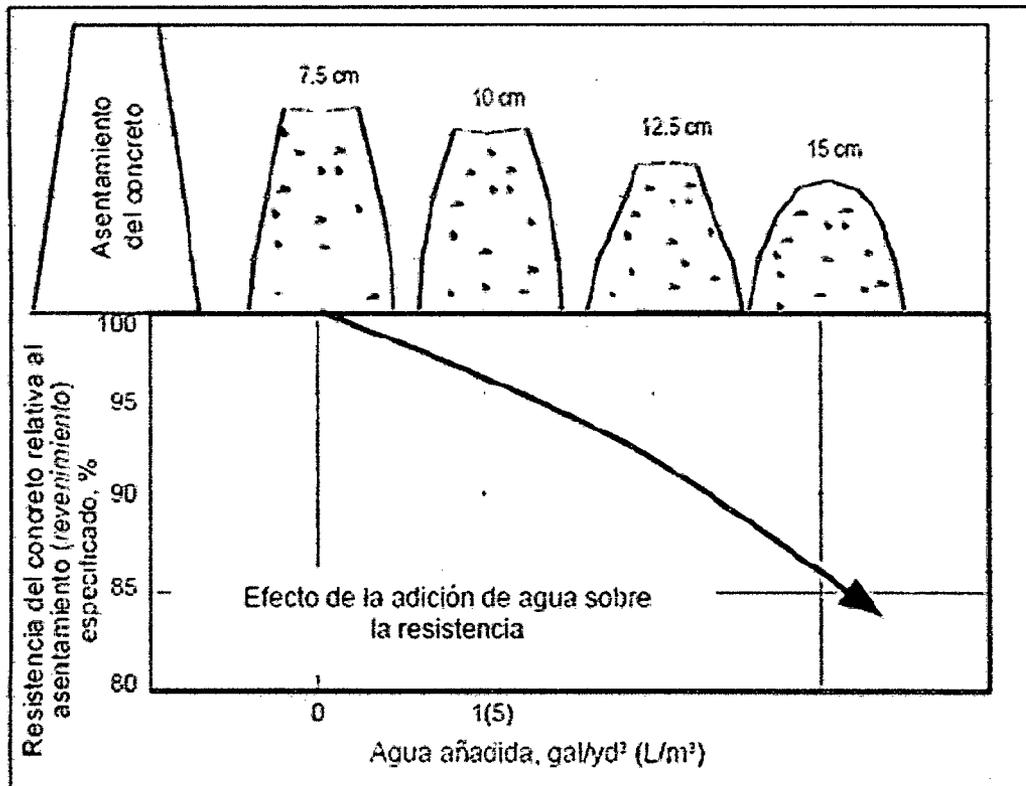


Figura 1.2. Efecto del efecto de la adición de agua sobre el asentamiento y la resistencia del concreto.

Fuente: <http://civilgeeks.com>, 2011

1.2.7.6.- Muestreo. La muestra para determinar la consistencia del hormigón debe ser obtenida al azar, mediante un método conveniente y sin considerar la calidad aparente del hormigón.

Por cada 120 m³ de concreto producido o 500 m² de superficie de llenado y en el menor de los casos una vez al día, se deberá obtener una muestra, cuyo volumen no será menor de 30 litros y tomada dentro del término de una hora inmediata a su preparación.

Cuando la muestra vaya a obtenerse al pie de la mezcladora, y el volumen de concreto contenido en ésta sea menor de 0.5 m³, se tomará el material del centro de la descarga. Si dicho volumen fuera mayor, se tomará material correspondiente al fin del primer tercio de descarga y del inicio del último

tercio, formándose una muestra compuesta.

Cuando el volumen de hormigón transportado en recipientes sea mayor de 0.25 m³, la muestra se formará mezclando porciones de diferentes partes de los recipientes.

El tiempo transcurrido entre las operaciones de muestreo y el moldeo del pastón de hormigón no deberá ser mayor de 15 minutos.

1.2.7.7.- Procedimiento. El molde se coloca sobre una superficie plana, suave, no absorbente, asegurándose de que la superficie interna del mismo se encuentra completamente limpia, manteniéndolo inmóvil pisando las aletas que lleva en su parte inferior.

En seguida se vierte una capa de hormigón hasta un tercio del volumen y se apisona con una varilla de 5/8", 60 cm. de largo, redondeado en su parte inferior, aplicando 25 golpes, uniformemente distribuidos.

El llenado del molde se completa con dos capas sucesivas similares a la primera, enrasando la parte superior, teniéndose cuidado de que al apisonar, la varilla no pase a la capa inmediata inferior.

Lleno y enrasado el molde, éste debe mantenerse sujeto con los pies hasta que el concreto excesivo alrededor de las base se haya limpiado.

Luego el molde se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical, permitiendo así que el hormigón resbale para medir su altura, cuando ha cesado el asentamiento. Se recomienda que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de dos minutos.

La consistencia se registra en términos de centímetros de caída del

espécimen y con una aproximación de 05 cm.

1.2.7.8.-Tipos de Revenimiento. Se han establecido tres tipos de revenimiento característico:

El primero consiste en un resbalamiento general y uniforme sin sufrir grandes deformaciones, ni separación de sus componentes, porque la pasta que cubre los agregados es ligante. A éste se le denomina revenimiento **NORMAL** o **VERDADERO**.

El segundo es un revenimiento **POR CORTE**, donde la parte media superior del cono se corta y se desliza en un plano inclinado, debido a que la pasta pierde su poder aglomerante, por un incremento en la cantidad de agua. Cuando se produce un asentamiento de este tipo, la prueba debe repetirse y en caso de que esta persista, como puede suceder con mezclas ásperas, será indicio de falta de cohesión en la mezcla, y deberá registrarse el hecho en el reporte de las pruebas.

El tercero corresponde a un deslizamiento total del cono y se le denomina **CAÍDO**, **COLAPSO** o **DESPLOMADO**. Este tipo de revenimiento ocurre cuando el hormigón es fluido y pobre en finos, ya que en tal estado, la mezcla es difícil que se mantenga unida.

Como mencionamos anteriormente, en forma indirecta y a través de la consistencia determinada por la prueba del revenimiento, se puede evaluar la trabajabilidad de una mezcla de hormigón. A continuación se muestra una tabla que nos proporciona una idea al respecto.

TABLA N° 1.9. Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del Hormigón

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	≥ 5"	Muy Trabajable

Fuente. Laura Huanca S, 2008

1.2.7.8.- Segregación. La segregación se puede definir como la descomposición mecánica del hormigón en sus partes constituyentes, de modo que su distribución deje de ser uniforme. Se puede presentar dos formas de segregación: en la primera, las partículas gruesas tienden a separarse del mortero porque suelen desplazarse a lo largo de una pendiente o se asientan más que las partículas finas; en la segunda forma de segregación, la lechada se separa de la mezcla y se produce exclusivamente en aquellas que están húmedas.

1.2.7.9.- Factores que Influyen en la Segregación. La diferencia apreciable entre el peso específico del agregado grueso y el agregado fino.

La diferencia considerable en tamaño de las partículas.

Los procesos inadecuados de manipulación, transporte y colocación del hormigón.

El exceso de vibración, al permitir una separación de agregado grueso hacia el fondo de la cimbra y la pasta de cemento hacia la parte superior, puede originarse segregación.

1.2.7.10.-Exudación. La exudación o sangrado es una forma de segregación en la cual una parte del agua de la mezcla tiende a elevarse a

la superficie de un concreto recién colocado. Este fenómeno se debe a que los constituyentes sólidos no pueden retener todo el agua cuando se sedimentan.

En el fenómeno de la exudación se presentan dos factores importantes, los mismos que no necesariamente están relacionados, pero que es preciso distinguirlos:

- La velocidad de exudación, que viene a ser la rapidez con la que el agua se acumula en la superficie del hormigón.
- La capacidad de exudación, que está definida por el volumen total de agua que aparece en la superficie del hormigón.

La exudación del hormigón no cesa hasta que la pasta de cemento se ha endurecido lo suficientemente, como para poner fin el proceso de sedimentación.

1.2.7.11.- Propiedades del Concreto endurecido. Impermeabilidad, durabilidad, resistencia mecánica (compresión, tensión, flexión, abrasión, etc.), resistencia al fuego y a la radiactividad, cambios volumétricos y eléctricos.

1.2.7.12.- Resistencia a la Compresión. (ASTM C39)

a) Alcance. Se considera generalmente que la resistencia del hormigón, constituye la propiedad más valiosa, aunque ésta no debe ser el único criterio de diseño, ya que en algunos casos pueden resultar más importantes características como la durabilidad, impermeabilidad, etc. Sin embargo, la resistencia nos da una idea general de la calidad del

concreto por dos razones:

De todas las resistencias conocidas, nos interesa aquella que define la capacidad de carga por unidad de superficie del hormigón y que se le denomina resistencia a la compresión. Esta es tal vez la resistencia mecánica más notable del hormigón y es posible que como prueba única de control sea la más conveniente e informativa.

b) Determinación de la Resistencia a la Compresión.

La resistencia a la compresión de un hormigón se puede medir a través de pruebas mecánicas, realizadas tanto en obra como en laboratorio. Estas pruebas pueden ser destructivas o no destructivas.

Para las pruebas de compresión generalmente se utilizan 3 tipos de muestras; cubos, cilindros y prismas. No obstante, las Normas A.S.T.M. especifican que para determinar la resistencia a la compresión de un hormigón, se deben emplear muestras cilíndricas estándar de 6" de diámetro por 12" de altura, sometidos a esfuerzo de compresión y ensayadas a los 28 días.

Para efectos de investigación y cuando los planos de diseño así lo especifiquen, éstas pruebas se pueden realizar a edades tales como: 3, 7, 14, 28, 90, 360 días respectivamente.

El esfuerzo a la compresión se expresa en Kg/cm² y se calcula con la siguiente expresión"

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

P = Carga de rotura (Kg).

$A =$ Área de la sección transversal (cm^2)

$f_c =$ Esfuerzo de rotura del hormigón (Kg/cm^2)

c) Módulo de Elasticidad. Enrique Rivva López en su libro Naturaleza y Materiales del Concreto del año 2000, afirma que conforme el módulo de elasticidad del agregado se incrementa ocurre lo mismo con el del concreto, por lo que conforme el volumen de agregado se incrementa el módulo de elasticidad del concreto deberá aproximarse al del agregado.

1.2.8.-Agua (NTP 334.088)

1.2.8.1. Definición. Es un líquido estable que posee propiedades particulares:

Entre estas se destaca su marcado poder disolvente debido al elevado valor de la constante dieléctrica que le permite disolver numerosas sales (de Ca, Mg, Na, amoniacales, etc.), su densidad máxima a $4\text{ }^\circ\text{C}$ igual a $1.00\text{ g}/\text{cm}^3$; y no se disocia más que a partir de los $100\text{ }^\circ\text{C}$.

La calidad de este líquido elemento es importante bajo dos aspectos diferentes:

a.- Como agua de mezclado elaborar el hormigón fresco.

b.- Como agua de hormigón con el hormigón endurecido, ya sea para el curado o como el elemento que forma parte del medio que los rodea. Sin embargo en este capítulo solamente trataremos aspectos relacionados con su utilización como componente del hormigón fresco.

1.5.2.- Especificaciones para el Agua de Mezclado.

Para la fabricación del hormigón el agua a emplearse deberá ser limpia y estar libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales,

materiales orgánicos u otras sustancias que pueden ser nocivos al hormigón o al acero de refuerzo; puesto que influye desfavorablemente sobre el fraguado, resistencia y estabilidad de volumen del primero, y pueden provocar eflorescencia o corrosión en el segundo.

El agua empleada en la preparación de mezclas y curado del concreto, con los requisitos de la norma técnica **NTP 339.088** y ser de preferencia, potable.

Los límites permisibles de acuerdo a la norma son los siguientes

Las impurezas más comunes en el agua, se encuentran limitadas por las cantidades expresadas en la tabla N° 4

TABLA 1.10 Límites Permisibles de Impurezas del Agua NTP 339.088

Descripción	Agua para hormigón
Sólido suspensión	5000 ppm
Materia Orgánica	3ppm
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000 ppm max.
Sulfatos Sulfatos (Ion So ₄ ²⁻)	600ppm max
Cloruros (Ion CL ¹⁻)	1000ppmmax
PH	Entre 5.0 y 8.0

Podrá utilizarse aguas naturales no potables, únicamente si la calidad de la misma, determinada mediante análisis físico químico de laboratorio, cumplen con los valores siguientes:

Descripción	Agua para hormigón
Cloruros	300ppm
Sulfatos	300 ppm

Sales de Magnesio	150ppm
Sales Solubles	500 ppm
P.H.	> 7.0
Sólidos en Suspensión	1000 ppm
Materia Orgánica	10 ppm

- PPM= Partes por Millon

1.2.9.- Diseño de mezclas método módulo de fineza de la combinación de agregados.

Como consecuencia de las investigaciones realizadas se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de fineza de los agregados finos y gruesos, así como su participación porcentual en el volumen absoluto total del agregado.

La ecuación es:

$$m_c = r_f * m_f + r_g * m_g$$

Dónde:

m_c : Módulo de fineza de la combinación de agregados.

m_f : Módulo de fineza del agregado fino.

m_g : Módulo de fineza del agregado grueso.

r_f : Porcentaje del agregado fino en relación al volumen absoluto total de agregado.

r_g : Porcentaje del agregado grueso en relación al volumen absoluto total de agregado.

Y conociendo que $r_f + r_g = 100\%$; se tiene la siguiente ecuación: $r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$

1.2.9.1.-Resistencia Requerida. Según Norma E.060-2009, Cuando una instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos de resistencia en obra para el cálculo de S_s , f'_{CR} debe determinarse de la tabla 1.10.

Tabla 1.11. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la Compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión MPa
$f'c < 21$	$f'_{cr} = f'c + 7$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'_{cr} = f'c + 83$
$f'c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'c + 5.0$

Fuente: Norma ACI 318S - 11

1.2.4.6. Elección del asentamiento (Slump). Según Samuel Laura Huanca si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la tabla 1.8.

1.2.4.7. Selección de tamaño máximo del agregado. Las normas de diseño estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a) 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- b) 1/3 del peralte de la losa; o
- c) 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

1.2.4.8. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire. La tabla 1.9. preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado, consistencia y el perfil del mismo.

Tabla 1.12. Contenido de agua de mezcla para concreto sin aire incorporado

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA EN l/m ³ , PARA LOS ASENTAMIENTOS Y PERFILES DEL AGREGADO GRUESO						
TAMAÑO	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
MAXIMO DEL AGREGADO	AGREGADO REDONDEADO	AGREGADO ANGULAR	AGREGADO REDONDEADO	AGREGADO ANGULAR	AGREGADO REDONDEADO	AGREGADO ANGULAR
3/8	185	212	201	227	230	250
1/2	182	201	197	216	219	238
3/4	170	189	185	204	208	227
1	163	182	178	197	197	216
1 1/2	155	170	170	185	185	204
2	148	163	163	178	178	197
3	136	151	151	167	163	182

Fuente. Rivva López E, 2010

1.2.4.9. Elección de la relación agua/cemento (a/c). Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones.

Tabla 1.13. Relación agua / cemento por resistencia

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (kg/cm ²) f'_{cr}	RELACION AGUA/CEMENTO EN PESO PARA AGREGADO GRUESO DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL INDICADO		
	3/8	¾	1 1/2
140	0.87	0.85	0.80
175	0.79	0.76	0.71
210	0.72	0.69	0.64
245	0.66	0.62	0.58
280	0.61	0.58	0.53
315	0.57	0.53	0.49
350	0.53	0.49	0.45

* Esta tabla ha sido confeccionada por un grupo de investigadores de la Nacional Ready Mixed Concrete Association.

** Los valores corresponden a concretos sin aire incorporado. En concretos con aire incorporado, la reacción agua/cemento deberá estimarse sobre la base de la reducción del 5% en la resistencia por cada 1% de aire incorporado

Fuente. Rivva López E, 2010

1.2.4.10. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias.

Tabla 1.14. Módulo de fineza de la combinación de agregados.

TAMAÑO DEL AGREGADO GRUESO	MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS, EL CUAL DA LAS MEJORES CONDICIONES DE TRABAJABILIDAD PARA LOS CONTENIDOS DE CEMENTO EN SACO POR METRO CUBICO INDICADOS			
	6	7	8	9
3/8	3.96	4.04	4.11	4.19
½	4.46	4.54	4.61	4.69
¾	4.96	5.04	5.11	5.19
1	5.26	5.34	5.41	5.49
1 ½	5.56	5.64	5.71	5.79
2	5.86	5.69	6.01	6.09
3	6.16	6.29	6.31	6.39

Fuente. Rivva López E, 2010

CAPITULO II
MATERIALES Y METODO

CAPITULO II MATERIALES Y METODO

2.1.- Materiales de Ensayo

2.1.1.-Materiales Experimentales.

- **Cemento Pacasmayo Tipo I.**
- **Agua Potable**
- **Aditivo Sika Rapid 1**
- **Agregado fino de la Cantera Huayrapongo**
- **Agregado grueso de la cantera Huayrapongo**

2.1.2.- Equipo Experimental

- **Tamices para selección del agregado.**
- **Balanza electrónica con aproximación adecuada.**
- **Probeta graduada.**
- **Herramientas: palanas, badilejo, balde, cucharón, enrazador, reglas graduadas, calibrador, etc.**
- **Cono de Abraham, varilla de fierro de 60 cm. de largo y 5/8' de diámetro, semi-redondeado en un extremo.**
- **Mezcladora de 2.5 pie³.**
- **Kaping CT-55**
- **Prensa hidráulica.**
- **Deflectómetro.**

a.- Elección de la cantera para el presente trabajo.

Para la elección de la cantera se tomó como referencia los proyectos de tesis que algunos compañeros han realizado, y no habiendo estudios sobre los Agregados de la cantera de Huayrapongo – en el distrito de Llacanora, por sugerencia del Ing. Asesor se creyó conveniente hacer uso de esta cantera para el presente proyecto de tesis.

• **b.- Ubicación.**

La cantera está ubicada en el centro poblado de Huayrapongo distrito de Llacanora, a 4 Km. del Distrito de Baños de Inca, en la Provincia de Cajamarca; dicha cantera se encuentra entre las coordenadas UTM.

ESTE

NORTE

0782244

9205008

La cantera tiene una extensión aproximada de 250m Aguas arriba y 250m aguas abajo del río Chonta; del punto de coordenadas dado.

c.- Accesibilidad.

Para la extracción del material existe buena accesibilidad por una carretera asfaltada que es la carretera Baños del Inca –Llacanora, y una trocha de 100m aproximadamente debidamente afirmada. Hasta la cantera.

2.2.-Metodología

2.2.1.-Tipo de Investigación.

La presente investigación es del tipo Quasi Experimental y Descriptiva.

Quasi Experimental: Por cuanto se realizará el estudio del comportamiento de las propiedades de los concretos elaborados con agregados de cantera

de río y un aditivo acelerante de resistencias iniciales y aumento de resistencias finales, investigación que nos dará por resultado datos aún desconocidos o no explorados de manera científica.

Descriptiva: Por cuanto se describirá el procedimiento y los pasos a seguirse en el estudio propuesto y se analizarán los datos obtenidos.

Puesto que la investigación fue de tipo experimental y descriptiva se procedió a elaborar la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Factores, niveles y tratamientos en estudio

Variables	Niveles	Tratamientos	Código
Dosificación de Aditivo	D =1.0%	Dosificación de 1.0%	A 1
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 2
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 3
Tiempo de vida 14 días			
Tiempo de Vida del Concreto en Días	T= 14 Días	Dosificación de 1.0%	A 4
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 5
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 6
Tiempo de vida 14 días			
Tiempo de Vida del Concreto en Días	T= 14 Días	Dosificación de 1.0%	A 7
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 8
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 9
Tiempo de vida 14 días			
Tiempo de Vida del Concreto en Días	T= 14 Días	Dosificación de 1.0%	A 10
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 11
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 12
Tiempo de vida 14 días			
Tiempo de Vida del Concreto en Días	T= 14 Días	Dosificación de 1.0%	A 13
		Tiempo de vida 14 días	
		Dosificación de 1.0%	A 14
		Tiempo de vida 14 días	

Dosificación de 1.0%	
Tiempo de vida 14 días	A 15
Dosificación de 1.0%	
Tiempo de vida 14 días	A 16
Dosificación de 1.0%	
Tiempo de vida 14 días	A 17
Dosificación de 1.0%	
Tiempo de vida 14 días	A 18
Dosificación de 1.0%	
Tiempo de vida 14 días	A 19
Dosificación de 1.0%	
Tiempo de vida 14 días	A 20

2.2.2.-Tipo de Análisis.

De acuerdo a la naturaleza de los datos, se realizó un análisis Cuantitativo, puesto que, se recogió, proceso y analizó datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas. Esto dio una connotación que va más allá de un mero listado de datos organizados como resultado; pues estos datos están en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos.

En el presente trabajo se utilizó el método analítico-deductivo-reflexivo por cuanto al todo se lo ha separado en partes para conocer y analizar sus resultados.

Este proceso comenzó con la idea matriz o hipótesis a demostrar. Una vez definida, conceptualizada y estructurada la hipótesis, se analiza su factibilidad de ejecución, teniendo en cuenta los recursos materiales y humanos, y luego se procede a diseñar un programa a seguir.

2.2.3.-Etapas.

Primera etapa. Revisión bibliográfica, recopilación de datos o búsqueda de información, de todo lo referente al tema de investigación; que en el presente trabajo fueron libros de la especialidad, trabajos anteriores afines realizados en la Facultad de Ingeniería y páginas Web especializadas.

Segunda etapa. Transporte de los agregados, de la cantera seleccionada al laboratorio de ensayo de materiales de la U.N.C.

Tercera etapa. Ensayos preliminares, los cuales consistieron en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados; las cuales nos arrojaron los datos necesarios para la elaboración del diseño de mezclas por el método del módulo de finura de la combinación de agregados.

Cuarta etapa: Ensayos preliminares que consistieron en la determinación de las propiedades químicas de Agregados realizados el laboratorio de química de la UNC.

Quinta Etapa.- Experimentación, la cual consistió en la elaboración y ejecución de los ensayos físicos y mecánicos de los Especímenes de concreto, los cuales arrojaron los datos necesarios para poder establecer la influencia que ejerce el uso del aditivo SIKA RAPID 1 en el concreto elaborado con agregados de la cantera de Huayrapongo.

Sexta etapa: Procesamiento y análisis de resultados, como su nombre lo indica consiste en procesar y analizar los resultados obtenidos en la etapa anterior, para determinar los resultados finales que se obtiene en la investigación.

Séptima etapa. **Discusión y Conclusiones**, que es la etapa final de la investigación en la cual se define con precisión los resultados (deviene de la etapa anterior).

2.2.4.-Técnicas.

Esta investigación se realizó a través de la aplicación de tablas, proporciones y procedimientos establecidos en las Normas:

- ASTM C 33: Especificación Normalizada de Agregados para Concreto.
- ASTM C 150: Especificación Normalizada para Cemento Portland
- ASTM C 494: Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto

2.2.5.-Población de informantes.

2.2.5.1.-Población: En la presente investigación se considera como población a los agregados, como a las probetas de concreto elaborados.

2.2.5.2.-Muestra: En la presente investigación se considerará como muestra a los 20 Especímenes de concreto elaborados con aditivo en el laboratorio de ensayo de materiales de la E.A.P.I.C. de la UNC y a los ensayos tanto físicos como mecánicos de los agregados de la cantera evaluada.

2.2.6.-Procedimientos.

2.2.6.1.-Prueba de Especímenes a la Compresión: Luego que los especímenes cilíndricos han sido curados convenientemente, se sometió a esfuerzos de compresión de la siguiente manera:

- Primeramente se calienta el Kaping CT – 55 en una olla especial, hasta que éste se disuelva. Enseguida se colca una capa adecuada de esta sustancia en las dos superficies planas del espécimen, utilizando para esto el molde de cabeceado; y conseguir de esta manera una distribución uniforme de esfuerzos.
- Prosiguiendo, se coloca el espécimen refrenado por Kaping, cabeceado en la prensa hidráulica y se aplica la carga con una velocidad constante, comprendida entre 1.4 – 3.8 kg/cm²/seg. se registra las lecturas correspondientes para las cargas dadas en el tablero adherido a la prensa.
- La resistencia a la compresión de los especímenes, debe estar próxima a que se espera alcanzar, se obtiene dividiendo la carga de rotura (kg) entre la sección transversal del espécimen (cm²). La deformación unitaria se encuentra dividiendo la deformación total entre la altura del espécimen.

2.2.7.- Forma de tratamiento de datos:

El tema de investigación en materia del “uso de aditivos en el concreto” no es nuevo, pues ya ha sido estudiado por otros autores, los cuales han establecido ciertos lineamientos a tener en cuenta para el tratamiento de datos:

Dichos lineamientos hacen incidencia en las gráficas de comportamiento “Esfuerzo-Deformación Unitaria” de los ensayos de carácter mecánico, los cuales son los siguientes:

- A un esfuerzo nulo le corresponde una deformación total nula de la probeta de ensayo.
- Siendo el concreto un material elasto-plástico, se ha establecido que la geometría de las curvas “Esfuerzo-Deformación Unitaria”, presentan dos tramos diferenciados: El tramo Elástico y el Tramo Plástico.

- El tramo elástico, es el primer tramo cuyo comportamiento se ajusta a una línea recta inclinada (Función Lineal) que parte desde cero (0,0) y asciende hasta el punto de "Esfuerzo en el Límite proporcional Elástico".
- El tramo plástico, es el segundo tramo cuyo comportamiento se ajusta a una parábola (Función Cuadrática) o a una parábola cúbica (Función Cúbica) según sea el caso; que parte desde el punto de "Esfuerzo en el Límite proporcional Elástico" hasta el punto de "Esfuerzo de Rotura o colapso" (ver: Figura 2.1).
- La exactitud geométrica de los diagramas de los especímenes, dependen de la destreza del operador y la calibración de las máquinas; puesto que inciden directamente en la calidad de los resultados de cada ensayo.

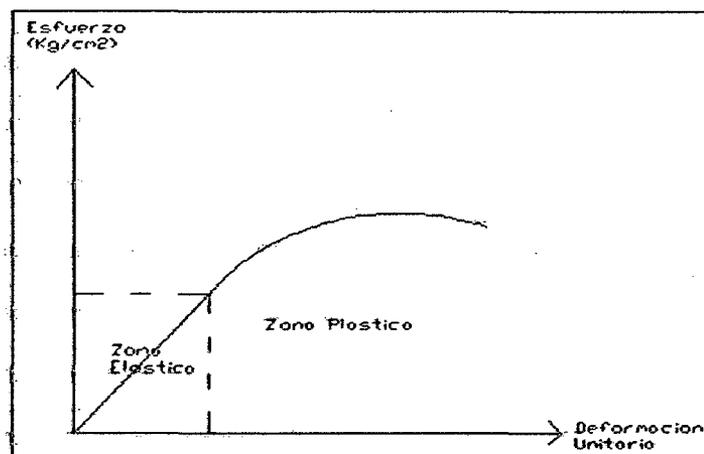


Figura 2.4. Curva típica esfuerzo-deformación unitaria para concreto.

Fuente: <http://civilgeeks.com>, 2011

2.2.8.-Forma de análisis de las informaciones.

Luego de ejecutar los ensayos en laboratorio y de contar con los datos arrojados por estos, se procedió a de la siguiente manera:

1. **Tratamiento inicial de datos.** Consiste en reemplazar los datos obtenidos de los ensayos en las fórmulas respectivas, arrojando resultados; los cuales de acuerdo a la naturaleza del ensayo fueron aceptados como "Resultados Iniciales" o fueron sometidos a otros tratamientos para aceptarlos como tales. Este procedimiento lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.
2. **Construcción de dispersogramas.** En algunos ensayos de acuerdo a su naturaleza y como la metodología lo exige se tienen que construir dispersogramas. "Esfuerzo - Deformación Unitaria", esta operación como su nombre lo indica consistió en la construcción de dichos dispersogramas para su posterior "ajuste".
3. **Ajuste de curvas.** La unión consecutiva de los puntos correlativos que conforman el dispersograma "Esfuerzo - Deformación Unitaria", forman la curva de comportamiento mecánico del concreto ante fuerzas externas para cada ensayo; a esta curva resultante se la tiene que "ajustar" en sus diferentes tramos, mediante tratamientos estadísticos, a fin de lograr las configuraciones establecidas por los esquemas que la bibliografía sugiere para los comportamientos de cada ensayo; con el objetivo de predecir matemáticamente el comportamiento ante las diferentes sollicitaciones externas a las que puede ser expuesta el concreto.
En consecuencia el ajuste de curvas consiste en la selección del modelo matemático que mejor se adapte a los datos del experimento. En nuestro caso hemos buscado que el coeficiente de correlación de cada modelo, se ajuste lo máximo posible a la unidad. Esta operación lo hemos realizado con la ayuda de un procesador.

4. Diagnóstico y análisis de curvas resultantes. Luego de realizado el "Ajuste De Curvas", se procedió a realizar un análisis de los modelamientos obtenidos para cada experimento:

Diagnóstico. Luego de ajustar las curvas Esfuerzo – Deformación Unitaria a los modelamiento matemáticos resultantes; se define lo siguiente:

- Los modelamientos matemáticos que mejor se adaptan a los diferentes experimentos son congruentes a los establecidos por la bibliografía existente.
- Para el caso, las curvas pertenecientes a los ensayos de Compresión Axial; el tramo elástico se ajusta a una función lineal y el tramo plástico se ajusta a una función cuadrática; pero pudiendo ajustarse la curva a una función cuadrática sin afectar significativamente la tendencia del tramo elástico de nuestra curva.
- En consecuencia de lo anterior la forma de las funciones que dominan el comportamiento de las curvas de los diferentes ensayos son:
 - * *Función Cuadrática* = $Y = aX^2 + bX + c; a, b, c, \in \mathbb{R}; a \neq 0$
- En las gráficas ajustadas se observa que la proyección de la línea de tendencia no intercepta al sistema de coordenadas "Esfuerzo (Y) – Deformación Unitaria (X)" en el punto (0,0).

Análisis. Partiremos de la premisa que el comportamiento esfuerzo-deformación unitaria debe de partir del punto (0,0) ya que para un esfuerzo nulo, le debe corresponder una deformación nula, lo cual no se refleja en las gráficas, ya que observamos que al proyectar la curva correspondiente a la función cuadrática intercepta al eje "X" (deformación unitaria) en algún punto

diferente de cero (0) y este efecto es explicable ya que al iniciar la pruebas existen ciertos factores que producen estos desfases los cuales pueden ser:

- Que el deformímetro no este calibrado exactamente en cero.
- Que las caras de las probetas prismáticas no estén perfectamente paralelas, lo cual arroja deformaciones anómalas hasta que la máquina la "acomode".
- Que la máquina universal las produzca debido a las compresiones del aceite del sistema hidráulico.
- Que sea producto de un error humano ya que es muy difícil que el operador de la máquina universal o el lector de las deformaciones logren una precisión absoluta en sus operaciones u apreciaciones.
- Que los produzca el redondeo de los resultados de los cálculos relativos al "Tratamiento Inicial de Datos".

Dadas estas teorías explicativas de lo que habría podido suceder, afirmamos que el comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria es como se expresa en las "Curvas Ajustadas", a las cuales se las tienen que "desplazar horizontalmente" hasta hacerlas coincidir con el origen valiéndonos de criterios matemáticos relativos a funciones.

5. Corrección de errores. Como hemos deducido líneas arriba, los modelamientos matemáticos de los datos de los experimentos realizados son los correctos; en consecuencia solamente bastaría con desplazar dichas curvas horizontalmente a través del eje de las "X" (deformación unitaria) hasta hacerlas coincidir con el origen del sistema cartesiano Esfuerzo – Deformación Unitaria, para aceptar dicho comportamiento como verdadero.

- Determinación de la distancia a desplazar. La distancia "k" que se debe desplazar horizontalmente a los modelamientos matemáticos de

comportamiento Esfuerzo-Deformación Unitaria, es la correspondiente a la posición de "X" cuando "Y=0" en la función lineal.

$$\text{Sea: } Y = aX^2 + bX + c; a, b, c, \in \mathbf{R} \wedge a \neq 0$$

$$\therefore \text{Si } Y = 0 \Rightarrow 0 = aX^2 + bX + c$$

$$\Rightarrow X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\therefore \Rightarrow K = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{-----} \rightarrow 1$$

- **Construcción de la función lineal desplazada.** Líneas arriba hemos determinado la distancia "K" que se tiene que desplazar horizontalmente al tramo elástico (función cuadrática) para hacerla coincidir con el punto (0,0) del eje del sistema cartesiano Esfuerzo-Deformación Unitaria sin alterar su comportamiento, por lo tanto:

$$\text{sea: } Y = f(X) \wedge F(X) = f(X + K)$$

$$\Rightarrow \text{Si: } Y = aX^2 + bX + c \Rightarrow Y = f(X) = aX^2 + bX + c$$

$$\Rightarrow F(X) = f(X + K) = a(X + K)^2 + b(X + K) + c$$

$$\Rightarrow f(X + K) = a(X^2 + K^2 + 2XK) + bX + bK + c$$

$$\Rightarrow f(X + K) = aX^2 + (b + 2K)X + (K^2 + c) \quad \text{-----} \rightarrow 2$$

Reemplazando (1) en (2)

$$\therefore \text{Si } f(X + K) = aX^2 + (b + 2K)X + (K^2 + c)$$

$$\Rightarrow f(X + K) = aX^2 + \left(b + 2 \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}\right)X + \left(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} + c\right)$$

$$\Rightarrow f(X + K) = aX^2 + \left(\frac{ba - b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{a}\right)X + \left(\frac{b^2 + b^2 - 4ac \pm 2b\sqrt{b^2 - 4ac}}{4a^2} + c\right)$$

$$\Rightarrow f(X + K) = aX^2 + \left(\frac{b(a - 1) \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{a}\right)X + \left(\frac{2b^2 - 4ac \pm 2b\sqrt{b^2 - 4ac}}{4a^2} + c\right) \quad \text{---} \rightarrow 3$$

La función cuadrática desplazada horizontalmente, quedaria definida por la fórmula:

$$Y = aX^2 + \left(\frac{b(a-1) \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{a} \right) X + \left(\frac{2b^2 - 4ac \pm 2b\sqrt{b^2 - 4ac}}{4a^2} + c \right)$$

Dónde:

Y: Función Cuadrática que domina el tramo plástico (Valor del Esfuerzo para una deformación unitaria "X").

a: Coeficiente de la variable de segundo grado del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.

b: Coeficiente de la variable de primer grado del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.

c: Coeficiente independiente del modelamiento matemático inicial de la "curva ajustada" en su tramo plástico.

X²: Variable de segundo grado del modelamiento matemático (Deformación Unitaria elevada al cuadrado, del correspondiente Esfuerzo).

6. Formulación de funciones y construcción de curvas de comportamiento.

Una vez corregidos los errores y valiéndome de las fórmulas deducidas en el numeral anterior, con ayuda del programa Derive 6 determine de manera rápida y precisa las funciones que dominen los correspondientes comportamientos "ideales" en los diferentes tramos de las curvas Esfuerzo-Deformación Unitaria de los ensayos mecánicos realizados para la investigación.

Luego se procedió a realizar la tabulación respectiva y por ende la construcción de las "Curvas Ideales De Comportamiento" para los diferentes ensayos, lo que para nuestro criterio constituyen los "Resultados Iniciales" de los ensayos mecánicos especificados anteriormente.

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSION

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Características físicas de los agregados de la cantera en estudio.

3.1.1 forma y textura superficial.

a) Forma.

Resultados obtenidos:

* GRAVA (RIO CAJAMARQUINO- HUAYRAPONGO - LLACANORA): La grava de esta cantera se caracteriza por presentar partículas de forma sub redondeada y ovoide; formas adquiridas durante el transporte de los materiales, motivados por las aguas del río y por el rozamiento entre las mismas partículas.

* ARENA (RIO CAJAMARQUINO – HUAYRAPONGO - LLACANORA): El agregado fino presenta una forma de grano angular y sub angular.

b) TEXTURA.

*GRAVA (HUAYRAPONGO - RIO CAJAMARQUINO): Este agregado presenta una superficie lisa.

* ARENA (HUAYRAPONGO - RIO CAJAMARQUINO): Presenta una superficie áspera.

3.1.2 Análisis Granulométrico. (NTP. 400.037)

RESULTADOS OBTENIDOS.

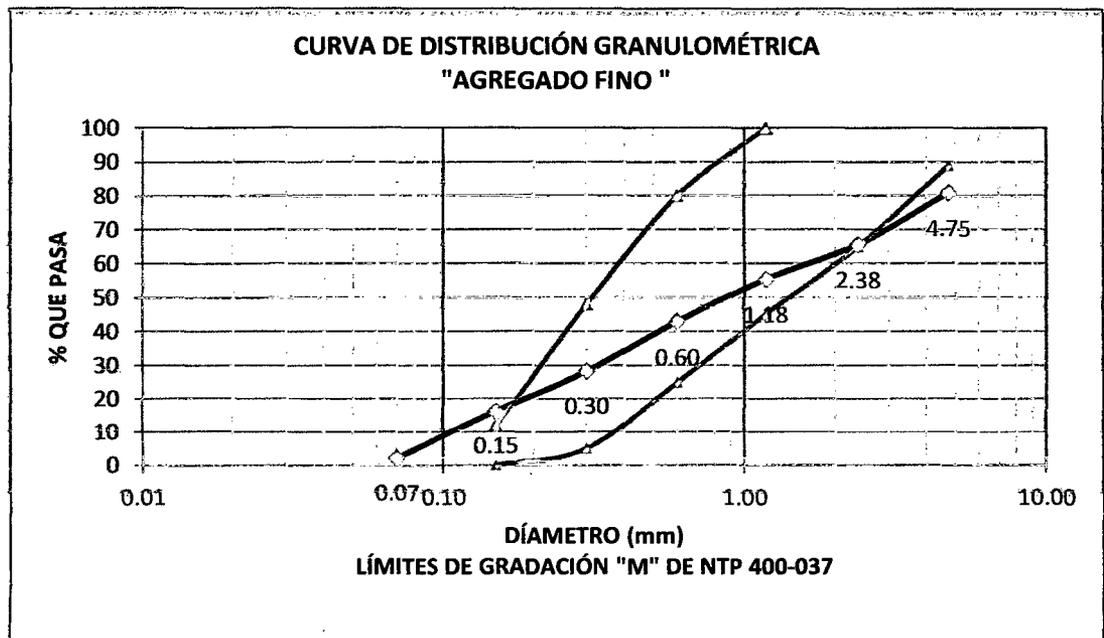
A. AGREGADO FINO: Arena de río.**1° ENSAYO****ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

(NTP. 400.037)

1. Análisis Granulométrico en seco

P. Muestra secada al horno (Ensayo 01) = 591.20g

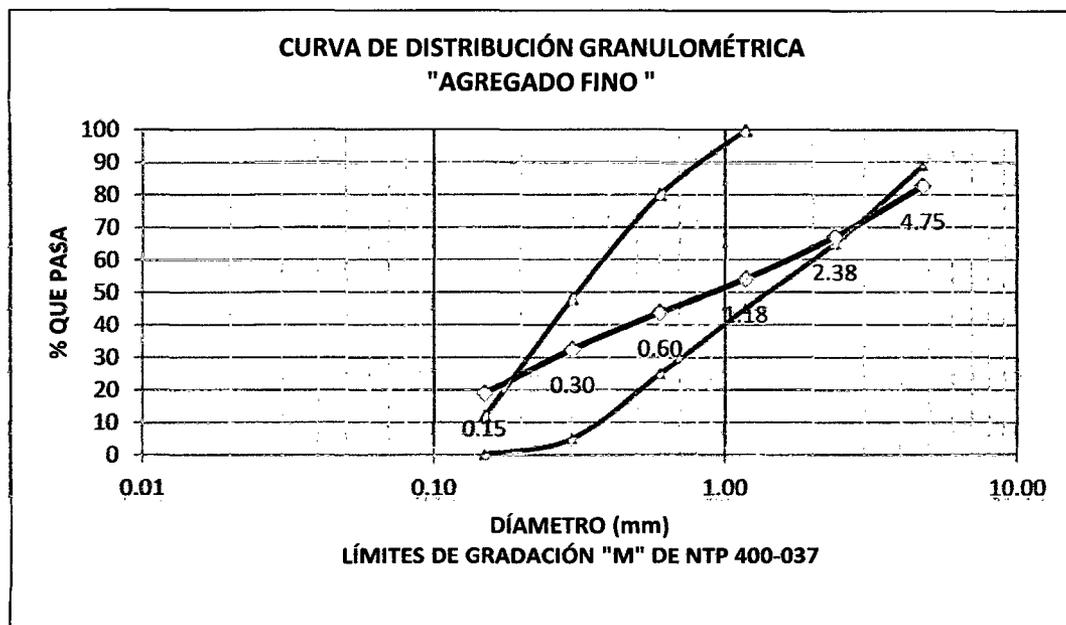
TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM	% QUE PASA
4	4.75	112.90	19.10	19.10	80.90
8	2.38	90.40	15.29	34.39	65.61
16	1.18	60.40	10.22	44.60	55.40
30	0.60	73.90	12.50	57.10	42.90
50	0.30	86.20	14.58	71.68	28.32
100	0.15	70.90	11.99	83.68	16.32
200	0.07	83.50	14.12	97.80	2.20
Cazoleta		13.00	2.20	100.00	0.00



D10 =	0.143	Cu =	13.488
D30 =	0.415	Cc =	0.623
D60 =	1.930		

**Peso de la Muestra secada al Horno
(ensayo N°2) 500gr.**

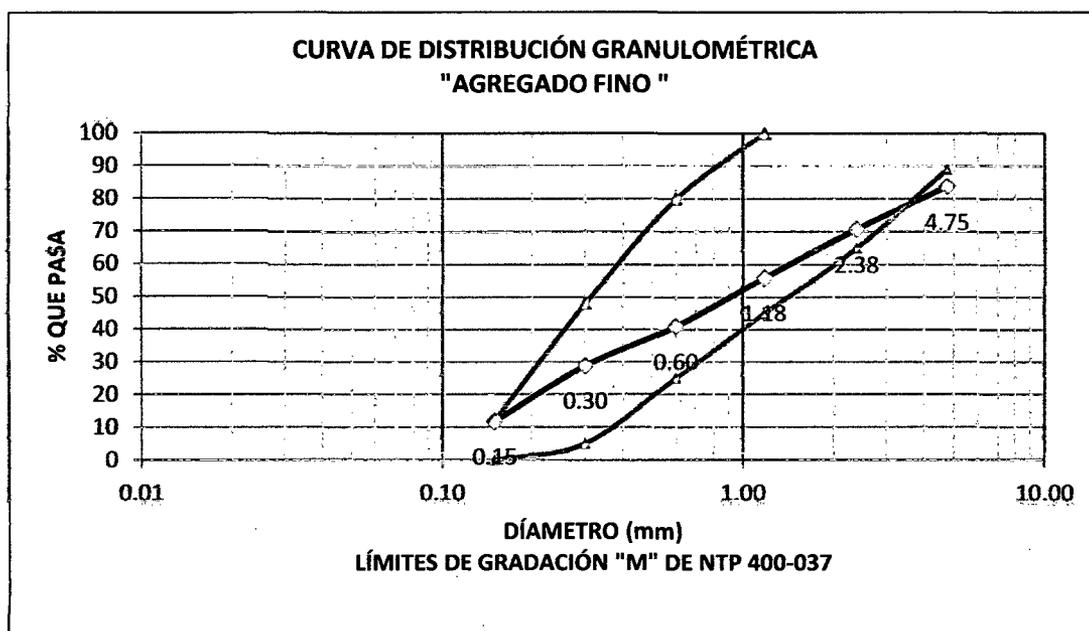
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% ACUM. RET.	% QUE PASA
4	4.75	86.30	17.26	17.26	82.74
8	2.38	78.50	15.70	32.96	67.04
16	1.18	64.30	12.86	45.82	54.18
30	0.60	52.40	10.48	56.30	43.70
50	0.30	55.90	11.18	67.48	32.52
100	0.15	67.60	13.52	81.00	19.00
200	0.07	85.00	17.00	98.00	2.00
Cazoleta		10.00	2.00	100.00	



D10 = 0.213 Cu = 9.372
D30 = 0.591 Cc = 0.823
D60 = 1.994

P. Muestra secada al horno (Ensayo 03) 500.00g

TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% ACUM RET.	% QUE PASA
4	4.75	81.00	16.20	16.20	83.80
8	2.38	65.00	13.00	29.20	70.80
16	1.18	74.00	14.80	44.00	56.00
30	0.60	75.00	15.00	59.00	41.00
50	0.30	61.00	12.20	71.20	28.80
100	0.15	85.00	17.00	88.20	11.80
200	0.07	47.00	9.40	97.60	2.40
Cazoleta		12.00	2.40	100.00	0.00



D10 =	0.163	Cu =	3.681
D30 =	0.308	Cc =	0.970
D60 =	0.600		

2. Módulo de Finura

Ensayo 01	3.11
Ensayo 02	3.01
Ensayo 03	3.08
Promedio	3.06

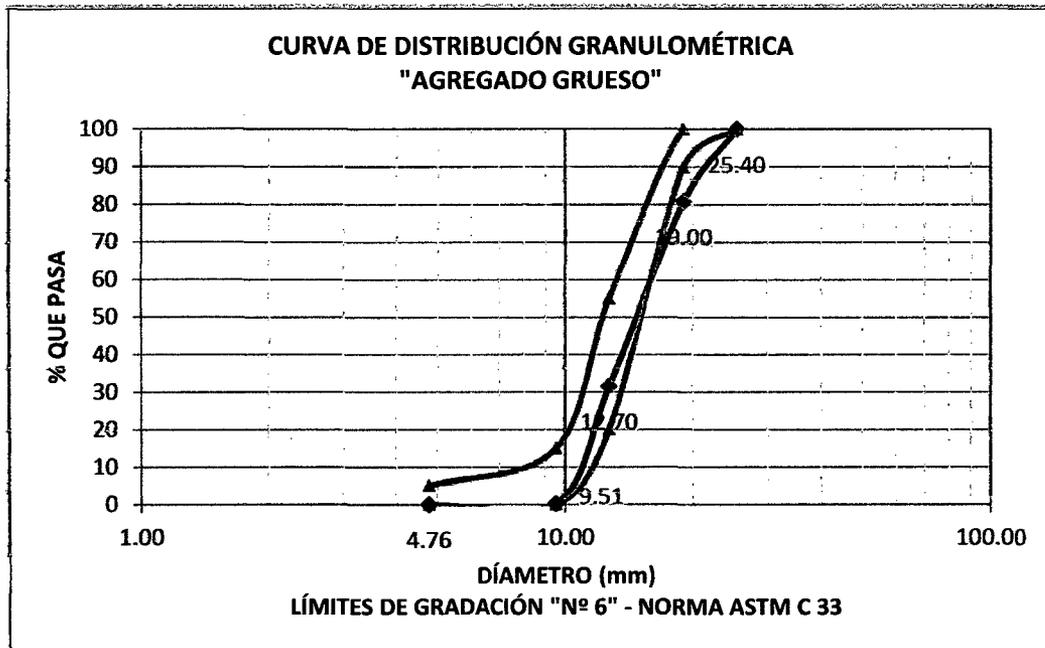
B. AGREGADO GRUESO: Grava de Río

Nombre de Cantera: (huayrapongo-Río Chonta.)

1. Análisis granulométrico en seco

P. Muestra secada al horno (Ensayo 01) 4.67 Kg

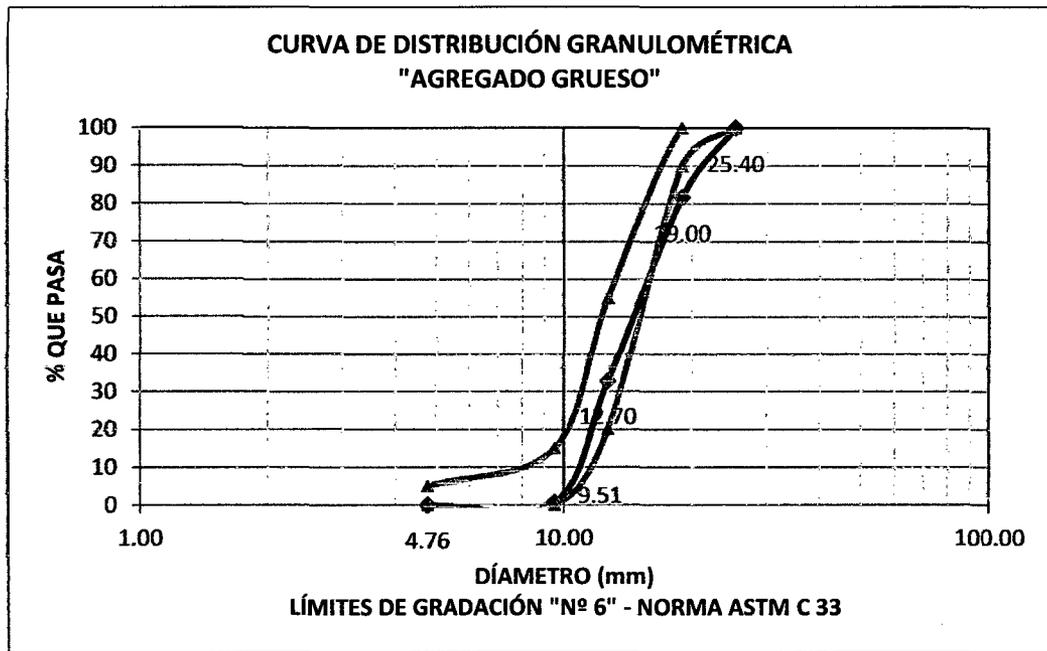
TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM	% QUE PASA
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	900.00	19.27	19.27	80.73
1/2"	12.70	2300.00	49.25	68.52	31.48
3/8"	9.51	1459.00	31.24	99.76	0.24
4	4.76	11.00	0.24	100.00	0.00
Cazoleta		0.00	0.00	100.00	0.00



D10 =	10.507	Cu =	1.556
D30 =	12.549	Cc =	0.917
D60 =	16.348		

P. Muestra secada al horno (Ensayo 02) 5.00 Kg

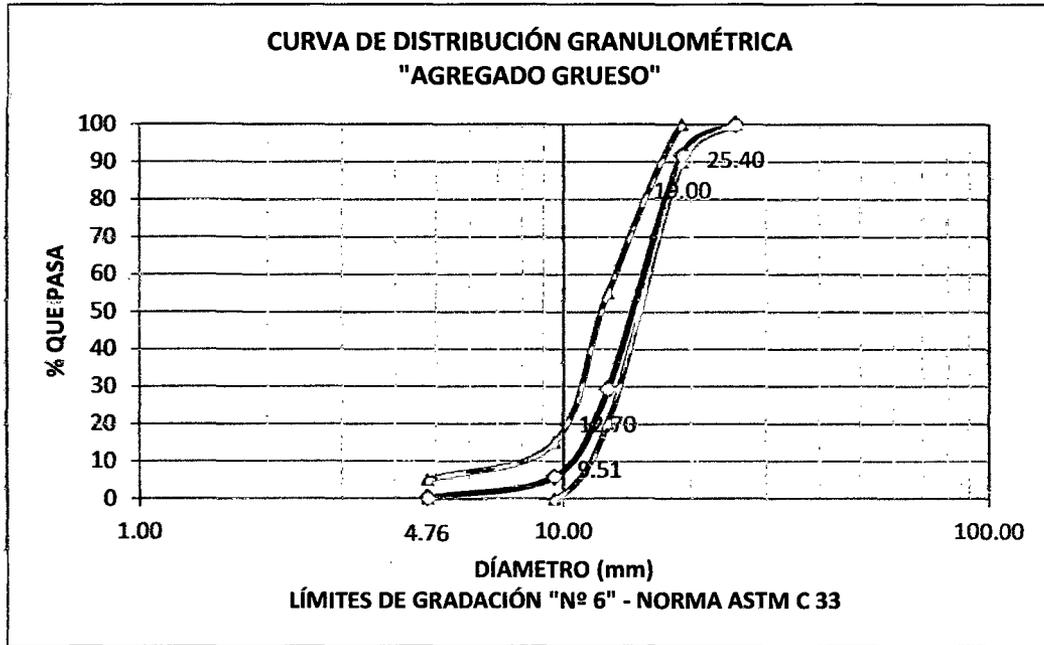
TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM	% QUE PASA
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	916.50	18.33	18.33	81.67
1/2"	12.70	2441.50	48.83	67.16	32.84
3/8"	9.51	1611.00	32.22	99.38	0.62
4	4.76	31.00	0.62	100.00	0.00
Cazoleta		0.00	0.00	100.00	0.00



D10 = 10.439 Cu = 1.552
 D30 = 12.419 Cc = 0.912
 D60 = 16.204

P. Muestra secada al horno (Ensayo 03) 5.0 Kg

TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	P. RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RET. ACUM	% QUE PASA
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	406.00	8.12	8.12	91.88
1/2"	12.70	3130.00	62.60	70.72	29.28
3/8"	9.51	1174.00	23.48	94.20	5.80
4	4.76	280.00	5.60	99.80	0.20
Cazoleta		10.00	0.20	100.00	0.00



D10 = 10.982
 D30 = 13.613
 D60 = 16.217

Cu = 1.477
 Cc = 1.040

3.-Modulo de Finura de la Grava

Ensayo n^a 1 = 7.19
 Ensayo n^a 2 = 7.14
 Ensayo n^a 3 = 7.02

Promedio = 7.12

3.1.3 TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO. (NTP. 400. 011)

RESULTADOS OBTENIDOS:

Tamaño máximo del agregado = 1" (25.4 mm)

Tamaño máximo nominal = 3/4" (19.00 mm.)

3.1.4 MODULO DE FINURA. (NTP. 400.011)

Resultados obtenidos:

a. agregado fino: Arena de Río

Promedio MF = 3.06

b. agregado grueso: Grava de Río

Promedio M.F. = 7.12

3.1.5 Peso específico y absorción. (NTP. 400.021. y NTP. 400. 022)

3.1.5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION.

RESULTADOS OBTENIDOS

A. AGREGADO FINO

DETERMINACION	UND.	(NTP400.021)			PRO-MEDIO
		1	2	3	
1)Peso Material Saturado Superficialmente seco (en el aire)	gr.	500	500	500	500
2)Cantidad de agua usada	cm3	307	309	310	308.67
3)peso material seco en horno (105°C)	gr.	493.85	487	489	489.95
4) volumen del frasco	cm3	500	500	500	500
Peso específico de masa =3/(4-2)	gr/cm3	2.56	2.55	2.57	2.56
Peso específico de masa SSS =1/(4-2)	gr/cm3	2.59	2.62	2.63	2.61
Peso específico aparente =3/((4-2)-(1-3))	gr/cm3	2.64	2.74	2.73	2.70
% de absorción (1-3)/3x100	%	1.25	2.67	2.25	2.05

B.- AGREGADO GRUESO

(NTP400.021)					
DETERMINACION	UND.	1	2	3	PRO-MEDIO
1)Peso Material Saturado Superficialmente seco (en el aire)	gr.	5027	5031	5026	5028
2)Peso Material Saturado Superficialmente seco (Sumergido)	cm3	3138.5	3145	3147.5	3143.667
3)peso material seco en horno (105°C)	gr.	5000	5000	5000	5000
Peso específico de masa =3/(1-2)	gr/cm3	2.65	2.65	2.66	2.65
Peso específico de masa SSS =1/(1-2)	gr/cm3	2.66	2.67	2.68	2.67
Peso específico aparente =3/(3-2)	gr/cm3	2.69	2.70	2.70	2.69
% de absorción (1-3)/3x100	%	0.54	0.62	0.52	0.56

3.1.6 Contenido de humedad

Agregado fino

DESCRIPCION	UND.	MUESTRA		
		1	2	3
Recipiente N°				
Recipiente +suelo húmedo	gr.	546.2	658.3	608.3
Recipiente +suelo seco	cm3	515	629.7	572.4
Peso del Agua	gr.	31.2	28.6	35.9
Peso del Recipiente	gr.	40	39.5	40
Peso del Suelo Seco	gr	475	590.2	532.4
% de Humedad	%	6.16	4.62	6.32
% de Humedad (Promedio)	%	5.70		

Agregado grueso

DESCRIPCION	UND.	MUESTRA		
		1	2	3
Recipiente N°				
Recipiente +suelo húmedo	gr.	5840	5446	5644
Recipiente +suelo seco	cm3	5714	5315	5512
Peso del Agua	gr.	126	131	132
Peso del Recipiente	gr.	235	235	234
Peso del Suelo Seco	gr	5479	5080	5278
% de Humedad	%	2.25	2.51	2.44
% de Humedad	%	2.40		

3.1.7 PESO UNITARIO.(NTP. 400.017)

**3.1.7.1-Expresión de resultados
 Peso unitario seco suelto.**

Agregado fino.

MUESTRA	1	2	3
Peso A.F. (gr)	9550	9850	9910
Volumen(cm ³)	5560	5560	5560
P _{u.s.} (gr/cm ³)	1.717	1.771	1.782

$P_{u.s}=1.76 \text{ gr/cm}^3$

Peso unitario seco compactado

MUESTRA	1	2	3
Peso A.F. (gr)	10420	10620	10600
Volumen(cm ³)	5560	5560	5560
P _{u.c.} (gr/cm ³)	1.87	1.91	1.91

$P_{u.c}=1.89 \text{ gr/cm}^3$

Agregado grueso
Peso unitario seco suelto.

MUESTRA	1	2	3
Peso tara (gr)	11600	11600	11600
Peso + A.G.(gr)	20280	20020	20090
volumen(cm ³)	5560	5560	5560
P _{u.s.} (gr/cm ³)	1.56	1.51	1.53

De donde:

$$P_{u.s.}=1.53 \text{ gr/cm}$$

Peso unitario seco compactado.

MUESTRA	1	2	3
Peso tara (gr)	11600	11600	11600
Peso + A.G.(gr)	20890	20930	20900
volumen(cm ³)	5560	5560	5560
P _{u.c.} (gr/cm ³)	1.67	1.68	1.67

de donde:

$$P_{u.c.}=1.67 \text{ gr/cm}^3$$

3.1.8 Resistencia a la abrasión. (NTP. 400.019 y 400.020)

Resultados obtenidos

A. Piedra de rio 1º Ensayo

TAMICES		RETENIDO EN	A
ABERTURA	PASA		
3/4"	19.0 mm	1/2" 17.70 mm	2500.00 gr.
1/2"	12.7 mm	3/8" 09.51 mm	2500.00 gr.
TOTAL			5000.00 gr.

Peso Inicial = 5000.00 gr.

Peso Final = 3888.10 gr.

$$5000.00 - 3888.10$$

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{\quad}{5000.00} \times 100 = 22.24$$

% de desgaste= 22.24 %

2° ENSAYO

TAMICES		RETENIDO EN	A
ABERTURA	PASA		
3/4"	19.0 mm	1/2" 17.70 mm	2500.00 gr.
1/2"	12.7 mm	3/8" 09.51 mm	2500.00 gr.
TOTAL			5000.00 gr.

Peso Inicial = 5000.00 gr.

Peso Final = 3760.00 gr.

$$5000.00 - 3760.00$$

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{\quad}{5000.00} \times 100 = 24.80$$

Promedio = (24.80 % + 22.24%) / 2 = 23.52%

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECANICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA HUAYRAPONGO	A. FINO	A. GRUESO
MODULO DE FINURA:	3.06	7.12
PESO ESPECÍFICO DE MASA	2.56 gr/cm ³	2.65 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	2.61 gr/cm ³	2.67 gr/cm ³
PESO ESPECÍFICO NOMINAL O APARENTE	2.70 gr/cm ³	2.69 gr/cm ³
ABSORCIÓN	2.05 %	0.56 %
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.70 %	2.40 %
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1760 kg/m ³	1530 kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO	1890 kg/m ³	1670 kg/m ³
DESGASTE A LA ABRASIÓN	-----	23.52 %
PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ # 200 (Sin lavado previo)	2.00 %	-----
PERFIL	-----	REDONDEADO
TAMAÑO MAXIMO	-----	3/4"

De los resultados de los ensayos realizados al agregado fino de la cantera Huayrapongo se pudo concluir lo siguiente:

- La granulometría del agregado fino y grueso no se ajustó en su totalidad a los límites de gradación indicados en la norma NTP 400.037.
- El módulo de finura y el peso específico del agregado fino nos indicó que es un agregado adecuado para elaborar concretos de alta resistencia.
- El peso unitario del agregado fino se ajustó a los parámetros establecidos en la norma NTP 400.017, lo cual es un indicador de calidad del agregado.
- De los resultados de los ensayos realizados al agregado grueso de la cantera de Huayrapongo se pudo concluir lo siguiente:
 - El tamaño máximo nominal del agregado grueso fue elegido teniendo en consideración que el concreto elaborado en la presente investigación se utilizara en estructuras altamente reforzadas.
- La granulometría del agregado grueso se ajustó aproximadamente al límite de gradación N° 67 indicado en la norma ASTM C 33, desviándose en la

parte superior de la curva hacia la derecha, lo cual es un indicador de que el agregado grueso tiene un exceso de partículas finas.

- El módulo de finura y el peso específico del agregado grueso nos indica que es un agregado adecuado para elaborar concretos de alta resistencia.
- El peso unitario del agregado grueso se ajusta a los parámetros establecidos en la norma NTP 400.017, lo cual es un indicador de calidad del agregado.
- La alta resistencia a la abrasión del agregado grueso nos indica que es un agregado es ideal para la elaboración de concretos de alta resistencia.

3.2.-Propiedades del Concreto.

3.2.1.- Peso unitario del concreto

1.1.1. **Peso unitario.** Es el peso del concreto fresco varillado, el cual es expresado en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3), siendo la fórmula a usar:

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del Concreto}}$$

Peso unitario del concreto elaborado sin aditivo

Peso Total	:	20.58 kg
Peso Molde	:	8.095 kg
Volumen del Molde=, 1501m x 0.3040m	:	0.0054 m ³
Agua efectiva	:	0.00342 m ³
Slump	:	3.15"

$$\text{Peso unitario} = \frac{20.58 \text{ kg} - 8.095 \text{ kg}}{0.0054 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso unitario} = 2347.00 \text{ kg/m}^3$$

Peso unitario del concreto elaborado con aditivo (Dosificación=0.5%)

Peso Total	:	20.59 kg
Peso Molde	:	8.10 kg
Volumen del Molde	:	0.0054 m ³
Agua efectiva	:	0.00342 m ³
Slump	:	3.5"

$$\text{Peso unitario} = \frac{20.75 \text{ kg} - 8.10 \text{ kg}}{0.0054 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso unitario} = 2342.59 \text{ kg/m}^3$$

Peso unitario del concreto elaborado con aditivo (Dosificación=1.0%)

Peso Total	:	20.63 kg
Peso Molde	:	8.09 kg
Volumen del Molde	:	0.0054 m ³
Agua efectiva	:	0.00342 m ³
Slump	:	3.6"

$$\text{Peso unitario} = \frac{20.645 \text{ kg} - 8.09 \text{ kg}}{0.0054 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso unitario} = 2325.00 \text{ kg/m}^3$$

Peso unitario del concreto elaborado con aditivo (Dosificación=1.5%)

Peso Total	:	20.75 kg
Peso Molde	:	8.09 kg
Volumen del Molde	:	0.0054 m ³
Agua efectiva	:	0.00342 m ³
Slump	:	3.6"

$$Peso\ unitario = \frac{20.70\ kg - 8.09\ kg}{0.0054\ m^3}$$

$$Peso\ unitario = 2335.19\ kg/m^3$$

Peso unitario del concreto elaborado con aditivo (Dosificación=2.0%)

Peso Total	:	21.05 kg
Peso Molde	:	8.09 kg
Volumen del Molde	:	0.0054 m ³
Agua efectiva	:	0.00342 m ³
Slump	:	3.6"

$$Peso\ unitario = \frac{20.85\ kg - 8.09\ kg}{0.0054\ m^3}$$

$$Peso\ unitario = 2362.96$$

$$kg/m^3$$

Tabla 3.2 Pesos Unitarios del concreto sin aditivo y con aditivo

Tipo de concreto	Peso Unitario (Kg/m3)
Sin aditivo	2347.00
Con 0.5 % aditivo	2342.59
Con 1.0 % aditivo	2322.22
Con 1.5 % aditivo	2335.19

Con 2.0 % aditivo

2362.96

De los ensayos realizados en laboratorio del peso unitario del concreto para especímenes con aditivo y sin aditivo observamos que:

- El peso unitario del peso del concreto aumenta Para los especímenes según va aumentando el porcentaje de aditivo.
- Aumenta también la trabajabilidad y el contenido de agua baja, puesto que el aditivo le da cierta viscosidad aceitosa dándole mayor fluidez a la mezcla.
- El Slump se observó dentro del límite establecido de los asentamientos recomendados para nuestro caso (3" a 4")
- La cantidad de agua establecida se vio disminuida, puesto que también el aditivo forma parte del agua efectiva de diseño.

3.3.- Resistencia y módulo de elasticidad del concreto

Cuadro resumen de Resistencia Máxima a la Compresión de Especímenes de prueba con diferentes porcentajes de aditivo Sika rapid 1 probados a los 7 días

ESP. N°	Fecha Fabric.	Fecha Rotura	Dias	IDENTIFICACION ESPECIMEN	Resistencia Max. Prom. Kg/cm2	f c Kg/cm2 Requerida	% Resistencia
1	01-02-13	08-02-13	7	Normal	182.75	210.00	87.02
2	01-02-13	08-02-13	7	0.5 % ADITIVO	209.83	210.00	99.92
3	01-02-13	08-02-13	7	1.0 % ADITIVO	217.94	210.00	103.78
4	01-02-13	08-02-13	7	1.5 % ADITIVO	218.79	210.00	104.19
5	01-02-13	08-02-13	7	2.0 % ADITIVO	223.74	210.00	106.54

Tabla 3.3.- Resistencia a la Compresión de especímenes de prueba con diferentes % de aditivo.

A continuación se presenta un gráfico con relación al tiempo de vida, resistencia y porcentaje de Aditivo utilizado SIKA RAPID 1

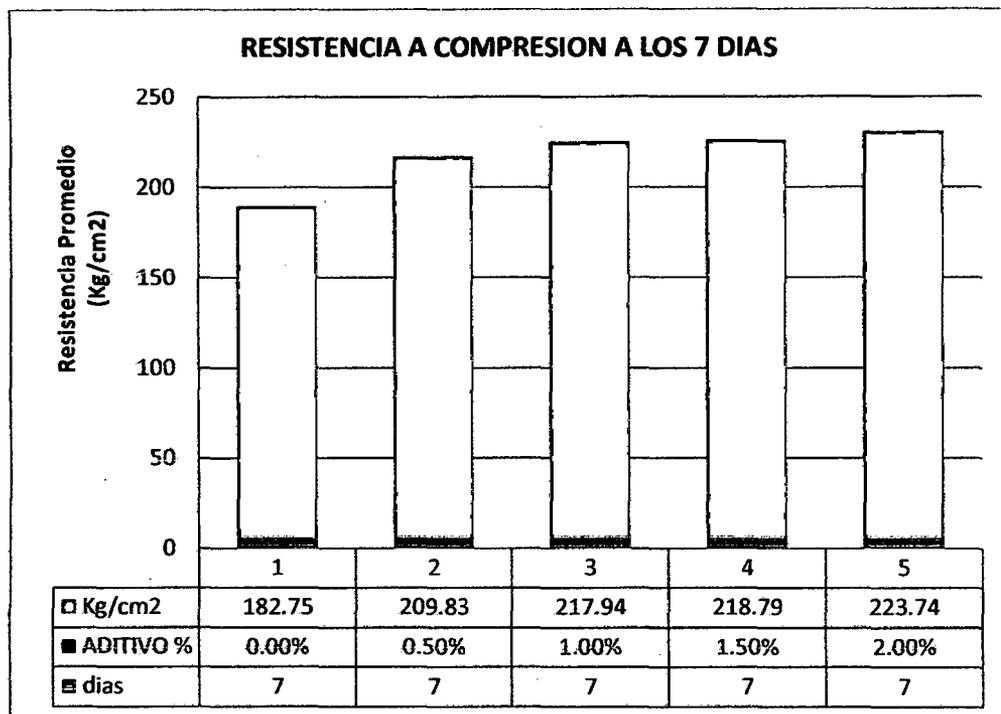


Figura 3.1.- Resistencia a compresión promedio de especímenes de prueba con diferente % de Aditivo.

Como observamos en la Figura 3.1 la Resistencia a Compresión de los Especímenes elaborados con 1%, 1.5% de aditivo tienen casi la misma Resistencia y los Especímenes Elaborados con 2% de Aditivo no aumenta en buena proporción con respecto a los Especímenes elaborados con 1.5% de aditivo, optamos en definitiva tomar como Base para elaborar los 20 especímenes para el estudio definitivo del proyecto de tesis.

Tabla 3.2.- Resultados obtenidos de la Prueba de Resistencia a la Compresión de los Especímenes elaborados con 1% de aditivo SIKA RAPID 1

ESP. N°	Fecha Fabric.	Fecha Rotura	Dias	IDENTIFICACION	Carga rotura Kg	Día-metro. cm	Resisten. Maxima Kg/cm2	f'c Kg/cm2 Requerida	% Resistencia
				ESPECIMEN					
				CONCRETO					
1	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	42500	14.98	241.15	210.00	114.83
2	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	40000	14.92	228.79	210.00	108.95
3	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	42000	14.95	239.26	210.00	113.93
4	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	41000	14.95	233.57	210.00	111.22
5	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	39500	14.91	226.23	210.00	107.73
6	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	42000	14.98	238.31	210.00	113.48
7	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	42500	14.99	240.82	210.00	114.68
8	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	39000	14.85	225.18	210.00	107.23
9	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	40000	14.95	227.87	210.00	108.51
10	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	41000	14.98	232.63	210.00	110.78
11	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	43000	15.00	243.33	210.00	115.87
12	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	39000	14.98	221.28	210.00	105.37
13	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	40500	14.97	230.10	210.00	109.57
14	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	41000	14.99	232.32	210.00	110.63
15	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	40000	14.94	228.18	210.00	108.66
16	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	41000	14.90	235.14	210.00	111.97
17	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	43000	14.98	243.98	210.00	116.18
18	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	39500	14.88	227.14	210.00	108.16
19	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	38500	14.92	220.21	210.00	104.86
20	22-02-13	09-03-13	14	1.0% Aditivo	40500	14.96	230.41	210.00	109.72
PROMEDIO							232.30		110.62

Fuente: Elaboración Propia

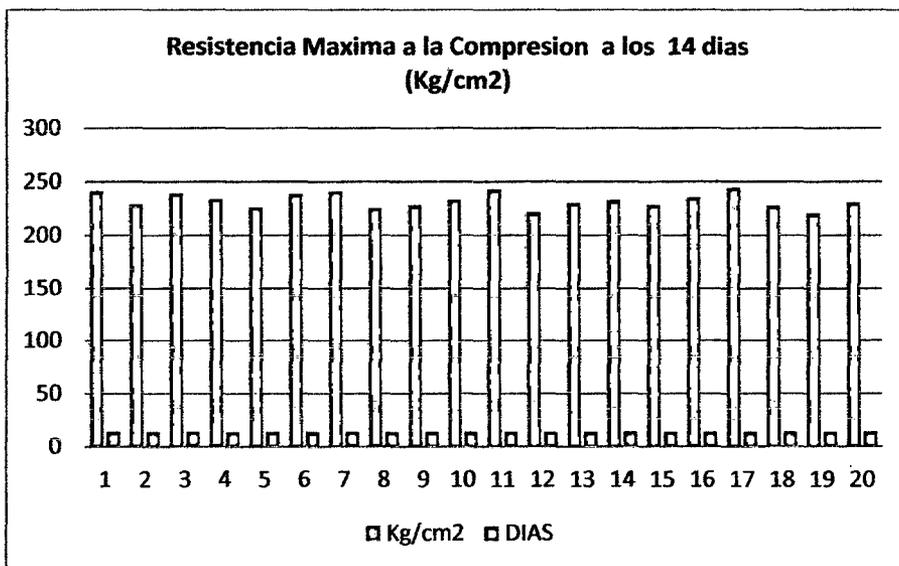


Figura 3.3.- Resistencia Máxima a la compresión de especímenes elaborados con 1% de aditivo SIKA RAPID 1 probados a los 14 días

- De la figura 3.3 observamos que la resistencia máxima a la compresión de los 20 especímenes ensayados en laboratorio todos superan la resistencia establecida (210 Kg/ cm²)

Tabla 3.3.- Módulos de elasticidad del Concreto obtenidos de las Gráficas de Esfuerzo Deformación.

Nº Esp.	Esfuerzo de Rot.(Kg/cm ²)	Deform. Rotura	Módulo de Elasticidad
1	241.15	0.9	236775.03
2	228.79	0.925	194860.51
3	239.26	0.9	224805.83
4	233.57	0.91	217732.97
5	226.23	0.91	205660.22
6	238.31	0.88	243353.09
7	240.82	0.92	223835.09
8	225.18	0.88	228841.38
9	227.87	0.875	232659.58
10	232.63	0.92	209140.00
11	243.33	0.905	227492.94
12	221.28	0.875	232843.05
13	230.1	0.9	224527.12
14	232.32	0.89	229650.8
15	228.18	0.895	223687.5
16	235.14	0.86	253632.35
17	243.98	0.915	224782.61
18	227.14	0.88	230483.88
19	220.21	0.87	237069.48
20	230.41	0.91	212466.23

CAPITULO IV
CONCLUSIONES

IV CONCLUSIONES

1.- Conclusiones.-De todas las pruebas realizadas en Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca sobre análisis de los resultados obtenemos las siguientes conclusiones.

- Se logró determinar las propiedades físicas mecánicas y químicas de los Agregados de la Cantera Huayrapongo (Rio Cajamarquino) ubicada en el centro poblado de Huayrapongo en el Distrito de Llacanora.
- En cuanto a la resistencia a la compresión axial del concreto observamos que todos los valores obtenidos superan la resistencia especificada en el diseño (210Kg/cm²).
- Se logró diseñar y obtener una mezcla optima de concreto con la incorporación del 1% aditivo SIKA RAPID 1 y obteniendo resultados satisfactorios tales como:
 - Menor tiempo en el Fraguado y endurecimiento del concreto
 - Mayor resistencia a la compresión axial en comparación al concreto normal en nuestro caso **10.62%** mayor (en comparación al promedio).
 - disminución del costo de producción del m³ de concreto en **1.32%**, más económico.

- Se puede concluir que el Aditivo SIKA RAPI 1 reacciona satisfactoriamente con el Cemento tipo I ASTM C150 y reduce favorablemente el costo por m³ de concreto.
- En cuanto a la cantidad de cemento observamos que para el concreto con aditivo empleamos **1.53** bolsas menos.

Con lo cual vemos que se han cumplido los objetivos específicos del proyecto de tesis.

2.-RECOMENDACIONES:

- Se recomienda emplear Cemento Portland tipo I conjuntamente con el aditivo SIKA RAPID I porque su reacción es satisfactoria.
- Se recomienda Mezclar bien el aditivo en el agua antes de ser empleado.
- Para un adecuado Mezclado se recomienda humedecer las paredes interiores de la mezcladora para evitar perdida de agua, y así no perder agua de diseño; Luego el agregado grueso, arena, agua con el aditivo bien mezclado.
- El tiempo de mezclado de los agregados debe estar de 3 a 4 minutos
- Se recomienda tener un control riguroso de las propiedades físicas de los agregados, ya que de esto depende que el diseño de mezclas sea satisfactorio; también es importante chequear el contenido de humedad de los agregados, puesto que estos son variables debido a las condiciones ambientales.

CAPITULO V
BIBLIOGRAFIA

CAPITULO V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

5.1.-Bibliografía.- Para la elaboración de la tesis de investigación se tuvo en cuenta la siguiente referencia bibliográfica:

- Rivva López, E. Julio 2010 Materiales para el concreto ICG.
- Rivva López, E. Diciembre 2010 Diseño de Mezclas ICG.
- Norma ASTM C 33: Especificación Normalizada de Agregados para Concreto.
- Norma ASTM C 150: Especificación Normalizada para Cemento Portland
- Norma ASTM C 494: Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto.
- Pasquel Carbajal E. Tópicos de Tecnología del Concreto colegio de Ingenieros del Perú.
- Normas ACI 318S-11 Requisitos de reglamento para Concreto Estructural.
- Lezama Leiva, JL. 1996. Tecnología del concreto. Cajamarca-Perú, S/E, UNQ.

CAPITULO VI
ANEXOS

VI ANEXOS

6.1.-Diseño de Mezclas.

**DISEÑO DE MEZCLA METODO MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE
 AGREGADOS PARA $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$**

CANTERA : HUAYRAPONGO LLACANORA (RIO CAJAMARQUINO)

	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso Específico de Masa (gr/cm3)	2.56	2.65
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m3)	1760	1530
Peso Unit. Compactado Seco (Kg/m3)	1890	1670
W%	5.7	2.4
AB%	2.05	0.56
Módulo de Finura	3.06	7.12
Abrasión	-	23.52
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4"
Tamaño Máximo	-	1"
Pasa la malla N° 200 (%)	2	2

Cemento: Portland Tipo I Pacasmayo

Peso Específico: 3.11 Kg/cm3

Resistencia : $f'c$

$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Procedimiento

Resistencia promedio (TABLA 1.11)

$f'cr = f'c + 83 \text{ MPa}$

$f'_{cr} = 293 \text{ Kg/cm}^2$

Asentamiento (TABLA 1.9)

$3.5'' = 8.89\text{cm}$ (3" a 4") (Consistencia Plástica)

Tamaño Máximo Nominal

$3/4''$

Agua de Mezcla Estimada (TABLA 1.12)

185 lt/m³

Aire Atrapado

2 %

Relación Agua Cemento (TABLA N°1.13)

	f'_{cr}	A/C
	250	0.62
	293	0.5598
A/C=	300	0.55
		0.5598

Factor Cemento

C= 330.48 kg/m³

C= 7.78 bol/m³

Volumen Absoluto de los Materiales

Volumen Absoluto de Cemento: 0.106 m³

Volumen Absoluto de Agua: 0.185 m³

Volumen Absoluto de Aire: 0.020 m³

Volumen Absoluto de Colada: 0.311 m³

Volumen Absoluto de Agregados: 0.689 m³

Calculo del Módulo de Finura de la Combinación de los Agregados TABLA 1.14

Interpolación

C	mc
7	5.04
7.78	5.0943
8	5.11

mc= 5.09

Calculo de rf

$$rf = ((mg - mc) / (mg - mc)) * 100$$

Porcentaje de agregado fino	rf=	49.89	%	
Porcentaje de agregado grueso	rg=	50.11	%	0.3449632

Determinación del Peso de los Agregados

Agregado fino=	879.71	kg/m3
Agregado grueso=	914.52	kg/m3

Corrección por Humedad

Cemento =	330.48	kg/m3
Agua Efectiva=	136.06	lt/m3
Agregado fino=	929.86	kg/m3
Agregado grueso=	936.46	kg/m3

Proporcionamiento para una colada de tres Especímenes

Cemento =	6.610	kg	
Agua Efectiva =	2.721	lt	0.02
Agregado Fino Húmedo =	18.597	kg	
Agregado Grueso Húmedo =	18.729	kg	
Peso de la Colada =	46.657	kg	

Proporcionamiento en volumen por bolsa

$$Pv = (Pp * 42.5) / Push$$

Push= (Puss)(1-W/100)*0.3048^3	A Fino	A Grueso	
Push=	47.346	42.285	Kg/pie3

Peso

1	2.81	2.83	17.50	lt/bolsa
---	------	------	-------	----------

Volumen

1	2.53	2.85	17.50	lt/bolsa
---	------	------	-------	----------

AJUSTE DE MEZCLA DE PRUEBA METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Materiales de diseño por metro cubico, corregido por humedad

Cemento =	330.48	Kg
Agua Efectiva =	136.06	Kg
Agregado Fino Húmedo =	929.86	Kg

Agregado Grueso Húmedo = **936.46** **Kg**

Al realizar la Mezcla de prueba en el laboratorio, se observaron los siguientes datos:

Asentamiento :	8	cm
Agua Adicional :	0.45	lt
Peso Unitario del Concreto Fresco :	2347.00	kg/m3
MEZCLA	Normal	

1.-la colada para un volumen para 0.02m3 (3 especímenes estándar), consistirá de :

Cemento = $330.48 \cdot 0.02 =$	6.61	
Agua Efectiva = $136.06 \cdot 0.02 + 0.45 =$	3.17	
Agregado Fino Húmedo = $929.86 \cdot 0.02 =$	18.60	0.02
Agregado Grueso Húmedo = $936.46 \cdot 0.02 =$	18.73	
Peso de la colada	47.11	Kg.

a) Contenido de aire

Volumen absoluto de los ingredientes sin considerar el aire:

Cemento =	0.00212524
Agua Efectiva =	0.00317127
Agregado Fino Húmedo =	0.00726450
Agregado Grueso Húmedo =	0.00706766
Volumen absoluto de los materiales =	0.01962866

2.- El rendimiento de Mezcla de ensayo será:

Rendimiento= Peso de la colada /Peso Unitario del concreto

Rendimiento= **0.020071228**

Aire = **2.20** %

3.-El agua de Mezcla será para 3 especímenes:

Humedad superficial del agregado fino (W%-Abs.) =	5.70-2.40 =	3.30	
Humedad superficial del agregado grueso (W-Abs.) =	2.05-0.56=	1.49	
Agua añadida	=	3.03	lt
Aporte de Humedad de Agregado Fino:			
$929.86 \cdot 0.02 \cdot (3.30/100) =$		0.61	lt
Aporte de Humedad de Agregado Grueso:			
$936.46 \cdot 0.02 \cdot (1.49/100) =$		0.28	lt
Agua de Mezclado por Tanda =		3.92	lt

3.1.- La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cubico de concreto

con el mismo asentamiento de la tanda será:

$$\text{Agua de Mezclado (3.92lt / 0.019950364)} = 195.30 \text{ It.}$$

3.2.-Correccion por asentamiento :

En nuestro caso debiendo de pasar de 8cm a 8.89cm (3.5") será necesario incrementar el agua de mezclado en:

$$8.89 - 8.00 = 0.89 \times 2 \text{ It} = 1.78 \text{ Lt}$$

Por consiguiente la nueva agua de mezclado será: **197.08 It.**

4.- La relación Agua Cemento será:

$$A/C = 0.5598$$

Con el incremento de la cantidad de agua de mezclado deberá requerirse cemento adicional para mantener la misma relación agua cemento en 0.5584 por tanto:

El nuevo contenido de cemento será:

$$C = 196.76 / 0.5584 = 352.06$$

$$C = 8.28 \text{ Bls.}$$

5.- Los pesos Ajustados por metro cubico de concreto corregidos por Humedad son:

Cemento =	352.06 Kg
Agua Efectiva =	197.08 Kg
Agregado Fino Húmedo =	929.86 Kg
Agregado Grueso Húmedo =	936.46 Kg

6.- Proporcionamiento para una colada de tres especímenes

Cemento =	7.04	
Agua Efectiva =	3.94	
Agregado Fino Húmedo =	18.60	0.02
Agregado Grueso Húmedo =	18.73	
	48.31	

7.- Proporcionamiento en volumen por bolsa

$$Pv = (Pp \times 42.5) / Push$$

$$Push = (Puss)(1 + W/100) \times 0.3048^3$$

	A Fino	A Grueso
Push =	50.117	44.365 Kg/pie3

Peso

1	2.64	2.66	23.79	lt/bolsa
---	------	------	-------	----------

Volumen

1	2.24	2.55	23.79	lt/bolsa
---	------	------	-------	----------

6.1.4.-RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO.

6.1.3- RESISTENCIA A COMPRESION DE ESPECÍMENES DE PRUEBA CON: NORMAL, 0.5, 1.0, 1.5, 2 % ADITIVO SIKA RAPID 1

A continuación se presentan, los cuadros de datos tabulados y gráficas promedios de esfuerzos a la compresión versus deformaciones unitarias; los resultados se han obtenido Resistencia a la Compresión vs la deformación unitaria.

En los cuadros de tabulación de datos, se muestran las columnas correspondientes a punto, carga, deformación total, esfuerzo, deformación unitaria y esfuerzo corregido para cada espécimen, para lecturas de carga cada 2.0 Tn. y su correspondiente carga de falla; y en la celda inferior se da la ecuación de la recta deducida de un análisis de regresión lineal, el coeficiente de correlación, el esfuerzo de rotura y el módulo de elasticidad.

En este cuadro también se indica el tipo de ensayo, cemento, N° de espécimen, resistencia promedio, proporcionamiento en volumen y peso, relación agua-cemento (en peso), fecha de elaboración y ensayo, área y longitud del espécimen y la carga de rotura.

Las representaciones gráficas muestran las curvas de esfuerzo - deformación de cada uno de los especímenes ensayados, en las cuales se indica los datos observados y los datos ajustados del respectivo espécimen. En este esquema en el eje de ordenadas se representan el esfuerzo a la compresión (Kg/cm²), y en el eje de las abscisas se representa la deformación unitaria.

CUADRO 6.1. Resistencia a la compresión de Especímenes de Concreto Normal y 0.5,1.0, 1.5, 2.0 % de Aditivo Sika Rapid 1

ESP. N°	Fecha Fabricación.	Fecha Rotura	Días	IDENTIFICACION	Carga rotura	Diámetro.	Resisten. Máxima	f'c Kg/cm2	% Resis
				ESP. DE CONCRETO	Kg	Cm	Kg/cm2	Requerida	tencia
1	01-02-13	08-02-13	7	SIN ADITIVO	34000	14.75	198.98	210.00	94.75
2	01-02-13	08-02-13	7	SIN ADITIVO	30600	14.93	174.91	210.00	83.29
3	01-02-13	08-02-13	7	SIN ADITIVO	30200	14.85	174.37	210.00	83.03
PROMEDIO=							182.75	210.00	87.03

ESP. N°	Fecha Fabricación.	Fecha Rotura	Días	IDENTIFICACION	Carga rotura	Diámetro.	Resisten. Máxima	f'c Kg/cm2	% Resis
				ESP. DE CONCRETO	Kg	Cm	Kg/cm2	Requerida	tencia
1	01-02-13	08-02-13	7	0.5% ADITIVO	34200	14.92	195.61	210.00	93.15
2	01-02-13	08-02-13	7	0.5% ADITIVO	37000	14.80	215.07	210.00	102.41
3	01-02-13	08-02-13	7	0.5% ADITIVO	38000	14.87	218.81	210.00	104.20
PROMEDIO=							209.83	210.00	99.92

ESP. N°	Fecha Fabricación.	Fecha Rotura	Días	IDENTIFICACION	Carga rotura	Diámetro.	Resisten. Máxima	f'c Kg/cm2	% Resis
				ESP. DE CONCRETO	Kg	Cm	Kg/cm2	Requerida	tencia
1	01-02-13	08-02-13	7	1.0% ADITIVO	37500	14.88	215.64	210.00	102.69
2	01-02-13	08-02-13	7	1.0% ADITIVO	38800	14.88	223.12	210.00	106.25
3	01-02-13	08-02-13	7	1.0% ADITIVO	37500	14.90	215.06	210.00	102.41
PROMEDIO=							217.94	210.00	103.78

ESP. N°	Fecha Fabricación.	Fecha Rotura	Días	IDENTIFICACION	Carga rotura	Diámetro.	Resisten. Máxima	f'c Kg/cm2	% Resis
				ESP. CONCRETO	Kg	Cm	Kg/cm2	Requerida	tencia
1	01-02-13	08-02-13	7	1.5% ADITIVO	36500	14.88	209.89	210.00	99.95
2	01-02-13	08-02-13	7	1.5% ADITIVO	41500	14.90	238.00	210.00	113.33
3	01-02-13	08-02-13	7	1.5% ADITIVO	36500	14.93	208.49	210.00	99.28
PROMEDIO=							218.79	210.00	104.19

ESP. N°	Fecha Fabricación.	Fecha Rotura	Días	IDENTIFICACION	Carga rotura	Diámetro.	Resisten. Máxima	f'c Kg/cm2	% Resis
				ESP. CONCRETO	Kg	Cm	Kg/cm2	Requerida	tencia
1	01-02-13	08-02-13	7	2.0% ADITIVO	38500	14.81	223.49	210.00	106.42
2	01-02-13	08-02-13	7	2.0% ADITIVO	40000	14.93	228.63	210.00	108.87
3	01-02-13	08-02-13	7	2.0% ADITIVO	38000	14.85	219.40	210.00	104.48
PROMEDIO=							223.84	210.00	106.59

Observamos que el promedio con los diferentes porcentajes de aditivo es como se muestra en el siguiente cuadro

CUADRO 6.2. Resumen Resistencia Máxima Promedio a Compresión de Especímenes de concreto con diferente % de aditivo Sika Rapid 1

ESP. N°	Fecha Fabric.	Fecha Rotura	Días	IDENTIFICACION	Resistencia Max. Prom.	f'c Kg/cm2	% Resis tencia
				ESP. CONCRETO	Kg/cm2	Requerida	tencia
1	01-02-13	08-02-13	7	Normal	182.75	210.00	87.02
2	01-02-13	08-02-13	7	0.5 % ADITIVO	209.83	210.00	99.92
3	01-02-13	08-02-13	7	1.0 % ADITIVO	217.94	210.00	103.78
4	01-02-13	08-02-13	7	1.5 % ADITIVO	218.79	210.00	104.19
5	01-02-13	08-02-13	7	2.0 % ADITIVO	223.74	210.00	106.54

En el cuadro resumen observamos que la Resistencia Máxima Promedio no tiene mucha variación entre 1, 1.5 % de aditivo por lo que escogemos para el diseño definitivo el 1% como Base para el Diseño con el cual se realizaran los 20 especímenes.

6.1.4.- DISEÑO DE MEZCLA METODO MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS PARA F'c = 210 Kg/cm2 con 1% de Aditivo

Después de seleccionar el resultado del diseño con porcentaje de 1% hacemos el ajuste por el método de Powers para hallar la nueva relación agua cemento y con dicha relación volvemos hacer el diseño definitivo con 1% de aditivo.

En este caso conocida la resistencia a compresión en las prueba de laboratorio (217.94Kg/cm2) a los siete días obtenemos la resistencia a los 28 días (272.43Kg/cm2) y hacemos el **Ajuste de Mezcla por el Método de Powers**

6.1.4.1.-AJUSTE DE MEZCLAS POR EL METODO DE POWERS

AJUSTE DE MEZCLAS POR EL METODO DE POWERS

Diseño de mezclas con aditivo 1% SIKA RAPID 1

La resistencia del concreto es funcion del grado de hidratacion del cemento de la relacion gel/espacio ocupado por el gel y de la relacion agua cemento

Es decir:

$$\tilde{S}=2380X^3; \dots(1) \quad \text{siendo: } X= 0.647\alpha/(0.319\alpha+a/c) \dots\dots\dots(2)$$

donde:

S = resistencia del concreto a los 28 dias, expresado en Kg/cm2

X = relacion gel/ espacio

α = grado de hidratacion del cemento

a/c = relacion agua cemento

AJUSTE DE MEZCLA CON ADITIVO 1.0% SIKA RAPID 1

datos:

S= 217.94 kg/cm² (a los 7 días 75% de resistencia)

S= 290.59 kg/cm² (a los 28 días)

calculo de:

en la ecuación (1)..... X= 0.49609659

de la ecuación (2) α = 0.568423173

Calculo de la Relacion Agua Cemento para Resistencia 210Kg/cm²

para S=210 tenemos:

X= 0.445192097

Nueva relacion A/C = 0.64

DISEÑO DE MEZCLA METODO MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS PARA F_c = 210, 1% ADITIVO SIKA RAPID 1

	A. fino	A. grueso
Peso Especifico de Masa (gr/cm ³)	2.56	2.65
Peso Unitario Suelto Seco (Kg/m ³)	1760	1530
Peso Unit. Seco Compactado (Kg/m ³)	1890	1670
W%	5.7	2.4
AB%	2.05	0.56
Módulo de Finura	3.06	7.12
Abrasión	-	23.52
Tamaño Máximo Nominal	-	3/4"
Tamaño Máximo	-	1"
Pasa la malla N° 200 (%)	2	2

Cemento : Pacasmayo Tipo I

Peso Especifico 3.11 Kg/cm³

Resistencia : f_c

f_c= 210 Kg/cm

Procedimiento

Resistencia Promedio (TABLA 1.11)

$$f_{cr} = f_c + 83$$

$$f_{cr} = 293 \quad \text{Kg/cm}^2$$

Asentamiento (TABLA 1.9)

3" a 4" (Consistencia Plástica)

Tamaño Máximo Nominal

3/4"

Agua de Mezcla Estimada TABLA 1.12185 lt/m³**Aire Atrapado**

2 %

Relacion Agua Cemento Método Powers

A/C = 0.64

Factor CementoC = 289.06 kg/m³C = 6.80 bol/m³**Volumen Absoluto de los Materiales**Volumen Absoluto de Cemento: 0.093 m³Volumen Absoluto de Agua: 0.185 m³Volumen Absoluto de Aire: 0.020 m³**Volumen Absoluto de Colada: 0.298 m³**Volumen Absoluto de Agregados: 0.702 m³**CALCULO DEL MODULO DE FINURA DE LA COMBINACION DE AGREGADOS TABLA N° 1.14****Por Interpolación**

C	mc
6	4.96
6.80	5.02
7	5.04
mc =	5.02

Cálculo de rf

$$rf = \frac{(mg - mc)}{(mg - mf)} \times 100$$

rf=	51.62	% A. Fino
rg=	48.38	%A Grueso

Determinación del Peso de los Agregados

Agregado fino=	927.79	kg/m ³
Agregado grueso=	900.03	kg/m ³

Corrección Por Humedad

Agregado fino 927.79(1+w%) =	980.68	kg/m ³
Agregado grueso 900.03(1+W%)=	921.63	kg/m ³
Agua Efectiva=	134.57	lt/m ³

Proporcionamiento para una colada de 3 Especímenes

Cemento=	5.78	kg	
Agua Efectiva =	2.69	lt	0.02
Agregado Fino Húmedo=	19.61	kg	
Agregado Grueso Húmedo =	18.43	kg	
Peso de la Colada =	46.52	kg	

Proporcionamiento en volumen por bolsa

$$Pv = (Pp \cdot 42.5) / Push$$

$$Push = (Puss)(1 - W/100) \cdot 0.3048^3$$

	Push=	A Fino	A Grueso	
		47.346	42.285	Kg/pie ³
Peso				
1		3.39	3.19	19.79 lt/bl
Volumen de Obra				
1		3.05	3.20	19.79 lt/bl

AJUSTE DE MEZCLA METODO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Materiales de diseño por metro cubico, corregidos por humedad

Cemento =	289.06	Kg
Agua =	134.57	Lt
Agregado Fino Húmedo =	980.68	Kg
Agregado Grueso Húmedo =	921.63	Kg

Después de realizada dicha mezcla de prueba en laboratorio se obtuvieron los siguientes datos:

Asentamiento :	9.525	cm
Agua Adicional :	0	lt

Peso Unitario del Concreto Fresco : 2325.00 kg/m³
Mezcla Normal

Proporcionamiento para una Colada de 3 Especímenes

Cemento =	5.781	kg	
Agua añadida =	2.691	lt	0.02
Agregado Fino Húmedo =	19.614	kg	
Agregado Grueso Húmedo =	18.433	kg	
Peso de la Colada	46.519	kg	

Rendimiento de Mezcla de Ensayo :

Rendimiento = 0.020008 m³

El Agua de Mezclado será:

Humedad Superficial del A. Fino=	3.65	%
Humedad Superficial del A. Grueso=	1.84	%
Agua Añadida =	2.691	lts
Aporte de Humedad del A. Fino=	0.677	
Aporte de Humedad del A. Grueso =	0.331	
Agua de Mezclado por Tanda	3.700	

El Agua de Mezclado Requerida por Metro Cubico de Concreto con el Mismo Asentamiento de la Tanda será:

Agua de Mezclado /m³= 184.925 lts/m³

Corrección por Asentamiento o Slump

Agua de Mezclado/m³ = 183.655 lts/m³

Nuevo Contenido de Cemento

C= 286.960 kg/m³

C= 6.75 bol/m³

Desde que la trabajabilidad ha sido encontrada satisfactoria, la cantidad de agregado grueso por unidad de volumen de concreto deberá mantenerse igual que en la mezcla de prueba. Por consiguiente:

Agregado Grueso Húmedo =	921.257	kg
Agregado Grueso Seco =	921.257	kg

El volumen Absoluto de los materiales sin considerar el aire atrapado en la mezcla de ensayo original será:

Volumen Absoluto de Cemento:	0.001859	m ³
Volumen Absoluto de Agua:	0.003700	m ³
Vol. Absoluto del agregado fino:	0.007248	m ³
Vol. Absoluto del agregado grueso:	0.006793	m ³
	0.019600	m ³

Aire = 2.04 %

Volumen Absoluto de los Materiales Corregidos

Establecidas las proporciones de todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino la determinación de las cantidades ajustadas por m³, puede ser completado como sigue:

Vol. Absoluto de Cemento:	0.092	m3
Vol. Absoluto de Agua:	0.184	m3
Vol. Absoluto del agregado grueso:	0.360	m3
Vol. Absoluto del aire atrapado:	0.020	m3
Vol. total excluido el agregado fino	0.656	m3

Volumen Absoluto del Agregado Fino = 0.344 m3

Peso del Agregado Fino Seco = 880.153 kg

Los pesos ajustados por m³ de concreto corregidos por humedad serán:

Cemento = 286.960 kg
 Agua Efectiva = 134.578 kg
 Agregado Fino Húmedo = 930.322 kg
 Agregado Grueso Húmedo = 921.257 kg

Proporcionamiento de Mezcla por bolsa

$P_v = (P_p * 42.5) / P_{ush}$
 $P_{ush} = (P_{uss})(1 - W/100)$

		A Fino	A Grueso	
Push=		47.3457675	42.28498068	
Peso	1	3.24	3.21	19.93 lt/bolsa
Volumen	1	2.91	3.23	19.93 lt/bolsa

Proporcionamiento de Mezcla con 1% Aditivo SIKA RAPID 1

Cemento =	286.960	kg/m3	286.960
Agua Efectiva =	134.578	kg/m3	131.708
Agregado Fino Húmedo =	930.322	kg/m3	930.322
Agregado Grueso Húmedo =	921.257	kg/m3	921.257
Aditivo SIKA RAPID 1=		Kg/m3	2.870

COLADA PARA TRES ESPECIMENES

Cemento =	5.739	Kg	
Agua Efectiva =	2.634	Lt	0.02
Agregado Fino Húmedo =	18.606	Kg	
Agregado Grueso Húmedo =	18.425	Kg	
Aditivo SIKA RAPID 1=	0.057	Kg	
	45.462		

ANEXO II

- ANALISIS DE COSTOS DE MEZCLAS
- DIAGRAMAS DE ESFUERZO DEFORMACION
- HOJA TECNICA DE ADITIVO SIKA RAPID 1
- PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO II ANALISIS DE COSTOS

6.1.5.- Analisis de costos para un metro cubico concreto, sin Aditivo y con

1% Aditivo

Materiales integrantes:

- **Cemento Tipo I Pacasmayo**
- **Agua Potable**
- **Agregados: Huayrapongo Carretera Baños del Inca Llacanora**
- **Aditivo: SIKA RAPID 1**

A.- Concreto $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$, sin aditivo

Partida : Concreto $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$

Proporción V : 1:2.24 :2.55

a/c : 0.5584

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U S/.	PARCIAL S/.
Cemento Portland Tipo I	Bls	8.28	21.50	176.30
Agua	m3	0.19	2.50	0.46
Agregado fino	m3	0.36	65.00	23.40
Agregado Grueso	m3	0.35	65.00	22.43
COSTO TOTAL DE MATERIALES				222.59

B.- Concreto f'c =210Kg/cm2, con 1% aditivo

Partida : Concreto f'c =210Kg/cm2

Proporcion V : 1 : 2.91 : 3.23

a/c : 0.64

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U S/.	PARCIAL S/.
Cemento Portland Tipo I	Bls	6.75	21.50	145.34
Agua	m3	0.18	2.50	0.46
Agregado fino	m3	0.36	65.00	23.21
Agregado Grueso	m3	0.34	65.00	22.30
Aditivo Sika Rapid 1	Lts	2.87	9.87	28.35
COSTO TOTAL DE MATERIALES				219.65

Calculo del porcentaje del costo que es menor el concreto con aditivo que el concreto normal:

$$222.59 \text{-----} 100\%$$

$$219.65 \text{-----} X$$

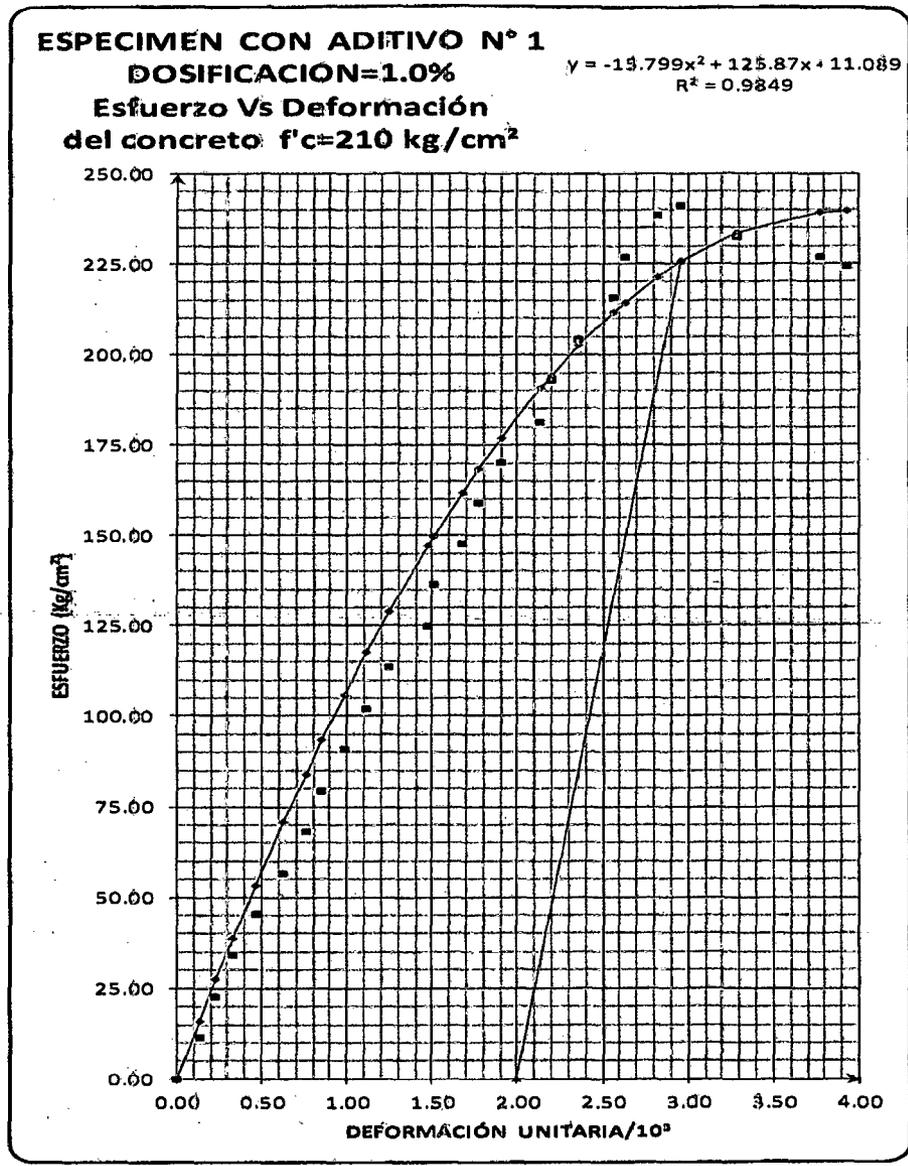
$$X = \frac{219.65 \times 100}{222.59} = 98.68 \%$$

PORTANTO:

El concreto con aditivo Sika Rapid 1 es $100 - 98.68 = 1.32\%$ más económico que el concreto normal sin aditivo.

6.1.6 DIAGRAMAS DE EZFUERZO- DEFORACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO CON 1% DE ADITIVO SIKA RAPID 1.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 1 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm ²):	210			
Area de la probeta (cm ²):	176.24			
Altura (mm):	304.8			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.040	0.13	11.35	15.88
4000	0.070	0.23	22.70	27.43
6000	0.100	0.33	34.04	38.67
8000	0.140	0.46	45.39	53.19
10000	0.190	0.62	56.74	70.57
12000	0.230	0.75	68.09	83.86
14000	0.260	0.85	79.44	93.47
16000	0.300	0.98	90.79	105.81
18000	0.340	1.12	102.13	117.60
20000	0.380	1.25	113.48	128.85
22000	0.450	1.48	124.83	147.23
24000	0.460	1.51	136.18	149.72
26000	0.510	1.67	147.53	161.66
28000	0.540	1.77	158.87	168.41
30000	0.580	1.90	170.22	176.94
32000	0.650	2.13	181.57	190.56
34000	0.670	2.20	192.92	194.14
36000	0.720	2.36	204.27	202.51
38000	0.780	2.56	215.62	211.43
40000	0.800	2.62	226.96	214.13
42000	0.860	2.82	238.31	221.41
42500	0.900	2.95	241.15	225.59
41000	1.000	3.28	232.64	233.65
40000	1.150	3.77	226.96	239.36
39500	1.200	3.94	224.13	239.56
Ecuación	Esf. = -15.799x ² +125.87x-11.089			
Coef. de correlación	R ² = 0.9849			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	241.15			
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	236775.03			
Ecuación Corregida	Esf. = -15.799x ² +123.05x+3.45*10 ⁻⁶			

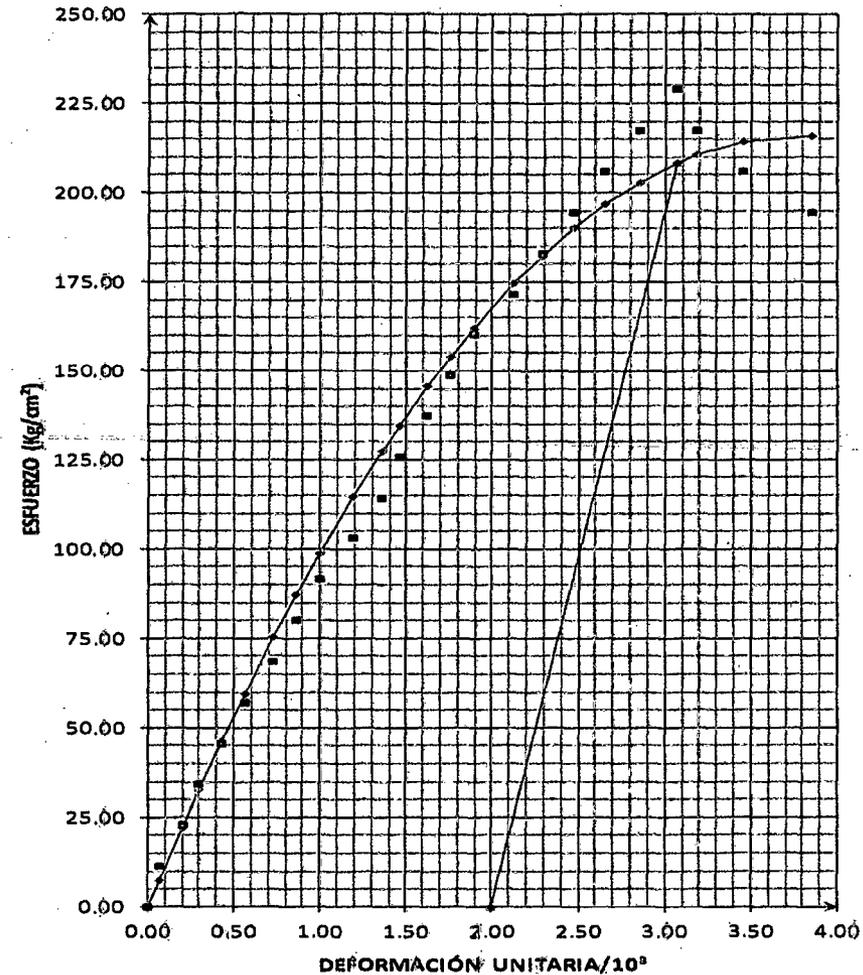


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 2 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm ²):			210	
Area de la probeta (cm ²):			174.84	
Altura (mm):			301.4	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.020	0.07	11.44	7.51
4000	0.060	0.20	22.88	22.12
6000	0.090	0.30	34.32	32.74
8000	0.130	0.43	45.76	46.43
10000	0.170	0.56	57.20	59.58
12000	0.220	0.73	68.64	75.28
14000	0.260	0.86	80.08	87.24
16000	0.300	1.00	91.51	98.67
18000	0.360	1.19	102.95	114.82
20000	0.410	1.36	114.39	127.37
22000	0.440	1.46	125.83	134.50
24000	0.490	1.63	137.27	145.72
26000	0.530	1.76	148.71	154.10
28000	0.570	1.89	160.15	161.94
30000	0.640	2.12	171.59	174.40
32000	0.690	2.29	183.03	182.29
34000	0.745	2.47	194.47	190.03
36000	0.800	2.65	205.91	196.75
38000	0.860	2.85	217.35	202.95
40000	0.925	3.07	228.79	208.31
38000	0.960	3.19	217.35	210.61
36000	1.040	3.45	205.91	214.36
34000	1.160	3.85	194.47	215.99
Ecuación	Esf. = -12.002x ² + 111.9x - 2.4279			
Coef. de correlación	R ² = 0.9849			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	228.79			
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	194860.51			
Ecuación Corregida	Esf. = -15.075x ² + 115x + 3.23 * 10 ⁻⁶			

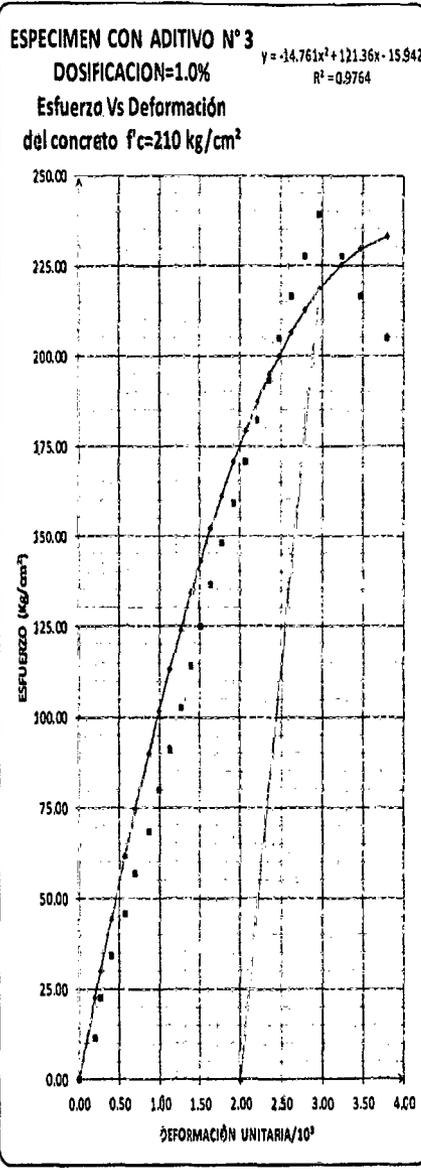
**ESPECIMEN CON ADITIVO N° 2
DOSIFICACION=1.0%**
Esfuerzo Vs Deformación
del concreto f'c=210 kg/cm²

$$y = -15.075x^2 + 115x - 3.2392$$

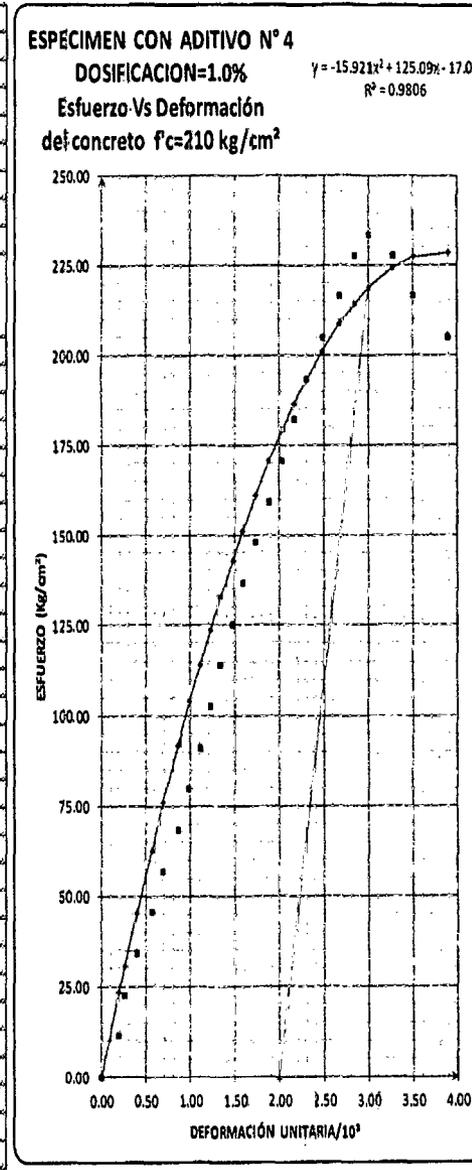
$$R^2 = 0.9847$$



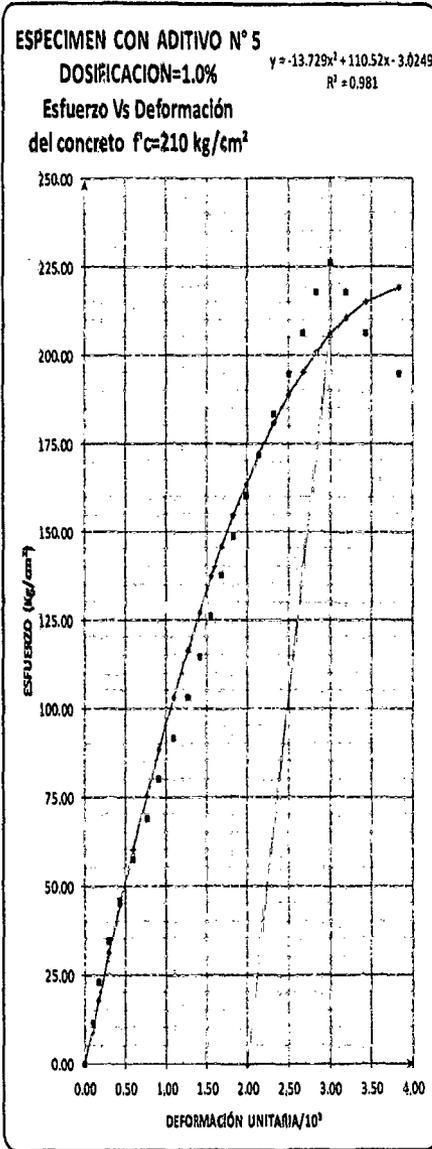
ENSAJO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 3 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			175.54	
Altura (mm):			302.8	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.060	0.20	11.39	22.69
4000	0.080	0.26	22.79	29.99
6000	0.120	0.40	34.18	44.21
8000	0.170	0.56	45.57	61.26
10000	0.210	0.69	56.97	74.33
12000	0.250	0.86	68.36	89.93
14000	0.300	0.99	79.75	101.84
16000	0.340	1.12	91.15	113.22
18000	0.380	1.25	102.54	124.10
20000	0.420	1.39	113.93	134.46
22000	0.455	1.50	125.33	143.10
24000	0.495	1.63	136.72	152.49
26000	0.535	1.77	148.12	161.37
28000	0.580	1.92	159.51	170.74
30000	0.625	2.06	170.90	179.45
32000	0.670	2.21	182.30	187.52
34000	0.715	2.36	193.69	194.94
36000	0.750	2.48	205.08	200.25
38000	0.795	2.63	216.48	206.51
40000	0.845	2.79	227.87	212.69
42000	0.900	2.97	239.26	218.57
40000	0.930	3.24	227.87	225.38
38000	1.050	3.47	216.48	229.64
36000	1.150	3.80	205.08	233.00
Ecuación	Esf. = 14.7x³ + 118.53x - 1.905			
Coef. de correlación	R² = 0.9764			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	239.26			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	224805.83			
Ecuación Corregida	Esf. = 14.761x³ + 117.41x + 1.55*10⁻⁵			



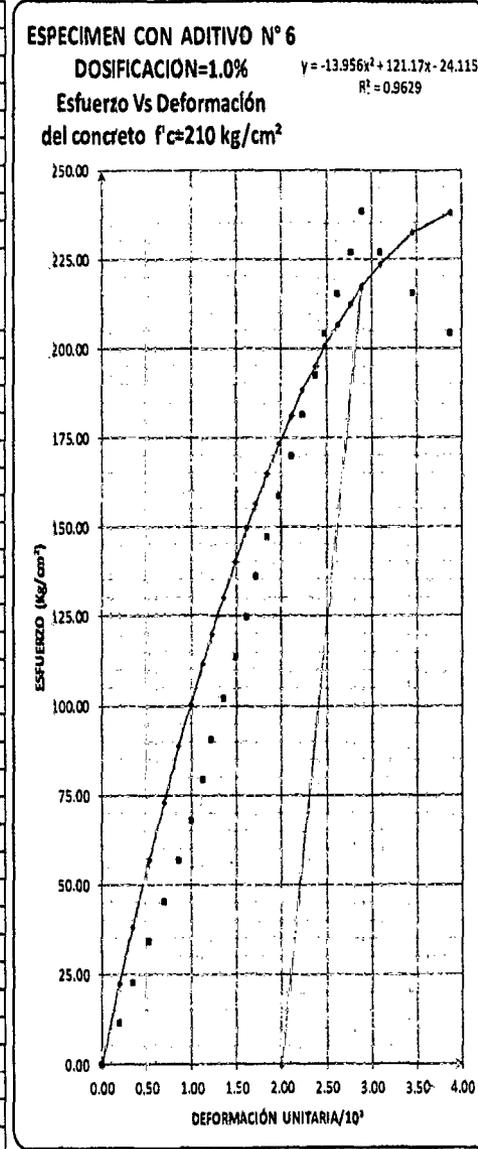
ENSAJO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 4 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			175.54	
Altura (mm):			302.8	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.060	0.20	11.39	23.29
4000	0.080	0.26	22.79	30.77
6000	0.120	0.40	34.18	45.33
8000	0.170	0.56	45.57	62.73
10000	0.210	0.69	56.97	76.04
12000	0.250	0.86	68.36	91.88
14000	0.300	0.99	79.75	103.94
16000	0.335	1.11	91.15	114.03
18000	0.370	1.22	102.54	123.69
20000	0.405	1.34	113.93	132.93
22000	0.445	1.47	125.33	142.97
24000	0.480	1.59	136.72	151.30
26000	0.525	1.73	148.12	161.38
28000	0.570	1.88	159.51	170.75
30000	0.615	2.03	170.90	179.43
32000	0.655	2.16	182.30	186.55
34000	0.695	2.30	193.69	193.12
36000	0.750	2.48	205.08	201.24
38000	0.810	2.68	216.48	208.90
40000	0.860	2.84	227.87	214.32
41000	0.910	3.01	233.57	218.88
40000	0.990	3.27	227.87	224.37
38000	1.060	3.50	216.48	227.35
36000	1.180	3.90	205.08	228.50
Ecuación	Esf. = 15.921x³ + 125.09x - 17.01			
Coef. de correlación	R² = 0.9806			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	233.57			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	217732.97			
Ecuación Corregida	Esf. = 15.921x³ + 120.68x + 6.3846*10⁻⁶			



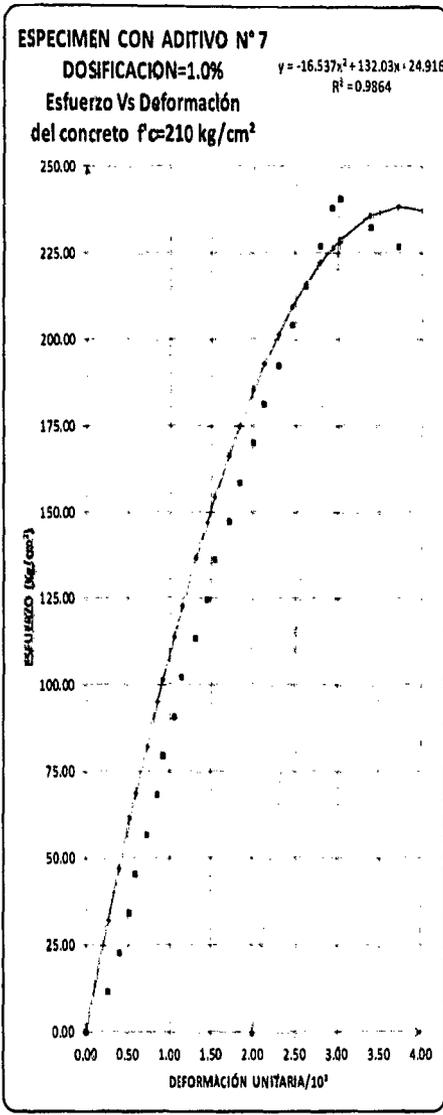
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 5 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	22/02/2013			
Fecha de rotura:	09/03/2013			
Resistencia característica (kg/cm²):	210			
Area de la probeta (cm²):	174.60			
Altura (mm):	303.3			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.030	0.10	11.45	10.72
4000	0.050	0.16	22.91	17.72
6000	0.090	0.30	34.36	31.36
8000	0.130	0.43	45.82	44.52
10000	0.180	0.59	57.27	60.30
12000	0.230	0.76	68.73	75.34
14000	0.275	0.91	80.18	88.23
16000	0.330	1.09	91.64	103.17
18000	0.380	1.25	103.09	115.97
20000	0.425	1.40	114.55	126.84
22000	0.470	1.55	126.00	137.12
24000	0.510	1.68	137.46	145.74
26000	0.555	1.83	148.91	154.88
28000	0.600	1.98	160.37	163.40
30000	0.650	2.14	171.82	172.17
32000	0.705	2.32	183.28	180.95
34000	0.760	2.51	194.73	188.83
36000	0.810	2.67	206.18	195.21
38000	0.860	2.84	217.64	200.84
39500	0.910	3.00	226.23	205.73
38000	0.970	3.20	217.64	210.61
36000	1.040	3.43	206.18	214.94
34000	1.160	3.82	194.73	218.97
Ecuación	Esf. = -13.729x² + 110.52x - 3.0249			
Coef. de correlación	R² = 0.981			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	226.23			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	205960.22			
Ecuación Corregida	Esf. = -13.729x² + 109.76x - 3.8912*10⁻⁵			



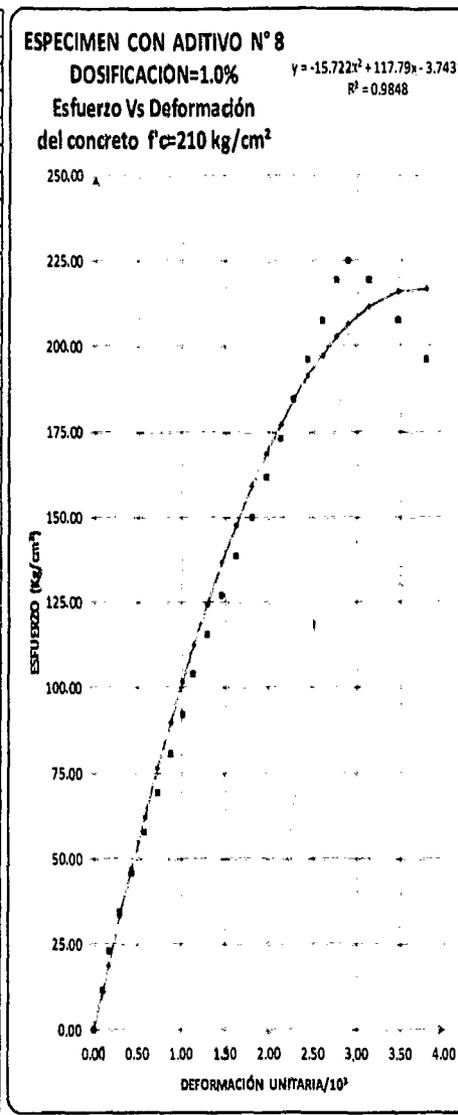
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 6 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 días			
Fecha de elaboración:	22/02/2013			
Fecha de rotura:	09/03/2013			
Resistencia característica (kg/cm²):	210			
Area de la probeta (cm²):	176.24			
Altura (mm):	304.2			
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.060	0.20	11.35	22.23
4000	0.105	0.35	22.70	38.20
6000	0.160	0.53	34.04	56.88
8000	0.210	0.69	45.39	73.07
10000	0.260	0.85	56.74	88.51
12000	0.300	0.99	68.09	100.31
14000	0.340	1.12	79.44	111.64
16000	0.370	1.22	90.78	119.81
18000	0.410	1.35	102.13	130.29
20000	0.450	1.48	113.48	140.29
22000	0.490	1.61	124.83	149.80
24000	0.520	1.71	136.17	156.62
26000	0.560	1.84	147.52	165.29
28000	0.600	1.97	158.87	173.48
30000	0.640	2.10	170.22	181.18
32000	0.680	2.24	181.57	188.40
34000	0.720	2.37	192.91	195.14
36000	0.755	2.48	204.26	200.64
38000	0.795	2.61	215.61	206.48
40000	0.840	2.76	226.96	212.47
42000	0.880	2.89	238.31	217.27
40000	0.940	3.09	226.96	223.58
38000	1.050	3.45	215.61	232.33
36000	1.180	3.88	204.26	237.96
Ecuación	Esf. = -13.956x² + 121.17x - 24.115			
Coef. de correlación	R² = 0.9629			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	238.31			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	243353.09			
Ecuación Corregida	Esf. = -13.956x² + 115.48x - 1.896*10⁻⁴			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 7 (DOSIFICACION=1.2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 dias	
Fecha de elaboraci3n:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia caracteristica (kg/cm ²):			210	
Area de la probeta (cm ²):			176.48	
Altura (mm):			304.5	
Carga (kg)	Deformaci3n (mm)	Deformaci3n Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.080	0.26	11.33	31.86
4000	0.120	0.39	22.67	46.94
6000	0.160	0.53	34.00	61.43
8000	0.180	0.59	45.33	68.49
10000	0.220	0.72	56.66	82.13
12000	0.260	0.85	68.00	95.21
14000	0.280	0.92	79.33	101.54
16000	0.320	1.05	90.66	113.76
18000	0.350	1.15	101.99	122.55
20000	0.400	1.31	113.33	136.49
22000	0.440	1.44	124.66	147.61
24000	0.470	1.54	135.99	154.51
26000	0.520	1.71	147.33	166.31
28000	0.560	1.84	158.66	175.11
30000	0.610	2.00	169.99	185.31
32000	0.650	2.13	181.32	192.82
34000	0.700	2.30	192.66	201.41
36000	0.750	2.46	203.99	209.11
38000	0.800	2.63	215.32	215.92
40000	0.850	2.79	226.66	221.83
42000	0.895	2.94	237.99	226.39
42500	0.920	3.02	240.82	228.61
41000	1.030	3.38	232.32	235.74
40000	1.130	3.71	226.66	238.47
39500	1.250	4.11	223.82	237.04
Ecuaci3n	Esf. = -16.537x ² + 132.03x + 24.916			
Coef. de correlaci3n	R ² = 0.9864			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	240.82			
M3dulo de elasticidad (kg/cm ²)	221835.09			
Ecuaci3n Corregida	Esf. = -16.537x ² + 125.63x + 2.57*10 ⁻⁵			

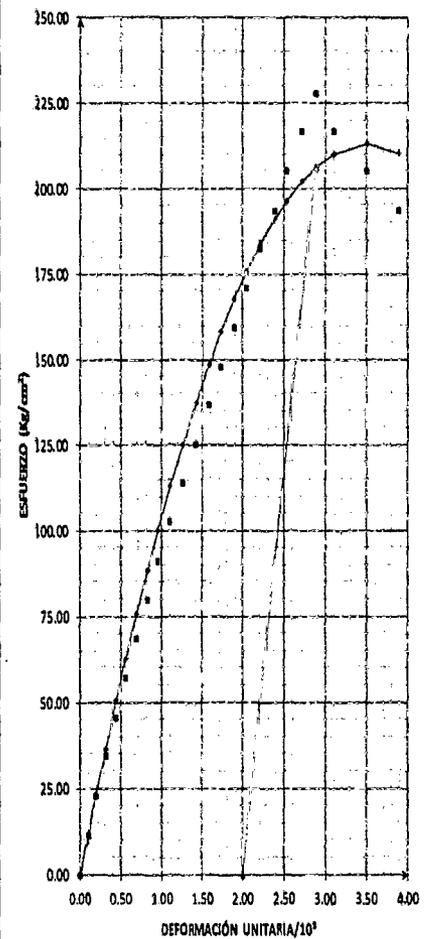


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 8 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 dias	
Fecha de elaboraci3n:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia caracteristica (kg/cm ²):			210	
Area de la probeta (cm ²):			173.20	
Altura (mm):			303.2	
Carga (kg)	Deformaci3n (mm)	Deformaci3n Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.030	0.10	11.55	11.40
4000	0.050	0.16	23.09	18.83
6000	0.090	0.30	34.64	33.28
8000	0.130	0.43	46.19	47.18
10000	0.175	0.58	57.74	62.17
12000	0.220	0.73	69.28	76.46
14000	0.265	0.87	80.83	90.06
16000	0.305	1.01	92.38	101.56
18000	0.345	1.14	103.93	112.52
20000	0.390	1.29	115.47	124.20
22000	0.440	1.45	127.02	136.36
24000	0.490	1.62	138.57	147.67
26000	0.545	1.80	150.12	159.11
28000	0.595	1.96	161.66	168.62
30000	0.645	2.13	173.21	177.28
32000	0.690	2.28	184.76	184.34
34000	0.740	2.44	196.31	191.37
36000	0.790	2.61	207.85	197.54
38000	0.840	2.77	219.40	202.86
39000	0.880	2.90	225.18	206.50
38000	0.950	3.13	219.40	211.55
36000	1.050	3.46	207.85	215.87
34000	1.150	3.79	196.31	216.76
Ecuaci3n	Esf. = -15.472x ² + 116.06x - 3.6932			
Coef. de correlaci3n	R ² = 0.9848			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	225.18			
M3dulo de elasticidad (kg/cm ²)	228841.38			
Ecuaci3n Corregida	Esf. = -15.722x ² + 116.78x + 4.79*10 ⁻⁵			



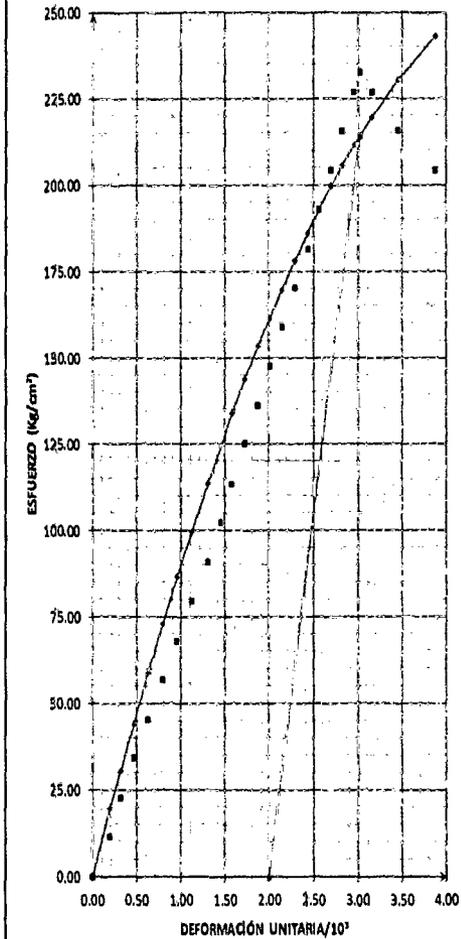
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 9 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm ²):			210	
Area de la probeta (cm ²):			175.54	
Altura (mm):			303.2	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.030	0.10	11.39	11.82
4000	0.060	0.20	22.79	23.31
6000	0.095	0.31	34.18	36.28
8000	0.135	0.45	45.57	50.55
10000	0.170	0.56	56.97	62.54
12000	0.210	0.69	68.36	75.68
14000	0.250	0.82	79.75	88.21
16000	0.290	0.96	91.15	100.15
18000	0.335	1.10	102.54	112.86
20000	0.380	1.25	113.93	124.81
22000	0.430	1.42	125.33	137.20
24000	0.480	1.58	136.72	148.65
26000	0.525	1.73	148.12	158.15
28000	0.575	1.90	159.51	167.82
30000	0.620	2.04	170.90	175.71
32000	0.670	2.21	182.30	183.60
34000	0.725	2.39	193.69	191.19
36000	0.770	2.54	205.08	196.55
38000	0.825	2.72	216.48	202.07
40000	0.875	2.89	227.87	206.11
38000	0.940	3.10	216.48	209.95
36000	1.060	3.50	205.08	212.88
34000	1.180	3.89	193.69	210.41
Ecuación	Esf. = -17.208x ⁴ +122.75x-5.9948			
Coef. de correlación	R ² = 0.9855			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	227.87			
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	232659.58			
Ecuación Corregida	Esf. = -17.253x ⁴ +121.21x+5.04*10 ⁻⁹			

ESPECIMEN CON ADITIVO N° 9
DOSIFICACION=1.0%
Esfuerzo Vs Deformación
del concreto f'c=210 kg/cm²

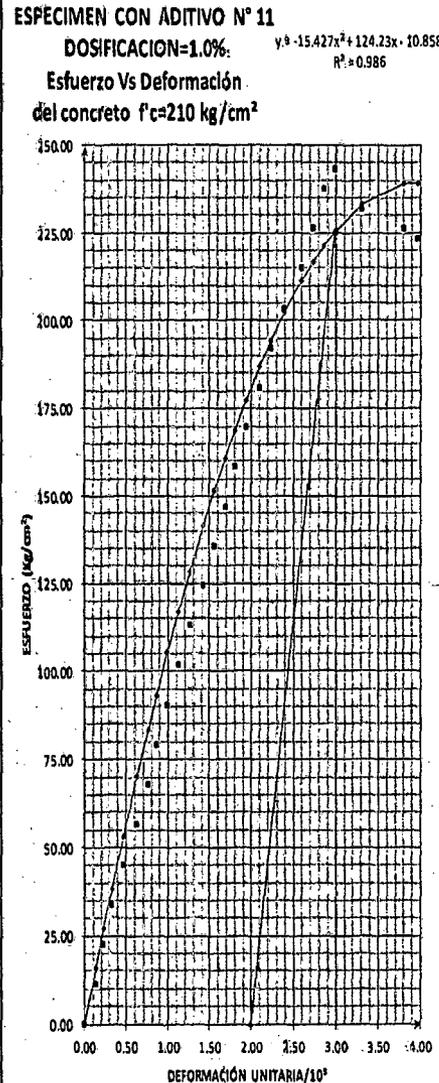


ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 10 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm ²):			210	
Area de la probeta (cm ²):			176.24	
Altura (mm):			304.2	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.060	0.20	11.35	19.31
4000	0.095	0.31	22.70	30.22
6000	0.140	0.46	34.04	43.89
8000	0.190	0.62	45.39	58.58
10000	0.240	0.79	56.74	72.76
12000	0.290	0.95	68.09	86.41
14000	0.340	1.12	79.44	99.56
16000	0.395	1.30	90.78	113.41
18000	0.440	1.45	102.13	124.29
20000	0.480	1.58	113.48	133.60
22000	0.525	1.73	124.83	143.69
24000	0.570	1.87	136.17	153.35
26000	0.610	2.01	147.52	161.59
28000	0.650	2.14	158.87	169.50
30000	0.695	2.28	170.22	178.00
32000	0.740	2.43	181.57	186.08
34000	0.780	2.54	192.91	192.92
36000	0.820	2.70	204.26	199.42
38000	0.860	2.83	215.61	205.59
40000	0.900	2.94	226.96	211.43
41000	0.920	3.02	232.63	214.23
40000	0.960	3.10	226.96	219.57
38000	1.050	3.45	215.61	230.39
36000	1.180	3.89	204.26	243.06
Ecuación	Esf. = -13.956x ⁴ +121.17x-24.115			
Coef. de correlación	R ² = 0.9707			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	232.63			
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	209140.00			
Ecuación Corregida	Esf. = -9.5655x ⁴ +99.764x+3.36*10 ⁻⁵			

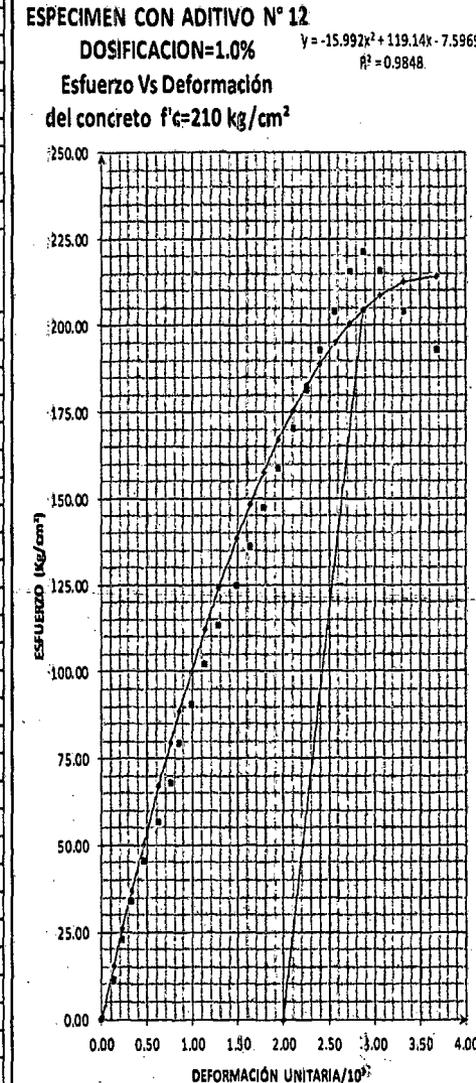
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 10
DOSIFICACION=1.0%
Esfuerzo Vs Deformación
del concreto f'c=210 kg/cm²



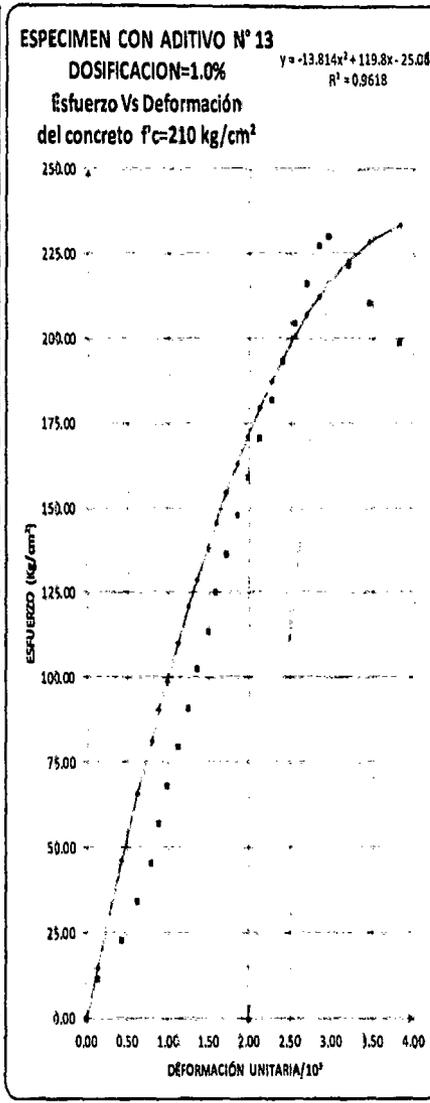
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 11 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 dias			
Fecha de elaboraci3n:	22/02/2013			
Fecha de rotura:	09/03/2013			
Resistencia caracteristica (kg/cm ²):	210			
Area de la probeta (cm ²):	176.71			
Altura (mm):	302.6			
Carga (kg)	Deformaci3n (mm)	Deformaci3n Unif./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.040	0.13	11.32	15.79
4000	0.070	0.23	22.64	27.28
6000	0.100	0.33	33.95	38.47
8000	0.140	0.46	45.27	52.91
10000	0.190	0.63	56.59	70.21
12000	0.230	0.76	67.91	83.44
14000	0.260	0.86	79.22	93.01
16000	0.300	0.99	90.54	105.29
18000	0.340	1.12	101.86	117.04
20000	0.380	1.26	113.18	128.25
22000	0.430	1.42	124.49	141.50
24000	0.470	1.55	135.81	151.50
26000	0.510	1.69	147.13	160.95
28000	0.540	1.80	158.45	168.79
30000	0.580	1.93	169.77	177.23
32000	0.630	2.10	181.08	187.03
34000	0.670	2.23	192.40	194.26
36000	0.720	2.40	203.72	202.55
38000	0.780	2.59	215.04	211.37
40000	0.820	2.73	226.35	216.58
42000	0.860	2.86	237.67	221.26
43000	0.900	2.99	243.39	225.39
41000	1.000	3.30	232.01	233.04
40000	1.150	3.80	226.35	238.94
39500	1.200	3.97	223.52	239.22
Ecuaci3n	Esf. = -15.427x ² +124.23x-10.858			
Coef. de correlaci3n	R ² = 0.986			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	243.33			
M3dulo de elasticidad (kg/cm ²)	227492.94			
Ecuaci3n Corregida	Esf. = -15.427x ² +121.50x+2.07*10 ⁻⁵			



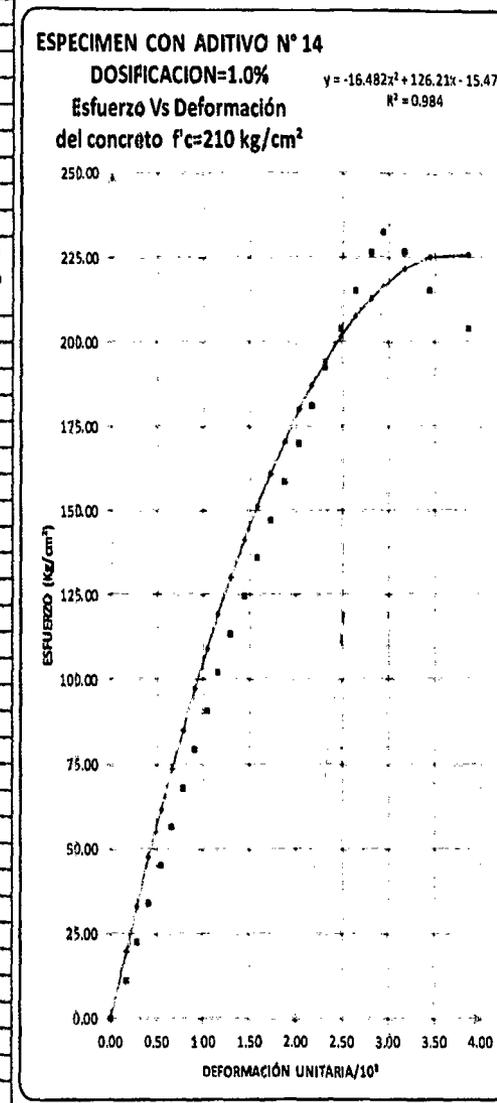
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 12 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:	14 dias			
Fecha de elaboraci3n:	22/02/2013			
Fecha de rotura:	09/03/2013			
Resistencia caracteristica (kg/cm ²):	210			
Area de la probeta (cm ²):	176.24			
Altura (mm):	304.0			
Carga (kg)	Deformaci3n (mm)	Deformaci3n Unif./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.040	0.13	11.35	15.13
4000	0.070	0.23	22.70	26.11
6000	0.100	0.33	34.04	36.78
8000	0.140	0.46	45.39	50.53
10000	0.190	0.63	56.74	66.93
12000	0.230	0.76	68.09	79.43
14000	0.260	0.86	79.44	88.44
16000	0.300	0.99	90.78	99.97
18000	0.340	1.13	102.13	112.27
20000	0.390	1.28	113.48	123.88
22000	0.450	1.48	124.83	138.27
24000	0.495	1.63	136.17	148.24
26000	0.540	1.78	147.52	157.51
28000	0.590	1.94	158.87	166.99
30000	0.640	2.11	170.22	175.61
32000	0.685	2.25	181.57	182.62
34000	0.730	2.40	192.91	188.93
36000	0.780	2.57	204.26	195.12
38000	0.830	2.73	215.61	200.45
39000	0.875	2.88	221.28	204.50
38000	0.930	3.06	215.61	208.51
36000	1.010	3.32	204.26	212.46
34000	1.120	3.68	192.91	214.28
Ecuaci3n	Esf. = -15.992x ² +119.14x-7.5965			
Coef. de correlaci3n	R ² = 0.9848			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	221.28			
M3dulo de elasticidad (kg/cm ²)	232843.05			
Ecuaci3n Corregida	Esf. = -15.992x ² +117.08x+6.76*10 ⁻⁵			



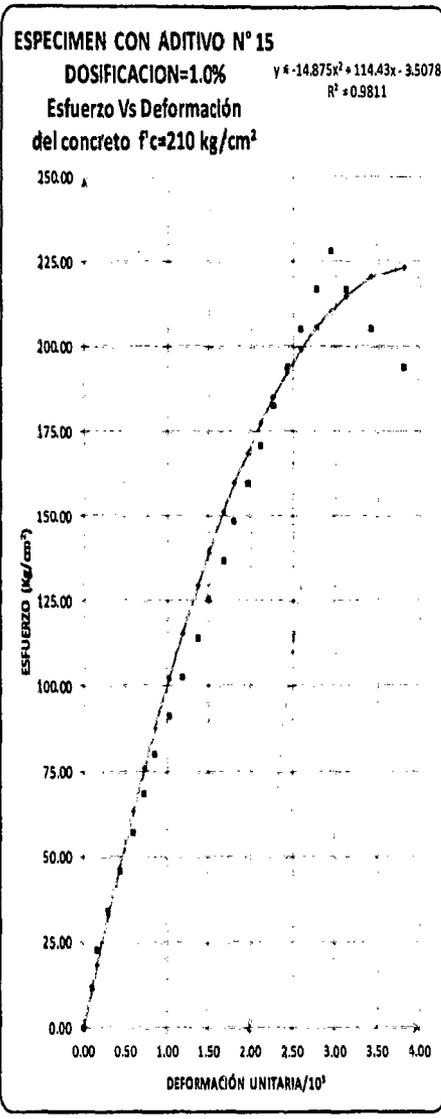
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 13 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			178.01	
Altura (mm):			303.8	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.040	0.13	11.36	14.75
4000	0.130	0.43	22.73	46.20
6000	0.190	0.63	34.09	65.81
8000	0.240	0.79	45.45	81.34
10000	0.270	0.89	56.82	90.29
12000	0.300	0.99	68.18	98.98
14000	0.340	1.12	79.54	110.14
16000	0.380	1.25	90.90	120.82
18000	0.410	1.35	102.27	128.52
20000	0.450	1.48	113.63	138.36
22000	0.480	1.58	124.99	145.43
24000	0.520	1.71	136.36	154.43
26000	0.560	1.84	147.72	162.96
28000	0.600	1.97	159.08	171.01
30000	0.645	2.12	170.45	179.49
32000	0.690	2.27	181.81	187.37
34000	0.730	2.40	193.17	193.86
36000	0.775	2.55	204.54	200.59
38000	0.820	2.70	215.90	206.71
40000	0.865	2.85	227.26	212.23
40500	0.900	2.96	230.10	216.10
39000	0.970	3.19	221.58	222.75
37000	1.050	3.46	210.22	228.55
35000	1.160	3.82	198.85	233.39
Ecuación	Esf. = -13.814x² + 119.8x - 25.069			
Coef. de correlación:	R² = 0.9618			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	230.10			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	224527.12			
Ecuación Corregida	Esf. = -13.814x² + 113.87x - 1.70*10⁻⁵			



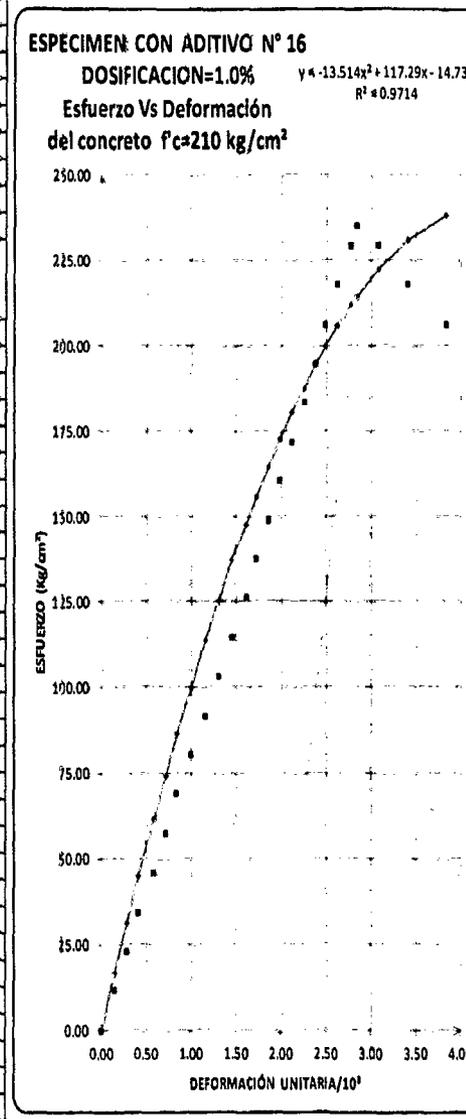
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 14 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			176.48	
Altura (mm):			302.4	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.050	0.17	11.33	19.74
4000	0.085	0.28	22.67	33.02
6000	0.125	0.41	34.00	47.66
8000	0.165	0.55	45.33	61.72
10000	0.200	0.66	56.66	73.54
12000	0.235	0.78	68.00	84.93
14000	0.275	0.91	79.33	97.41
16000	0.315	1.04	90.66	109.30
18000	0.350	1.16	101.99	119.24
20000	0.390	1.29	113.33	130.06
22000	0.435	1.44	124.66	141.53
24000	0.475	1.57	135.99	151.12
26000	0.520	1.72	147.33	161.22
28000	0.565	1.87	158.66	170.59
30000	0.615	2.03	169.99	180.15
32000	0.655	2.17	181.32	187.14
34000	0.700	2.31	192.66	194.32
36000	0.750	2.48	203.99	201.44
38000	0.800	2.65	215.32	207.66
40000	0.850	2.81	226.66	212.98
41000	0.890	2.94	232.32	216.59
40000	0.960	3.17	226.66	221.51
38000	1.040	3.44	215.32	224.98
36000	1.170	3.87	203.99	225.68
Ecuación	Esf. = -15.921x² + 125.09x - 17.01			
Coef. de correlación	R² = 0.984			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	232.32			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	229650.80			
Ecuación Corregida	Esf. = -16.482x² + 122.10x + 3.97*10⁻⁵			



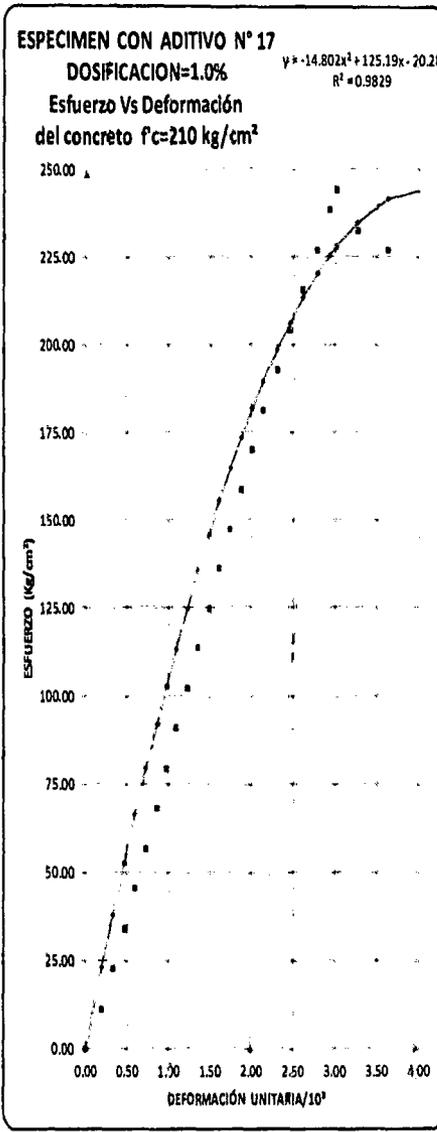
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 15 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 dias	
Fecha de elaboraci3n:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia caracteristica (kg/cm ²):	230			
Area de la probeta (cm ²):	175.30			
Altura (mm):	304.3			
Carga (kg)	Deformaci3n (mm)	Deformaci3n Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.030	0.10	11.41	11.23
4000	0.050	0.16	22.82	18.55
6000	0.090	0.30	34.23	32.81
8000	0.130	0.43	45.63	46.56
10000	0.180	0.59	57.04	63.02
12000	0.220	0.72	68.45	75.61
14000	0.260	0.85	79.86	87.68
16000	0.310	1.02	91.27	102.05
18000	0.360	1.18	102.68	115.62
20000	0.415	1.36	114.09	129.62
22000	0.455	1.50	125.50	139.19
24000	0.510	1.68	136.90	151.51
26000	0.550	1.81	148.31	159.86
28000	0.595	1.96	159.72	168.64
30000	0.645	2.12	171.13	177.63
32000	0.695	2.27	182.54	185.03
34000	0.740	2.43	193.95	192.49
36000	0.790	2.60	205.36	199.16
38000	0.845	2.78	216.77	205.56
40000	0.895	2.94	228.17	210.53
38000	0.950	3.12	216.77	215.07
36000	1.040	3.42	205.36	220.41
34000	1.160	3.81	193.95	223.48
Ecuaci3n	Esf. =14.875x ² +114.43x-3.5078			
Coef. de correlaci3n	R ² = 0.9811			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	228.17			
M3dulo de elasticidad (kg/cm ²)	223687.50			
Ecuaci3n Corregida	Esf. =14.875x ² +115.33x-3.45*10 ⁻⁶			



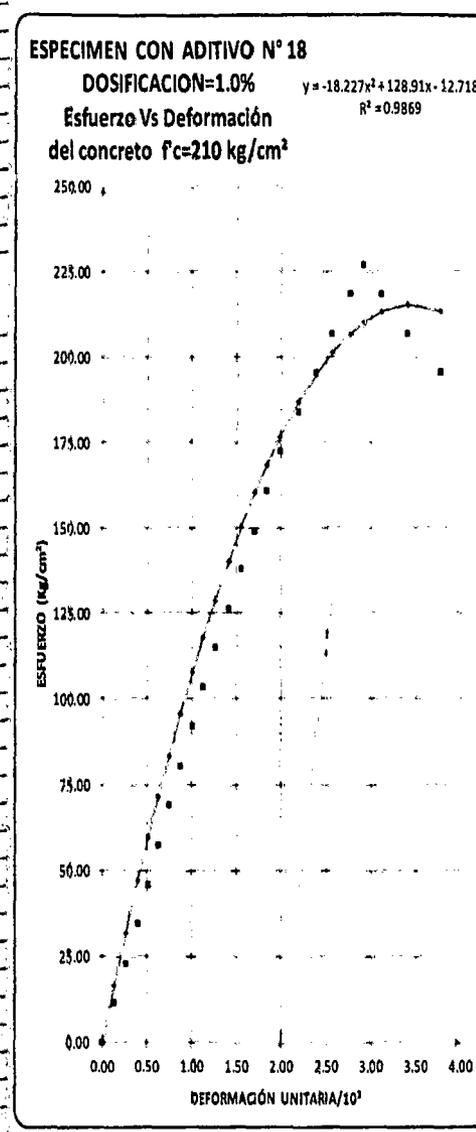
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 16 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 dias	
Fecha de elaboraci3n:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia caracteristica (kg/cm ²):	210			
Area de la probeta (cm ²):	174.37			
Altura (mm):	302.2			
Carga (kg)	Deformaci3n (mm)	Deformaci3n Unit./10 ³	Esfuerzo (kg/cm ²)	Esfuerzo corregido (kg/cm ²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.045	0.19	11.47	16.65
4000	0.085	0.28	22.94	30.95
6000	0.125	0.43	34.41	44.78
8000	0.175	0.58	45.88	61.39
10000	0.215	0.71	57.35	74.15
12000	0.255	0.84	68.82	86.44
14000	0.300	0.99	80.29	99.69
16000	0.350	1.16	91.76	113.72
18000	0.395	1.31	103.23	125.71
20000	0.440	1.46	114.70	137.10
22000	0.485	1.60	126.17	147.89
24000	0.520	1.72	137.64	155.87
26000	0.560	1.85	149.11	164.55
28000	0.600	1.99	160.58	172.75
30000	0.640	2.12	172.05	180.48
32000	0.680	2.25	183.52	187.73
34000	0.720	2.38	194.99	194.52
36000	0.755	2.50	206.46	200.06
38000	0.795	2.63	217.93	205.95
40000	0.840	2.78	229.40	212.02
41000	0.860	2.85	235.14	214.52
40000	0.930	3.08	229.40	222.35
38000	1.030	3.43	217.93	231.02
36000	1.160	3.84	206.46	237.86
Ecuaci3n	Esf. =-13.514x ² +117.29x-14.735			
Coef. de correlaci3n	R ² = 0.9714			
Esfuerzo de rotura (kg/cm ²)	235.14			
M3dulo de elasticidad (kg/cm ²)	253632.35			
Ecuaci3n Corregida	Esf. =-13.514x ² +113.84x3.10*10 ⁻⁵			



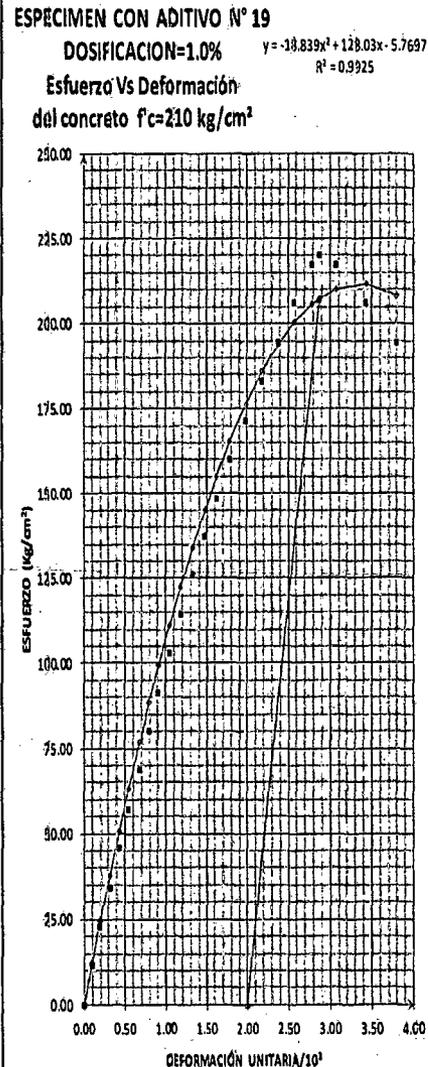
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 17 (DOSIFICACION=1.2%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			176.24	
Altura (mm):			303.5	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.060	0.20	11.35	23.20
4000	0.100	0.33	22.70	38.03
6000	0.140	0.46	34.04	52.34
8000	0.180	0.59	45.39	66.14
10000	0.220	0.72	56.74	79.42
12000	0.260	0.86	68.09	92.19
14000	0.295	0.97	79.44	102.94
16000	0.330	1.09	90.78	113.29
18000	0.370	1.22	102.13	124.65
20000	0.410	1.35	113.48	135.49
22000	0.450	1.48	124.83	145.81
24000	0.490	1.61	136.17	155.62
26000	0.530	1.75	147.52	164.92
28000	0.570	1.88	158.87	173.71
30000	0.610	2.01	170.22	181.97
32000	0.650	2.14	181.57	189.73
34000	0.700	2.31	192.91	198.70
36000	0.745	2.45	204.26	206.09
38000	0.795	2.62	215.61	213.53
40000	0.845	2.78	226.96	220.17
42000	0.890	2.93	238.31	225.46
43000	0.915	3.01	243.98	228.12
41000	0.990	3.26	232.63	234.88
40000	1.100	3.62	226.96	241.54
39500	1.230	4.05	224.12	244.39
Ecuación	Esf. = 16.537x² + 132.03x - 24.916			
Coef. de correlación	R² = 0.9829			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	243.98			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	224782.61			
Ecuación Corregida	Esf. = 14.802x² + 120.29x + 7.33*10⁻⁵			



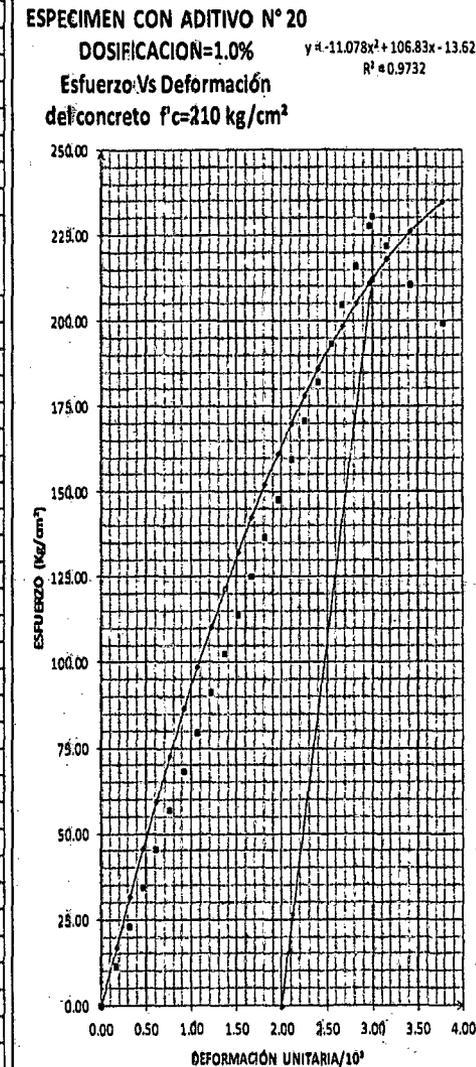
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 18 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			173.99	
Altura (mm):			302.2	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.040	0.13	11.50	16.26
4000	0.080	0.26	23.00	31.88
6000	0.120	0.40	34.50	46.87
8000	0.155	0.51	46.00	59.45
10000	0.190	0.63	57.50	71.55
12000	0.225	0.74	69.01	83.16
14000	0.265	0.88	80.51	95.83
16000	0.305	1.01	92.01	107.85
18000	0.340	1.13	103.51	117.86
20000	0.380	1.26	115.01	128.69
22000	0.425	1.41	126.51	140.11
24000	0.470	1.56	138.01	150.72
26000	0.515	1.70	149.51	160.53
28000	0.555	1.84	161.01	168.57
30000	0.600	1.99	172.51	176.85
32000	0.660	2.18	184.01	186.63
34000	0.720	2.38	195.52	194.97
36000	0.775	2.56	207.02	201.36
38000	0.835	2.76	218.52	206.95
39500	0.880	2.91	227.14	210.20
38000	0.940	3.11	218.52	213.27
36000	1.030	3.41	207.02	215.19
34000	1.140	3.77	195.52	213.14
Ecuación	Esf. = 18.227x² + 128.91x - 12.718			
Coef. de correlación	R² = 0.9869			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	227.14			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	230483.88			
Ecuación Corregida	Esf. = 18.227x² + 125.26x + 7.33*10⁻⁵			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 19 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo-Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			174.84	
Altura (mm):			302.6	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.030	0.10	11.44	12.34
4000	0.060	0.20	22.88	24.31
6000	0.095	0.31	34.32	37.80
8000	0.130	0.43	45.76	50.79
10000	0.165	0.55	57.20	63.28
12000	0.205	0.68	68.64	76.93
14000	0.240	0.79	80.08	88.34
16000	0.275	0.91	91.51	99.24
18000	0.315	1.04	102.95	111.08
20000	0.355	1.17	114.39	122.27
22000	0.400	1.32	125.83	134.06
24000	0.445	1.47	137.27	145.02
26000	0.490	1.62	148.71	155.15
28000	0.540	1.78	160.15	165.43
30000	0.600	1.98	171.59	176.40
32000	0.660	2.18	183.03	185.90
34000	0.720	2.38	194.47	193.91
36000	0.780	2.58	205.91	200.44
38000	0.845	2.79	217.35	205.84
38500	0.870	2.88	220.21	207.46
38000	0.930	3.07	217.35	210.28
36000	1.040	3.44	205.91	211.62
34000	1.150	3.80	194.47	207.97
Ecuación	Esf. = -18.839x² + 128.03x + 5.7697			
Coef. de correlación	R² = 0.9925			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	220.21			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	237069.48			
Ecuación Corregida	Esf. = -18.839x² + 126.32x + 7.49*10⁻⁶			



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION				
ESPECIMEN CON ADITIVO N° 20 (DOSIFICACION=1.0%)				
Cemento:	Pacasmayo Tipo I		ASTM C-150	
Edad:			14 días	
Fecha de elaboración:			22/02/2013	
Fecha de rotura:			09/03/2013	
Resistencia característica (kg/cm²):			210	
Area de la probeta (cm²):			175.77	
Altura (mm):			303.5	
Carga (kg)	Deformación (mm)	Deformación Unit./10³	Esfuerzo (kg/cm²)	Esfuerzo corregido (kg/cm²)
0	0.000	0.00	0.00	0.00
2000	0.050	0.16	11.38	16.83
4000	0.095	0.31	22.76	31.46
6000	0.140	0.46	34.13	45.60
8000	0.185	0.61	45.51	59.25
10000	0.230	0.76	56.89	72.42
12000	0.280	0.92	68.27	86.48
14000	0.325	1.07	79.65	98.62
16000	0.370	1.22	91.03	110.27
18000	0.415	1.37	102.40	121.44
20000	0.460	1.52	113.78	132.12
22000	0.505	1.66	125.16	142.31
24000	0.550	1.81	136.54	152.01
26000	0.595	1.96	147.92	161.23
28000	0.640	2.11	159.30	169.96
30000	0.685	2.26	170.67	178.21
32000	0.730	2.41	182.05	185.96
34000	0.775	2.55	193.43	193.23
36000	0.810	2.67	204.81	198.55
38000	0.855	2.82	216.19	204.95
40000	0.900	2.97	227.57	210.87
40500	0.910	3.00	230.41	212.12
39000	0.960	3.16	221.88	218.00
37000	1.040	3.43	210.50	226.16
35000	1.150	3.79	199.12	234.87
Ecuación	Esf. = -11.078x² + 106.83x - 13.621			
Coef. de correlación	R² = 0.9707			
Esfuerzo de rotura (kg/cm²)	230.41			
Módulo de elasticidad (kg/cm²)	212466.23			
Ecuación Corregida	Esf. = -11.078x² + 103.96x + 7.82*10⁻⁵			



Hoja Técnica
Edición 4, 26/03/07, LC
Sika® Rapid 1

Sika® Rapid 1

Acelerante de Resistencias Iniciales Exento de Cloruros

CONSTRUCCION

Descripción

General

Es un aditivo líquido, acelerante de resistencias iniciales exento de cloruros para concretos y morteros. Acelera el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales aumentando las resistencias finales.

Sika Rapid 1 cumple los requisitos de un aditivo acelerado de endurecimiento, sin efectos secundarios no deseados.

Campos de aplicación

- Concreto para rápida puesta en servicio
- Concreto curado al vapor
- Concreto en tiempo frío
- Concreto prefabricado
- Desencofrado rápido

Ventajas

- Acelera el proceso de endurecimiento
- Alta resistencia temprana a temperaturas entre 5°C y 30°C en concreto.
- No induce a corrosión de armaduras.
- Compatible con los productos Plastiment, Sikament, Sika Viscocrete
- Permite tiempo suficiente para la colocación del concreto.
- Estable a temperaturas entre -5°C y 40°C
- No tóxico para su manipulación ni para el ambiente.

Datos Básicos

Aspecto

Líquido

Color

Transparente

Presentación

- Cilindro de 200kg.
- Baldes 4 x 5kg.

Almacenamiento

Al menos 1 año en sus envases originales bien cerrados y no deteriorados, al resguardo del sol y las heladas

Datos Técnicos

Densidad

1.27 kg/l ± 0.01 kg/l

% Sólidos

31.0 ± 2.0

pH

10 ± 1.0

Base Química

Mezcla de sales alcalinas y compuestos complejos

Aplicación

Consumo

Sika Rapid 1 es utilizado en un rango de 0.5% - 3% de la cantidad de cemento a utilizar.

Para cementos con adiciones se deberá hacer pruebas.

Método de aplicación	<p>Sika Rapid 1 se utiliza en dosis entre 0.5% y 3% del peso del cemento Portland. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la dosis exacta según el objetivo deseado, considerando el contenido de cemento, la temperatura y el efecto de otros aditivos incluidos en la dosificación.</p> <p>Sika Rapid 1 se agrega diluido en el agua de amasado de la mezcla. También puede añadirse al camión concreto en obra, en este caso, realizar obligatoriamente un amasado suplementario de 1 minuto por metro cúbico de concreto. Antes de su colocación, debe verificarse visualmente la consistencia correcta del concreto.</p> <p>Cuando utilice Sika Rapid 1 deben respetarse las reglas generales para la fabricación y colocación del concreto. Debe prestarse atención especial al curado del concreto, sobre todo a primeras edades y con bajas temperatura. Se recomienda que la temperatura de la masa del concreto no sea inferior a 5°C al momento de colocar el molde o encofrado.</p>
Importante	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> En caso de peligro de hielo, deben tomarse las precauciones correspondientes hasta que el concreto haya alcanzado una resistencia al congelamiento suficiente (100 kg/cm²) <input type="checkbox"/> El efecto de Sika Rapid 1 puede variar en función del tipo de cemento y la temperatura del concreto fresco. <input type="checkbox"/> En el caso de que Sika Rapid 1 se hubiese congelado, puede volver a utilizarse, sin pérdidas de sus propiedades deshielándolo lentamente y agitándolo intensamente antes de su empleo. <input type="checkbox"/> Sika Rapid 1 se puede combinar con todos los fluidificantes y superplastificantes de Sika, si bien es recomendable la realización de ensayos previos. <input type="checkbox"/> Para cualquier información adicional consultar con nuestro departamento técnico.
Instrucciones de Seguridad Precauciones de manipulación	<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.</p> <p>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>
Observaciones	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado.
Nota Legal	<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.</p>

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº 3
la misma que deberá ser destruida”**



MVS REPRESENTACIONES S.R.L.



PANEL FOTOGRAFICO



TAMIZADO PARA LA SELECCIÓN DEL AGREGADO QUE PASA LA MALLA DE 1"



ASESOR DANDO INDICACIONES PARA LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS



ASESOR DANDO INDICACIONES PARA LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS



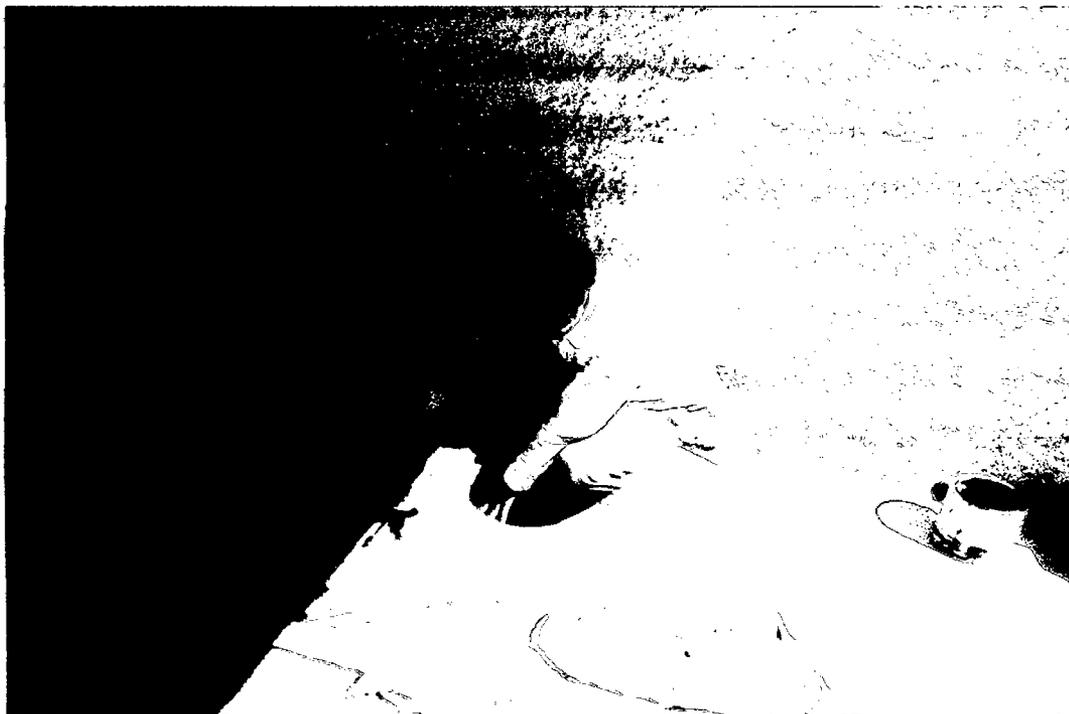
ENSAYO DE TAMIZADO DEL ABREGADO GRUESO



MUESTRAS TAMIZADAS DE AGREGADO GRUESO



MUESTRAS TAMIZADAS DE AGREGADO FINO



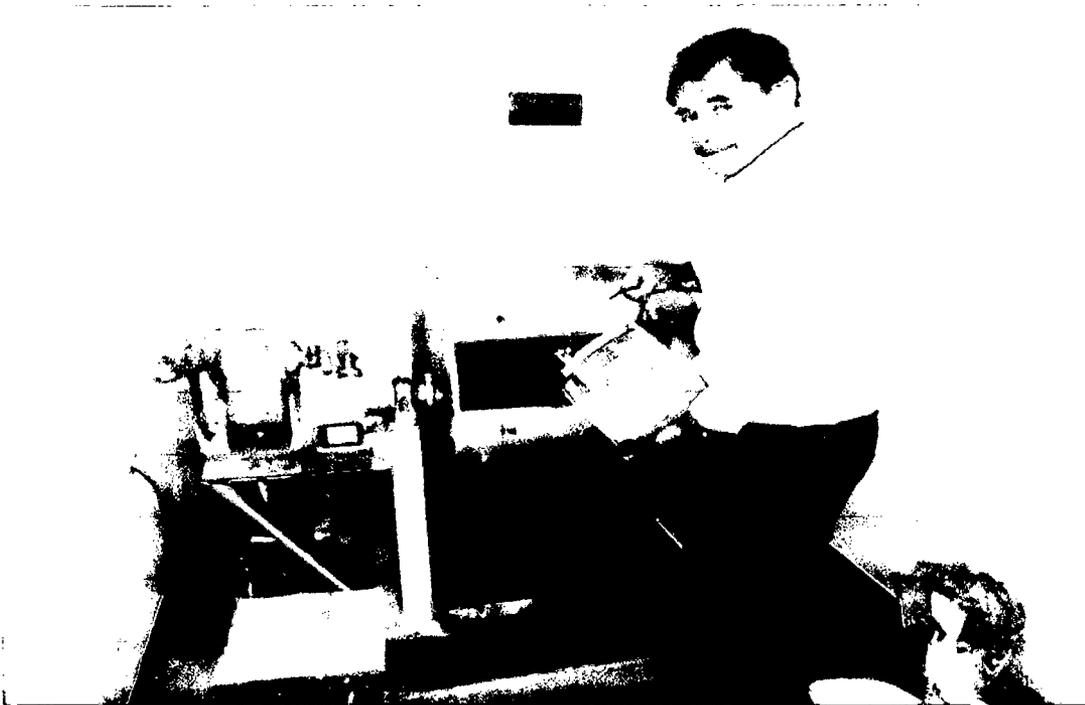
ENSAYO PARA OBTENER ARENA SATURADA-SUPERFICIALMENTE SECA



ENSAYO PARA LA OBTENCION DE ARENA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA



ENSAYO PARA CALCULAR EL PESO ESPECÍFICO DEL ARENA



PRUEBA DE ABRASION EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES



ENSAYO PARA CALCULAR EL PESO ESPECIFICO DE ARENA



MEDIDA EN PESO DEL ADITIVO SIKA RAPID 1



PROCESO DE PESADO DE ADITIVO PARA LA MEZCLA DE CONCRETO



PRUEBA DE REVENIMIENTO EN EL CONO DE ABRAMS



MEDIDA DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO



ENRASADO DE ESPECIMEN PARA EL CÁLCULO DEL PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO



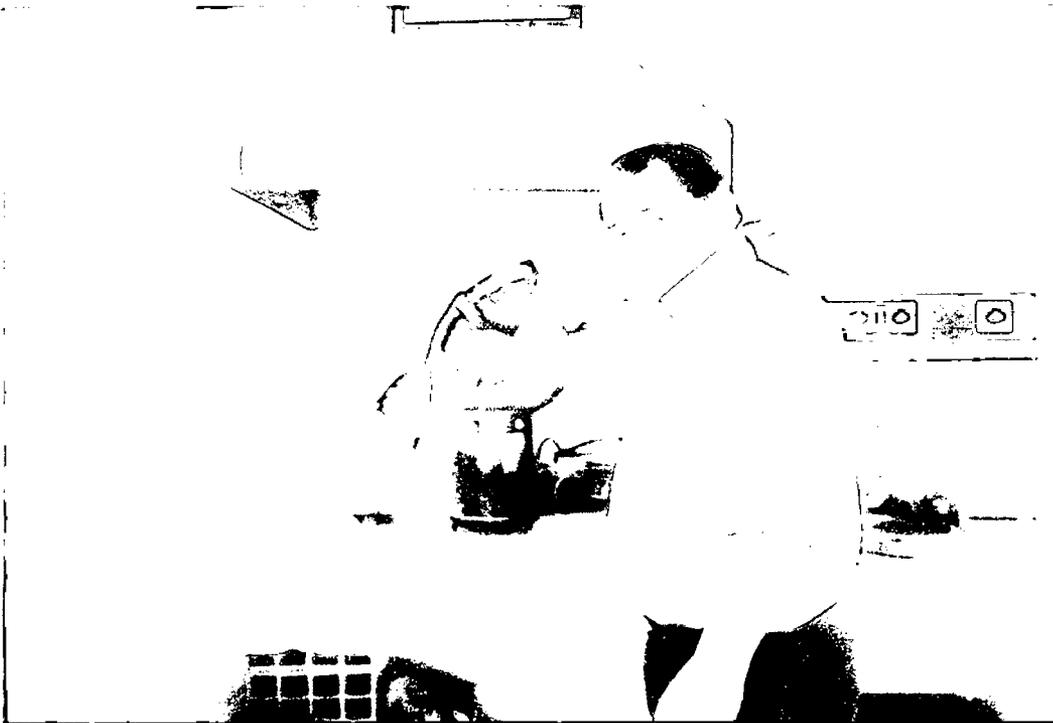
BACHILLER PESANDO MOLDE ENRASADO DE CONCRETO



ENRASADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO



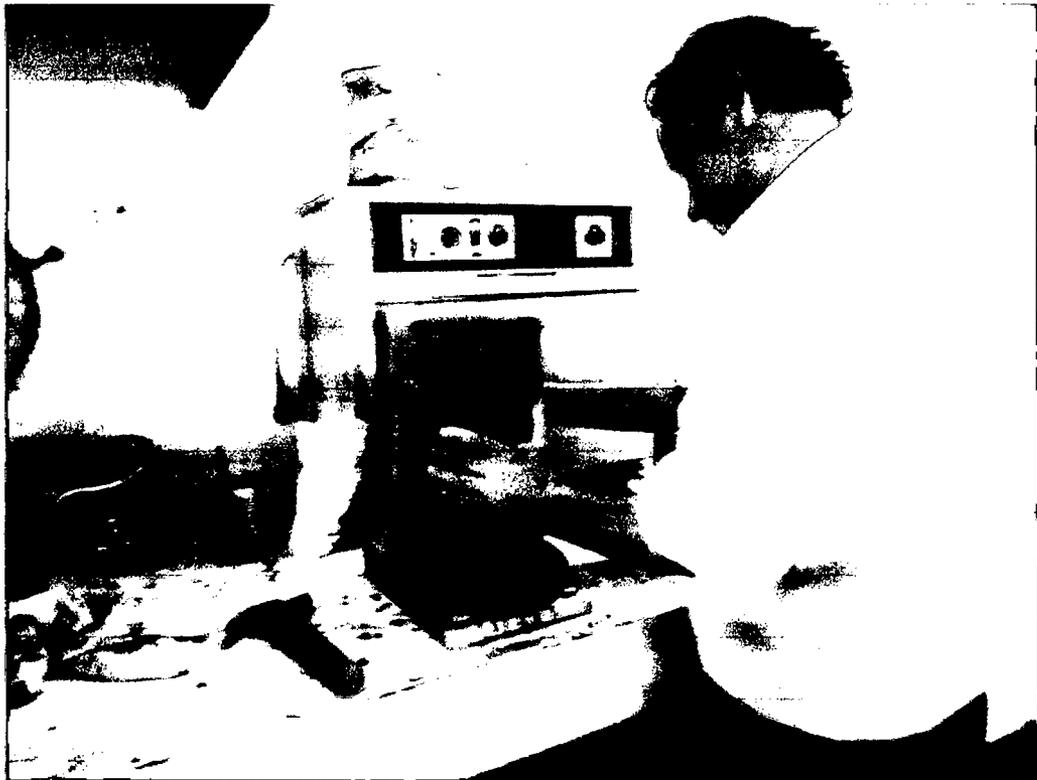
ESPECIMENES EN SEGUNDO CASILLERO PARA SER ENSAYADOS A COMPRESION



DISOLVIENDO KAPPING PARA NIVELAR LOS ESPECIMENES



COLOCANDO KAPPING CT-55 PARA NIVELACION DE ESPECIMENES



NIVELACION DE ESPECIMEN CON KAPPING CT-55



ESPECIMENES LISTOS PARA SER ENSAYADOS



ACOMODO DE ESPECIMEN PARA PROBAR SU RESISTENCIA A LA COMPRESION



ESPECIMEN DE CONCRETO PROBADO Y FALLADO