

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**OBTENCIÓN DEL CONCRETO DE ALTA
RESISTENCIA**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

PATRICIA AMARILIS VILCA ARANDA

Lima – Perú

2008

DEDICATORIA:

A mis padres Oswaldo y Marcelina por su apoyo incondicional en la realización de esta tesis y a mis hermanos por estar conmigo siempre en los momentos más difíciles.

AGRADECIMIENTOS:

A todos los que me apoyaron, en especial a mis asesores el Ing. Carlos Barzola Gastelú y al Ing. Enrique Rivva López por su guía y apoyo incondicional para la realización de esta tesis.

- ❖ También agradezco a las instituciones
Que colaboraron con la
presente investigación:
Cementos Lima S.A.
Sika Perú S.A.
Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM)

INDICE

	Pág.
RESUMEN	6
LISTADO DE GRÁFICOS Y CUADROS	9
INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO 1: PRESENTACION	16
1.1 Antecedentes.	17
1.2 Aplicaciones.	18
1.3 Ventajas y Desventajas.	20
CAPITULO 2: MATERIALES	22
2.1 Agregados	23
2.1.1 Propiedades Físicas de los agregados	23
2.1.1.1 Peso Unitario	23
2.1.1.2 Peso Específico	24
2.1.1.3 Absorción	24
2.1.1.4 Contenido de humedad	25
2.1.1.5 Granulometría	25
2.1.1.6 Módulo de finura	28
2.1.1.7 Superficie Específica	28
2.1.1.8 Materiales que pasan la malla N°200 (75 um)	29
2.1.1.9 Agregado Global	33
2.2 Aditivo	36
2.2.1 Definición	36
2.2.2 Aditivo usado	37
2.3 Microsílice	39
2.3.1 Definición	39
2.3.2 Características	40
2.3.3 Propiedades de la microsílice usada	40
2.4 Cemento	42
2.4.1 Cemento usado	42
CAPITULO 3: PREPARACIÓN DEL CONCRETO	44
3.1 Diseño del concreto Patrón	45
3.1.1 Ensayo de máxima compacidad	45
3.1.2 Método de diseño del ACI	47
3.2 Diseño del concreto con aditivo	56
3.3 Diseño del concreto con aditivo más microsílice	61
CAPITULO 4: ENSAYOS Y RESULTADOS	65
4.1 Propiedades del concreto en estado fresco	66
4.1.1 Consistencia	66
4.1.2 Peso unitario	66
4.1.3 Fluidéz	67
4.1.4 Contenido de aire	67
4.1.5 Exudación	67
4.1.6 Tiempo de fraguado	68

	Pág.
4.2 Propiedades del concreto en estado Endurecido	69
4.2.1 Resistencia a la compresión	69
4.2.2 Resistencia a la Tracción por compresión diametral	69
4.2.3 Resistencia a la flexión	70
4.3 Ensayos y resultados obtenidos	71
4.3.1 Resultados obtenidos en el concreto en estado fresco	71
4.3.1.1 Consistencia	71
4.3.1.2 Peso unitario	72
4.3.1.3 Fluidez	73
4.3.1.4 Contenido de aire	74
4.3.1.5 Exudación	75
4.3.1.6 Tiempo de fraguado	76
4.3.2 Resultados obtenidos en el concreto en estado Endurecido	78
4.3.2.1 Resistencia a la compresión	78
4.3.2.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral	84
4.3.2.3 Resistencia a la flexión	86
CAPITULO 5: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	90
5.1 Generalidades	91
5.2 Agregados	92
5.3 Diseño del concreto con aditivo	93
5.4 Influencia de las partículas débiles	94
5.5 Correlación	94
5.6 Propiedades del concreto en estado fresco	95
5.6.1 Consistencia	95
5.6.2 Peso unitario	96
5.6.3 Fluidez	96
5.6.4 Exudación	96
5.6.5 Tiempo de Fraguado	96
5.7 Propiedades del concreto en estado Endurecido	97
5.7.1 Resistencia a la compresión	97
5.7.1.1 Concreto patrón	97
5.7.1.2 Concreto con aditivo	97
5.7.1.3 Concreto con aditivo más microsílíce	98
5.7.2 Resistencia a la tracción por compresión diametral	99
5.7.3 Resistencia a la flexión	99
5.8 Análisis de costo	100
5.8.1 Costo del concreto patrón	100
5.8.2 Costo del concreto con aditivo	101
5.8.3 Costo del concreto con aditivo más microsílíce	102
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA.	111
ANEXOS:	115
Fotos	172

RESUMEN

RESUMEN

El concreto de alta resistencia es un concreto de alto comportamiento, una de las propiedades la más valiosa y la que le da versatilidad es la alta resistencia a la compresión.

La presente investigación trata de buscar una metodología para obtener concretos de alta resistencia, con asentamiento en el rango de 3"- 4" usando cemento Pórtland tipo I, para lo cual se empezó con el diseño de un concreto patrón, el cual sirvió de base principal para la obtención del concreto de alta resistencia.

Asimismo, se expone las propiedades de los diferentes materiales usados en la investigación, para lo cual los agregados (grueso y fino) fueron ensayados para conocer sus propiedades, mientras que las propiedades del cemento, aditivo superplastificante y la microsílíce, fueron proveídas por los fabricantes.

Para el concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra para el agregado global se halló con el ensayo de máxima compacidad y ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7 días, con una relación de agua/cemento de 0.4.

Las dosificaciones del aditivo se obtuvo a partir del concreto patrón, adicionando aditivo en diferentes dosificaciones y escogiendo el de mejores resultados, usando como diseño final para el concreto con aditivo una dosificación de 1.2% (respecto al peso del cemento).

El diseño del concreto con aditivo más microsílíce se obtuvo a partir del concreto con aditivo, añadiendo la microsílíce en diferentes dosificaciones, para lo cual se tuvo que agregar más aditivo, pues al aumentar la cantidad de microsílíce la mezcla requería mayor cantidad de agua y el aditivo ayudó a reducirla, siendo la dosificación final de la microsílíce de 15% (respecto al peso del cemento) y del aditivo 1.5% respecto al peso del cemento.

Los resultados obtenidos en los ensayos del concreto en estado endurecido fueron:

Ensayo realizado	Tipo de concreto	Tiempo	Resultado
Ensayo a compresión	Concreto patrón	28 días	638.09 kg/cm ²
	Concreto con aditivo	90 días	812.12 kg/cm ²
	Concreto con adt mas microsilice	180 días	1400.5 kg/cm ²
Ensayo a tracción por compresión diametral	Concreto patrón	28 días	58.36 kg/cm ²
	Concreto con aditivo	90 días	65.36 kg/cm ²
	Concreto con adt mas microsilice	90 días	101.17 kg/cm ²
Ensayo a Flexión	Concreto patrón	28 días	36.44 kg/cm ²
	Concreto con aditivo	90 días	60.48 kg/cm ²
	Concreto con adt mas microsilice	90 días	80.04 kg/cm ²

Los resultados obtenidos en los ensayos del concreto en estado fresco fueron:

Ensayo realizado	Tipo de concreto	Resultado
Consistencia	Concreto patrón	3.5"
	Concreto con aditivo	3.8"
	Concreto con adt mas microsilice	3.8"
Peso unitario	Concreto patrón	2291.99 kg/m ³
	Concreto con aditivo	2436.78 kg/m ³
	Concreto con adt mas microsilice	2532.14 kg/m ³
Fluidez	Concreto patrón	79
	Concreto con aditivo	90
	Concreto con adt mas microsilice	68
Contenido de aire	Concreto patrón	1.78 %
	Concreto con aditivo	1.17 %
	Concreto con adt mas microsilice	0.40 %
Exudación	Concreto patrón	1.31%
	Concreto con aditivo	0.98 %
	Concreto con adt mas microsilice	0.0 %

LISTADO DE GRÁFICAS Y CUADROS

LISTADO DE GRÁFICOS Y CUADROS

	Pág.
CAPITULO 2: MATERIALES	22
Cuadro 2.1 Límite Granulométrico del agregado fino	26
Cuadro 2.2 Límite Granulométrico del agregado grueso	26
Cuadro 2.3 Límite Granulométrico del agregado Global	27
Cuadro 2.5 Resumen de las Propiedades Físicas del agregado fino	30
Cuadro 2.6 Resumen de las Propiedades Físicas del agregado grueso	30
Cuadro 2.7 Granulometría del agregado fino	31
Gráfica 2.1 Granulometría del agregado fino	31
Cuadro 2.8 Granulometría del agregado grueso	32
Gráfica 2.2 Granulometría del agregado grueso	32
Cuadro 2.9 Resultados del ensayo de compacidad del agregado global	33
Gráfica 2.3 Resultados del ensayo de compacidad del agregado global	33
Cuadro 2.10 Granulometría del agregado global (T.M.N. 1")	34
Gráfica 2.4 Granulometría del agregado global (T.M.N. 1")	34
Cuadro 2.11 Granulometría del agregado global (T.M.N. ¾")	35
Gráfica 2.5 Granulometría del agregado global (T.M.N. ¾")	36
CAPITULO 3: PREPARACIÓN DEL CONCRETO	44
Cuadro 3.1 Resultados del ensayo de compacidad	45
Gráfica 3.1 Peso Unitario Compactado del agregado global (T.M.N. 1")	46
Cuadro 3.2 Cuadro par la estimación del agua de diseño	47
Cuadro 3.3 Primer diseño obtenido	49
Cuadro 3.4 Ensayo a Compresión para diferentes proporciones de agregado	50
Gráfica 3.2 Resistencia a la compresión versus porcentaje de agregados	50
Gráfica 3.3 Superposición de Gráficas de la Resistencia y el P.U.C.	51
Cuadro 3.5 Diseño Final del concreto Patrón (T.M.N. 1")	51
Cuadro 3.6 Resultados del ensayo de compacidad (T.M.N. ¾")	52
Gráfica 3.4 Peso Unitario Compactado del agregado global (T.M.N. ¾")	52
Cuadro 3. 7 Ensayo a Compresión para diferentes proporciones de agregado	53
Gráfica 3.5 Resistencia a la compresión versus porcentaje de agregados	54
Gráfica 3.6 Superposición de Gráficas de la Resistencia y el P.U.C.	54
Cuadro 3.8 Diseño Final del concreto Patrón (T.M.N. ¾")	55
Cuadro 3.9 Comparación de resistencias para T.M.N. diferentes	55

	Pág.
Cuadro 3.10 Comparación de resistencias para diferentes dosificaciones de aditivo	57
Gráfica 3.7 Resistencia a la compresión vs porcentaje de aditivo	57
Cuadro 3.11 Comparación de resistencias variando la cantidad de cemento	58
Gráfica 3.8 Resistencia a la compresión vs diferentes cantidades de cemento	58
Cuadro 3.12 Diseño Final de concreto con aditivo (T.M.N. 1")	60
Gráfica 3.9 Resistencia a la compresión vs porcentaje de aditivo	60
Cuadro 3.13 Diseño Final de concreto con aditivo (T.M.N. ¾")	61
Cuadro 3.14 Resistencia a la compresión variando el porcentaje de aditivo	61
Cuadro 3.15 Resistencia a la compresión variando el porcentaje de microsilíce	62
Gráfica 3.10 Resistencia a la compresión vs porcentajes de Microsilíce	62
Cuadro 3.16 Diseño Final de concreto con aditivo y microsilíce (T.M.N. 1")	63
Cuadro 3.17 Resistencia a la compresión variando el porcentaje de aditivo	63
Cuadro 3.18 Diseño Final de concreto con aditivo y microsilíce (T.M.N. ¾")	64
CAPITULO 4: ENSAYOS Y RESULTADOS	65
Cuadro 4.1 Ensayo de asentamiento	71
Gráfica 4.1 Ensayo de asentamiento	71
Cuadro 4.2 Peso Unitario	72
Gráfica 4.2 Peso Unitario	72
Cuadro 4.3 Ensayo de Fluidez	73
Gráfica 4.3 Ensayo de Fluidez	73
Cuadro 4.4 Contenido de Aire	74
Gráfica 4.4 Contenido de aire	74
Cuadro 4.5 Exudación	75
Gráfica 4.5 Exudación	75
Cuadro 4.6 Tiempo de Fraguado	76
Cuadro 4.7 Tiempo de Fraguado inicial	76
Gráfica 4.6 Tiempo de Fraguado Inicial	76
Cuadro 4.8 Tiempo de Fraguado Final	77
Gráfica 4.7 Tiempo de Fraguado Final	77
Cuadro 4.9 Tiempo de Fraguado inicial y final	77
Gráfica 4.8 Tiempo de Fraguado inicial y final	78
Cuadro 4.10 Resistencia a la compresión del Concreto Patrón	78
Gráfica 4.9 Resistencia a la compresión del Concreto Patrón	79
Cuadro 4.11 Resistencia a la compresión del Concreto con aditivo	79

	Pág.
Gráfica 4.10 Resistencia a la compresión del Concreto con aditivo	80
Cuadro 4.12 Resistencia a la compresión del Concreto con aditivo más Microsilíce	80
Gráfica 4.11 Resistencia a la compresión del Concreto con aditivo más Microsilíce	81
Cuadro 4.13 Resistencia a la compresión del diseño final (T.M.N. ¾")	81
Gráfica 4.12 Resistencia a la compresión del diseño final (T.M.N. ¾")	82
Cuadro 4.14 Variación de la resistencia respecto al concreto patrón	82
Gráfica 4.13 Variación de la resistencia respecto al concreto patrón	83
Cuadro 4.15 Variación de la resistencia respecto a la obtenida a los 28 días	83
Gráfica 4.14 Variación de la resistencia respecto a la obtenida a los 28 días	84
Cuadro 4.16 Resistencia a la tracción por compresión diametral	84
Gráfica 4.15 Resistencia a la tracción por compresión diametral	85
Cuadro 4.17 Variación de la resistencia a tracción con respecto al concreto patrón	85
Gráfica 4.16 Variación de la resistencia a tracción con respecto al concreto patrón	86
Cuadro 4.18 Resistencia a la Flexión	86
Gráfica 4.17 Resistencia a la Flexión	87
Cuadro 4.19 Variación de la resistencia a la Flexión respecto al concreto patrón	87
Gráfica 4.18 Variación de la resistencia a la Flexión respecto al concreto patrón	88
CAPITULO 5: INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	90
Cuadro 5.1 Porcentaje de reducción de agua para las dosificaciones con aditivo	93
Gráfica 5.1 Porcentaje de reducción de agua para las dosificaciones con aditivo	93
Cuadro 5.2 Resistencia obtenida con el agregado sin lavar	94
Cuadro 5.3 Resistencia obtenida con el agregado lavado y escogido	94
Cuadro 5.4 Resistencia obtenida con probetas de 6" x 12"	95
Cuadro 5.5 Resistencia obtenida con probetas de 4" x 8"	95
Cuadro 5.6 Costo del concreto patrón (T.M.N. 1")	100
Cuadro 5.7 Costo del concreto patrón (T.M.N. ¾")	100
Cuadro 5.8 Costo del concreto con aditivo (T.M.N. 1")	101
Cuadro 5.9 Costo del concreto con aditivo (T.M.N. ¾")	101
Cuadro 5.10 Costo del concreto con aditivo más microsilíce (T.M.N. 1")	102
Cuadro 5.11 Costo del concreto con aditivo más microsilíce (T.M.N. ¾")	102
Cuadro 5.12 Comparación de costos del concreto	103
Gráfica 5.2 Comparación de costos del concreto	103
Cuadro 5.13 Porcentaje de variación de costo respecto al concreto patrón	104
Gráfica 5.3 Porcentaje de variación de costo respecto al concreto patrón	104

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCION

El concreto de alta resistencia es un concreto de alto comportamiento, una de las propiedades, la más valiosa y la que le da versatilidad es la alta resistencia a la compresión.

Este concreto es diseñado con el uso de un aditivo superplastificante y microsilíce, en donde el mortero es tan resistente como el agregado.

Se conoce las diferentes aplicaciones y ventajas del concreto de alta resistencia usado en otros países, sin embargo en el Perú el camino a la optimización del proceso de obtención de estos concretos es aún desconocido en muchos criterios básicos de dosificación y elaboración, es de ahí donde parte la idea de la realización de esta tesis.

La presente investigación trata de buscar una metodología para obtener concretos de alta resistencia, con asentamiento en el rango de 3"-4" usando cemento Pórtland tipo I, el superplastificante ViscoCrete 1110 y la Microsilíce Sikafume, para lo cual se empezó con la obtención del diseño de un concreto patrón, el cual sirvió de base principal para la obtención del concreto de alta resistencia, luego se diseñó el concreto con aditivo, para cuyo diseño se agregó un aditivo superplastificante (Vicocrete 1110) en diferentes dosificaciones, finalmente se precedió a diseñar el concreto con aditivo más microsilíce.

Asimismo, se expone las propiedades de los diferentes materiales usados en la investigación, para lo cual los agregados (grueso y fino) fueron ensayados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales para conocer sus propiedades físicas, mientras que las propiedades del cemento, aditivo superplastificante y la microsilíce, fueron proveídas por los fabricantes.

Además en la presente investigación se incluye ensayos realizados para las tres clases de concreto (Concreto patrón, Concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsilíce) tanto en estado fresco como en estado endurecido.

Finalmente se presenta un análisis de los ensayos realizados a los tres concretos (Concreto patrón, Concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsilíce) en el estado fresco y endurecido, como también un análisis comparativo del costo de las tres clases de concreto ya mencionados.

CAPITULO I
PRESENTACION

1.1 ANTECEDENTES:

Los concretos de alta resistencia se comenzaron a desarrollar con estudios previos de laboratorio a partir de 1985 en los Estados Unidos y Alemania. Esto se debió a que diversos estudios permitieron establecer que se ganaba resistencia y se mejoraba la trabajabilidad si se disminuía la relación agua/cementante a valores del orden 0.28-0.40, para lo cual era necesario adicionar a la mezcla un aditivo superplastificante, que permitiera obtener la fluidez necesaria para facilitar la colocación del concreto en los encofrados y eliminar los vacíos que podrían estar presentes en la mezcla.

Investigaciones posteriores permitieron determinar que cuando se adiciona microsilíce en el rango de 10%-20% de peso del cemento se obtenía un alto incremento en la resistencia en compresión, debido a la reacción química entre el Hidróxido de Calcio (Ca(OH)_2) resultante de la hidratación del cemento y el dióxido de Silíce (SiO_2) sílice presente en la microsilíce.



Los elementos fundamentales para la obtención de un Concreto de alta Resistencia son:

- Muy bajo contenido en agua, relación a/c de 0.25 – 0.40 con elevada trabajabilidad, lo que se logra mediante la utilización de reductores de agua de alto rango (superplastificantes), cuya compatibilidad con el cemento debe ser comprobada y que en dosificaciones excesivas pueden generar problemas de pegajosidad de la mezcla.
- Acción cementante y reducción de vacíos por adición de partículas sólidas como la microsilíce o las cenizas volantes.
- Agregados de calidad que permitan el desarrollo de elevada resistencia, siendo generalmente su tamaño máximo nominal reducido $\frac{3}{4}$ " – $\frac{1}{2}$ ".

1.2 APLICACIONES:

El notable incremento en la resistencia del concreto alcanzado en los últimos años le ha permitido ir desplazando progresivamente al acero en la construcción de edificios altos.

Por sus características mecánicas mejoradas es ideal para construir:

- Muros, columnas y vigas en edificios de oficinas, departamentos, centros comerciales, hoteles y rascacielos
- Estructuras costeras, sanitarias, militares, etc.
- Bóvedas de seguridad
- Elementos prefabricados

En cuanto a la utilización en edificios, es sobre todo, en los de gran altura donde es más clara e inmediata, por la gran repercusión de los muy altos niveles de resistencia en las columnas en que predomina la compresión, facilitando, asimismo, unos menores plazos de desencofrado por el rápido desarrollo de resistencias a primeras edades. El bombeo facilita la ejecución y se logra una sustancial reducción de la sección transversal, con gran reducción de costos por menor volumen de concreto y costos derivados y aumento de la superficie disponible con el consiguiente margen en la venta.

En la construcción de puentes, la obtención de un concreto de alta resistencia es lo que motiva de forma creciente su utilización. Mayores luces y menores deformaciones son ventajas que pueden lograrse, junto con una larga vida de servicio.

Ideal para reducir la geometría de elementos verticales y horizontales, lo que se traduce en más área de servicio. Para disminuir el espesor de losas de pisos y pavimentos. En obras donde se requiera mayor rigidez como: Edificios de gran altura, pavimentos de tráfico pesado, puentes y viaductos, elementos pretensados, muelles, plataformas de operación.

a) Obras realizadas en Perú con el uso del concreto de alta resistencia:

Marrion Hotel:

Este edificio está ubicado en el distrito de Miraflores. La resistencia especificada en el proyecto fue de 600 kg/cm², pero los ensayos a la compresión dieron como resultado hasta de 750 kg/cm².

Fuste del Silo de Klinker Resistente a la Abrasión:

Obra realizada en la planta productora de cemento de la compañía Cementos Lima S.A., ubicada en Atocongo 20 km al sur de Lima. Para su ejecución se usó concreto de alta resistencia de 700 kg/cm², de 15 cm de espesor y reforzado con una malla electrosoldada de 3/82.

Remodelación y Ampliación del Centro Comercial Caminos del Inca:

La realización de la remodelación y ampliación del Centro Comercial Caminos del Inca ubicado en la Urbanización Chacarilla del Estanque, para la realización de este proyecto se requería reducir las secciones, ya que no se contaba con un área muy grande, por eso se optó a usar concreto de alta resistencia cuya resistencia promedio estaba en el orden de 764 kg/cm² habiendo sido la resistencia requerida de 700 kg/cm².

- Los concretos de alta resistencia salen de la concretera con un Slump de 8"

b) Obras realizadas en el extranjero con el uso del concreto de alta resistencia:

Japan Center:

Este edificio, terminado de construir en 1996 y situado en Frankfurt, tiene 32 pisos y una altura de 115 m, ejecutada con un concreto de resistencia de 950 kg/cm².

Central Plaza

Edificio de 78 plantas y 374 m de altura. Se encuentra en la ciudad de Hong Kong, el concreto empleado para este proyecto tuvo una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².

Sky Central Plaza

Situado en Guangzhou (China), tiene 80 plantas y 322 m de altura, el concreto empleado en los elementos estructurales verticales tiene una resistencia a la compresión de 600 kg/cm².

Petronas Towers:

Este conjunto de dos torres, de 88 plantas cada una, se encuentra situado en Kuala Lumpur, Malasia. Con sus 450 m, constituye el edificio más alto del mundo. Para este proyecto se usó concreto con una resistencia a la compresión de 800 kg/cm².

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS:

1.3.1 Ventajas

Los concretos de alta resistencia poseen las ventajas técnicas y económicas siguientes:

- Ideal para reducir las dimensiones de elementos verticales y horizontales, lo que se traduce en más área de servicio y menor peso de los edificios y estructuras.
- Alta resistencia a edad temprana y final.
- Mayor durabilidad, especialmente en estructuras expuestas a la acción del mar.
- Gran resistencia a tracción, apropiada en la construcción de Vigas pretensadas.
- Elementos más esbeltos permitiendo mayor área de servicio.
- Gran resistencia a compresión por unidad de peso, volumen o costo; importante para la construcción de pilares y columnas en edificios de altura.
- Mejora la protección a la corrosión del acero de refuerzo.
- Su alta consistencia permite bombearlo a grandes alturas
- Mayor aptitud para su transporte por bombas para las mismas distancias que los concretos tradicionales.
- Al obtener mayor resistencia a la compresión del concreto se obtiene un mayor Módulo de Elasticidad, pues ambos están relacionados.

- Posee muy alta fluidez que hace posible su colocación aun en zonas congestionadas de acero de refuerzo.
- Usado en losas, permite una remoción temprana del encofrado y elimina el reapuntalamiento.
- Requiere menos obras de infraestructura en puentes de grandes luces.
- La estructura tiene un menor costo en comparación a otras elaboradas con acero.

1.3.2 Desventajas:

Las desventajas de estos concretos pueden ser:

- Necesidad de materiales y componentes de alta calidad. Control de calidad muy exigente.
- Curado muy cuidadoso al poseer relaciones agua. cemento muy bajas.
- Rotura frágil.

CAPITULO II
MATERIALES

2. 1. AGREGADOS:

Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario pues representan el 50% - 80% de la masa del concreto, además de ser responsables de gran parte de las características del mismo.

Se clasifican en:

Agregado fino: Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa por el tamiz 3/8" (9.51mm).

Agregado grueso: Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas.

En esta investigación, se utilizó agregado fino de la cantera "Trapiche" y agregado grueso de la cantera "Unicon".

- **Descripción de los agregados:**

Origen Geológico: Metamórfico

Textura: Fanerítica

Estructura: Grano Grueso y Fino

Forma: Fragmentado Anguloso.

2.1.1. Propiedades Físicas de los agregados:

2.1.1.1. Peso Unitario: (NTP 400.017)

El Peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que se alcanza determinado volumen unitario. El peso unitario esta influenciado por: la gravedad específica, granulometría, perfil y textura superficial, contenido de humedad, y de factores externos como: grado de compactación impuesto, diámetro nominal máximo en relación con el volumen.

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

a) **Peso unitario suelto: (P.U.S.)**

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que llenaría un recipiente de volumen unitario. Se usa el término "Peso volumétrico

unitario” porque se trata del volumen ocupado por el agregado y por los huecos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen. Al realizar este ensayo se deja caer suavemente el agregado grueso dentro del recipiente, hasta llenarlo.

$$P.U.S. = \frac{\text{Peso} \cdot \text{del} \cdot \text{Material}}{\text{Volumen} \cdot \text{del} \cdot \text{reipiente}}$$

b) **Peso unitario compactado (P.U.C.)**

Es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural. Todos los agregados presentan distinta proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto.

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso} \cdot \text{del} \cdot \text{Material} \cdot \text{Compactado}}{\text{Volumen} \cdot \text{del} \cdot \text{reipiente}}$$

2.1.1.2. Peso Específico (P.E.): (NTP 400.022)

El peso específico de un agregado es la relación de su peso, al peso de un volumen igual de agua, se usa en los cálculos para el control y diseño de mezclas. El peso específico es también un indicador de la calidad del agregado que se usa en la preparación de concretos.

2.1.1.3. Absorción: (NTP 400.022)

La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando está en la condición de saturado superficialmente seco. Se utiliza generalmente en los cálculos de dosificación para elaborar el concreto.

Si la humedad es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera a la absorción, habrá que quitar agua al concreto ya que los agregados estarán aportando agua.

El porcentaje de absorción del agregado es la relación entre la cantidad de agua que puede absorber el material y el peso seco del mismo.

$$\% \cdot de \cdot Absorción \cdot del \cdot A \cdot Fino = \frac{100 \times (500 - A)}{A}$$

$$\% \cdot de \cdot Absorción \cdot del \cdot A \cdot Grueso = \frac{100 \times (B - A)}{A}$$

Donde:

A= Peso seco del agregado fino o grueso

B= Peso seco del agregado grueso en estado natural.

2.1.1.4. Contenido de Humedad (C.H.): (NTP 400.016)

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante debido a que puede hacer variar la relación a/c del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto. En consecuencia es necesario controlar la dosis de agua.

$$C.H. = \frac{(\text{Peso} \cdot \text{Húmedo} - \text{Peso} \cdot \text{seco}) \times 100}{\text{Peso} \cdot \text{seco}}$$

2.1.1.5. Granulometría: (NTP 400.012)

Se denomina así a la distribución por tamaños de las partículas que constituyen un agregado y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto al peso total. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas.

La norma ASTM C33 o NTP 400.037 establece los límites granulométricos, donde debe de estar comprendido el agregado fino (cuadro 2.1) y el agregado grueso (cuadro 2.2) a fin de ser aptos para la elaboración de concretos. Estos

límites son definidos por los llamados husos granulométricos que representan los rangos dentro de los cuales debe estar determinada la gradación para obtener la distribución de partículas más adecuadas para la elaboración del concreto.

Cuadro 2.1

TAMIZ MALLA	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μm (No. 30)	25 a 60
300 μm (No. 50)	05 a 30
150 μm (No. 100)	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

Cuadro 2.2

Tamaño Nominal	Requisitos granulométricos para el agregado grueso % que pasa por los tamices normalizados							
	37,5mm 1 1/2"	25mm 1"	19mm 1/2"	12,5mm 3/4"	9,5mm 3/8"	4,75mm Nº4	2,56mm Nº8	1,25mm Nº16
25mm a 12,5mm 1" a 1/2"	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	–	–	–
25mm a 9,5mm 1" a 3/8"	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	–	–
25mm a 4,75mm 1" a Nº4	100	95 a 100	–	25 a 65	–	0 a 10	0 a 5	–
19mm a 9,5mm 3/4" a 3/8"	–	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	–	–
19mm a 4,75mm 3/4" a Nº4	–	100	90 a 100	–	20 a 55	0 a 10	0 a 5	–

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

En el caso del agregado global también existen límites granulométricos que dan referencia de la calidad del agregado grueso y fino en conjunto y que son establecidas por la NTP 400.037 (cuadro 2.3).

La importancia de la granulometría del agregado global en el concreto se debe a que por razones de economía, mayor estabilidad volumétrica, pues conviene que los agregados ocupen la mayor masa de concreto, compatible con la trabajabilidad. Esto se logra tratando que la mezcla de agregados sea lo más compacta posible, es decir, que la cantidad de huecos dejado por los agregados sea la mínima, esto se logra con la máxima compactación.

Cuadro 2.3

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa		
	Tamaño Nominal 37,5 mm (1 1/2")	Tamaño Nominal 19,0 mm (3/4")	Tamaño Nominal 9,5 mm (3/8")
50 mm (2")	100	—	—
37,5 mm (1 1/2")	95 a 100	100	—
19 mm (3/4")	45 a 80	95 a 100	—
12,5 mm (1/2")	—	—	100
9,5 mm (3/8")	—	—	95 a 100
4,75 mm (Nº4)	25 a 50	35 a 55	30 a 65
2,36 mm (Nº8)	—	—	20 a 50
1,18 mm (Nº16)	—	—	15 a 40
600 µm (Nº30)	8 a 30	10 a 35	10 a 30
300 µm (Nº50)	—	—	5 a 15
150 µm (Nº100)	0 a 8*	0 a 8*	0 a 8*

* Incrementar 10% para finos de roca triturada

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037 (2002)

2.1.1.6 Módulo de Finura: (NTP 400.012)

El módulo de finura es un número adimensional que representa el tamaño promedio ponderado de las partículas del agregados, se utiliza para controlar uniformidad de los agregados, además de servir como medida del valor lubricante de un agregado, ya que cuanto mayor es su valor menor será su valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

La norma establece que el agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.30 – 3.10.

El módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices 1 ½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, dividida entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100)}}{100}$$

2.1.1.7 Superficie Específica: (NTP 400.021)

La superficie Específica de una partícula representa el área superficial de la misma. Se expresa como área por unidad de masa (cm²/gr). Cuanto mayor es la superficie específica mayor es el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas. El agregado fino tiene una superficie específica alta y en el agregado grueso suele ser baja.

Para obtener la superficie específica se divide, para cada uno de los tamices, el valor del porcentaje entre el valor del diámetro medio. La superficie específica del conjunto se determina por la siguiente fórmula:

$$\text{Superficie · Específica} = \frac{6 \times D}{10 \times P.E.}$$

Donde:

$D = \sum$ de valores obtenidos de dividir el porcentaje retenido en cada tamiz entre el valor del diámetro medio (mm)

P.E.= Peso específico del agregado.

2.1.1.8 Materiales que pasan la malla N°200 (75µm): (NTP 400.018)

Representa la cantidad de material fino cuyo tamaño es menor a la abertura del tamiz N°200 (75µm), se puede representar en el agregado, en forma de revestimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

El material fino, estaría constituido por arcilla y limo el cual se presenta recubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena, en el primer caso afecta la adherencia del agregado y la pasta, mientras que el segundo caso incrementaría los requerimientos de agua.

Las normas establecen los límites para la presencia del material que pasa la malla N°200:

Agregado Fino:

- Concreto sujeto a abrasión < 3%
- Otros Concretos < 5%

Agregado Grueso:

- En general < 1%

A continuación se presenta el cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado fino y grueso.

- **Agregado fino:**

Procedencia: Cantera "TRAPICHE".

Cuadro 2.5 Resumen de las propiedades físicas del agregado fino

Propiedad	Unidad	Resultado
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1679
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1874
Peso Específico	Kg/m ³	2,604
Porcentaje de absorción	%	0,908
Contenido de Humedad	%	0,840
Porcentaje que pasa la malla N°200	%	4.50
Módulo de Finura		3,13
Superficie Específica	Cm ² /gr	27,025

- **Agregado grueso:**

Procedencia: Cantera "UNICON".

Cuadro 2.6 Resumen de las propiedades físicas del agregado grueso

Propiedad	Unidad	Resultado
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1355
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1474
Peso Específico	Kg/m ³	2,677
Porcentaje de absorción	%	0,821
Contenido de Humedad	%	0,435
Módulo de Finura		7,370
Superficie Específica	Cm ² /gr	1,306

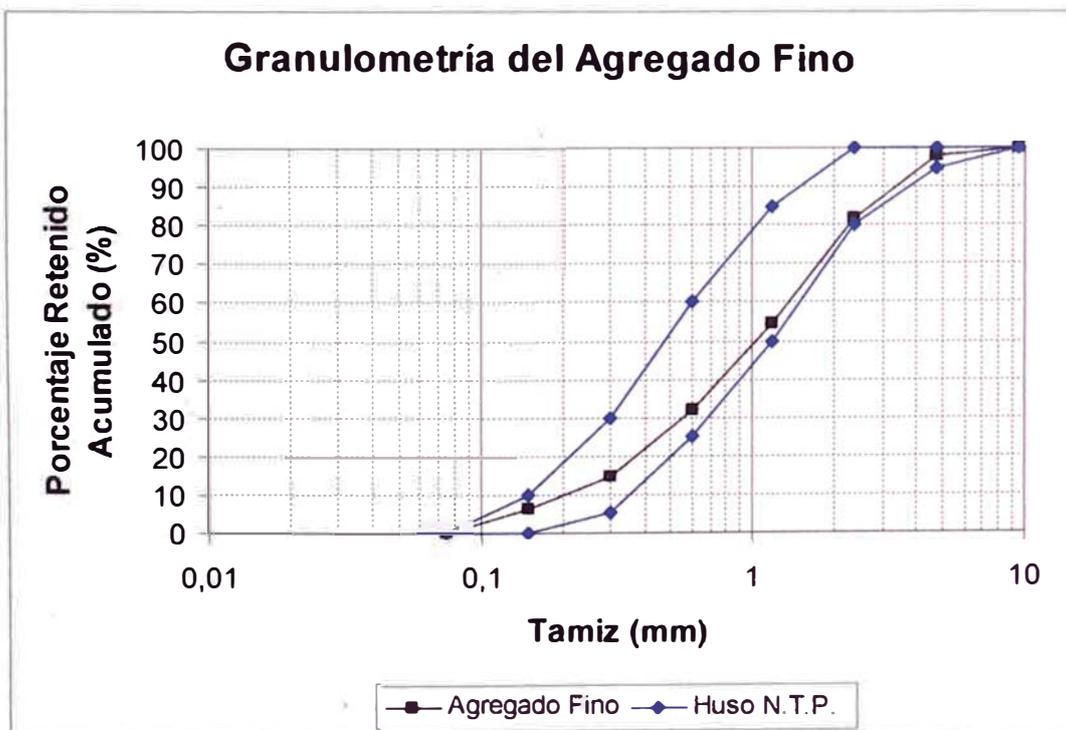
Los resultados obtenidos de las propiedades de los agregados se encuentran más explícitos en anexos.

- **Granulometría del agregado fino:**
Procedencia: Cantera Trapiche

Cuadro 2.7 Granulometría del agregado fino de la cantera "Trapiche"

Malla	Muestra	% retenido	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
Nº4	10,92	2,18	2,18	97,82
Nº8	80,17	16,03	18,22	81,78
Nº16	135,67	27,13	45,35	54,65
Nº30	114,83	22,97	68,32	31,68
Nº50	85,25	17,05	85,37	14,63
Nº100	41,42	8,28	93,65	6,35
Fondo	31,75	6,35	100,00	0,00

Gráfica 2.1 Granulometría del agregado fino de la cantera "Trapiche"



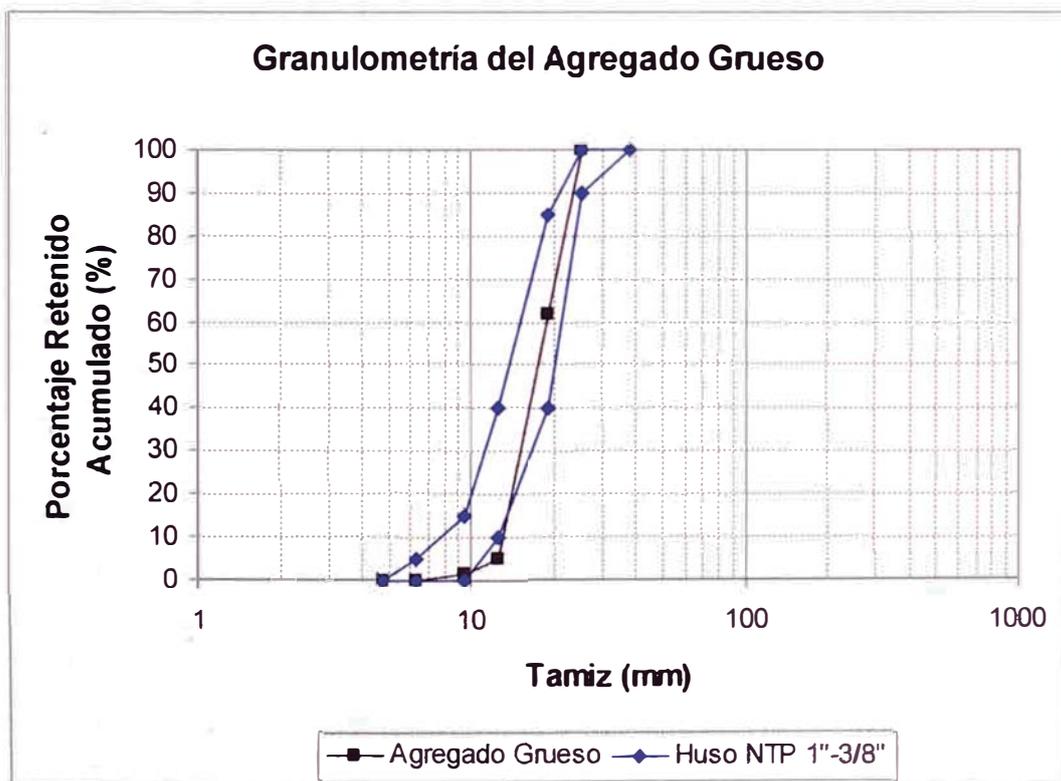
- **Granulometría del Agregado Grueso:**

Procedencia: Cantera UNICON

Cuadro 2.8 Granulometría del agregado grueso de la cantera "La Gloria"

Malla	Muestra	% retenido	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
3/4"	3060,52	38,26	38,26	61,74
1/2"	4544,53	56,81	95,06	4,94
3/8"	292,30	3,65	98,72	1,28
1/4"	83,35	1,04	99,76	0,24
Fondo	19,30	0,24	100,00	0,00

Gráfica 2.2 Granulometría del agregado grueso de la cantera "La Gloria"



En la curva granulométrica del agregado grueso se puede observar que parte de la curva no se encuentra dentro del huso seleccionado, pudiendo esto generar problemas en el concreto, pero para el diseño final del concreto se tomó en cuenta la mejor combinación del agregado grueso y fino.

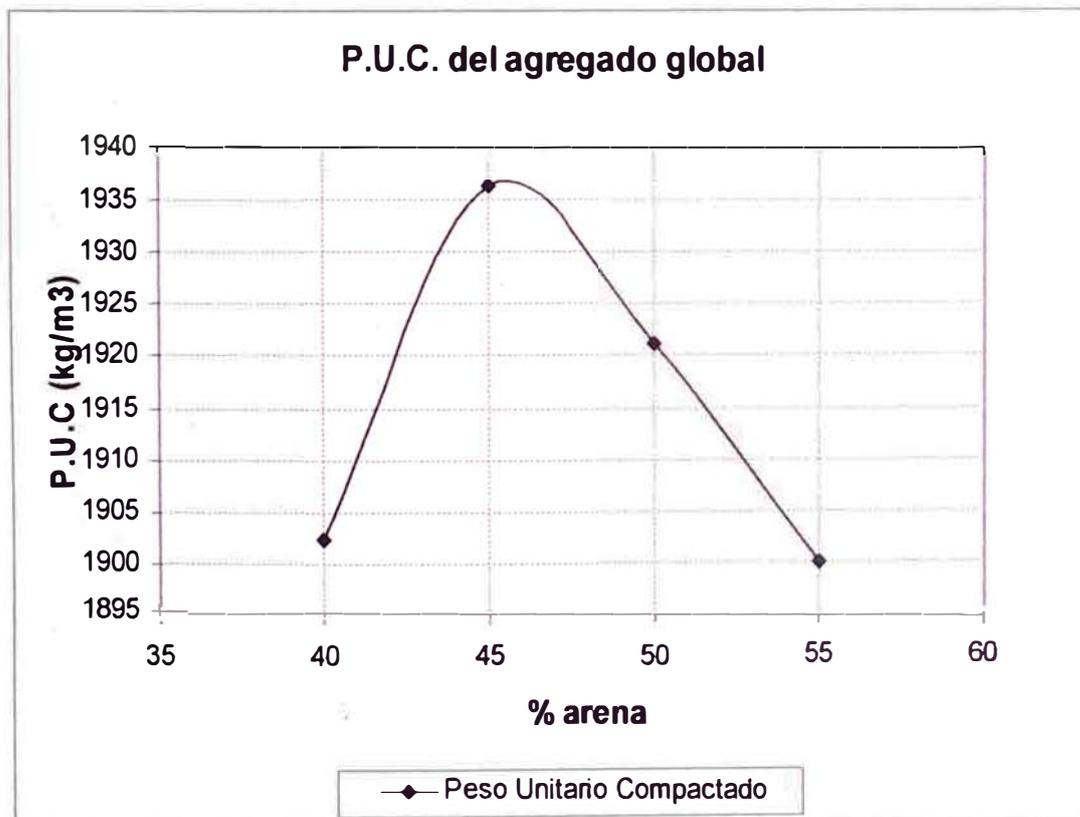
2.1.1.9. Agregado Global: (T.M.N.: 1")

2.1.1.9.1 Agregado global usando agregado grueso con T.M.N. de 1"

Cuadro 2.9 Resultados del ensayo de compacidad para el agregado global

%A	%P	Promedio (kg)	Peso balde	Peso de muestra	P.U.C (kg/m ³)
40	60	38.73	11.80	26.93	1902.28
45	55	39.22	11.80	27.42	1936.42
50	50	39.00	11.80	27.20	1921.12
55	45	38.70	11.80	26.90	1899.93

Gráfico 2.3. Resultados del ensayo de compacidad para el agregado global con un agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal de 1"

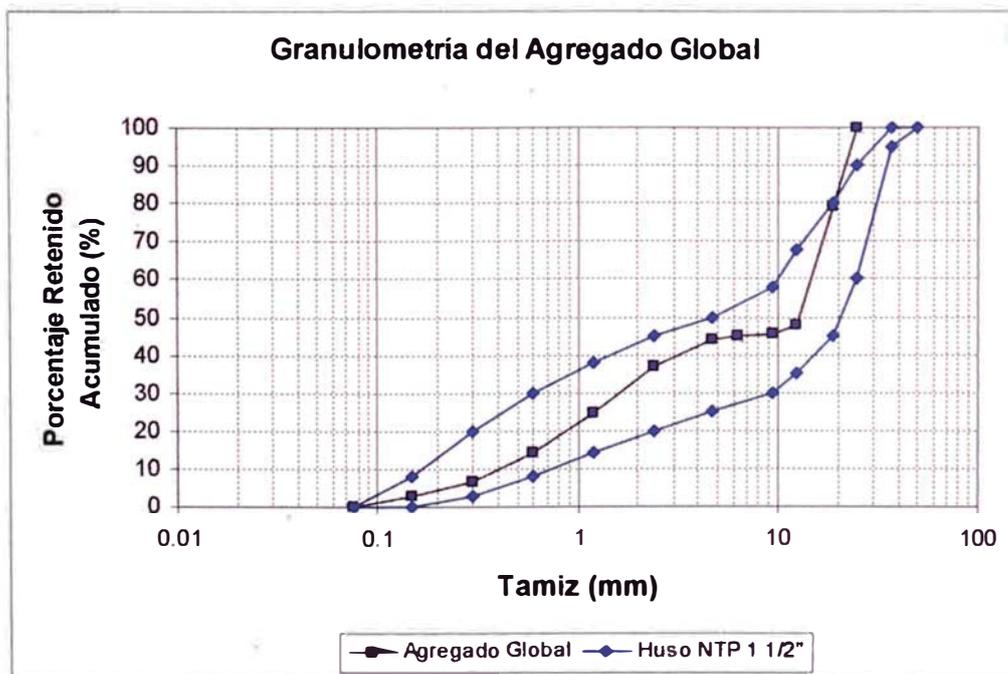


- **Granulometría del agregado global, con agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal de 1”:**

Cuadro 2.10 Granulometría del agregado global con una relación arena/piedra de 45/55, además con agregado grueso con T.M.N. de 1”

Malla N°	% retenido de la piedra	% retenido de la arena	0.55% de Piedra	0.45% de Arena	% retenido	% Retenido Acumulado
3/4"	38.26		21.04		21.04	21.04
1/2"	56.81		31.25		31.25	52.29
3/8"	3.65		2.01		2.01	54.30
1/4"	1.04		0.57		0.57	54.87
N°4	0.24	2.18	0.13	0.98	1.11	55.98
N°8		16.03		7.21	7.21	63.19
N°16		27.13		12.21	12.21	75.40
N°30		22.97		10.34	10.34	85.74
N°50		17.05		7.67	7.67	93.41
N°100		8.28		3.73	3.73	97.14
Fondo		6.35		2.86	2.86	100.00

Gráfico 2.4. Granulometría del agregado global con una relación arena/piedra de 45%/55%, además con agregado grueso con T.M.N. de 1”



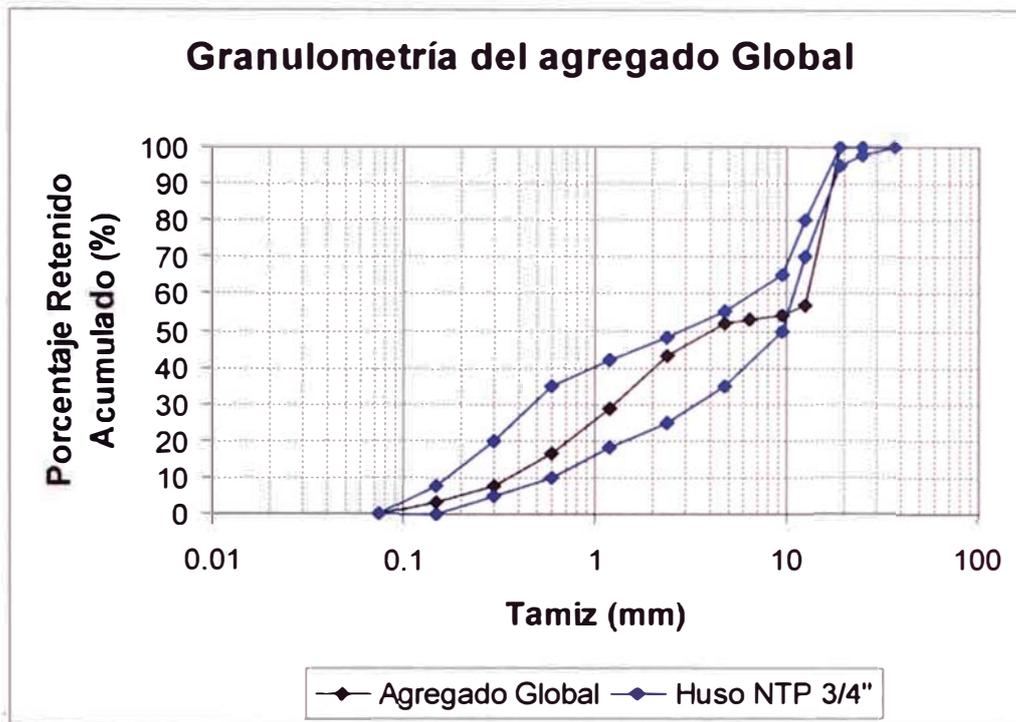
La curva granulométrica se encuentra dentro del huso establecido por la N.T.P. 400.037, pero la curva no es tendida, lo cual indica que el agregado global puede presentar problemas en el manejo del agua de mezclado, pero en la realización de la tesis se diseñó con el ensayo de máxima compactación, por lo cual se dio prioridad a la mejor combinación del agregado fino y grueso con Máximo Peso Unitario Compactado.

2.1.1.9.2 Agregado global usando agregado grueso con T.M.N. de 3/4"

Cuadro 2.11 Granulometría del agregado global con una relación arena/piedra de 53%/47%, además con agregado grueso con T.M.N. de 3/4"

Malla Nº	% retenido	% retenido	0.47 Piedra	0.53 Arena	% retenido	% Acum
3/4"						
1/2"	91.99		43.24		43.24	43.24
3/8"	5.92		2.78		2.78	46.02
1/4"	1.69		0.79		0.79	46.81
Nº4	0.40	2.18	0.19	1.16	1.34	48.16
Nº8		16.03		8.50	8.50	56.65
Nº16		27.13		14.38	14.38	71.03
Nº30		22.97		12.17	12.17	83.20
Nº50		17.05		9.04	9.04	92.24
Nº100		8.28		4.39	4.39	96.63
Fondo		6.35		3.37	3.37	99.99

Gráfico 2.5. Granulometría del agregado global con una relación arena/piedra de 53%/47%, además con agregado grueso con T.M.N. de 3/4"



2.2. EL ADITIVO:

2.2.1 Definición

Los aditivos son generalmente clasificados como químicos minerales, incorporadores de aire y misceláneos empleados para propósitos específicos.

La Norma ASTM C 494 ha clasificado a los aditivos químicos en los grupos:

- Tipo A, los cuales actúan como reductores de agua.
- Tipo B, los cuales actúan como retardadores del tiempo de fraguado.
- Tipo C, los cuales actúan como acelerantes.
- Tipo D, los cuales actúan como reductores de agua y retardadores de fragua.
- Tipo E, los cuales actúan como reductores de agua y acelerantes.
- Tipo F, los cuales actúan como reductores de agua de alto rango.
- Tipo G, los cuales actúan como reductores de agua de alto rango y retardadores.

Los aditivos de los grupos Tipo F y Tipo G son usualmente conocidos como aditivos superplastificantes.

2.2.2. Propiedades del aditivo usado en la tesis:

Para la presente investigación se usó el súperplastificante VISCOCRETE 1110, este aditivo pertenece al tipo G (reductores de agua de alto rango y retardadores).

a) Descripción:

Es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos y morteros.

Acción del aditivo en el concreto:

Las cargas eléctricas entre los granos no hidratados causan floculación de las partículas de cemento lo cual tiene un efecto negativo en la trabajabilidad e impide una pronta hidratación. Con la inclusión de reductores de agua en la mezcla es posible deflocular las partículas de cemento. Estas moléculas orgánicas son muy efectivas en neutralizar las cargas eléctricas en la superficie de las partículas de cemento. El efecto reductor de agua hace que se libere el agua que queda atrapada en los flóculos de los granos de cemento.

b) Campo de aplicación:

Es adecuado para la producción de concreto en obra, así como para el concreto pre-mezclado.

Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.

La alta reducción de agua y la excelente fluidez.

Se usa para los siguientes concretos:

- Concreto Autocompactante.
- Para concretos bajo agua.
- Concretos para climas cálidos y/o sometido a trayectos largos o espera antes de su utilización.
- Concretos de alta reducción de agua.

- Concreto de alta resistencia.
- Inyección de lechada de cementos con alta fluidez.

c) Ventajas:

Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades.

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante.
 - Alta impermeabilidad.
 - Extrema reducción de agua.
 - Excelente fluidez.
 - Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
 - Aumenta la durabilidad del concreto.
 - Reduce la exudación y la segregación.
 - Aumenta la cohesión del concreto.
 - Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.
- **Aspecto:** Líquido.
 - **Color:** Marrón claro

d) Datos Técnicos:

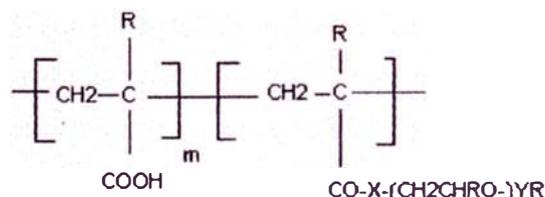
Densidad: 1.06 kg/l ± 0.02 kg/l

Base: Solución acuosa de policarboxilato modificado.

% Sólidos: 28+/- 2.0

Valor de PH: 4.5 +/- 1.0

- Los Policarboxilatos modificados son aquellos que han sido modificados por polímeros de forma tridimensional; los cuales causan un efecto dispersante en las partículas de cemento".



Policarboxilatos modificados

e) Dosificación

- Para concreto plásticos con bajos asentamientos: 0.4% - 1.2% del peso del cemento.
- Para concretos fluidos y autocompactantes: 1.2% - 2.0% del peso del cemento.
- Para obtener concretos de alta resistencia, la dosificación del aditivo Viscocrete 1110, puede estar en el rango de 1.2% - 2.0%, pero se debe tener en consideración que al usar demasiado aditivo, el concreto puede presentar problemas de adherencia, por lo cual es necesario hacer diseños previos.

f) Almacenamiento:

- Doce meses a partir de la fecha de producción, en su envase original y sin abrir. Protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5°C y 35°C.

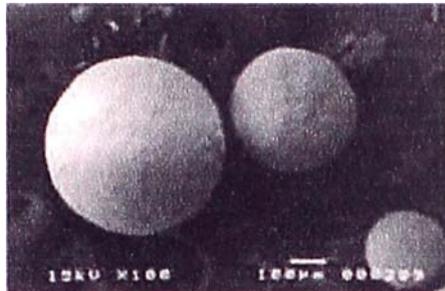
2.3. MICROSÍLICE:

2.3.1. Definición:

La microsílíce es un polvo muy fino, obtenido como un subproducto de la decantación del humo de chimeneas de altos hornos de aleaciones metálicas de la industria del ferrosilicón, el cual está compuesto del 90% al 95% de dióxido de sílice amorfo. Las microsílíces poseen alta actividad puzolánica, lo que permite reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio para formar un gel con notable incremento en las propiedades positivas del concreto.

La microsílíce tiene una elevada finura producido en las fábricas de silicio metal o de aleaciones en base a silicio. Sus acentuadas propiedades puzolánicas y elevada finura, permiten preparar pastas morteros y hormigones de menor porosidad, es decir, con una estructura más homogénea y densa.

El Comité 116 del American Concrete Institute define a la microsíllice como a "una sílice no cristalina muy fina producida por hornos de arco eléctrico como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio".



2.3.2. Características:

La microsíllice es producida como un polvo ultrafino de color gris el cual tiene las siguientes características típicas:

- Un contenido de por lo menos de 90% de SiO_2
- Partículas con tamaño promedio de 0.1 – 0.2 micrómetros.
- Superficie esférica mayor de 15000 m^2/kg .
- Perfil esférico de las partículas.
- Mínimo contenido de carbón.

2.3.3. Propiedades de la Microsíllice usada en la tesis:

Para la presente investigación se usó Sika Fume adición en base a microsíllice.

a) Descripción:

Adición en polvo fino gris oscuro, fabricado con base en microsíllica, que permite aumentar la resistencia química y mecánica de concretos y morteros.

b) Campo de Aplicación:

- En el concreto bajo agua en puertos, presas, reparaciones, rellenos, etc.
- En concretos de alta resistencia (resistencia mayor a 500 kg/cm^2)
- En concretos proyectados (Shotcrete) vía seca y vía húmeda.
- En morteros y lechadas de inyección
- Para obtener concretos resistentes al ataque de sulfatos.
- Para disminuir la exudación y la segregación del concreto.
- Reducir la permeabilidad del concreto y la absorción.

c) Ventajas:

- Reduce la exudación de las mezclas de concreto y mortero.
- Aumenta la impermeabilidad
- Aumenta la resistencia química.
- Aumenta la adherencia del concreto al acero.
- Alta resistencia inicial y final.
- Alta resistencia a la abrasión.
- Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.

d) Datos técnicos:

- Aspecto: Polvo fino gris oscuro
- Superficie específica (Blaine): 180000 a 200000 cm²/g.
- Gravedad específica: 2.2
- Contenido de Si O₂ : mayor al 90%
- Finura (diámetro promedio): 0.1 - 0.2 um
- Porcentaje pasando 45 um: 95% a 100%
- Partícula: esférica.
- Forma: Amorfa.

e) Modo de Empleo:

Sika Fume se puede mezclar con productos Sikament o ViscoCrete, para la presente tesis se diseñó con el uso del aditivo ViscoCrete 1110.

f) Consumo:

Sika Fume puede utilizarse en dosis de aproximadamente 10% del peso del cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para definir el consumo exacto.

g) Almacenamiento:

Se puede almacenar en su envase original cerrado durante 1 año en un lugar fresco y bajo techo.

2. 4 CEMENTO:

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta aglomerante capaz de endurecer tanto bajo agua como al aire y formar compuestos estables.

El cemento Pórtland es el tipo de cemento más utilizado como ligante para la preparación del concreto.

Las materias primas para la producción del cemento Pórtland, son minerales que contienen:

- Óxido de calcio (CaO).....60% al 67% (Cal)
- Óxido de silicio (SiO₂).....17% al 25% (Sílice)
- Óxido de aluminio (Al₂O₃).....3% al 8% (Alumina)
- Óxido de hierro (Fe₂O₃).....2% al 6%
- Óxido de magnesio (MgO).....0.1% al 2.5%

La composición química del cemento portland se define convenientemente mediante la identificación de cuatro compuestos principales:

- Silicato tricálcico: 3CaO SiO₂30% al 50% (C3S)
- Silicato dicálcico: 2CaO SiO₂15% al 30% (C2S)
- Aluminato tricálcico: 3CaO Al₂O₃4% al 12% (C3A)
- Ferro aluminato tetracálcico: 4CaO Al₂O₃ Fe₂O₃8% al 13% (C4AF)

2.4.1 Cemento usado:

Para la presente investigación se utilizó el cemento Pórtland Tipo I de la Planta de CEMENTOS LIMA S.A.

a) Descripción:

El “Cemento Sol” es un polvo gris verdusco, se vende en bolsas de 42.5 kg de capacidad. El peso específico considerado en la tesis para el cemento es de

3.15 kg/cm³. Cementos Lima se ciñe a las normas técnicas ASTM C-150 y Norma Técnica Peruana 334.009

b) Características:

- Producto obtenido de la molienda conjunta de clinker y yeso.
- Ofrece un fraguado controlado.
- Por un buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.
- Es versátil para muchos usos.
- Su comportamiento es ampliamente conocido por el sector de construcción civil.

c) Usos y Aplicaciones:

- Para las construcciones en general y de gran envergadura.
- El acelerado desarrollo de sus resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado.
- Pre-fabricados de hormigón.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos, adoquines.
- Mortero para el asentado de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.

d) Recomendaciones:

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación a/c (agua/cemento) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencia y trabajabilidad.
- Para lograr resistencias adecuadas es recomendable un curado cuidadoso.
- Para asegurar la buena conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separada de paredes o pisos y protegidos de aire húmedo.
- Evitar almacenar en pilas más de 10 bolsas para evitar la compactación.

CAPITULO III
PREPARACION DEL
CONCRETO

3. PREPARACIÓN DEL CONCRETO

3.1 Diseño del Concreto Patrón:

El diseño de mezcla que se usó, fue aquel que a través de una dosificación óptima, cumpliera con las siguientes condiciones: trabajabilidad, resistencia y durabilidad. Para la presente tesis, se tuvo como referencia el ensayo de máxima compactación.

3.1.1. Ensayo de máxima compactación, o mayor acomodo de los agregados en el concreto, el cual consiste en obtener la Óptima Proporción de Agregados con el Máximo Peso Unitario Compactado, pues con esta combinación se logra obtener la menor cantidad de vacíos en el concreto, por tanto se necesitará menos cantidad de pasta de cemento, esta condición garantiza la economía en el concreto.

En la presente tesis se ha realizado el diseño de mezcla del concreto patrón, con relación agua/cemento (a/c) de 0.4 y con asentamiento 3"- 4", siguiendo el criterio de máxima compactación, la cual se detalla a continuación:

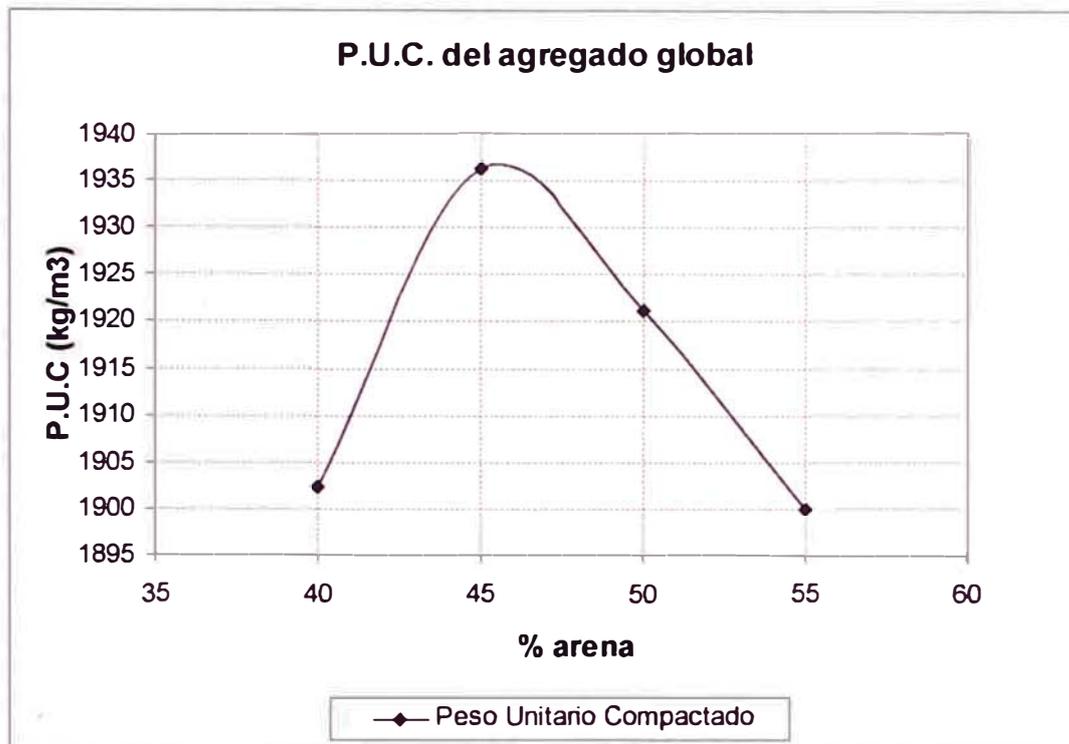
- a) La relación de la mejor combinación de agregado fino y grueso que produzca la mejor compactación.

El parámetro que definirá la mejor combinación será el Máximo Peso Unitario Compactado (M.P.U.C.), los agregados con variaciones de 5% tomándose de esta manera las siguientes muestras:

Cuadro 3.1 Resultados del ensayo de compactación

Proporción de los agregados		P.U.C. (Kg/m ³)
Arena (%)	Piedra (%)	
40	60	1902
45	55	1936
50	50	1921
55	45	1900

Gráfica 3.1 Peso unitario compactado del agregado global, usando agregado grueso con T.M.N. de 1"



- b) Después que se halló la mejor combinación para obtener el Máximo Peso Unitario Compactado del agregado global, se tomó en cuenta la resistencia, para lo cual se procedió a diseñar variando el porcentaje de los agregados en un +/- 3%, de la relación arena/piedra con mayor P.U.C. obtenido, para quienes se encontró la cantidad necesaria de agua para lograr un asentamiento de 3" – 4". Para obtener dicho asentamiento se tuvo que variar la cantidad de agua, pero se mantuvo constante la relación agua/cemento (a/c).

Para la presente investigación la relación a/c utilizada para el concreto patrón fue 0.40 y las proporciones de agregados fueron:

$$\frac{\%arena}{\%piedra} = \frac{42}{58}$$

$$\frac{\%arena}{\%piedra} = \frac{45}{55}$$

$$\frac{\%arena}{\%piedra} = \frac{48}{52}$$

3.1.2 Método de diseño del ACI:

La secuencia de diseño es la siguiente:

- a) Elección de la relación agua/cemento (a/c), para la presente tesis es de 0.4
- b) Elección del asentamiento: 3" – 4".
- c) Estimación del contenido de aire atrapado
Para T.M.N. de 1" es de 1.5%
- d) Estimación del agua de diseño para 1m^3 .

Cuadro 3.2 Estimación del agua de diseño.

Asentamiento	Agua en lt/m^3 , para TMN agregados y consistencias indicadas						
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
Concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154

Para nuestros datos el agua seleccionada es de 193 litros por metro cúbico.

- e) Calcular la cantidad de cemento.

$$\text{Cantidad de cemento} = \text{agua}/(a/c) = 482.5 \text{ kg} \times \text{m}^3.$$

- f) Calcular el volumen total de agregados en la mezcla.

$$\text{Vol. Total de agregados} = 1 - (\text{Vol. De agua} + \text{Vol. De cemento} + \text{Vol. De aire})$$

$$\text{Vol. Total de agregado} = 0.639 \text{ m}^3.$$

- g) Cálculo del peso seco por metro cúbico de concreto de agregado grueso y fino.

$$\text{Vol. Tot. de agregado} = \text{P.S. de arena} / \text{P.E. arena} + \text{P.S. de piedra} / \text{P.E. de piedra.}$$

$$\% \text{ arena} = \text{Peso seco de arena} / (\text{peso seco de arena} + \text{Peso seco de piedra})$$

$$\text{Arena} = 759.97 \text{ kg}$$

$$\text{Piedra} = 928.86 \text{ kg.}$$

- h) Se calcula el volumen absoluto del agregado grueso y fino.

$$\text{Vol. absoluto de la arena} = \text{Peso seco} / \text{P.E.}$$

$$\text{Vol. absoluto de la piedra} = \text{Peso seco} / \text{P.E.}$$

$$\text{Vol. absoluto de la arena} = 0.292$$

$$\text{Vol. absoluto de la piedra} = 0.347$$

- i) Corrección del peso del agregado grueso y fino por humedad.

$$\text{Peso húmedo de arena} = \text{Peso seco} (1 + \text{C.H. arena} / 100)$$

$$\text{Peso húmedo de piedra} = \text{Peso seco} (1 + \text{C.H. piedra} / 100)$$

$$\text{Peso húmedo de arena} = 766.36 \text{ kg}$$

$$\text{Peso húmedo de piedra} = 932.90 \text{ kg}$$

- j) Corrección del agua de diseño:

$$\text{Agua de la arena} = \text{Peso seco} (\text{C.H. de la arena} - \% \text{ abs. de la arena})$$

$$\text{Agua de la piedra} = \text{Peso seco} (\text{C.H. de la piedra} - \% \text{ abs. de la piedra})$$

$$\text{Agua de la arena} = -0.52$$

$$\text{Agua de la piedra} = -3.59$$

- k) Corrección del agua = Agua de la arena + Agua de la piedra.

$$\text{Corrección del agua} = -4.11$$

$$\text{Agua corregida} = \text{Agua inicial} - \text{Corrección de agua.}$$

$$\text{Agua corregida} = 197.102 \text{ litros.}$$

Relación a/c: 0.4

% arena: 45%

% piedra: 55%

Cuadro 3.3 Diseño obtenido

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	482.50	0.153	482.50	1.00	1.00	9.74
Agua	193	0.193	197.10	0.40	0.41	3.98
Arena	759.97	0.292	766.36	1.58	1.59	15.46
Piedra	928.86	0.347	932.90	1.93	1.93	18.82
Aire	1.5	0.015				
Sumatoria	2365.83	1.000				48
Asentamiento:	0"					

Se deseó lograr un asentamiento en el rango de 3" – 4" para lo cual se varió la cantidad de agua pero se mantuvo constante la relación agua/cemento (a/c) y además la relación arena/ piedra.

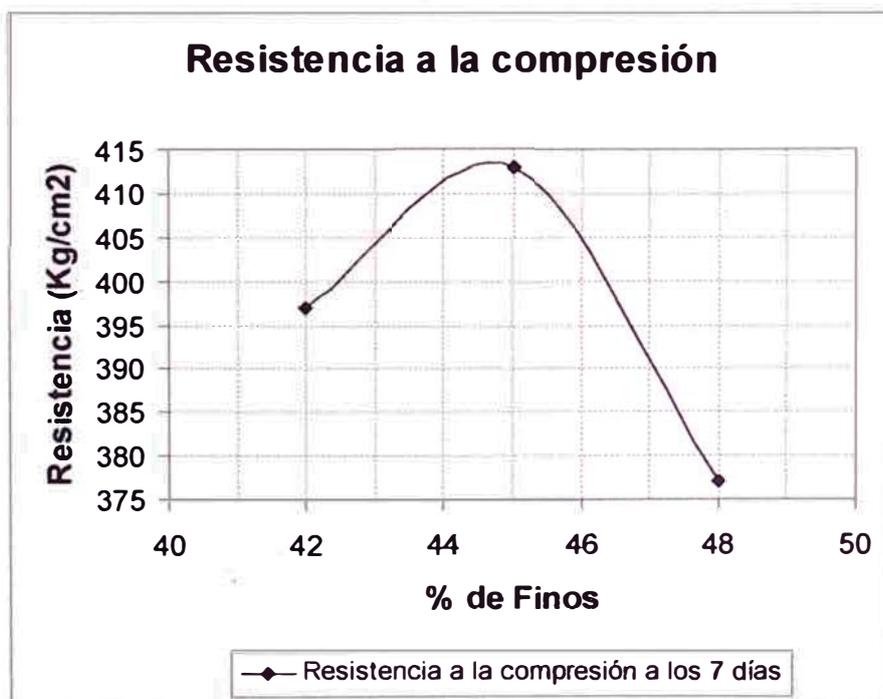
- La obtención del agua necesaria, así como también los diseños finales para cada relación arena/piedra se encuentran en forma más detallada en anexos.

Con los 3 diseños finales se procedió a realizar 3 probetas para cada relación arena/piedra, con la cantidad de agua encontrada y curadas a los 7 días, después se realizó el ensayo a compresión:

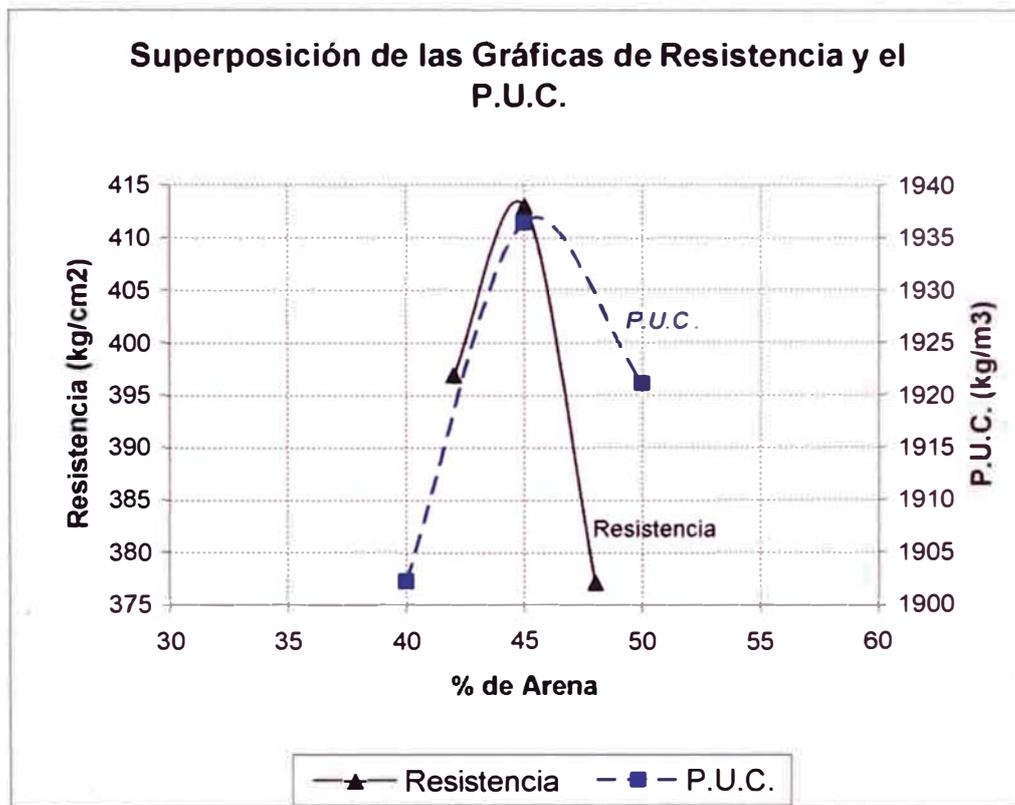
Cuadro 3.4 Ensayo a Compresión realizado a los 7 días de curado, usando agregado grueso con T.M.N. de 1"

% Agregados		Resistencia (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
Arena/Piedra	42/58	396,78	7
Arena/Piedra	45/55	412,61	7
Arena/Piedra	48/52	377,26	7

Gráfica 3.2 Resistencia en compresión a los 7 días vs. Relación arena/piedra, usando agregado grueso con T.M.N. de 1"



Gráfica 3.3 Superposición de gráficas para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia, usando agregado grueso con T.M.N. de 1".



Para la relación arena/piedra de 45% / 55% (usando agregado grueso con T.M.N. de 1") se obtuvo los mejores resultados, por tanto se escogió esta relación, siendo el diseño patrón final el siguiente:

Cuadro 3.5 Diseño final para un metro cúbico

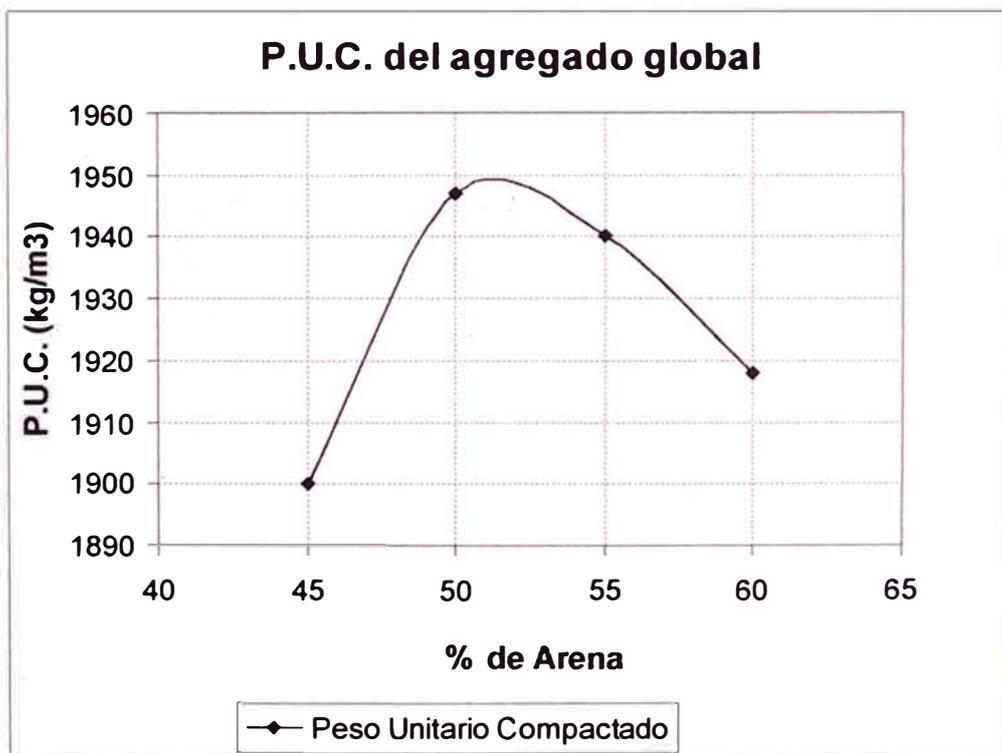
Material para 1m ³ de concreto	Cantidad
Cemento (kg)	662,50
Agua (Lt)	268.27
Arena(kg)	611.43
Piedra(kg)	744.31

- Luego se disminuyó el tamaño Máximo Nominal del agregado grueso, obteniéndose un tamaño Máximo Nominal de $\frac{3}{4}$ ", con lo cual se halló el agregado global.

Cuadro 3. 6 Resultado del ensayo de compacidad, usando agregado grueso con T.M.N. de $\frac{3}{4}$ "

Proporción de los agregados		P.U.C. (Kg/m ³)
Arena (%)	Piedra (%)	
45	55	1900
50	50	1947
55	45	1940
60	40	1918

Gráfica 3.4 P.U.C. del agregado global, con agregado grueso con Tamaño Máximo Nominal de $\frac{3}{4}$ "



Siguiendo el mismo procedimiento realizado para el diseño del concreto patrón con agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal de 1", se hallaron tres

proporciones de agregados, tomando como referencia la relación arena/piedra con la que se obtuvo el mayor Peso Unitario Compactado

Las proporciones de los agregados fueron:

$$\frac{\%arena}{\%piedra} = \frac{47}{53}$$

$$\frac{\%arena}{\%piedra} = \frac{50}{50}$$

$$\frac{\%arena}{\%piedra} = \frac{53}{43}$$

Para las relaciones anteriores se procedió a hacer tres diseños, para lo cual se usó el método del ACI, los cuales tuvieron un asentamiento de 3" – 4", además una relación agua/cemento igual a 0.4.

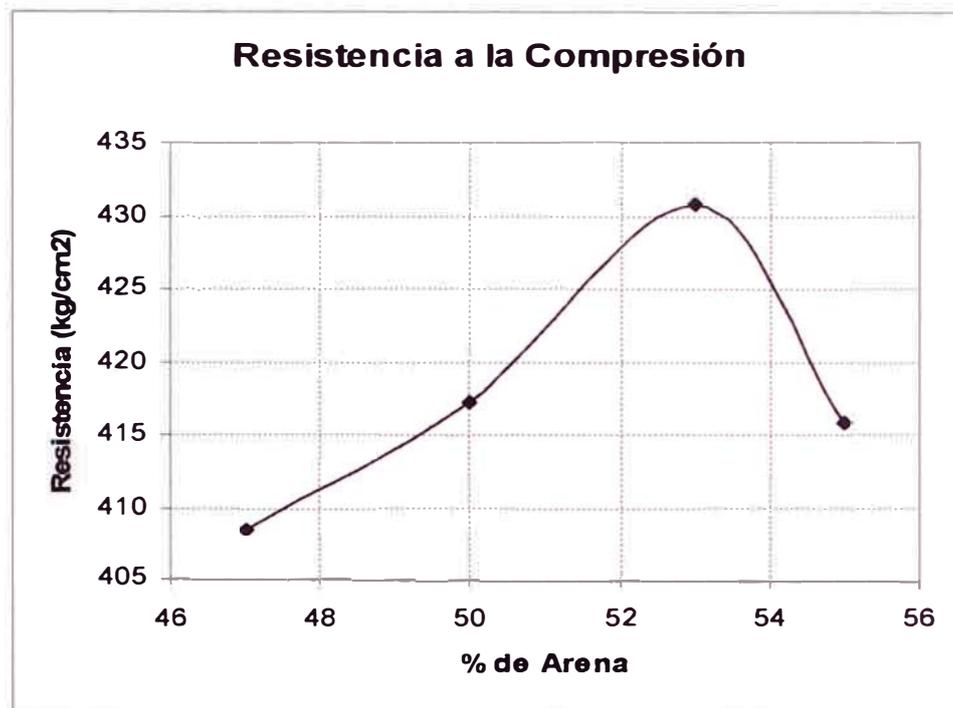
- Los diseños para las diferentes relaciones de arena/piedra se encuentran en anexos.

Se procedió a realizar 3 probetas para cada relación arena/piedra, con la cantidad de agua encontrada y curada a los 7 días y luego se realizó el ensayo a compresión:

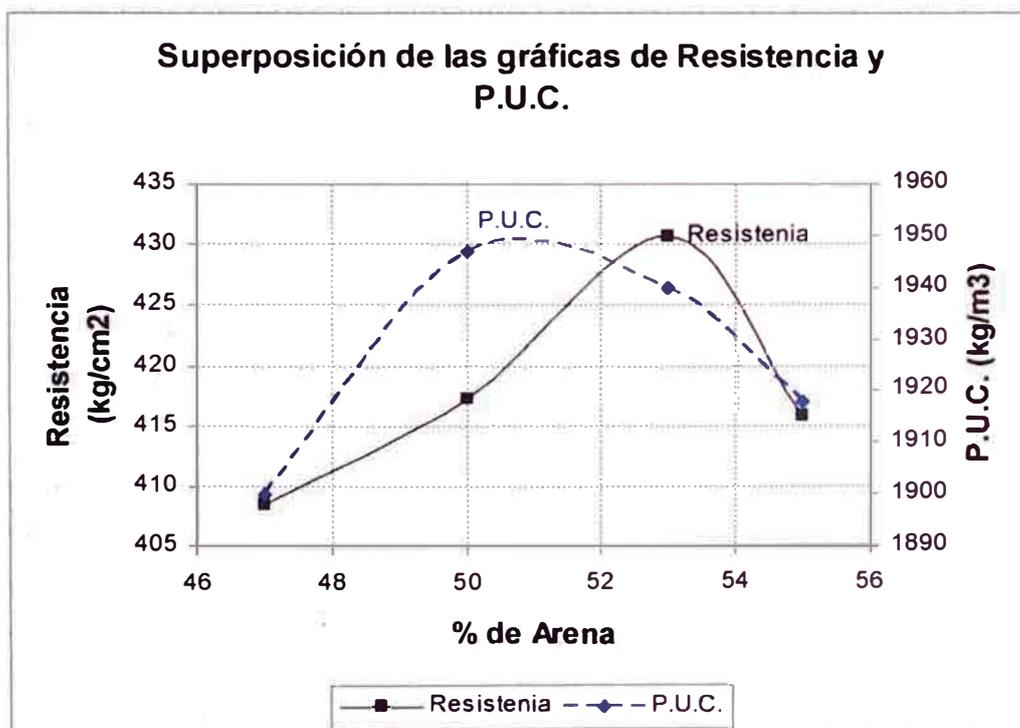
Cuadro 3.7 Resistencia a la compresión a los 7 días de curado, para diseños con agregado grueso con T.M.N. de ¾"

% Agregados		Resistencia (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
Arena/Piedra	47/53	408.56	7
Arena/Piedra	50/50	417.25	7
Arena/Piedra	53/47	430.71	7
Arena/Piedra	55/45	415.78	7

Gráfica 3.5 Resistencia a la compresión del concreto patrón con agregado grueso con T.M.N. de 3/4"



Gráfica 3.6 Superposición de gráficas para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia.



Para la relación arena/piedra de 53%/47% (usando agregado grueso con T.M.N. de ¾") se obtuvo los mejores resultados, por tanto se escogió esta relación para el diseño patrón final.

Cuadro 3.8 Diseño final para un metro cúbico

Material para 1m ³ de concreto	Cantidad
Cemento (kg)	700.00
Agua (Lt)	282.74
Arena(kg)	673.56
Piedra(kg)	594.91

Cuadro 3.9 Comparación de las resistencias y cantidad de cemento usado en 1m³, variando el tamaño máximo nominal de 1" a ¾".

T.M.N.	Cantidad de cemento para 1m ³ (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Tiempo de Curado (días)
1"	662.50	412.61	7
¾"	700.00	430.71	7

Se debe tener en cuenta:

En climas cálidos al usar gran cantidad de cemento puede producir un alto calor de hidratación, teniendo como consecuencia generar una alta tasa de evaporación de la humedad en la superficie del concreto, se obtiene también un tiempo de manejabilidad corto, así al tener un elevado ritmo de evaporación puede producir una temprana fisuración.

Para poder colocar concreto en climas cálidos se debe emplear métodos adecuados de curado, como también el empleo de aditivos reductores de agua y aditivos retardantes, cambiar el tipo de cemento, y si fuese necesario se debería usar agua previamente enfriada o hielo.

- En la presente tesis no se presentó ninguno de los problemas anteriormente mencionados, puesto que los diseños del concreto se realizaron en invierno.

3.2. DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO:

Se obtuvo a partir del concreto patrón al cual se le adicionó un aditivo superplastificante en varias dosificaciones 0.8% ,1.2 % y 1.6% del peso de cemento, el método que se usó fue el mismo que con el concreto patrón además con asentamiento de 3" a 4".

También se realizó diseños con 1.8% y 2% del peso del cemento, pero con estas dosificaciones de aditivo produjo pegajosidad, por lo cual se descartó ambos diseños.

Dosificación con Aditivo 0.8% del peso de cemento:

- a) Como primer paso se calculó la cantidad de aditivo que equivale por metro cúbico de mezcla de concreto.

$$\text{Densidad} = 1.080 \text{ kg/Lt}$$

$$\text{Volumen de aditivo} = \frac{0.8\% \times W_{\text{cemento}}}{1.080 \text{ kg/Lt}}$$

$$W_{\text{cemento}} = 662.5 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. Del aditivo} = 4.9 \text{ Lt/m}^3$$

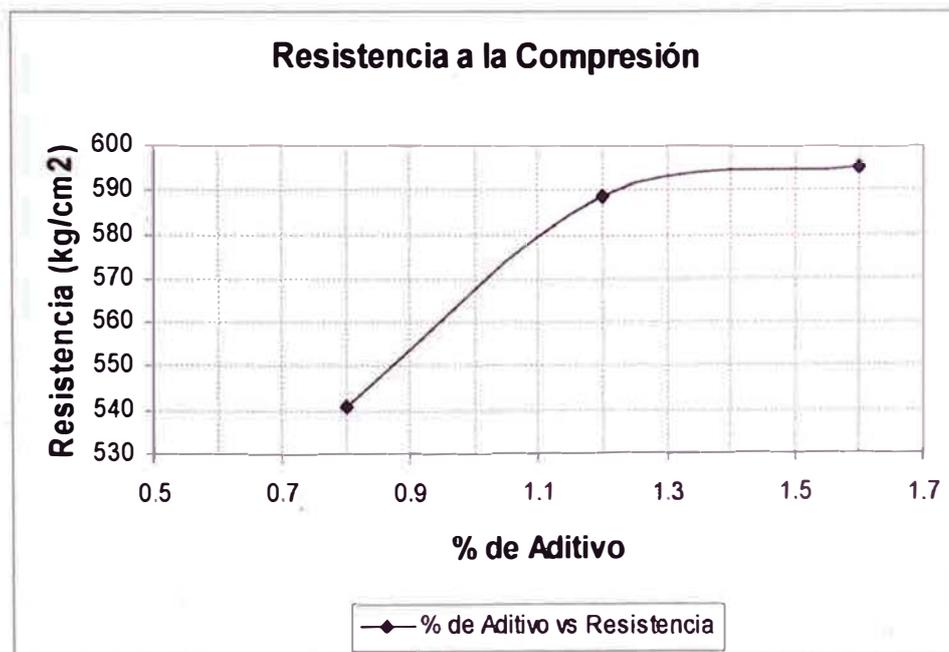
- Los diseños finales para las dosificaciones, 0.8, 1.2 % y 1.6% del peso de cemento se encuentran en anexos.

Con los diseños finales se procedió a realizar 3 probetas para las diferentes dosificaciones de superplastificante y curadas a los 7 días y luego se realizó el ensayo a compresión, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 3.10 Resistencia a la compresión para diseños con aditivo a los 7 días de curado, con agregado grueso con T.M.N. de 1".

Porcentaje de Aditivo (%)	Resistencia (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
0.8 %	540.81	7
1.2 %	588.54	7
1.6 %	595.12	7

Gráfica 3.7 Resistencia a la compresión vs el porcentaje de aditivo usando agregado grueso con T.M.N. de 1"

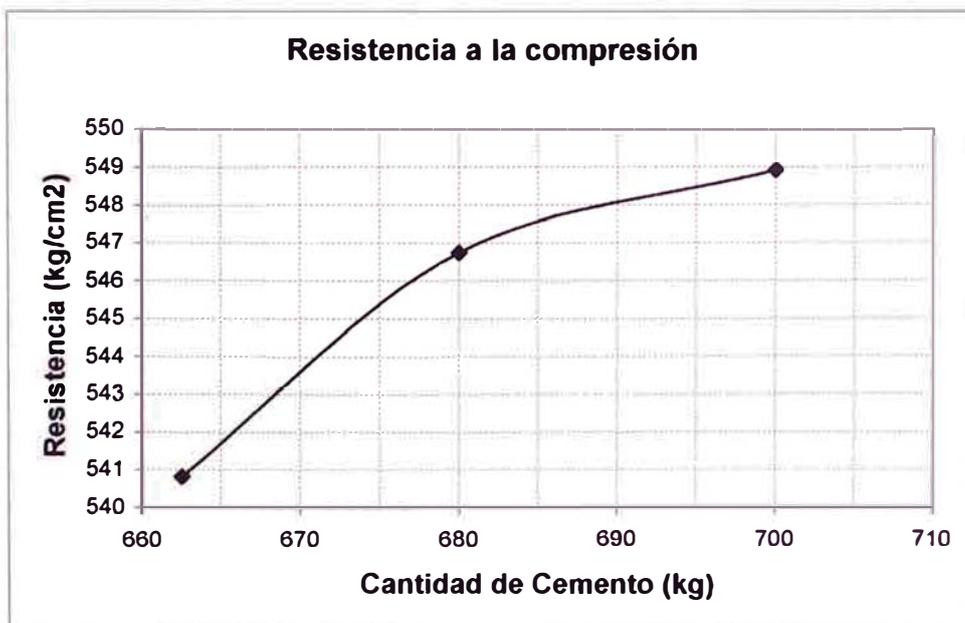


También se realizó diferentes diseños aumentando la cantidad del cemento, manteniendo constante la relación del aditivo, 0.8% del peso del cemento, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 3.11 Resistencia a la compresión obtenida variando la cantidad de cemento, usando agregado grueso con T.M.N. de 1"

Cantidad de cemento	Resistencia (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)	Número de testigos
662.5 kg Cemento	540.81	7	6
680 kg Cemento	546.74	7	6
700 kg Cemento	548.90	7	6

Gráfica 3.8 Resistencia a la compresión



Se limitó a seguir aumentando la cantidad de cemento, porque comparando la resistencia obtenida con 700kg de cemento con la resistencia obtenida del diseño (662,5 kg de cemento), el incremento de resistencia es muy pequeño.

Finalmente se optó por la dosificación de 1.2%, pues las resistencias obtenidas con 1.2% y 1.6% de aditivo son muy cercanas. Obteniéndose finalmente el siguiente diseño para el concreto con aditivo usando agregado grueso con T.M.N. de 1”:

Cuadro 3.12 Diseño final del concreto con aditivo, para 1m³

Material para 1m ³ de concreto	Cantidad
Cemento (kg)	662,50
Agua (Lt)	199.55
Arena(kg)	693.30
Piedra(kg)	847.36
Aditivo (kg)	7.95

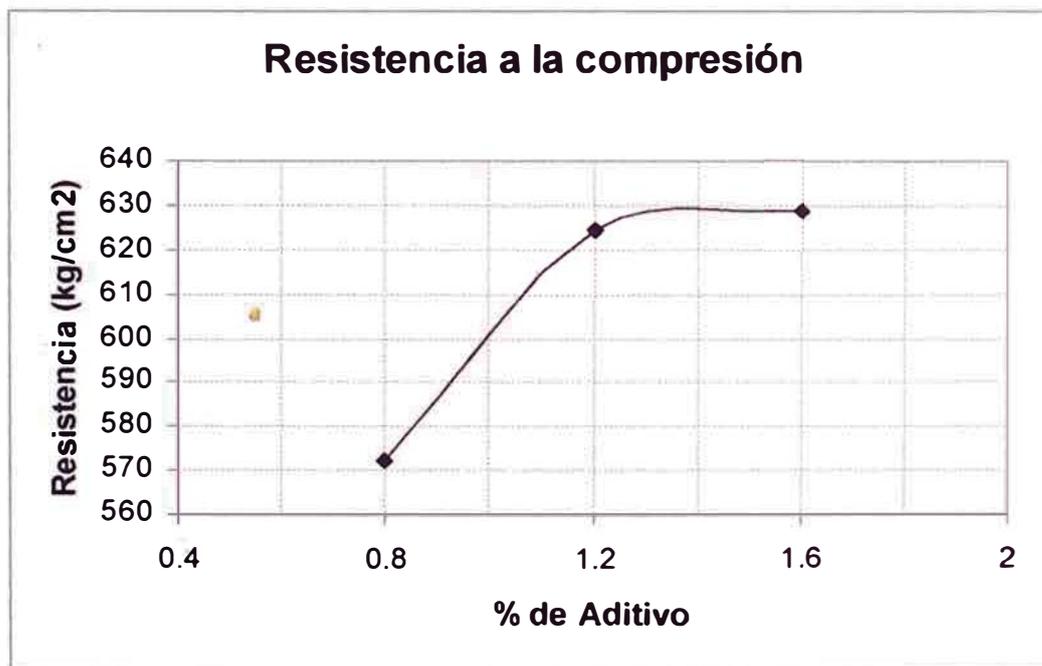
Dosificación del concreto con aditivo, usando agregado grueso con Tamaño Máximo Nominal de 3/4”

Al igual que con el diseño del concreto con aditivo, usando agregado grueso con Tamaño Máximo Nominal de 1” se realizó diseños para diferentes dosificaciones de aditivo, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro 3.12 Resistencia a la compresión variando la cantidad de aditivo, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾”.

Porcentaje de Aditivo (%)	Resistencia (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)	Slump
0.8 %	572.55	7	3.5”
1.2 %	624.46	7	3.8”
1.6 %	628.67	7	3.5”

Gráfica 3.9 Resistencia vs el porcentaje de aditivo con respecto a la cantidad de cemento usando agregado grueso con T.M.N. de ¾”.



Al igual que el diseño con agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal de 1”, en el diseño con Tamaño Máximo Nominal de ¾” se escogió el diseño con aditivo de 1.2% de la cantidad de cemento, ya que da buenos resultados y la diferencia entre la resistencia para una dosificación de 1.6% y de 1.2% de aditivo es pequeña.

Cuadro 3.13 Diseño final para el concreto con aditivo para 1 m³, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾"

Material para 1m ³ de concreto	Cantidad
Cemento (kg)	700.00
Agua (Lt)	213.21
Arena(kg)	789.48
Piedra(kg)	697.29
Aditivo (kg) 1.2% del cemento	8.40

3.3. DISEÑO DEL CONCRETO CON ADITIVO MÁS MICROSÍLICE:

Se realizó varios diseños para obtener aquel que nos proporcione los mejores resultados, tomándose inicialmente como base el diseño del concreto con aditivo (dosificación de 1.2% del cemento), se realizó diseños para una proporción de microsílize de 10%, luego de 15% y finalmente para 17%, obteniéndose los siguientes resultados:

- Para un diseño con 10% de microsílize:

Cuadro 3.14 Resistencia a la compresión, para concreto diseñado con agregado grueso con T.M.N. de 1".

Proporción de Microsílize	% de Aditivo	Resistencia (kg/cm ²)	Tiempo de curado (días)	Número de Testigos ensayados
10% del peso del cemento	1.2%	562.70	7	3
	1.3%	609.50	7	3
	1.5%	620.83	7	3

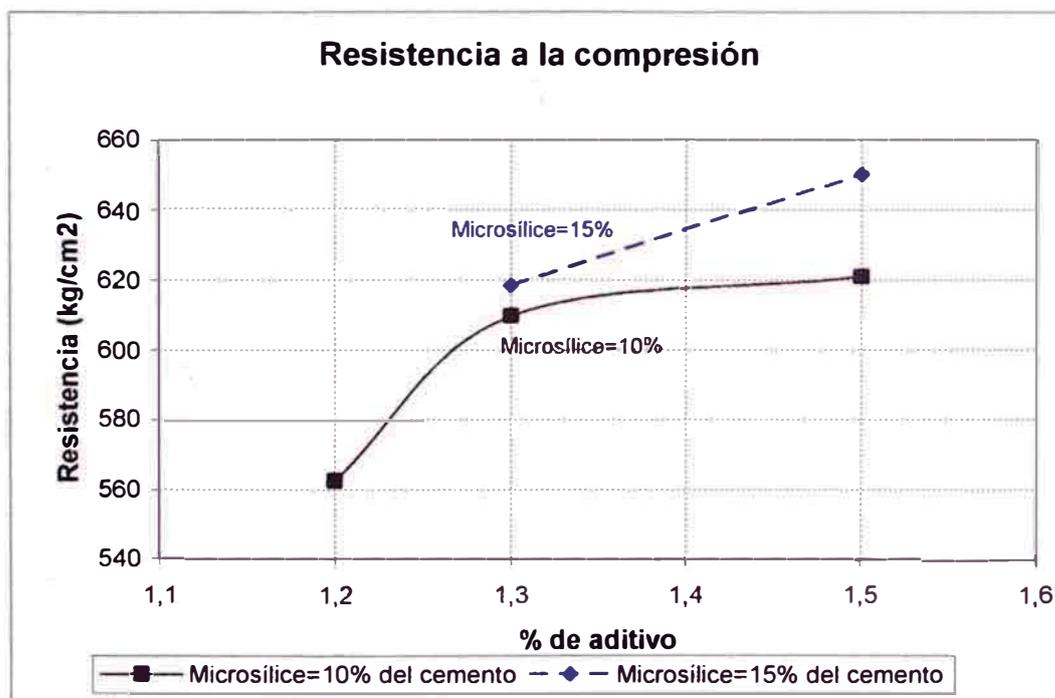
- Para un diseño con 15% de microsilíce:

Cuadro 3.15 Resistencia a la compresión, para concreto diseñado con agregado grueso con T.M.N. de 1".

Proporción de Microsilíce	% de Aditivo	Resistencia (kg/cm ²)	Tiempo de curado (días)	Número de Testigos ensayados
15% del peso del cemento	1.3%	618.30	7	3
	1.5%	650.51	7	3

Con 17% de Microsilíce con respecto a la cantidad de cemento la mezcla se vuelve poco trabajable, además que requiere mayor cantidad de aditivo haciendo que la mezcla se vuelva pegajosa, por eso se descartó este diseño.

Gráfico 3.10 Comparación de las resistencias obtenidas para diseños con 10% y 15% de la cantidad de cemento, para el agregado grueso con T.M.N. con 1".



Tomando en cuenta los resultados anteriores, se tiene el diseño final:

Cuadro 3.16 Diseño final para el concreto con aditivo mas microsíllice para 1 m³, usando agregado grueso con T.M.N. de 1”

Material para 1m ³ de concreto	Cantidad
Cemento (kg)	662.50
Agua (Lt)	203.73
Arena(kg)	694.70
Piedra(kg)	845.67
Aditivo (kg) (1.5% del cemento)	9.94
Microsíllice (kg) (15% del cemento)	99.34
Slump	3.5”

Diseño para el concreto con aditivo más microsíllice, usando agregado grueso con Tamaño Máximo Nominal de ¾”.

- Para un diseño con 15% de microsíllice:

Cuadro 3.17 Resistencia a la compresión, para concreto diseñado con agregado grueso con T.M.N. de 3/4”.

Proporción de Microsíllice	% de Aditivo	Resistencia (kg/cm ²)	Tiempo de curado (días)	Número de Testigos ensayados
15% del peso del cemento	1.3%	644.74	7	3
	1.5%	694.17	7	3

Tomando en cuenta los resultados anteriores, se tiene el diseño final:

Cuadro 3.18 Diseño final para el concreto con aditivo mas microsílíce para 1 m³, usando agregado grueso con T.M.N. de 3/4"

Material para 1m ³ de concreto	Cantidad
Cemento (kg)	700.00
Agua (Lt)	206.24
Arena(kg)	796.65
Piedra(kg)	703.63
Aditivo (kg) (1.5% del cemento)	10.50
Microsílíce (kg) (15% del cemento)	105.00
Slump	3.8"

CAPITULO IV
ENSAYOS Y RESULTADOS

4. ENSAYOS Y RESULTADOS OBTENIDOS:

Los ensayos a los que fueron sometidas las mezclas del concreto fueron:

-En el estado fresco: Asentamiento, peso unitario, exudación, fluidez y tiempo de fraguado.

-En el estado endurecido: Ensayo de compresión, tracción y flexión.

4.1 Propiedades del concreto en estado fresco:

4.1.1. Consistencia (ASTM C413, NTP 339.035)

La consistencia se define como la capacidad de la mezcla de mantenerse homogénea con una permanencia en un estado determinado en función del tiempo. Se mide mediante el Ensayo de Asentamiento o Slump, utilizando el cono de Abrams. El ensayo consiste en compactar una muestra de concreto en un molde troncocónico, midiendo el asentamiento del concreto luego de desmoldado, la compactación se realiza en tres capas de igual volumen, con una varilla lisa metálica normada, aplicando 25 golpes por capa, distribuidos uniformemente.

4.1.2. Peso Unitario (ASTM C138, NTP 339.046)

El peso unitario se refiere a la mezcla de concreto en las cuales aún no ha comenzado la reacción entre el cemento y el agua o que habiendo comenzado es todavía insignificante.

Variaciones en las propiedades de los agregados pueden afectar el peso unitario, es por ello que los concretos se clasifican en:

Concretos Livianos, son aquellos concretos preparados con agregados livianos cuyo peso unitario varía entre 400 – 1700 kg/m³.

Concretos Normales, aquellos cuyo peso unitario varía entre 1700 – 2500 kg/m³.

Concretos pesados, aquellos concretos cuyo peso unitario es mayor de 2500 kg/m³

El ensayo de peso unitario consiste en compactar una muestra de concreto en un recipiente normado, el cual posteriormente se pesa para luego dividir el peso entre el volumen del recipiente.

4.1.3. Fluidez (NTP 339.085)

Es la capacidad que tiene el concreto para comportarse como un líquido en determinadas circunstancias, se logra medir esta propiedad mediante la mesa de sacudidas.

Para el cálculo del índice de fluidez tenemos:

$$F = \frac{(D - 25)}{25} \times 100$$

Donde:

F: Porcentaje de fluidez

D: Diámetro promedio en cm.

4.1.4. Contenido de aire (NTP 339.080, ASTM C138)

Este ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de aire en la mezcla de concreto, su importancia se debe a que el contenido de aire da un índice de la calidad del concreto, para la presente investigación se empleó el método gravimétrico, el cual consiste en calcular el peso unitario del concreto fresco y luego compararlo con el valor del peso unitario que resulta de sumar los pesos de los materiales a usar en la realización de la mezcla para un metro cúbico de concreto sin incluir el porcentaje de aire.

$$A = \left(1 - \frac{P_o}{P_u}\right) \times 100$$

Donde:

Po: Sumatoria del peso de los materiales usados en un metro cúbico.

Pu: Peso unitario del concreto fresco.

A: Contenido de aire (%)

4.1.5. Exudación (ASTM C232, NTP 339.077)

La exudación es un tipo de segregación del concreto por el cual parte del agua de diseño se separa de la masa y fluye desde el interior de la mezcla hacia la superficie del concreto.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto normal y en algunos casos disminuye o no existe exudación alguna cuando se utiliza aditivos reductores de agua.

Uno de los efectos negativos de la exudación en las mezclas de concreto son que una excesiva exudación da como resultado un concreto más poroso y débil debido a los vacíos dejados durante el proceso de flujo de agua, y como consecuencia de ello se produce un concreto menos resistente y durable. Por otra parte si la exudación es escasa y la tasa de evaporación del medio en el que se elabora es mayor que la tasa de exudación, puede producirse un agrietamiento por contracción del concreto, debido a que la superficie de la mezcla es más seca.

La exudación está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento por cuanto más finos exista y mayor sea el porcentaje del material menor que la malla N°100 la exudación será menor, pues retiene el agua de mezcla.

4.1.6. Tiempo de Fraguado (ASTM C403, NTP 339.082)

El tiempo de fraguado es la propiedad que representa el tiempo mediante el cual el concreto fresco va cambiando de su consistencia plástica y moldeable a una sólida e indeformable. Se ha dividido el tiempo de fraguado en dos periodos:

Tiempo de Fraguado Inicial (T.F.I.), que se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla, así como la pérdida inicial de la plasticidad. El tiempo de fraguado inicial se considera cuando la resistencia de penetración es de 500 lb/pulg²

Tiempo de Fraguado final (T.F.F.), es el tiempo en que la mezcla de concreto perdió totalmente su capacidad de deformación, consecuencia del aumento de su resistencia, se obtiene para una resistencia a la penetración de 400 lb/pulg²

4.2. Propiedades del concreto al estado Endurecido:

4.2.1. Resistencia a la Compresión (NTP 339.034, ASTM C39)

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con la resistencia a la compresión, porque esta presenta la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos, de modo que la mayoría de las veces los elementos estructurales se diseñan con el fin de utilizar esta propiedad del concreto. La resistencia a la compresión de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{4 \times G}{\pi \times D^2}$$

Donde:

R_c: Es la resistencia de rotura a la compresión (kg/cm²)

G: Carga de rotura (kg)

D: Diámetro de la probeta cilíndrica (cm)

4.2.2. Resistencia a la Tracción por compresión diametral (NTP 339.084, ASTM C 496)

Las probetas usadas para el ensayo de la resistencia a la tracción son de igual fabricación que las probetas usadas para el ensayo a compresión.

El ensayo de la resistencia a la tracción por el método brasileño consiste en romper la probeta entre los dos platos de una prensa de compresión, el contacto de los platos con la probeta se realiza por intermedio de piezas de tripley de 5mm de espesor, su ancho es de 1/10 del diámetro del cilindro. Es necesario que la probeta este bien centrada. La resistencia a la tracción está dada por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{2 \times P}{(\pi \times D \times L)}$$

Donde:

Q: Resistencia a la tracción (kg/cm²)

P: Carga de rotura (kg)

D: Diámetro del cilindro (cm)

L: Longitud del cilindro (cm)

4.2.3. Resistencia a la Flexión (ASTM C78):

La resistencia a la flexión en el concreto se mide con el módulo de rotura. Para determinar el módulo de rotura (M_r) en el concreto se elaboran vigas de 15cm de altura, con 15 cm de ancho y 50cm de longitud, para ser ensayadas y determinar su resistencia a la flexión a las 24 horas. Estas vigas serán simplemente apoyadas con cargas a los 2/3 del tramo.

Se pueden dar los siguientes casos:

- a) Si la falla ocurre en el tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

Donde:

M_r : Módulo de rotura del concreto (kg/cm^2)

P: Carga máxima de rotura (kg)

L: Longitud de la longitud de la viga (cm)

b: Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm)

h: Altura promedio de la viga en la sección de falla (cm)

- b) Si la falla ocurre fuera de tercio medio y a una distancia de este no mayor de 5% de la luz libre, el módulo de la rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{3 \times P \times a}{(b \times h^2)}$$

Donde:

M_r : Módulo de rotura del concreto (kg/cm^2)

P: Carga máxima de rotura (kg)

a: Distancia entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga (cm)

b: Ancho promedio de la viga en la sección de falla (cm)

h: Altura promedio de la viga en la sección de falla (cm)

- c) Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de este mayor del 5% de la luz libre, se rechaza el ensayo.

4.3 ENSAYOS Y RESULTADOS OBTENIDOS:

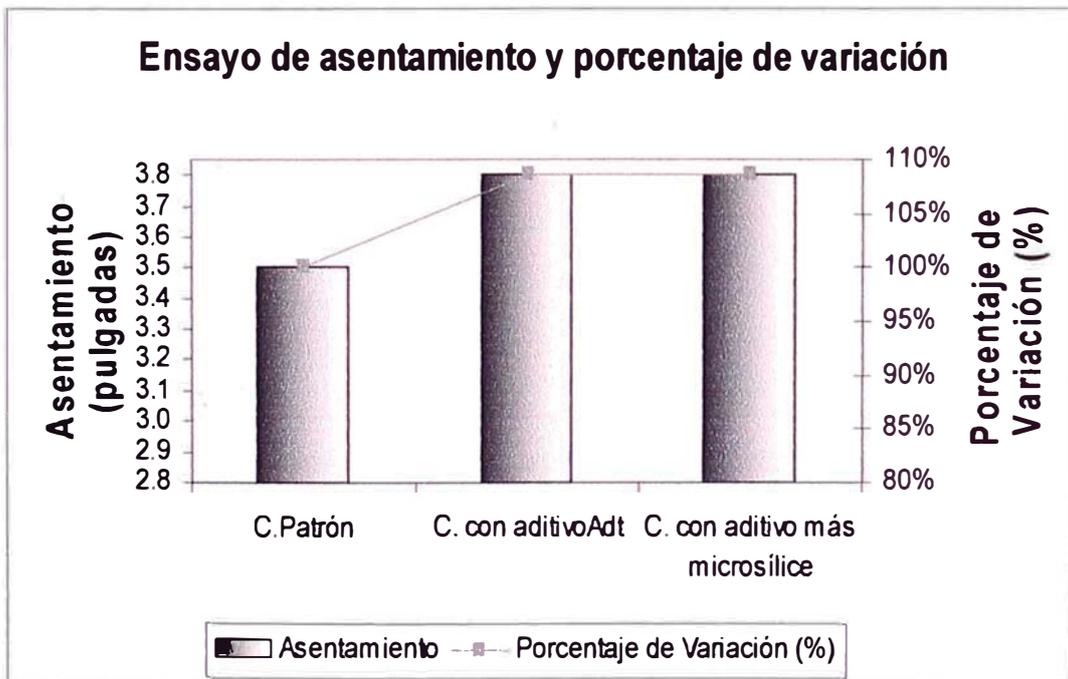
4.3.1. Resultados obtenidos en el Concreto en estado Fresco:

4.3.1.1. Consistencia:

Cuadro 4.1 Ensayo de Asentamiento y Porcentaje de variación con respecto al concreto patrón.

Tipo de Concreto	Asentamiento (pulgadas)	Variación con respecto al patrón	Número de mediciones
Concreto Patrón	3,5"	100.00%	15
Concreto con aditivo	3,8"	108.57%	20
Concreto con aditivo y microsílíce	3.8"	108.57%	30

Gráfico 4.1 Ensayo de Asentamiento y Porcentaje de variación con respecto al concreto patrón.

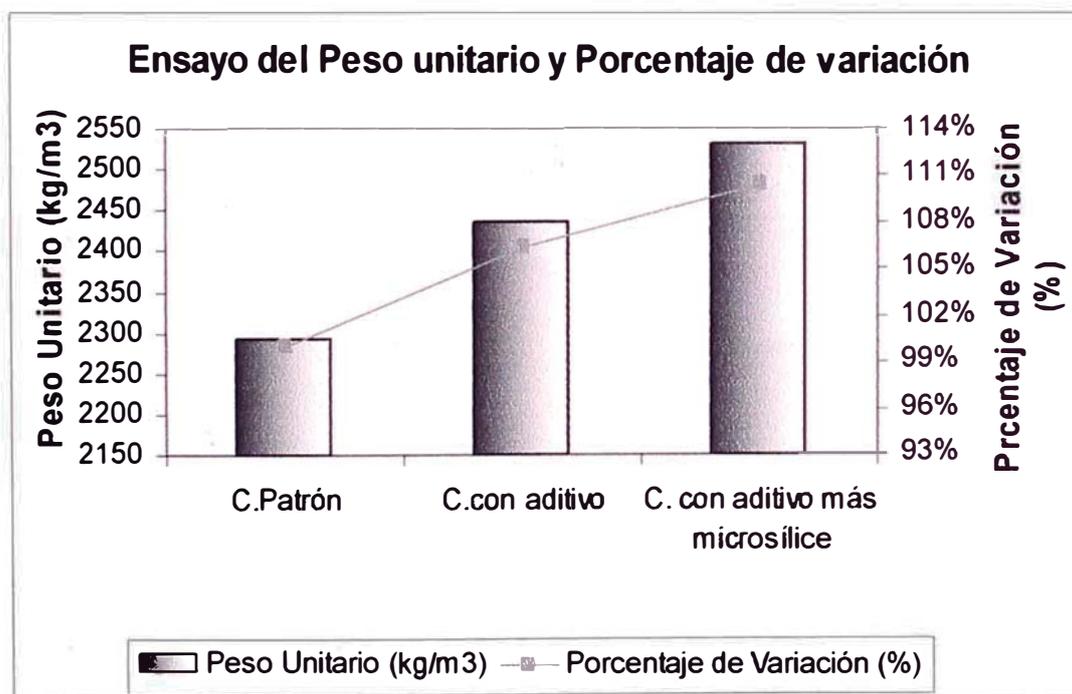


4.3.1.2. Peso Unitario:

Cuadro 4.2 Resultados del ensayo del Peso Unitario y porcentaje de variación con respecto al concreto patrón

Tipo de Concreto	Peso Unitario (kg/m ³)	Variación con respecto al patrón (%)
Concreto Patrón	2291.99	100.00%
Concreto con aditivo	2436.78	106.32%
Concreto con aditivo y microsílíce	2532.14	110.48%

Gráfico 4.2 Ensayo del Peso Unitario y porcentaje de variación con respecto al concreto patrón.

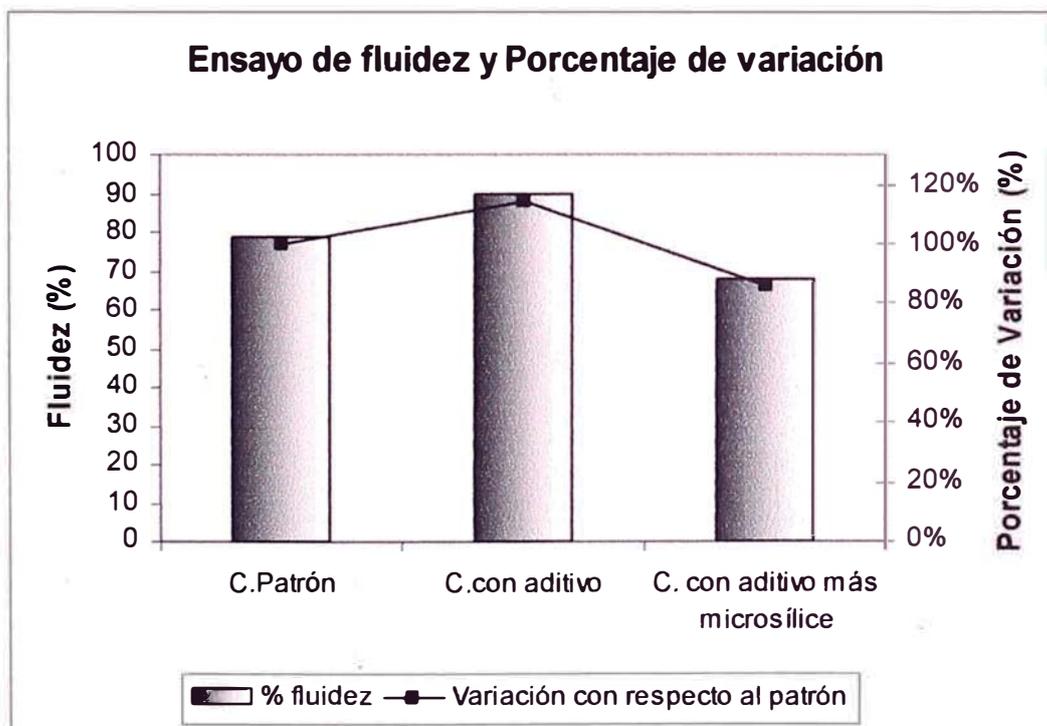


4.3.1.3. Fluidez:

Cuadro 4.3 Resultados del ensayo de fluidez y el porcentaje de variación de las mezclas de concreto con respecto al concreto patrón

Tipo de Concreto	% fluidez	Variación con respecto al patrón
Concreto Patrón	78.67	100%
Concreto con aditivo	90	114%
Concreto con aditivo y microsílíce	68	86%

Gráfico 4.3 Ensayo de fluidez y el porcentaje de variación de las mezclas de concreto con respecto al concreto patrón.

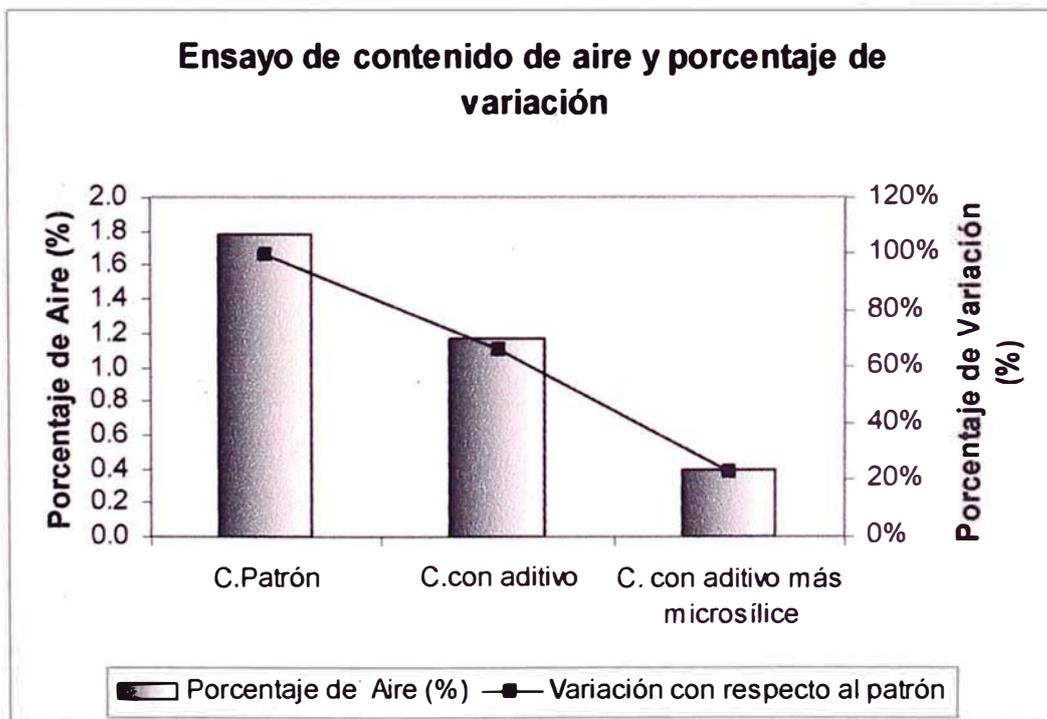


4.3.1.4. Contenido de Aire:

Cuadro 4. 4 Resultados del contenido de aire y el porcentaje de variación de las mezclas de concreto con respecto al concreto patrón

Tipo de Concreto	Porcentaje de Aire (%)	Variación con respecto al patrón
Concreto Patrón	1.78	100.00%
Concreto con aditivo	1.17	65.73%
Concreto con aditivo y microsílíce	0.40	22.47%

Gráfico 4.4. Ensayo de contenido de aire y el porcentaje de variación de las mezclas de concreto con respecto al concreto patrón.

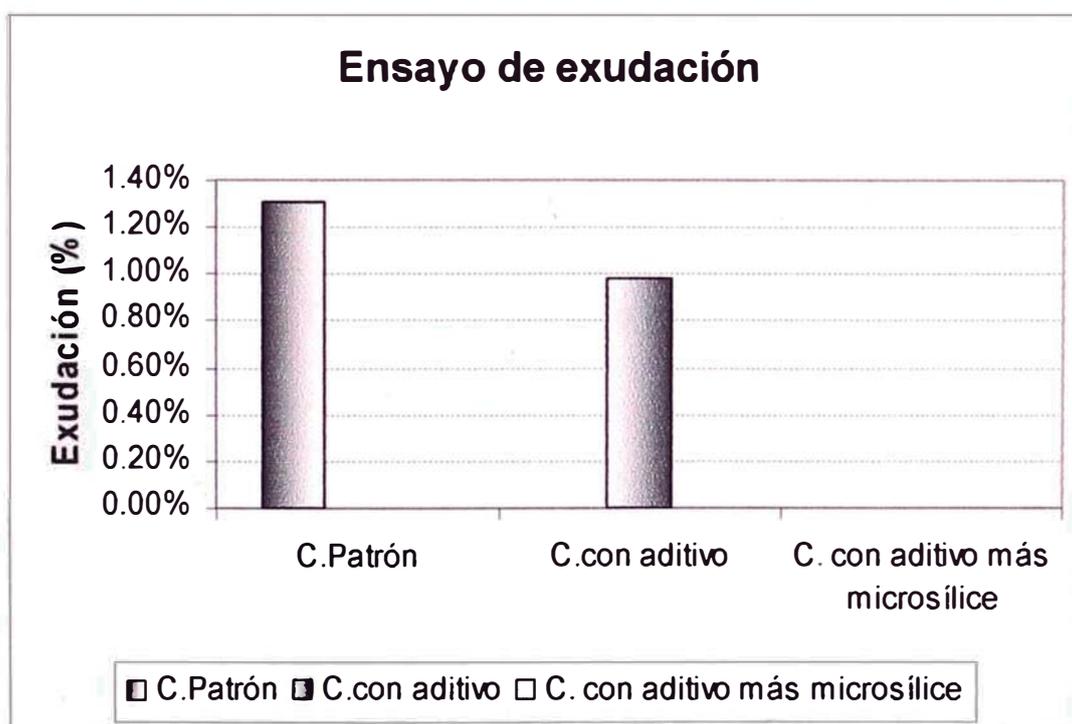


4.3.1.5. Exudación:

Cuadro 4. 5 Ensayo de exudación de las mezclas de concreto

Tipo de Concreto	Exudación (%)
Concreto Patrón	1.31%
Concreto con aditivo	0.98%
Concreto con aditivo y microsílíce	0.00%

Gráfico 4.5. Ensayo de exudación de las mezclas de concreto.



4.3.1.6. Tiempo de Fraguado:

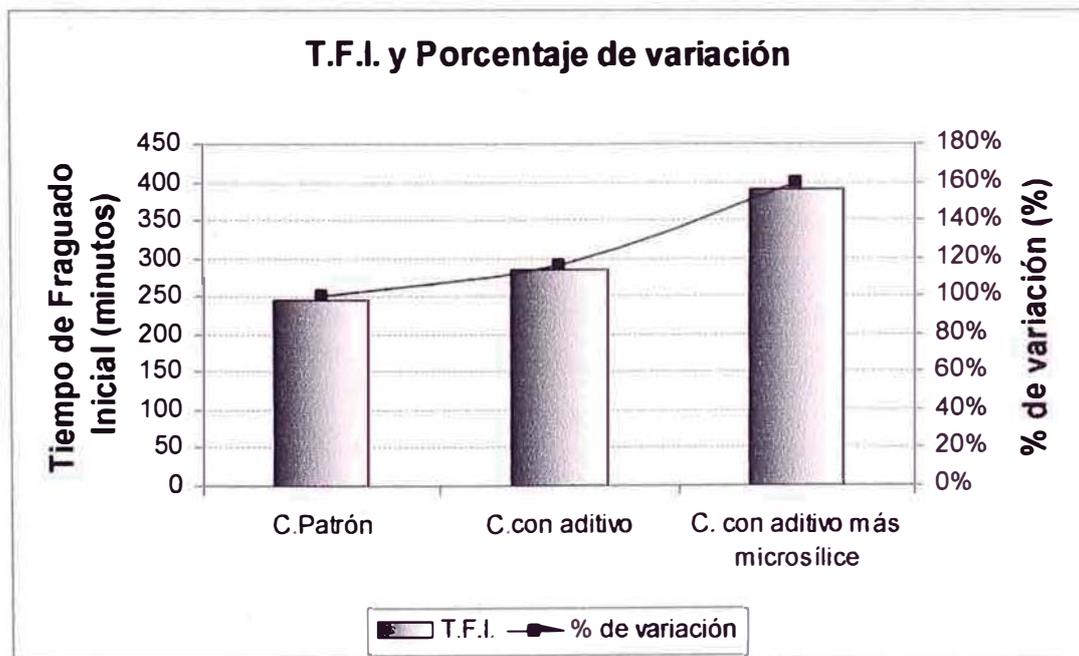
Cuadro 4.6 Tiempo de Fraguado

Tipo de concreto	Tiempo de Fraguado Inicial	Tiempo de Fraguado Final
Concreto Patrón	4h : 05min	6h : 14 min
Concreto con Aditivo	4h : 44 min	6h : 12 min
Concreto con Microsilíce	6h : 30 min	7h :39 min

Cuadro 4.7 Tiempo de fraguado inicial y el porcentaje de variación con respecto al concreto patrón

Tipo de concreto	Tiempo de Fraguado Inicial (min)	Porcentaje de variación (%)
Concreto Patrón	245	100%
Concreto con Aditivo	284	116%
Concreto con Microsilíce	390	159%

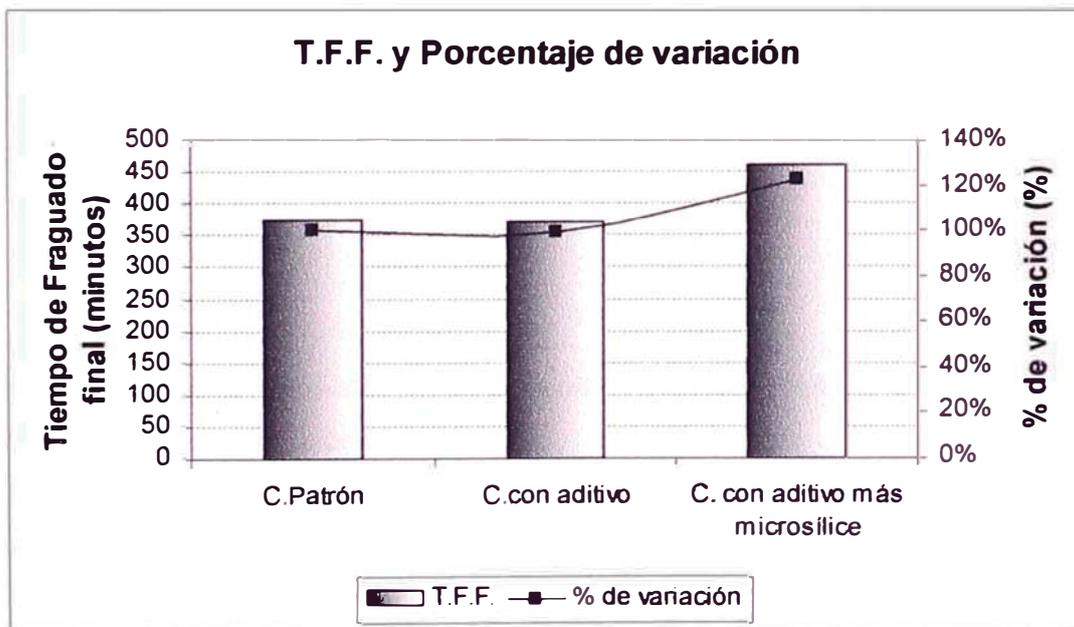
Gráfico 4.6 Tiempo de fraguado inicial y el porcentaje de variación con respecto al concreto patrón.



Cuadro 4.8 Tiempo de fraguado final y el porcentaje de variación con respecto al concreto patrón

Tipo de concreto	Tiempo de Fraguado Final (min)	Porcentaje de variación (%)
Concreto Patrón	374	100%
Concreto con Aditivo	372	99%
Concreto con Microsílice	459	123%

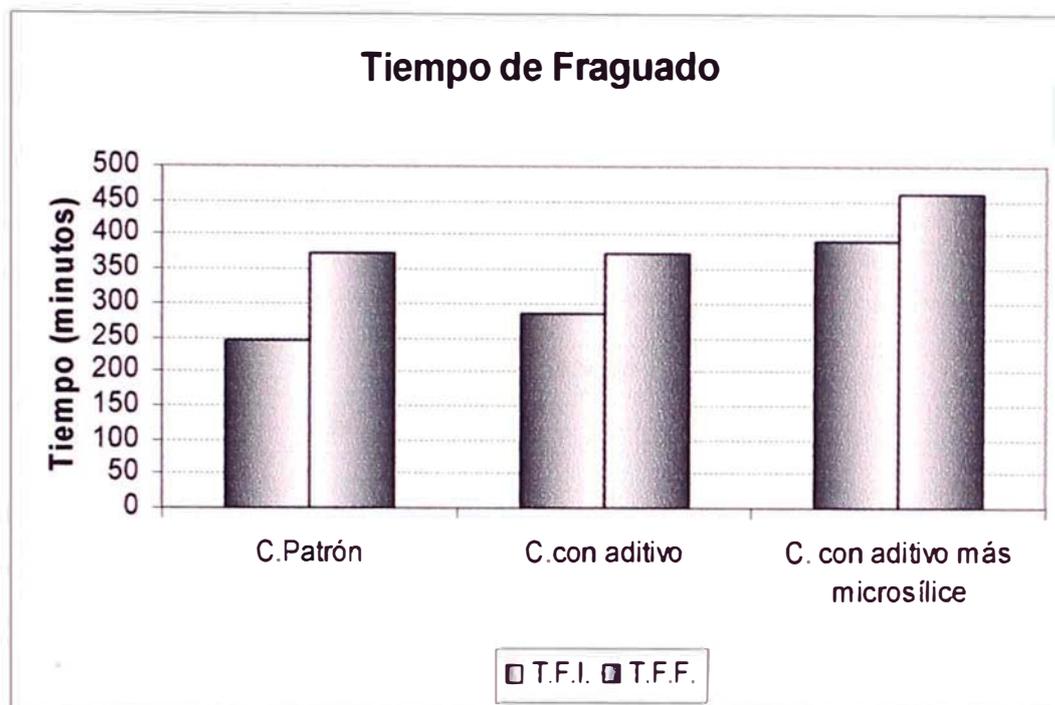
Gráfico 4.7 Tiempo de fraguado final y el porcentaje de variación con respecto al concreto patrón.



Cuadro 4.9 Tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final

Tipo de concreto	Tiempo de Fraguado Inicial (min)	Tiempo de Fraguado Final (min)
Concreto Patrón	374	245
Concreto con Aditivo	372	284
Concreto con Microsílice	459	390

Gráfico 4.8 Tiempo de fraguado inicial y tiempo de fraguado final.



4.3.2. Resultados obtenidos en el Concreto en estado Endurecido:

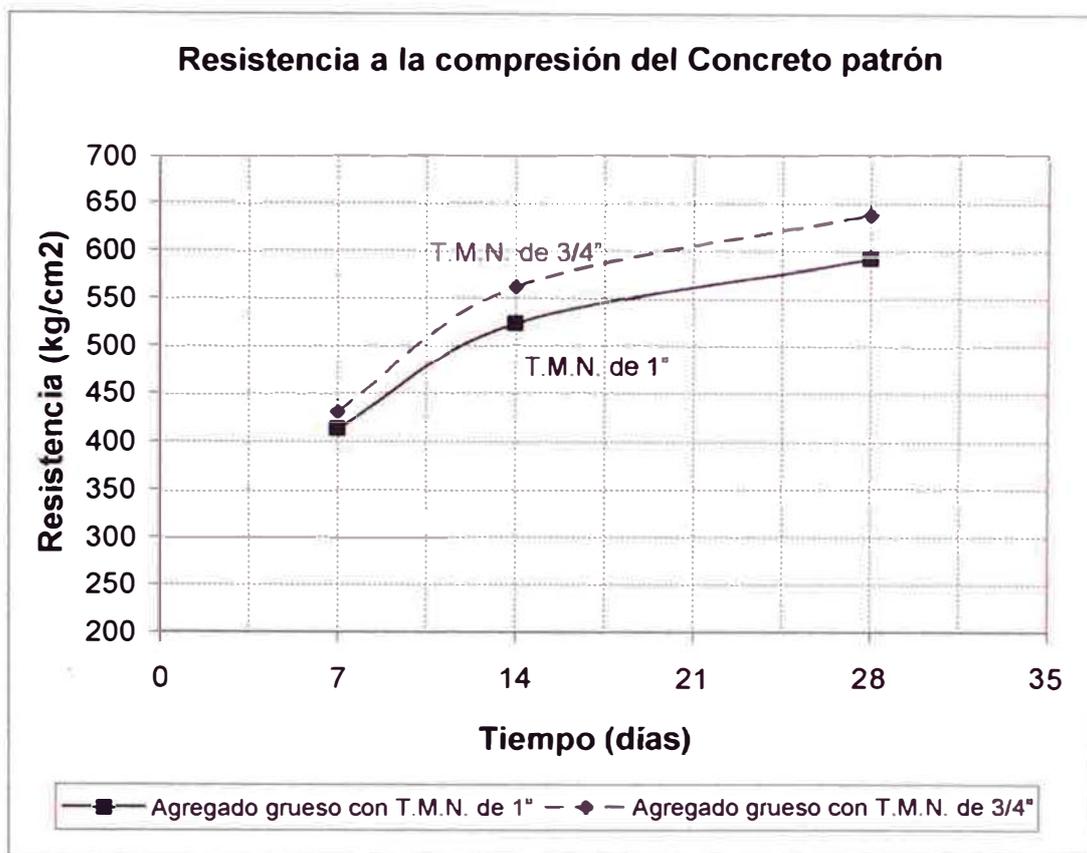
4.3.2.1 Resistencia a la compresión:

4.3.2.1.1 Concreto Patrón:

Cuadro 4.10 Resistencia a la compresión del concreto patrón.

Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	
	Tamaño Máximo Nominal 1" del agregado grueso	Tamaño Máximo nominal ¾" del agregado grueso
7 días	412.62	430.71
14 días	523.26	562.31
28 días	592.07	638.09

Gráfica 4.9 Comparación de resistencia entre los concretos patrones con agregado grueso de Tamaño Máximo Nominal de 1" y ¾".

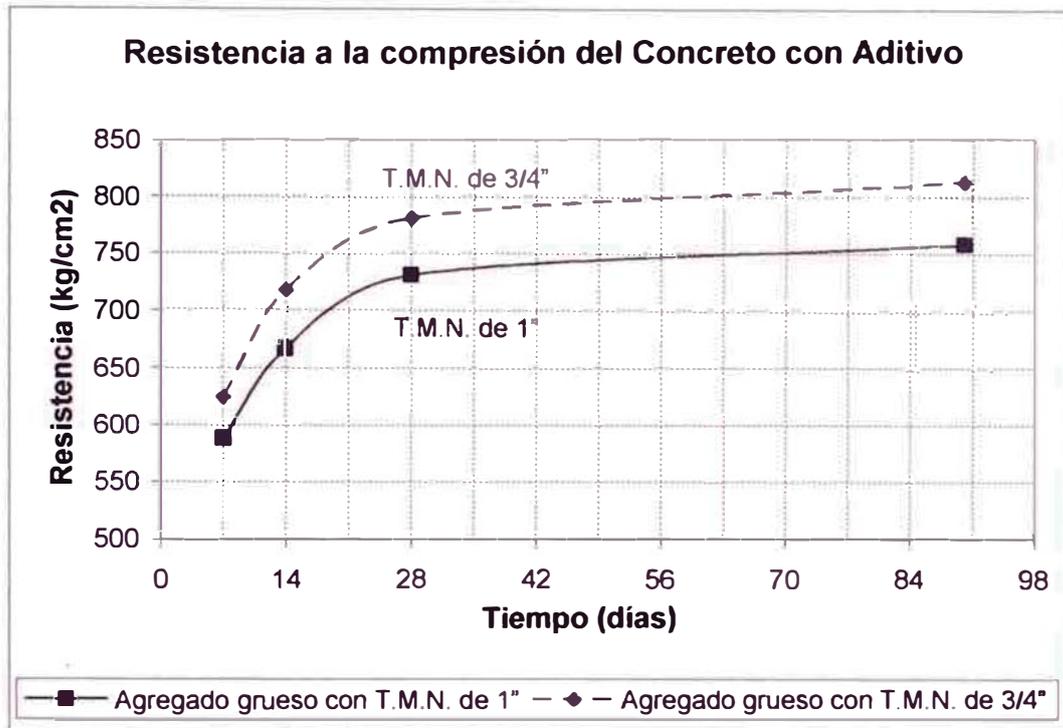


4.3.2.1.2 Concreto con Aditivo:

Cuadro 4.11 Resistencia a la compresión del concreto con Aditivo

Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	
	Tamaño Máximo Nominal 1" del agregado grueso	Tamaño Máximo Nominal ¾" del agregado grueso
7 días	588.54	624.59
14 días	666.31	718.21
28 días	730.77	781.19
90 días	758.45	812.12

Gráfica 4.10 Comparación de las resistencias del concreto con aditivo para los dos diferentes Tamaños Máximos Nominales de 1" y ¾" del agregado grueso.

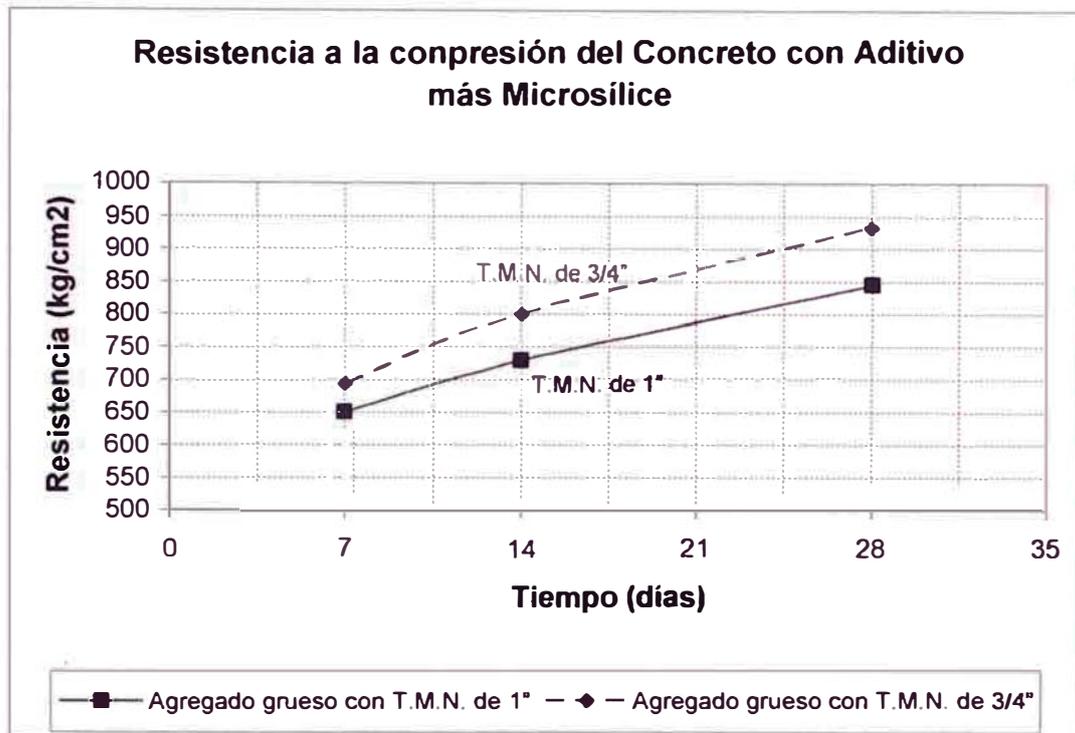


4.3.2.1.3. Concreto con aditivo más Microsilíce:

Cuadro 4.12 Resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsilíce (kg/cm²)

Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)	
	Tamaño Máximo Nominal 1" del agregado grueso	Tamaño Máximo Nominal ¾" del agregado grueso
7 días	650.28	694.20
14 días	728.72	799.77
28 días	844.44	933.10

Gráfico 4.11 Comparación de las Resistencias del concreto con aditivo más microsílíce para agregados gruesos con T.M.N. de 1" y ¾".

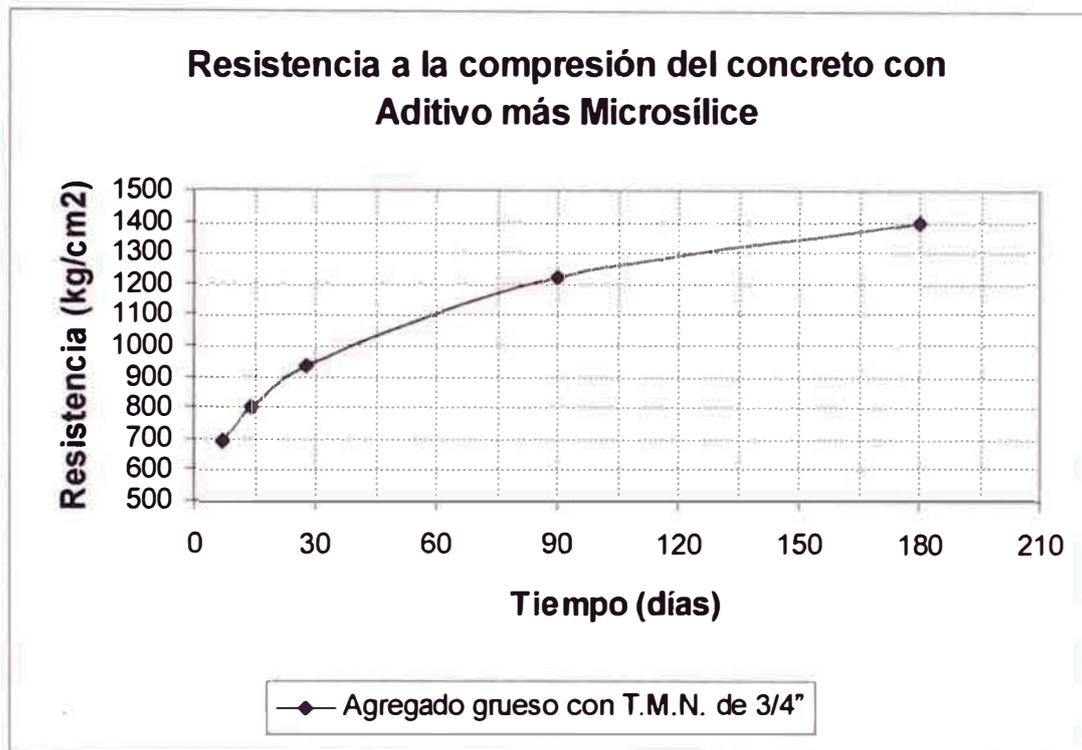


En los diferentes ensayos a compresión, los resultados obtenidos con el agregado con Tamaño Máximo Nominal de ¾" fueron mayores que los obtenidos con el agregado con el de 1", por eso se optó por usar como diseño final el obtenido con el agregado de Tamaño Máximo Nominal de ¾".

Cuadro 4.13 Resistencia a la compresión para el concreto con aditivo más microsílíce y con agregado grueso con Tamaño Máximo Nominal de ¾"

Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)
7 días	694.20
14 días	799.77
28 días	933.10
90 días	1222.39
180 días	1400.49

Gráfica 4.12 Resistencia del concreto con aditivo más microsilíce para el concreto con agregado grueso con Tamaño Máximo Nominal de 3/4".



4.3.2.1.4. Comparación de resultados para el concreto con T.M.N. de 3/4"

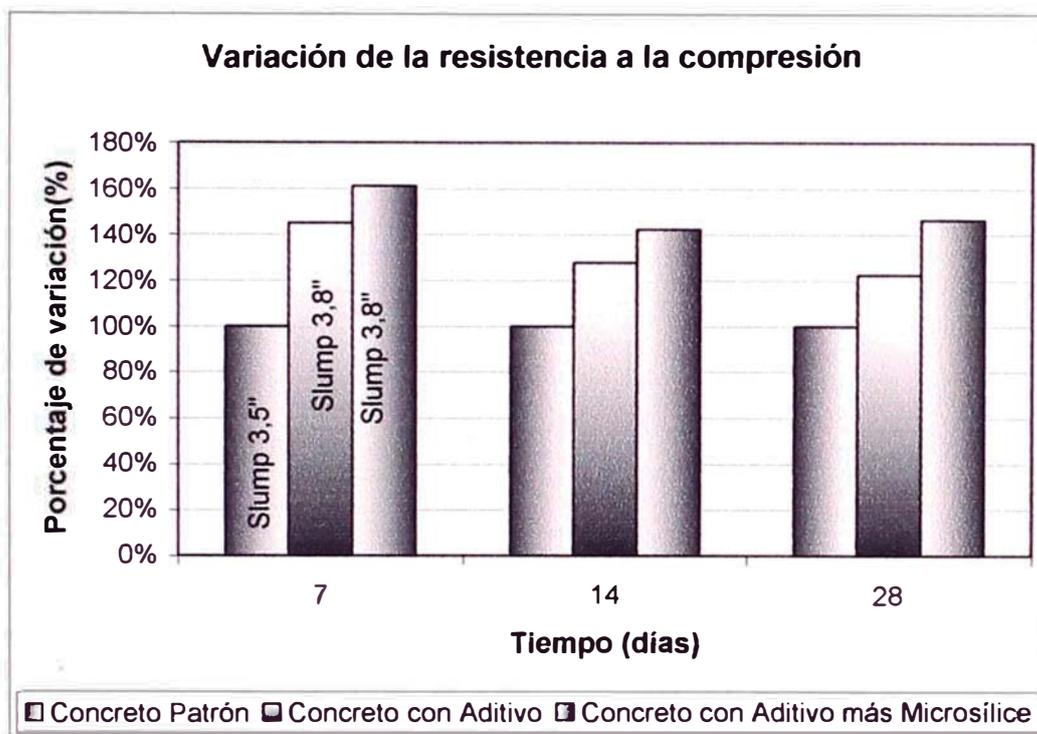
Cuadro 4.14 Comparación de la variación de la resistencia del concreto con aditivo y con aditivo más microsilíce, con respecto al concreto patrón, usando agregado grueso de T.M.N. de 3/4"

Tiempo (días)	Resistencia (kg/cm ²)		
	Concreto Patrón	Concreto con Aditivo	Concreto con Aditivo más microsilíce
7 días	100%	145%	161%
14 días	100%	128%	142%
28 días	100%	122%	146%

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsilíce (1.5% de aditivo y 15% de microsilíce)

Gráfico 4.13 Variación de la resistencia a la comparación con respecto al concreto patrón, con agregado grueso de T.M.N. de 3/4".



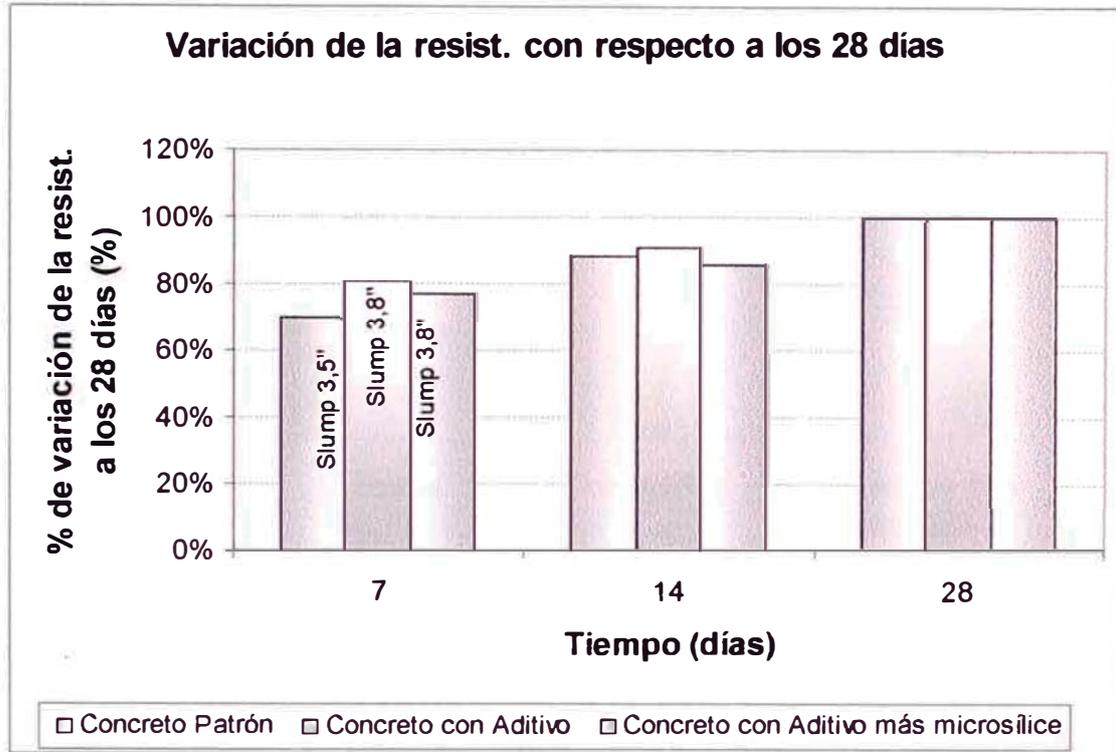
Cuadro 4.15 Análisis comparativo de las resistencias a la compresión de las mezclas de concreto con respecto a la resistencia obtenida a los 28 días, usando agregado grueso con T.M.N. de 3/4"

Tiempo de curado (días)	Porcentaje de variación (%)		
	Concreto Patrón	Concreto con Aditivo (dosis=1.2%)	Concreto con Aditivo más microsilíce (dosis=15%)
7 días	67%	80%	74%
14 días	88%	92%	86%
28 días	100%	100%	100%

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsilíce (1.5% de aditivo y 15% de microsilíce)

Gráfico 4.14 Análisis comparativo de las resistencias de las mezclas de concreto con respecto a la resistencia obtenida a los 28 días con agregado de T.M.N. de 3/4".



4.3.2.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084)

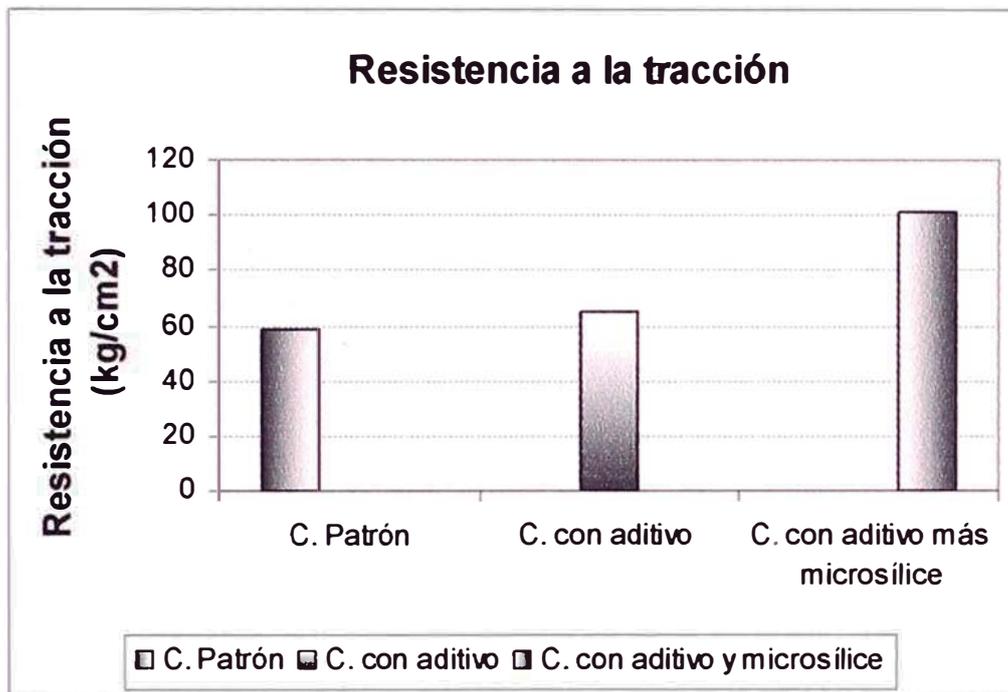
Cuadro 4.16 Resistencia a la tracción por compresión diametral para concreto usando agregado grueso con T.M.N. de 3/4"

Tipo de Concreto	Edad (días)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
Concreto Patrón	28 días	58.36
Concreto con aditivo	90 días	65.36
Concreto con aditivo y microsilice	90 días	101.17

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsilice (1.5% de aditivo y 15% de microsilice)

Gráfica 4.15 Resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con agregado grueso con T.M.N. de ¾".



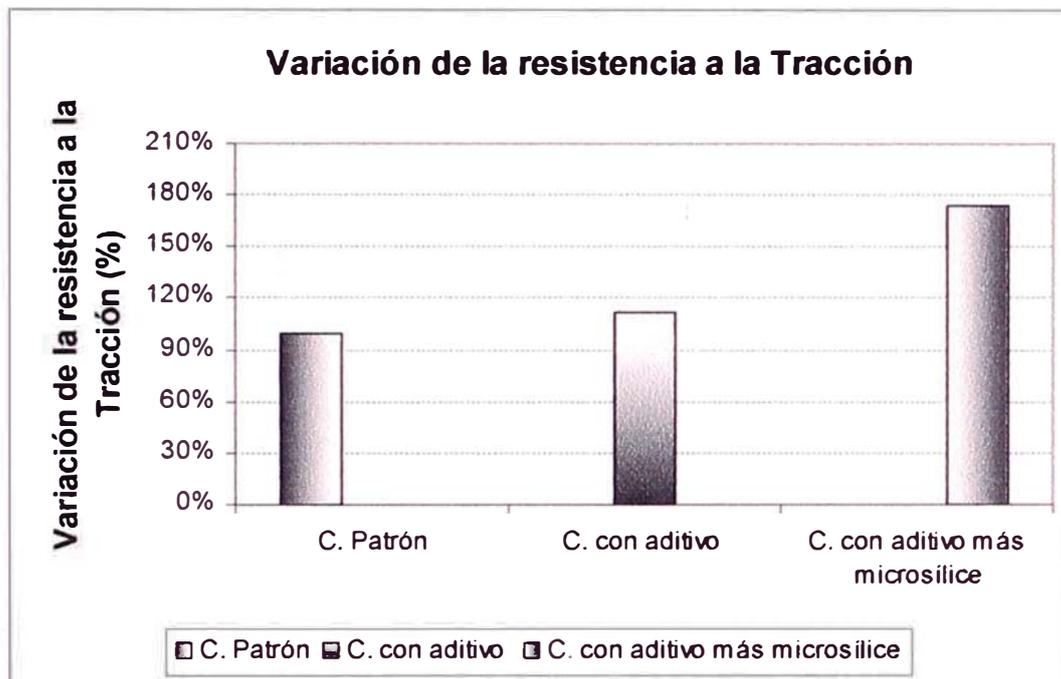
Cuadro 4.17 Variación de la resistencia a Tracción con respecto al concreto patrón, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾"

Tipo de Concreto	Porcentaje de variación (%)
Concreto Patrón	100%
Concreto con aditivo	112%
Concreto con aditivo y microsílíce	173%

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsílíce (1.5% de aditivo y 15% de microsílíce)

Gráfica 4.16 Variación de la resistencia a Tracción con respecto al concreto patrón, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾".



4.3.2.3 Resistencia a la Flexión:

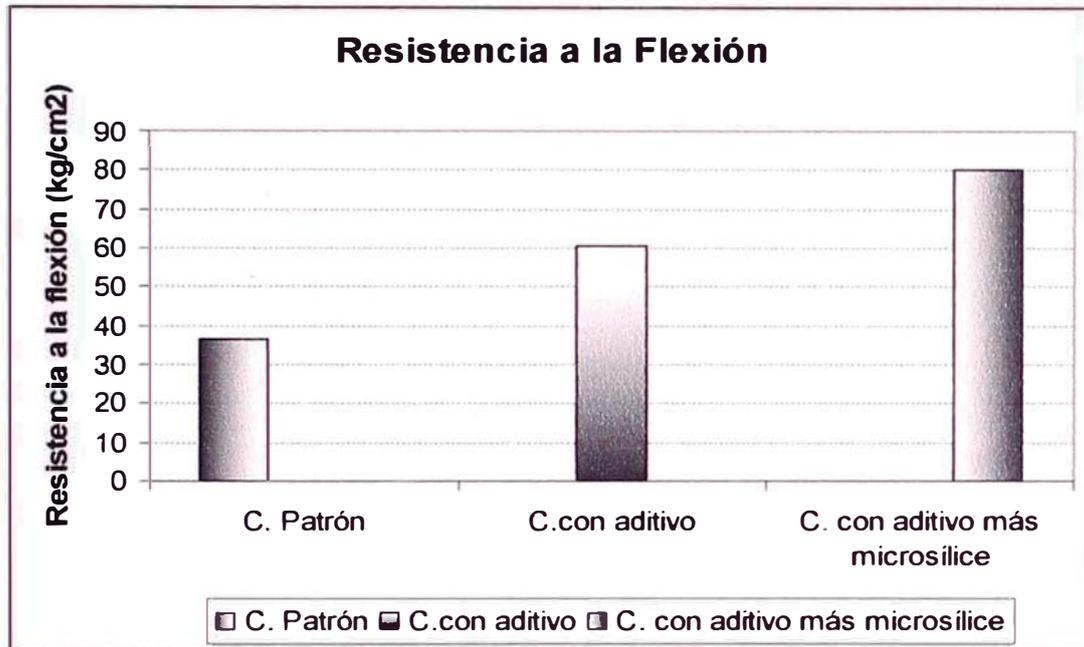
Cuadro 4.18 Comparación de la resistencia a flexión, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾":

Tipo de Concreto	Edad (días)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)
Concreto Patrón	28	36.44
Concreto con aditivo	90	60.48
Concreto con aditivo y microsílíce	90	80.04

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsílíce (1.5% de aditivo y 15% de microsílíce)

Gráfica 4.17 Comparación de la resistencia a flexión, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾"



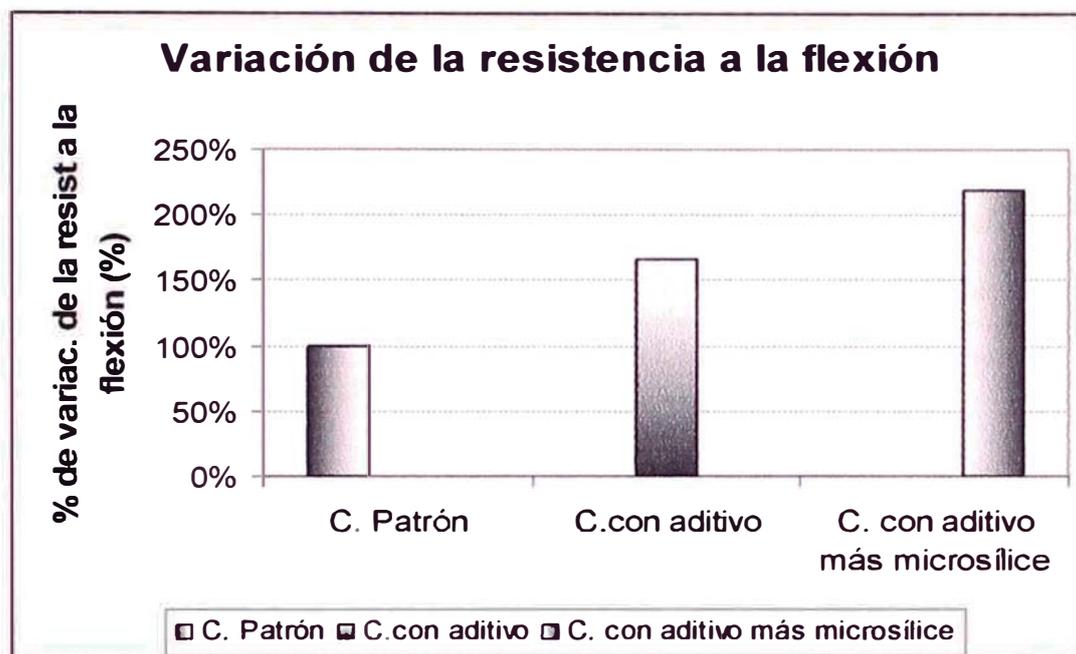
Cuadro 4.19 Porcentaje de variación de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾".

Tipo de Concreto	Porcentaje de variación (%)
Concreto Patrón	100%
Concreto con aditivo	166%
Concreto con aditivo y microsílíce	220%

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsílíce (1.5% de aditivo y 15% de microsílíce)

Gráfico 4.18 Porcentaje de variación de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón, usando agregado grueso con T.M.N. de ¾"



Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsílíce (1.5% de aditivo y 15% de microsílíce)

- Con los resultados obtenidos del concreto en estado endurecido, se pudo hallar una correlación entre la Resistencia a Compresión y la Resistencia a la Tracción

Tipo de Concreto	Edad (días)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)
Concreto Patrón	28	638,09	58,36
Concreto con aditivo	90	812,12	65,36
Concreto con aditivo y microsílíce	90	1222,39	101,17

Correlación:

$$F_{ct} = 0.2043 * (F_c')^{0.87}$$

- De igual manera se halló una correlación entre la Resistencia a Compresión y la Resistencia a la Flexión.

Tipo de Concreto	Edad (días)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)
Concreto Patrón	28	638,09	36,44
Concreto con aditivo	90	812,12	60,48
Concreto con aditivo y microsílíce	90	1222,39	80,04

Correlación:

$$F_{cf} = 0.0229 * (F_c')^{1.15}$$

Módulo Elástico:

Para hallar el Módulo de Elástico del material se utilizó la fórmula según el ACI 318.

$$E_c = 4700 * f_c'^{1/2} \text{ (en MPa)}$$

Módulo Elástico obtenido aplicando la fórmula dada por el ACI 318

Tipo de Concreto	Edad (días)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Módulo Elástico del material (MPa)
Concreto Patrón	28	638.09	37543,85
Concreto con aditivo	90	812.12	42355,32
Concreto con aditivo y microsílíce	180	1400.49	55620,88

CAPITULO V
INTERPRETACION DE
RESULTADOS

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:

5.1 Generalidades:

El análisis de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos llevados a cabo en la investigación "Obtención del concreto de alta resistencia", constituye una parte esencial y de suma importancia.

Los materiales usados para la presente investigación fueron:

- Agregado fino procedente de la cantera "Trapiche"
- Agregado grueso procedente de la cantera "Unicón"
- Cemento Sol tipo I.
- Aditivo superplastificante: Sika Viscocrete 1110.
- Microsilíce: Sikafume.

Ensayos preliminares:

Se ensayaron los agregados (piedra chancada y arena gruesa) para poder hallar sus propiedades físicas.

Para el concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra para el agregado global se halló con el ensayo de máxima compactación y ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7 días, con una relación de agua/cemento de 0.4.

Las dosificaciones del aditivo se obtuvo a partir del concreto patrón, adicionando aditivo en diferentes dosificaciones y escogiendo el de mejores resultados, el cual fue la dosificación con 1.2% (respecto al peso del cemento).

El diseño del concreto con aditivo más microsilíce se obtuvo a partir del concreto con aditivo, añadiendo la microsilíce en diferentes dosificaciones, para lo cual se tuvo que agregar más aditivo, pues al aumentar la cantidad de microsilíce la mezcla requería mayor cantidad de agua y el aditivo ayudó a reducir la cantidad de agua, siendo la dosificación final de la microsilíce de 15% (respecto al peso del cemento) y del aditivo 1.5% respecto al peso del cemento.

5.2. Agregados

5.2.1 Agregado Fino:

El agregado fino usado en la presente tesis de investigación es de la cantera "Trapiche". En la gráfica de la curva granulométrica se puede apreciar que la curva se encuentra dentro de los límites determinados por la norma NTP 400.012, además la curva es tendida, lo cual indica el material es bueno. También se puede notar que la curva se inclina más al lado derecho con tendencia a una arena gruesa.

5.2.2 Agregado Grueso:

El agregado grueso usado en la tesis procede de la cantera "Unicon". En la gráfica de curva granulométrica, se puede notar que la curva se encuentra dentro del huso seleccionado, determinados por la norma NTP 400.012.

El módulo de finura tiene un valor de 7.37

5.2.3 Agregado Global:

Posteriormente a la combinación en diferentes proporciones entre el agregado grueso y agregado fino, se tomó la combinación que nos dio el máximo peso unitario compactado, además de darnos la más alta resistencia. La curva granulométrica del agregado global, se encuentra dentro del huso establecida por la N.T.P. 400.037, lo cual significaría que la calidad del agregado grueso y fino en conjunto es buena, pero si observamos más detenidamente el gráfico podemos observar que la curva no es tendida, lo cual indica que el agregado global puede presentar problemas a la hora de la fabricación del concreto, pero en la realización de la tesis se diseñó el concreto con el ensayo de máxima compactación, por lo cual se dió prioridad a la mejor combinación de agregado fino y grueso con mayor Máximo Peso Unitario compactado (M.P.U.C.).

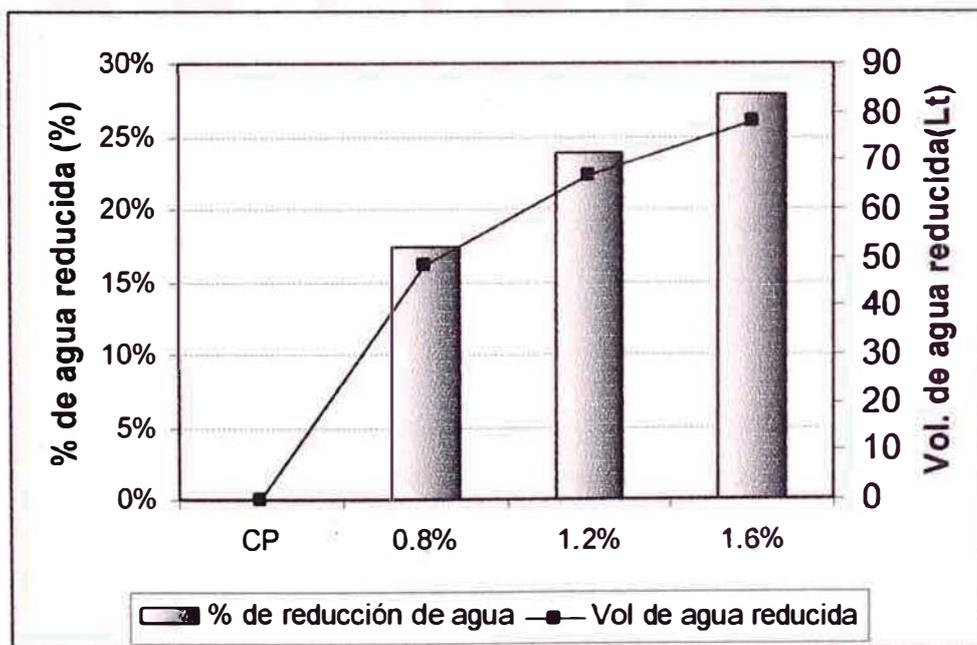
5.3 Diseño del concreto con aditivo:

En la gráfica 5.1 se puede apreciar la reducción de agua con respecto al concreto patrón, pues a medida que se aumenta la cantidad de aditivo se puede reducir la cantidad de agua, pero se debe tener en cuenta el asentamiento del concreto que se desea realizar, pues al agregar mayor cantidad de aditivo se debe aumentar el asentamiento para evitar problemas de trabajabilidad, además se debe tener en cuenta que si se agrega demasiado aditivo la mezcla se hace pegajosa.

Cuadro 5.1. Porcentaje de reducción y volumen de agua reducida con respecto al concreto patrón, para las dosificaciones con aditivo.

Porcentaje de aditivo	Volumen de agua reducida (litros)	Porcentaje de reducción de agua (%)
0.8%	48.69	17.4%
1.2%	66.79	23.9%
1.6%	79.11	28.5%

Gráfica 5.1 Porcentaje de reducción y volumen de agua reducida con respecto al concreto patrón, para las dosificaciones con aditivo.



5.4. Influencia de las partículas débiles en el agregado grueso:

En la presente tesis se investigó la influencia de las partículas débiles del agregado grueso en el concreto, por eso se desarrolló dos mezclas donde a una mezcla se realizó con el agregado grueso tal y como llegó de la cantera, y la otra mezcla fue con agregado escogido (sin partículas débiles) y lavado, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 5.2 Resistencia obtenida con agregado usado tal como llegó de la cantera

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	10.15	80.91	33000	407.84	407.96
	10.20	81.71	33800	413.64	
	10.25	82.52	32800	397.50	
	10.30	83.32	34400	412.85	

Cuadro 5.3 Resistencia obtenida con Agregado lavado y escogido

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	10.20	81.713016	34100	417.314177	415.39
	10.30	83.323086	35300	423.652096	
	10.10	80.118654	32800	409.392799	
	10.20	81.713016	33600	411.195201	

Con los resultados anteriores se puede observar que la resistencia aumenta con una mejor calidad de los agregados.

5.5. Correlación:

Para la presente tesis se desarrolló ensayos con probetas de 4" x 8" puesto que al tratarse una tesis de alta resistencia se requiere usar las probetas de 4" x 8" ya que la máquina a usar para realizar los ensayos a compresión no tiene la capacidad para poder ensayar probetas de 6" x 12" con resistencias mayores a 650 kg/cm². Por eso se halló la correlación entre probetas de 6" x 12" y probetas de 4" x 8", obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro 5.4 Resistencia a la compresión obtenida para probetas de 6" x 12"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	15.0	176.72	71600	405.17	412.08
	14.9	174.37	71800	411.78	
	14.9	174.37	72700	416.94	
	15.0	176.72	73100	413.66	
	14.9	174.37	72200	414.07	
	15.1	179.08	73500	410.43	
	15.0	176.72	72900	412.53	

Cuadro 5.5 Resistencia a la compresión obtenida para probetas de 4" x 8"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	10.20	81.71	33000	403.85	400.14
	10.10	80.12	32500	405.65	
	10.10	80.12	31800	396.91	
	10.15	80.91	32300	399.19	
	10.25	82.52	32800	397.50	
	10.15	80.91	32100	396.72	
	10.25	82.52	33100	401.13	

Con los datos obtenidos se obtiene una correlación de 0.97

5.6. Propiedades del Concreto en estado Fresco:

5.6.1. Consistencia:

El asentamiento de diseño para los diversos tipos de concreto realizados en la presente tesis estuvo en el rango de 3" a 4", podemos apreciar los resultados obtenidos en el cuadro 4.1, considerando así a la mezcla con consistencia plástica, además con el uso del superplastificante se pudo mantener el asentamiento en este rango y a la vez reducir la cantidad de agua.

5.6.2. Peso Unitario:

En el cuadro 4.2 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de peso unitario para el concreto patrón, concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsílíce, siendo los resultados obtenidos de 2292, 2437 y 2532 kg/m³ respectivamente, además dichos resultados representan el 106% y 111% para el concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsílíce correspondientemente, en donde el peso unitario del concreto patrón representa el 100%, se puede notar como el peso unitario varía en forma ascendente, esto se debe a que se reduce la cantidad de vacíos, haciendo que el concreto sea mas compacto.

5.6.3. Fluidéz:

En el cuadro 4.3 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de fluidéz, los índices de fluidéz fueron: 79%, 90% y 68% para el concreto patrón, concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsílíce respectivamente, los mismos que representan el 114% y 86% con respecto al índice de consistencia del concreto patrón el cual representa el 100%.

5.6.4. Exudación:

En el cuadro 4.5 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de exudación, se puede observar que para el concreto patrón se obtuvo una exudación de 1.31% y para el concreto con aditivo se obtuvo una exudación de 0.98%, mientras que para el concreto con aditivo más microsílíce no presenta exudación, se puede apreciar que la exudación disminuye, esto se debe a la disminución del contenido de agua por el uso del superplastificante Sika Viscocrete 1110 pues con la poca cantidad de agua presente en la pasta inicia inmediatamente el proceso de hidratación, disminuyendo así la exudación.

5.6.5. Tiempo de Fraguado:

En el cuadro 4.6 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de tiempo de fraguado, obteniéndose como resultados para el concreto patrón, concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsílíce un tiempo de fraguado inicial de 4 horas con 5 minutos, 4 horas con 44 minutos y 6 horas con 30 minutos respectivamente, además se muestra también los resultados del tiempo de fraguado final para el concreto patrón, concreto con aditivo y concreto con aditivo

más microsilice siendo estos de 6 horas con 14 minutos, 6 horas con 12 minutos y 7 horas con 39 minutos respectivamente.

En el cuadro 4.7 se muestra el porcentaje de variación del tiempo de fraguado inicial siendo de 116% y 159% los obtenidos para el concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsilice respectivamente, tomando como referencia el concreto patrón, el cual representa el 100%, estos resultados se pueden apreciar en la gráfica 4.6

En el cuadro 4.8 se muestra el porcentaje de variación del tiempo de fraguado final siendo de 99% y 123% los obtenidos para el concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsilice respectivamente, tomando como referencia el concreto patrón, el cual representa el 100%, estos resultados se pueden apreciar en la gráfica 4.7

5.7. Propiedades del Concreto en estado Endurecido:

5.7.1 Resistencia a la compresión

5.7.1.1 Concreto Patrón:

En el cuadro 4.10 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto patrón a los 7, 14 y 28 días siendo de 413, 523 y 592 kg/cm² respectivamente para el concreto con agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1" y de 431, 562 y 638 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente para el concreto con agregado grueso con tamaño máximo nominal de ¾". Aumentando la resistencia a la compresión en 4%, 7% y 8% a los 7, 14 y 28 días respectivamente, al disminuir de 1" a ¾" el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.

5.7.1.2 Concreto con aditivo:

En el cuadro 4.11 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto con aditivo a los 7, 14, 28 y 90 días siendo de 589, 666, 731 y 758 kg/cm² respectivamente para el concreto con tamaño máximo nominal de 1" y de 625, 718, 781 y 812 kg/cm² a los 7, 14, 28 y 90 días respectivamente para el concreto con tamaño máximo nominal de ¾". Aumentando la resistencia a la compresión en 6%, 8%, 7% y 7% a los 7, 14, 28

y 90 días respectivamente, al disminuir de 1" a ¾" el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.

5.7.1.3 Concreto con aditivo más Microsilíce:

En el cuadro 4.12 se muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto con aditivo más microsilíce a los 7, 14 y 28 días siendo de 650, 729 y 844 kg/cm² respectivamente para el concreto con agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1" y de 694, 800 y 933 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días respectivamente para el concreto con agregado grueso con tamaño máximo nominal de ¾". Aumentando la resistencia a la compresión en 7%, 10% y 10% a los 7, 14 y 28 días respectivamente, al disminuir de 1" a ¾" el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.

En el ensayo a compresión, los resultados obtenidos para los dos diferentes tamaños máximos nominales, se obtuvo que para el concreto con aditivo más microsilíce con tamaño máximo nominal de ¾" se alcanzó mejores resultados, por lo cual se optó como diseño final este concreto, además se enfocó a su estudio tanto en resistencia a la compresión para tiempo de moldeo mayores a 28 días y como también los otros ensayos para determinar las propiedades en estado fresco y endurecido.

En el cuadro 4.14 se muestra el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto con aditivo y del concreto con aditivo más microsilíce siendo de 145% y 161% respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido a los 7 días del concreto patrón, el cual representa el 100%. Además se muestra el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto con aditivo y del concreto con aditivo más microsilíce siendo de 128% y 142% respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido a los 14 días del concreto patrón, el cual representa el 100%. Así mismo se muestra el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con aditivo y del concreto con aditivo más microsilíce siendo de 122% y 146% respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido a los 28 días del concreto patrón, el cual representa el 100%.

En el cuadro 4.15 se muestra el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto siendo de 67% y 88% los obtenidos para el concreto patrón a los 7 y 14 días respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido a los 28 días, el cual representa el 100%. Así mismo se muestra también el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo siendo de 80% y 92% los obtenidos para el concreto patrón a los 7 y 14 días respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido a los 28 días, el cual representa el 100%. También se observa el porcentaje de variación de la resistencia a la compresión del concreto con aditivo más microsíllice siendo de 74% y 86% los obtenidos para el concreto patrón a los 7 y 14 días respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido a los 28 días, el cual representa el 100%.

5.7.2. Resistencia a la tracción por compresión diametral

En el cuadro 4.16 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de la resistencia a la tracción por compresión diametral siendo estos de 58.4, 65.4 y 101.2 kg/cm² para el concreto patrón, concreto con aditivo y el concreto con aditivo más microsíllice respectivamente.

En el cuadro 4.17 se muestra el porcentaje de variación de la resistencia a la tracción por compresión diametral siendo de 112% y 173% los obtenidos para el concreto con aditivo y el concreto con aditivo más microsíllice respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido por el concreto patrón, el cual representa el 100%.

5.7.3. Resistencia a la Flexión:

En el cuadro 4.18 se muestra los resultados obtenidos del ensayo de la resistencia a la flexión siendo de 36.4, 60.5 y 80 kg/cm² para el concreto patrón, concreto con aditivo y el concreto con aditivo más microsíllice respectivamente.

En el cuadro 4.19 se muestra el porcentaje de variación de la resistencia a la flexión siendo de 166% y 220% los obtenidos para el concreto con aditivo y el concreto con aditivo más microsíllice respectivamente, tomando como referencia el resultado obtenido por el concreto patrón, el cual representa el 100%.

5.8. ANÁLISIS DE COSTO:

El análisis del costo de los tres diseños de mezcla (concreto patrón, concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsílíce), se realizó para 1m³ de concreto, además se tuvo en cuenta la procedencia de los materiales usados en la presente tesis las cuales son:

- Agregado Fino de la cantera "Trapiche"
- Agregado Grueso de la cantera "Unicon"
- Cemento Sol tipo I.
- Aditivo superplastificante: Sika Viscocrete 1110.
- Microsílíce: Sikafume.

5.8.1. Costo del concreto patrón:

- Para concreto con agregado con Tamaño Máximo Nominal de 1"

Cuadro 5.6 Costo del concreto patrón con agregado grueso con T.M.N. de 1"

Material	Cantidad usada para 1m ³	Cantidad equivalente	Costo Unitario (Soles)	Precio (Soles)
Cemento	662.50 kg	15.59 bls	16.60	258.76
Agua	268.27 lt	0.27 m ³	1.50	0.40
Arena	611.43 kg	0.23 m ³	34.00	7.98
Piedra	744.31 kg	0.28 m ³	55.00	15.29
Costo total para 1m ³ de concreto (Soles)				282.44

- Para concreto con Tamaño Máximo Nominal de 3/4"

Cuadro 5.7 Costo del concreto patrón con agregado grueso con T.M.N. de 3/4"

Material	Cantidad usada para 1m ³	Cantidad equivalente	Costo Unitario (Soles)	Precio (Soles)
Cemento	700.00 kg	16.47 bls	16.60	273.41
Agua	282.74 lt	0.28 m ³	1.50	0.42
Arena	673.56 kg	0.26 m ³	34.00	8.79
Piedra	594.91 kg	0.22 m ³	55.00	12.22
Costo total para 1m ³ de concreto (Soles)				294.85

5.8.2. Costo del concreto con Aditivo:

- Para concreto con Tamaño Máximo Nominal de 1" y dosificación de 1.2% del peso del cemento.

Cuadro 5.8 Costo del concreto con aditivo con agregado grueso con T.M.N. de 1"

Material	Cantidad usada para 1m ³	Cantidad equivalente	Costo Unitario (Soles)	Precio (Soles)
Cemento	662.50 kg	15.59 bls	16.60	258.76
Agua	203.29 lt	0.20 m ³	1.50	0.31
Arena	699.12 kg	0.27 m ³	34.00	9.13
Piedra	851.05 kg	0.32 m ³	55.00	17.49
Aditivo	7.95 kg	0.40 balde	337.86	134.30
Costo total para 1m ³ de concreto (Soles)				419.98

- Para concreto con Tamaño Máximo Nominal de 3/4" y dosificación de 1.2% del peso del cemento.

Cuadro 5.9 Costo del concreto con aditivo con agregado grueso con T.M.N. de 3/4"

Material	Cantidad usada para 1m ³	Cantidad equivalente	Costo Unitario (Soles)	Precio (Soles)
Cemento	700.00 kg	16.47 bls	16.60	273.41
Agua	213.21lt	0.21 m ³	1.50	0.32
Arena	789.48 kg	0.30 m ³	34.00	10.31
Piedra	697.29 kg	0.26 m ³	55.00	14.33
Aditivo	8.40 kg	0.42 balde	337.86	141.90
Costo total para 1m ³ de concreto (Soles)				440.27

5.8.3. Costo del concreto con aditivo más microsíllice:

- Para concreto con Tamaño Máximo Nominal de 1" con dosificación del superplastificante de 1.2% del peso del cemento y 15% de microsíllice.

Cuadro 5.10 Costo del concreto con aditivo mas microsíllice con agregado grueso con T.M.N. de 1".

Material	Cantidad usada para 1m ³	Cantidad equivalente	Costo Unitario (Soles)	Precio (Soles)
Cemento	662.50 kg	15.59 bls	16.60	258.76
Agua	203.29 lt	0.20 m ³	1.50	0.31
Arena	699.12 kg	0.27 m ³	34.00	9.07
Piedra	851.05 kg	0.32 m ³	55.00	17.37
Aditivo	9.94 kg	0.40 balde	337.86	167.87
Microsíllice	99.34 kg	15.59 bls	122.00	606.19
Costo total para 1m ³ de concreto (Soles)				1059.58

- Para concreto con Tamaño Máximo Nominal de 3/4" con dosificación del superplastificante de 1.2% del peso del cemento y 15% de microsíllice

Cuadro 5.11 Costo del concreto con aditivo mas microsíllice con agregado grueso con T.M.N. de 3/4".

Material	Cantidad usada para 1m ³	Cantidad equivalente	Costo Unitario (Soles)	Precio (Soles)
Cemento	700.00 kg	16.47 bls	16.60	273.41
Agua	206.24lt	0.21 m ³	1.50	0.31
Arena	796.65 kg	0.31 m ³	34.00	10.40
Piedra	703.63 kg	0.26 m ³	55.00	14.46
Aditivo	10.50 kg	0.53 balde	337.86	177.38
Microsíllice	105.00 kg	5.25 bls	122.00	640.50
Costo total para 1m ³ de concreto (Soles)				1116.46

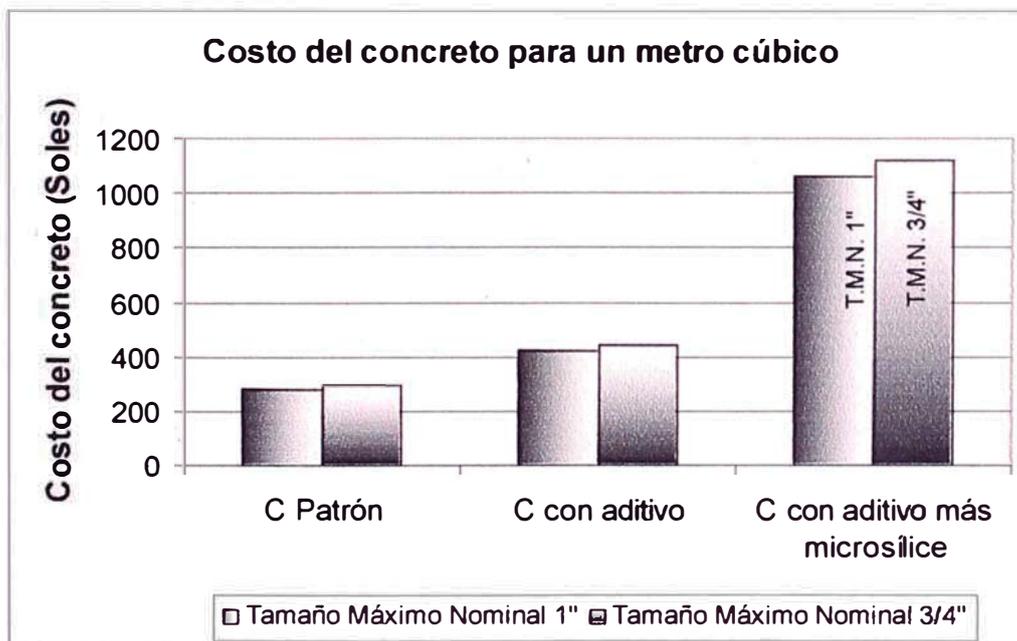
Cuadro 5.12 Comparación de costos del concreto con agregado grueso con
Tamaño Máximo Nominal de 1" y ¾"

Tipo de Concreto	Costo total para 1 m3 de concreto (Soles)	
	Tamaño Máximo Nominal 1"	Tamaño Máximo Nominal ¾"
Concreto Patrón	282.44	294.85
Concreto con aditivo	419.98	440.27
Concreto con aditivo más microsílíce	1059.58	1116.46

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsílíce (1.5% de aditivo y 15% de microsílíce)

Gráfico 5.2 Comparación de costos del concreto con agregado grueso con
Tamaño Máximo Nominal de 1" y ¾".



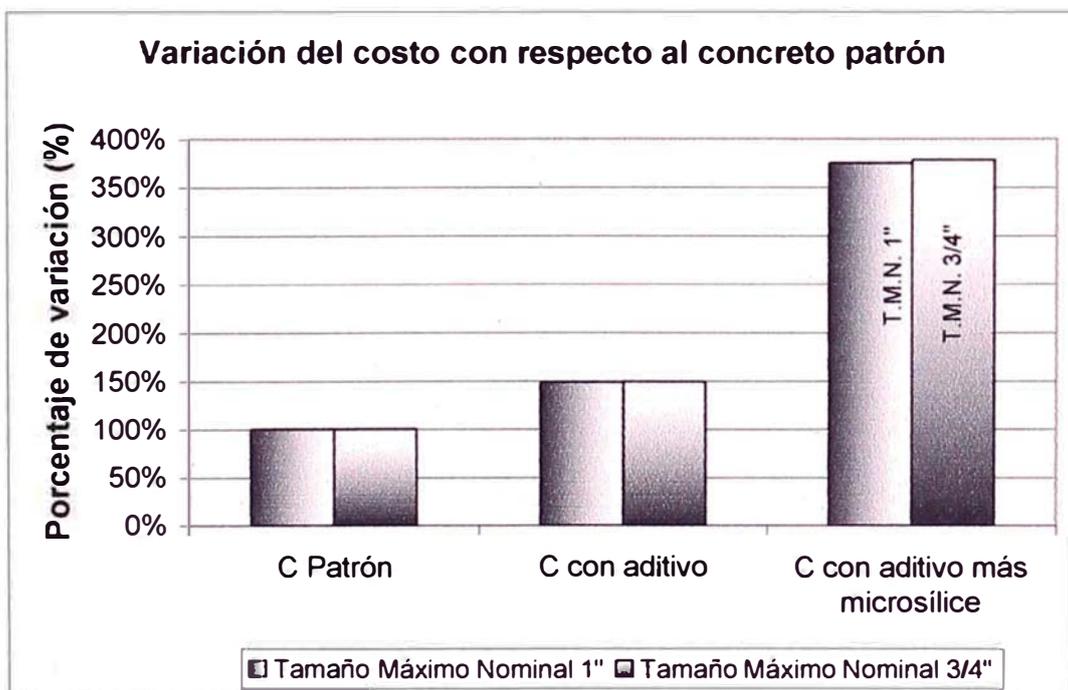
Cuadro 5.13 Porcentaje de variación de los diferentes diseños (concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsílíce) con respecto al concreto patrón.

Tipo de Concreto	Variación con respecto al concreto patrón (soles)	
	Tamaño Máximo Nominal 1"	Tamaño Máximo Máximo 3/4"
Concreto Patrón	100%	100%
Concreto con aditivo	149%	149%
Concreto con aditivo más microsílíce	375%	379%

Concreto con aditivo: (1.2% de aditivo)

Concreto con aditivo más microsílíce (1.5% de aditivo y 15% de microsílíce)

Gráfico 5.3 Porcentaje de variación diferentes diseños (concreto con aditivo y concreto con aditivo más microsílíce) con respecto al concreto patrón, para ambos Tamaños Máximo Nominal de 1" y 3/4".



CONCLUSIONES

Generalidades:

Las conclusiones de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos llevados a cabo en la investigación "Obtención del concreto de alta resistencia", constituye una parte de suma importancia.

Los materiales usados para la presente investigación fueron:

- Agregado fino procedente de la cantera "Trapiche".
- Agregado grueso procedente de la cantera "Unicon".
- Cemento Sol tipo I.
- Aditivo superplastificante: Sika Viscocrete 1110.
- Microsilice: Sikafume.

Ensayos preliminares:

Se ensayaron los agregados (piedra chancada y arena gruesa) para poder hallar sus propiedades físicas.

Para el concreto patrón, los porcentajes de arena y piedra para el agregado global se halló con el ensayo de máxima compactación y ensayos de resistencia a la compresión realizados a los 7 días, con una relación de agua/cemento de 0.4.

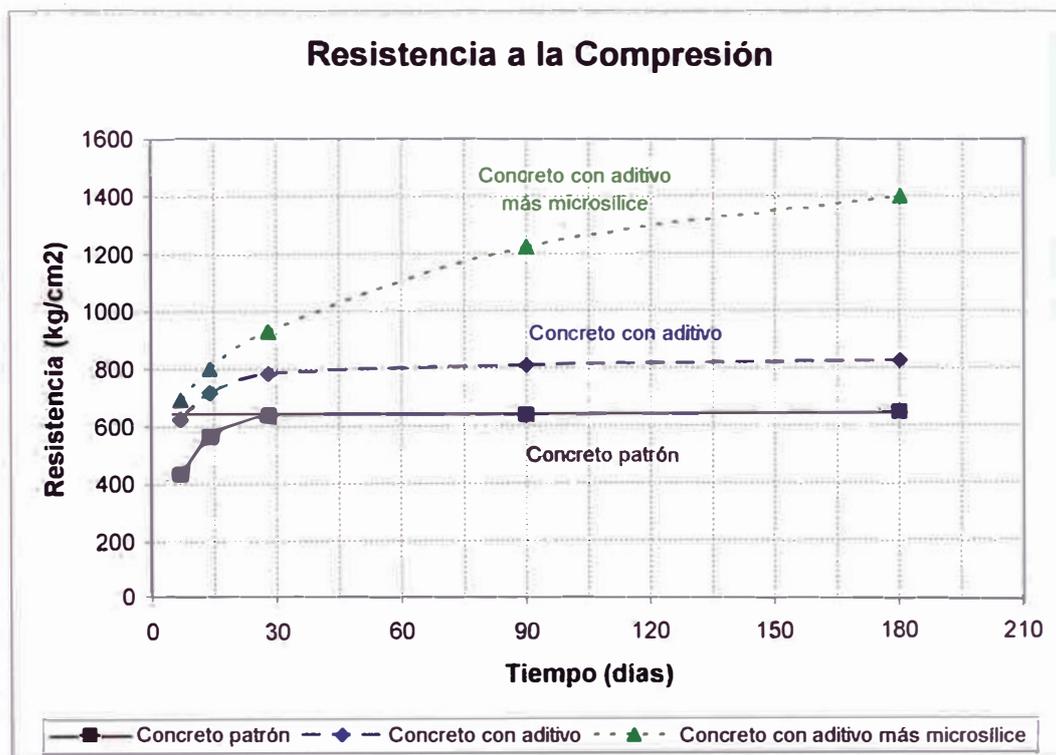
Las dosificaciones del aditivo se obtuvo a partir del concreto patrón, adicionando aditivo en diferentes dosificaciones y escogiendo el de mejores resultados, usando como diseño final para el concreto con aditivo una dosificación de 1.2% (respecto al peso del cemento).

El diseño del concreto con aditivo más microsilice se obtuvo a partir del concreto con aditivo, añadiendo la microsilice en diferentes dosificaciones, para lo cual se tuvo que agregar más aditivo, pues al aumentar la cantidad de microsilice la mezcla requería mayor cantidad de agua y el aditivo ayudó a reducirla, siendo la dosificación final de la microsilice de 15% (respecto al peso del cemento) y del aditivo 1.5% respecto al peso del cemento.

CONCLUSIONES:

1. El concreto con aditivo superplastificante en 1.5% (del peso del cemento) reduce la cantidad de agua en 28%.
2. La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo (1.2%), a los 90 días de edad se incrementa en 12%, y en el concreto con aditivo (1.5%) más microsílíce (15%) se incrementa en 73%.
3. La resistencia a la Flexión en el concreto aumenta en 66% a los 90 días en el concreto con aditivo (dosificación=1.2% del peso del cemento) y aumenta en 120% a los 90 días en el concreto con aditivo más microsílíce (dosis: aditivo=1.5% del peso del cemento y microsílíce=15% del peso del cemento).
4. La resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad.
Concreto patrón a los 28 días = 100 % (638.09 kg/cm²).
Concreto patrón más aditivo(1.2%) a los 90 días= 127% (812.12 kg/cm²).
Concreto patrón más aditivo (1.5%) más microsílíce (15%) a los 180 días= 219% (1400.5 kg/cm²).
5. En los ensayos a compresión, para el concreto en estado endurecido, se incrementó la resistencia en los diseños en los que se usó agregado grueso con menor Tamaño Máximo Nominal (3/4"), pero a la vez se observó que con un agregado con Tamaño Máximo Nominal de 1" se consiguieron buenos resultados.
6. El peso unitario del concreto en estado fresco aumentó en 6.32% en el concreto con aditivo (dosificación=1.2% del peso del cemento) y aumenta en 10.48% en el concreto con aditivo más microsílíce (dosis: aditivo=1.5% del peso del cemento y microsílíce=15% del peso del cemento).

7. La fluidez del concreto en estado fresco aumentó en 14% en el concreto con aditivo (dosificación=1.2% del peso del cemento) y disminuyó en 14% en el concreto con aditivo más microsíllice (dosis: aditivo=1.5% del peso del cemento y microsíllice=15% del peso del cemento).
8. El contenido de aire en el ensayo del concreto en estado fresco disminuyó en 34% en el concreto con aditivo (dosificación=1.2% del peso del cemento) y también disminuyó en 77% en el concreto con aditivo más microsíllice (dosis: aditivo=1.5% del peso del cemento y microsíllice=15% del peso del cemento).
9. La alta resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, se debe a una buena dosificación y al uso de un aditivo superplastificante más la microsíllice.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES:

1. Para poder obtener buenos resultados en un concreto de alta resistencia, se debe tener en cuenta la calidad de los materiales a usar, debiéndose considerar lo siguiente:
 - El cemento debe ser fresco y no presentar grumos, pues esto influye en la resistencia, pudiendo obtenerse malos resultados.
 - En lo posible tratar que el agregado grueso no presente oxidación, las partículas no sean planas y que tengan forma cuboides.
 - El agregado fino debe ser arena gruesa, pues se obtienen mejores resultados al usarla.
 - En cuanto al aditivo y a la microsílíce, estos deben estar en buenas condiciones.
2. Se debe tener mucho cuidado al momento de agregar la microsílíce a la mezcla, puesto que al ser un polvo muy fino existe desperdicios al momento del mezclado.
3. Al momento del ensayo de la resistencia a la compresión la persona quien este manipulando la máquina como también los que estén presentes a la hora del ensayo deben tener cuidado, pues al tratarse de un concreto de alta resistencia los testigos son frágiles y estallan, esto podría causar daños o heridas a las personas.
4. Es necesario realizar investigaciones sobre las resistencias que se podrían alcanzar si se aumenta el asentamiento, puesto que en esta investigación se realizó las mezclas con asentamiento en el orden de 3" – 4".

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA:

- 1) Arévalo Villacorta, Lucio.
Tesis: "Influencia de la Microsilice en el concreto".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2001.

- 2) Ari Queque, Ismael.
Tesis: "Estudio de las propiedades del concreto fresco y endurecido, de mediana a alta resistencia con aditivo superplastificante y retardador de fragua, con cemento Pórtland tipo I".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2002.

- 3) Cementos Lima S.A.
"Productos: Cemento Pórtland Tipo I (Cemento Sol)".
www.cementoslima.com.pe
Lima – Perú 2005.

- 4) Galindo Tambo, Feliciano María.
Tesis: "La microsilice y su empleo en concretos de alta resistencia".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI.
Lima. Perú. 1999.

- 5) Gomero Cervantes, Berta Wendy.
Tesis: "Aditivos y Adiciones Minerales para el concreto".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI.
Lima. Perú. 2006.

- 6) Huarcaya Olarte, Jorge Luis.
Tesis: "Evaluación del ensayo de resistencia a compresión de probetas de concreto utilizando almohadillas de fabricación nacional".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2005.
- 7) Huaycho Suclupe, Fernando Hermenegildo.
Tesis: "Concreto Fast crack o concreto de lata resistencia inicial para pavimentos".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2005.
- 8) Mindreau Delgado, Jean Paúl (2005).
Tesis: "Estudio comparativo en el ensayo de compresión entre el uso de recubrimiento de azufre y almohadillas de compresión, en concretos de mediana a alta resistencia".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2005.
- 9) Morales Alfaro, Patricia.
Tesis: "Investigación del concreto de alta resistencia: Metodología de obtención y determinación de las propiedades de los concretos de 550-1200 kg/cm²".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI.
Lima. Perú. 2000.
- 10) Ing. Rivva López, Enrique.
"Naturaleza y materiales del concreto".
ACI Capítulo Peruano. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2000.
- 11) Ing. Rivva López, Enrique.
"Concretos de Alta Resistencia".
Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima. Perú.

- 12) Rivera Ortega, Johnny Albino.
Tesis: "Concretos de Alta resistencia".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2001.

- 13) Ruíz Enero, Patricia Angélica.
Tesis: "Influencia de los métodos comunes curados en los
especímenes de concreto de alto desempeño".
Facultad de Ingeniería Civil. UNI. Lima. Perú.
Lima. Perú. 2005.

- 14) Russell, Henry G.
"Seventh International Symposium on the Utilization of High –
Strength / High – Performance Concrete".
Lindsay K. Kennedy.
Estados Unidos, 2006.

ANEXOS

AGREGADO FINO:

Precedencia: Cantera Trapiche

1.- Peso Unitario:

a) Peso Unitario Suelto:

Datos:	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Pmuestra+Pbalde(1/10p ³)	gr	7542,5	7501	7522,5
Pbalde 1/10p ³	gr	2766,5	2766,5	2766,5
Pmuestra (A-B)	gr	4776	4734,5	4756
Vol balde 1/10 p ³	cc	2831,68	2831,68	2831,68
Peso Unitario Suelto	gr/cc	1,687	1,672	1,680

P.U.S.: 1.679 gr/cm³

b) Peso Unitario Compactado:

Datos:	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Pmuestra+Pbalde(1/10p ³)	gr	8107	8078	8033
Pbalde 1/10p ³	gr	2766,5	2766,5	2766,5
Pmuestra (A-B)	gr	5340,5	5311,5	5266,5
Vol balde 1/10 p ³	cc	2831,68	2831,68	2831,68
Peso Unitario Compactado	gr/cc	1,886	1,876	1,860

P.U.C.:1.874 gr/cm³

2) Peso Específico:

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso natural	gr	1000	1000	1000	1000
Volumen	ml	189	189	189	189,000
Peso secado al horno	gr	491,5	493	492	492,167
Peso Específico		2,601	2,608	2,603	2,604

Peso Específico: 2.604

3) Porcentaje de Absorción:

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso Saturado	gr	500	500	500	500,000
Peso secado al horno	gr	496	495	495,5	495,500
% absorción		0,806	1,010	0,908	0,908

% absorción: 0.908

4) Contenido de Humedad (C.H.):

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso natural	gr	500	500	500	500
Peso secado al horno	gr	496	495,5	496	495,833
Contenido de Humedad		0,806	0,908	0,806	0,840

Contenido de humedad: 0.840

5) Porcentaje que pasa la malla N°200:

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso Seco Inicial	gr	500	500	500	500
Peso Seco Final	gr	477	475	481	477.7
% que pasa la malla N°200	gr	4.6	5	3.8	4.5

% que pasa la malla N°200: 4.5%

6) Módulo de Finura:

$$MF = \frac{2.18 + 18.22 + 45.35 + 68.28 + 85.32 + 93.60}{100}$$

MF= 3.13

7) Superficie Específica:

$$S.E. = \frac{6xD}{10xP.E.}$$

Malla	Tamaño de Abertura	Diámetro promedio	% retenido	S
3/8"	0,95	3,17		
N°4	0,48	0,714	2,18	3,06
N°8	0,238	0,357	16,03	44,91
N°16	0,119	0,179	27,13	151,58
N°30	0,059	0,089	22,93	257,68
N°50	0,0297	0,044	17,03	387,12
N°100	0,0149	0,022	8,28	376,52

Superficie Específica: 27.025

8) Granulometría:

Malla	Muestra 1 (gr)	Muestra 2 (gr)	Muestra 3 (gr)	Promedio (gr)
N°4	13,5	10,5	8,75	10,92
N°8	91,5	78,5	70,5	80,17
N°16	138,5	138,25	130,25	135,67
N°30	112,5	115	117	114,83
N°50	79,5	84,75	91,5	85,25
N°100	36,5	41,5	46,25	41,42
Fondo	28	31,5	35,75	31,75
Total	500	500	500	500

Malla	Muestra (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
N°4	10,92	2,18	2,18	97,82
N°8	80,17	16,03	18,22	81,78
N°16	135,67	27,13	45,35	54,65
N°30	114,83	22,97	68,32	31,68
N°50	85,25	17,05	85,37	14,63
N°100	41,42	8,28	93,65	6,35
Fondo	31,75	6,35	100,00	0,00

AGREGADO GRUESO:

Precedencia: Cantera UNICON

1.- Peso Unitario:

a) Peso Unitario Suelto:

Datos:	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Pmuestra+Pbalde(1/2p ³)	gr	31050	30850	31050
Pbalde 1/2p ³	gr	11800	11800	11800
Pmuestra (A-B)	gr	19250	19050	19250
Vol balde 1/2 p ³	cc	14158,42	14158,42	14158,42
Peso Unitario Suelto	gr/cc	1,360	1,345	1,360

P.U.S.: 1.360 gr/cm³

b) Peso Unitario Compactado:

Datos:	UND	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Pmuestra+Pbalde(1/2p ³)	gr	32650	32700	32650
Pbalde 1/2p ³	gr	11800	11800	11800
Pmuestra (A-B)	gr	20850	20900	20850
Vol balde 1/2 p ³	cc	14158,42	14158,42	14158,42
Peso Unitario Suelto	gr/cc	1,473	1,476	1,473

P.U.C.:1.473 gr/cm³

2) Peso Específico:

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso natural	gr	1000	1000	1000	1000
Volumen	ml	185	186	185	185,333
Peso secado al horno	gr	496	496,5	496	496,167
Peso Específico	gr/ml	2,681	2,669	2,681	2,677

Peso Específico: 2.677

3) Porcentaje de Absorción:

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso de la muestra	gr	1000	1000	1000	1000
Peso Saturado	gr	1002	1005	1003	1003,33
Peso secado al horno	gr	993,5	996,5	995,5	995,17
% absorción		0,856	0,853	0,753	0,821

% absorción: 0.821

4) Contenido de Humedad (C.H.):

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Peso natural	gr	1000	1000	1000	1000
Peso secado al horno	gr	996	995,5	995,5	995,67
Contenido de Humedad		0,402	0,452	0,452	0,435

Contenido de humedad: 0.435

5) Módulo de Finura:

$$M.F. = \frac{38.26 + 98.72 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

M.F. = 7.37

6) Superficie Específica:

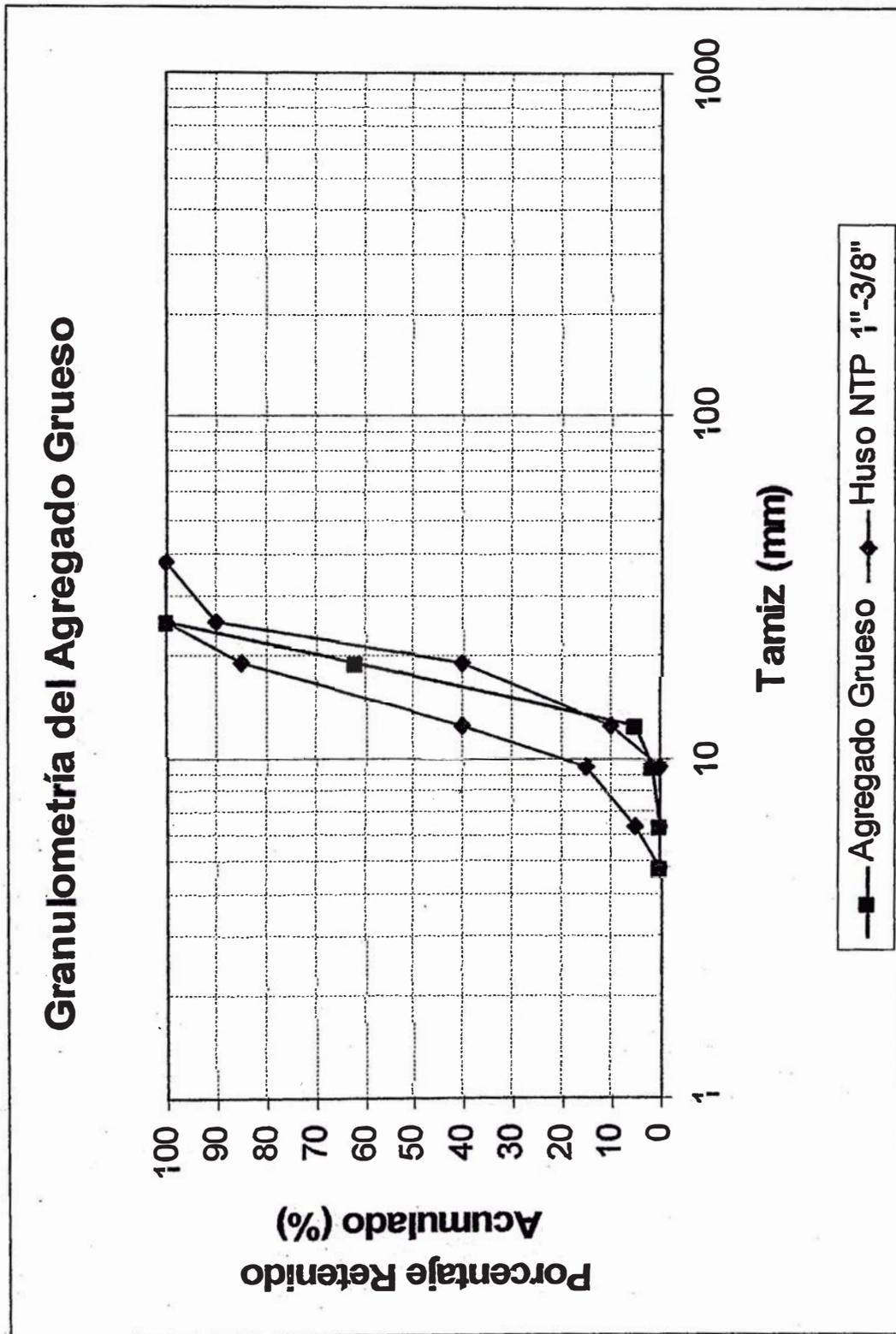
Malla	Tamaño de Abertura	Diámetro promedio	% retenido	S
1 1/2"	3,81			
1"	2,54	3,17		
3/4"	1,9	2,22	38,26	17,23
1/2"	1,27	1,58	56,81	35,95
3/8"	0,95	1,11	3,65	3,29
1/4"	0,48	0,714	1,28	1,79

Superficie Específica: 1.306

8) Granulometría:

Malla	Muestra 1 (gr)	Muestra 2 (gr)	Muestra 3 (gr)	Promedio (gr)
3/4"	3304,40	3107,90	2769,25	3060,52
1/2"	4326,10	4603,40	4704,10	4544,53
3/8"	286,20	217,00	373,70	292,30
1/4"	64,40	60,10	125,55	83,35
Fondo	18,90	11,60	27,40	19,30
Total	8000	8000	8000	8000

Malla	Muestra (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% acumulado que pasa
3/4"	3060,52	38,26	38,26	61,74
1/2"	4544,53	56,81	95,06	4,94
3/8"	292,30	3,65	98,72	1,28
1/4"	83,35	1,04	99,76	0,24
Fondo	19,30	0,24	100	0,00

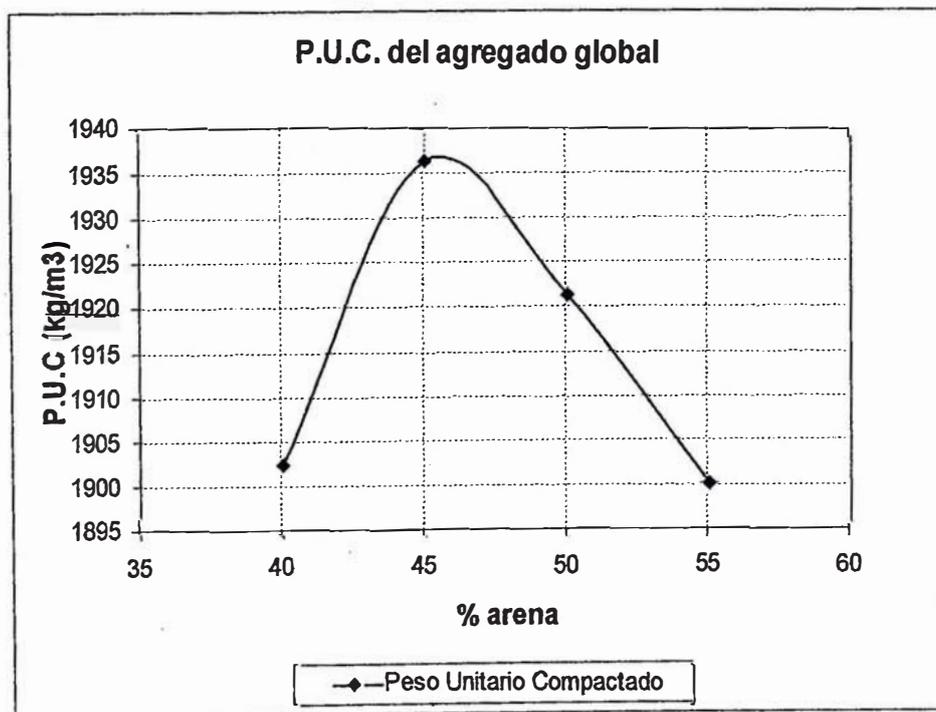


Agregado Global:

%A	%P	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
40	60	20	30	38.70	38.70	38.80	38.73
45	55	22,5	27,5	39.30	39.10	39.25	39.22
50	50	25	25	39.00	39.10	38.90	39.00
55	45	27,5	22,5	38.80	38.70	38.60	38.70

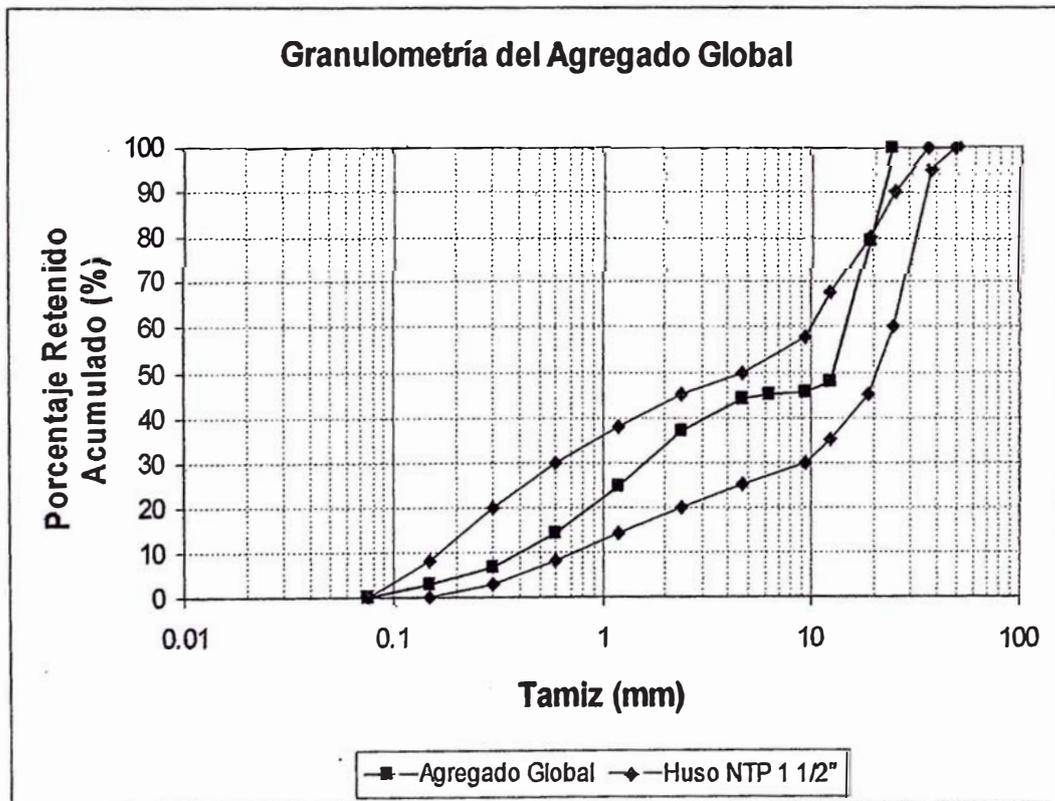
Volumen del balde $1/2\text{pie}^3 = 0.014158 \text{ m}^3$

%A	%P	Promedio	Peso balde	Peso de muestra	P.U.C (kg/m ³)
40	60	38.73	11.80	26.93	1902.28
45	55	39.22	11.80	27.42	1936.42
50	50	39.00	11.80	27.20	1921.12
55	45	38.70	11.80	26.90	1899.93



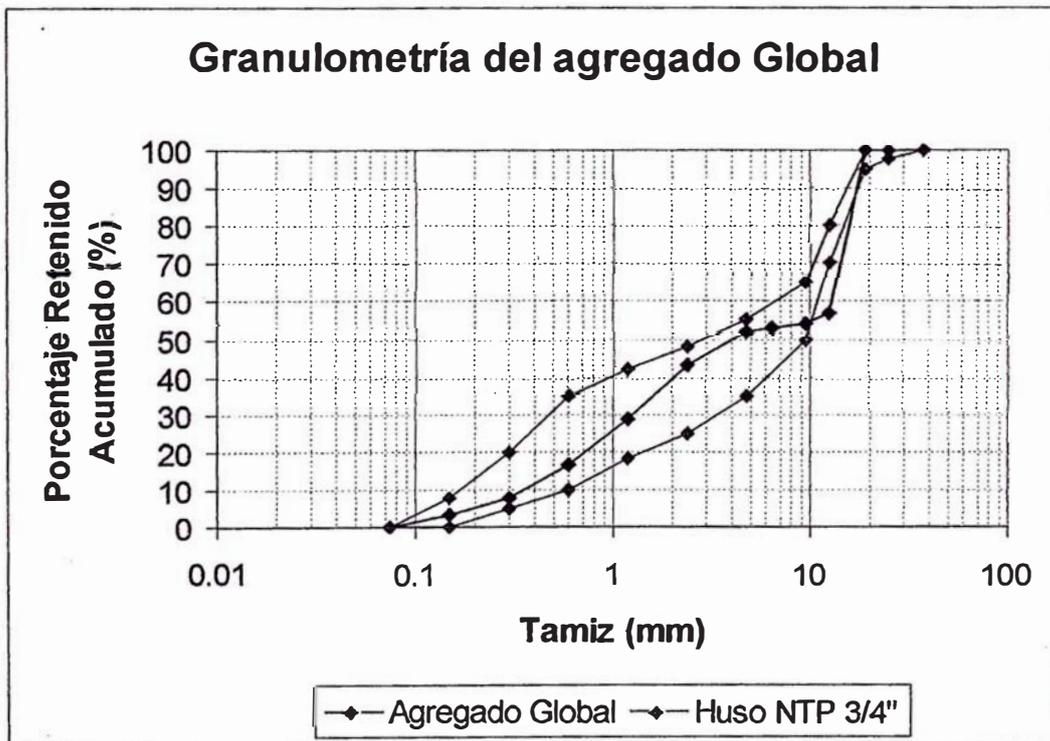
Con los resultados obtenidos se halla el Agregado Global:

Malla N°	% retenido de la piedra	% retenido de la arena	0.55% de Piedra	0.45% de Arena	% retenido	% Retenido Acumulado
3/4"	38.26		21.04		21.04	21.04
1/2"	56.81		31.25		31.25	52.29
3/8"	3.65		2.01		2.01	54.30
1/4"	1.04		0.57		0.57	54.87
N°4	0.24	2.18	0.13	0.98	1.11	55.98
N°8		16.03		7.21	7.21	63.19
N°16		27.13		12.21	12.21	75.40
N°30		22.97		10.34	10.34	85.74
N°50		17.05		7.67	7.67	93.41
N°100		8.28		3.73	3.73	97.14
Fondo		6.35		2.86	2.86	100.00



Reduciendo el Tamaño Máximo Nominal Tenemos el siguiente Agregado Global:

Malla Nº	% retenido	% retenido	0.47 Piedra	0.53 Arena	% retenido	% Acum
3/4"						
1/2"	91.99		43.24		43.24	43.24
3/8"	5.92		2.78		2.78	46.02
1/4"	1.69		0.79		0.79	46.81
Nº4	0.40	2.18	0.19	1.16	1.34	48.16
Nº8		16.03		8.50	8.50	56.65
Nº16		27.13		14.38	14.38	71.03
Nº30		22.97		12.17	12.17	83.20
Nº50		17.05		9.04	9.04	92.24
Nº100		8.28		4.39	4.39	96.63
Fondo		6.35		3.37	3.37	99.99



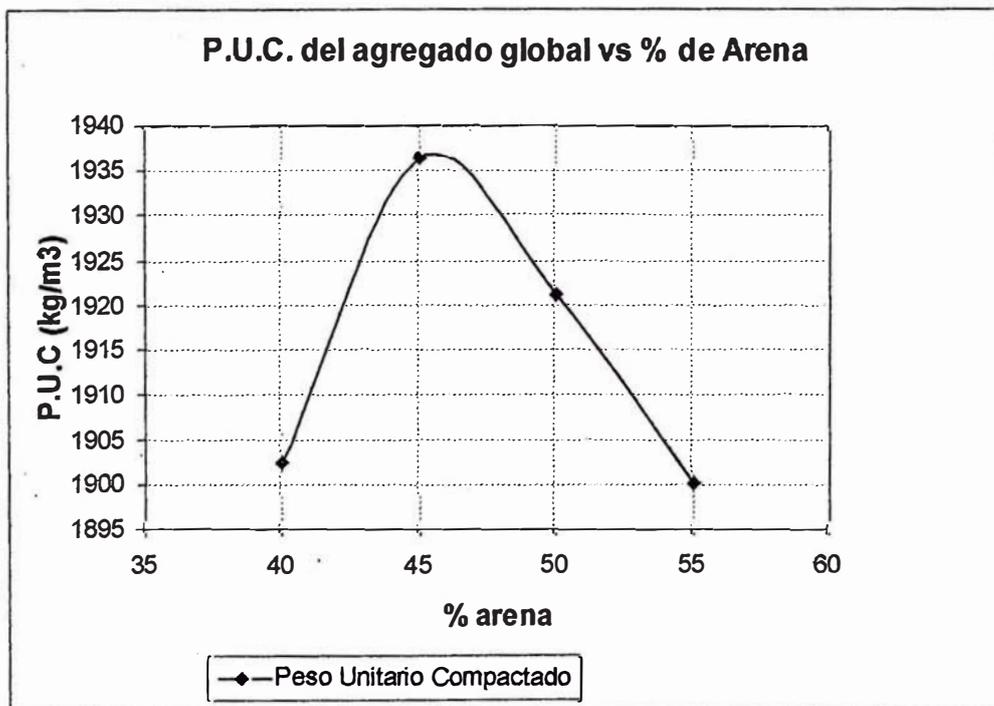
Diseño del Concreto Patrón

Agregado Global:

%A	%P	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)	Promedio (kg)
40	60	20	30	38.70	38.70	38.80	38.73
45	55	22,5	27,5	39.30	39.10	39.25	39.22
50	50	25	25	39.00	39.10	38.90	39.00
55	45	27,5	22,5	38.80	38.70	38.60	38.70

Volumen del balde $1/2\text{pie}^3 = 0.014158 \text{ m}^3$

%A	%P	Promedio (kg)	Peso balde	Peso de muestra	P.U.C (kg/m ³)
40	60	38.73	11.80	26.93	1902.28
45	55	39.22	11.80	27.42	1936.42
50	50	39.00	11.80	27.20	1921.12
55	45	38.70	11.80	26.90	1899.93



Método de diseño del ACI: (T.M.N.= 1")

Diseño para un relación de 42% de arena y 58% de piedra

Datos de la Arena	Datos de la piedra
Cantera: Trapiche	Cantera: Gloria
P.E.: 2604	P.E.: 2677
w (%): 0,84	w (%): 0,435
% Abs.: 0,908	% Abs.: 0,821

Relación agua/cemento=0.4

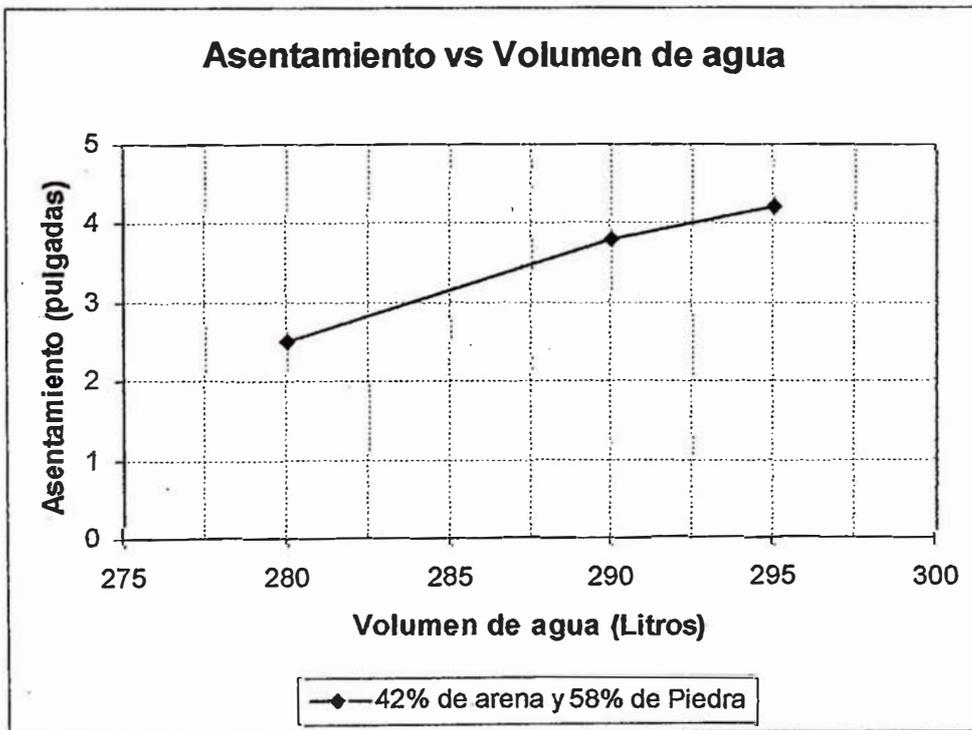
T.M.N. = 1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	675.00	0.214	675.00	1.00	1.00	14,18
Agua	270.00	0.270	273.34	0.40	0.40	5,74
Arena	556.42	0.214	561.10	0.82	0.83	11,78
Piedra	768.40	0.287	771.73	1.14	1.14	16,21
Aire	1.50	0.015				
Sumatoria	2271.31	1.000				48
Asentamiento:	2,5"					

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	725.00	0.230	725.00	1.00	1	15,37
Agua	290.00	0.290	293.11	0.40	0.40	6,21
Arena	516.56	0.198	520.89	0.71	0.72	11,04
Piedra	713.34	0.266	716.44	0.98	0.99	15,19
Aire	1.50	0.015				
Sumatoria	2246.41	1.000				48
Asentamiento:	3,8"					

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	750.00	0,238	750.00	1.00	1.00	15.90
Agua	300.00	0,300	302,99	0,40	0,40	6.42
Arena	496.63	0.191	500.80	0.66	0.67	10,62
Piedra	685.82	0.256	688.80	0.91	0.92	14,60
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2233.94	1.000				48
Asentamiento:		4,2"				

Hallando la cantidad de agua para un asentamiento entre 3" – 4"



El diseño Final para una combinación de 42% de arena y 58% de piedra.

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	725.00	0.230	725.00	1.00	1	15,37
Agua	290.00	0.290	293.11	0.40	0.40	6,21
Arena	516.56	0.198	520.89	0.71	0.72	11,04
Piedra	713.34	0.266	716.44	0.98	0.99	15,19
Aire	1.50	0.015				
Sumatoria	2246.41	1.000				48
Asentamiento:	3,8"					

Diseño para un relación de 45% de arena y 55% de piedra

Datos de la Arena	Datos de la piedra
Cantera: Trapiche	Cantera: Gloria
P.E.: 2604	P.E.: 2677
w (%): 0,84	w (%): 0,435
% Abs.: 0,908	% Abs.: 0,821

Relación agua/cemento=0.4

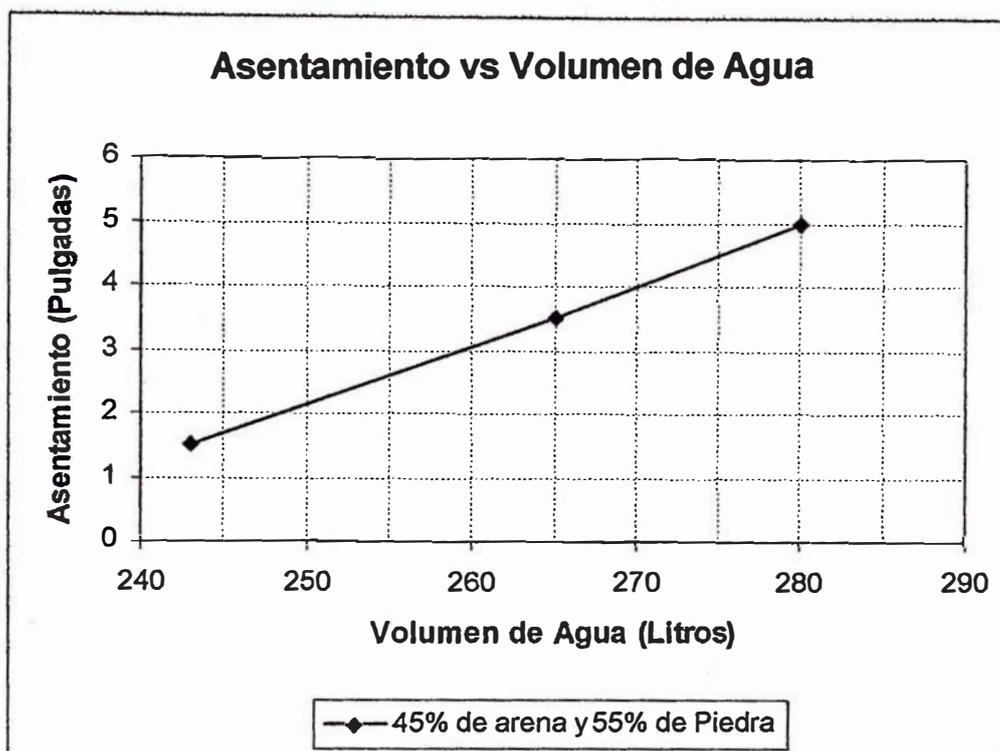
T.M.N. = 1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	607,50	0,193	607,50	1.00	1.00	12.58
Agua	243.00	0,243	246.53	0,40	0,41	5.10
Arena	653.28	0.251	658.77	1.08	1.08	13.64
Piedra	798.46	0.298	801.93	1.31	1.32	16.60
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2303.74	1.000				48
Asentamiento:	1,5"					

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662,50	0,210	662,50	1.00	1.00	13.91
Agua	265.00	0,265	268,27	0,40	0,41	5.63
Arena	606.34	0,233	611.43	0,92	0,92	12,84
Piedra	741.08	0,277	744.31	1,12	1,12	15,63
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2276.42	1.000				48
Asentamiento:	3,5"					

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1.00	1.00	14,70
Agua	280.00	0,280	283,10	0,40	0,40	5.95
Arena	574.33	0,221	579,16	0,82	0,83	12,16
Piedra	701.96	0,262	705.02	1.00	1.01	14,81
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2257.80	1.000				48
Asentamiento:	5"					

Hallando la cantidad de agua para un asentamiento entre 3" – 4"



El diseño Final para una combinación de 45% de arena y 55% de piedra.

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662,50	0,210	662,50	1,00	1,00	13,91
Agua	265,00	0,265	268,27	0,40	0,41	5,63
Arena	606,34	0,233	611,43	0,92	0,92	12,84
Piedra	741,08	0,277	744,31	1,12	1,12	15,63
Aire	1,50	0,015				
Sumatoria	2276,42	1,000				48
Asentamiento:	3,5"					

Diseño para una relación de 48% de arena y 52% de piedra

Datos de la Arena	Datos de la piedra
Cantera: Trapiche	Cantera: Gloria
P.E.: 2604	P.E.: 2677
w (%): 0,84	w (%): 0,435
% Abs.: 0,908	% Abs.: 0,821

Relación agua/cemento=0.4

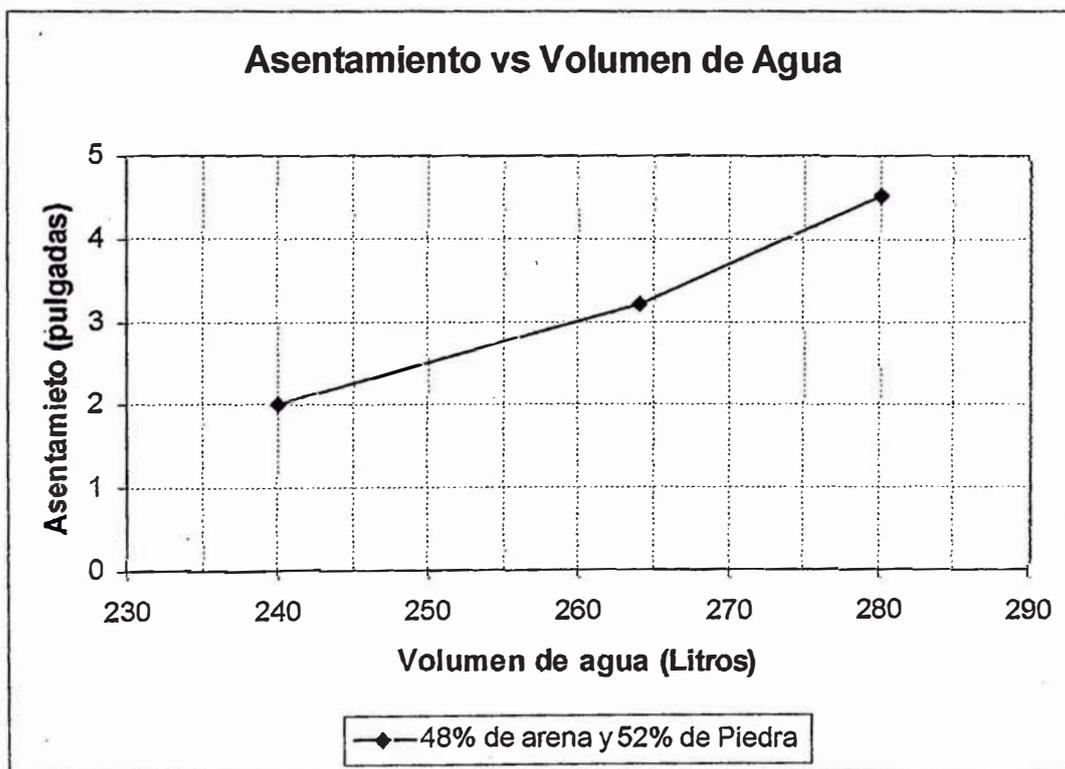
T.M.N. = 1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	600.00	0,190	600.00	1.00	1.00	12,42
Agua	240.00	0,240	243,42	0,40	0,41	5.04
Arena	703.08	0,270	708.99	1,17	1,18	14,68
Piedra	761.67	0,285	764.98	1,27	1,28	15,84
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2306.25	1.000				48
Asentamiento:	2"					

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	660.00	0,210	660.00	1.00	1.00	13,94
Agua	264.00	0,264	267,15	0,40	0,41	5,64
Arena	648.50	0,249	653.95	0,98	0,99	13,67
Piedra	702.54	0,262	705.60	1,06	1,07	14,75
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2276.54	1.000				48
Asentamiento:	3.2"					

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1.00	1.00	14,49
Agua	280.00	0,280	282,98	0,40	0,40	5.86
Arena	612.11	0,235	617,26	0,87	0,88	12.80
Piedra	663.12	0,247	666,01	0,95	0,95	13.80
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2256.74	1.000				48
Asentamiento:	4,5"					

Hallando la cantidad de agua para un asentamiento entre 3" – 4"

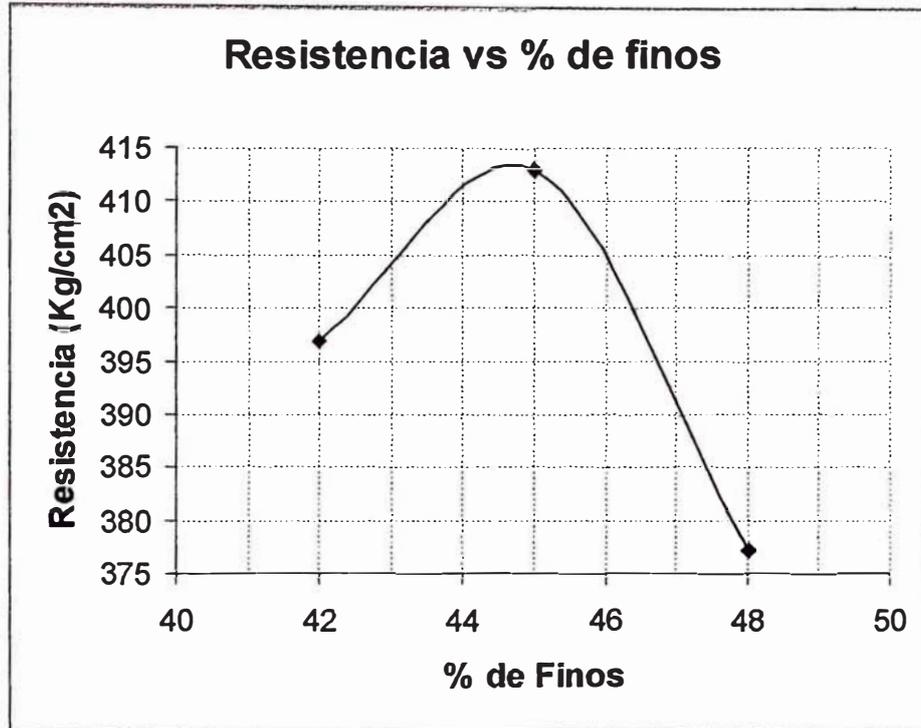


El diseño Final para una combinación de 48% de arena y 52% de piedra.

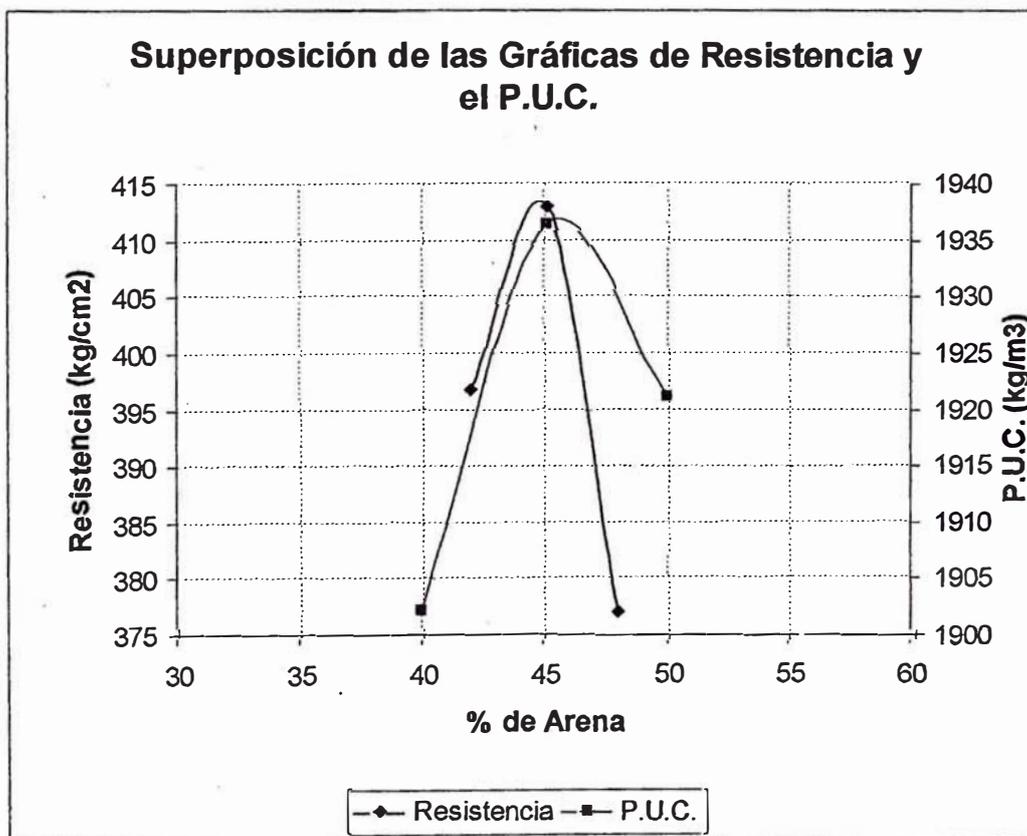
Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	660.00	0,210	660.00	1.00	1.00	13,94
Agua	264.00	0,264	267,15	0,40	0,41	5,64
Arena	648.50	0,249	653.95	0,98	0,99	13,67
Piedra	702.54	0,262	705.60	1,06	1,07	14,75
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2276.54	1.000				48
Asentamiento:		3.2"				

Comparación de Resistencia para los diseños finales:

% Agregados		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
A/P	42/58	14,8	172,03	70400	409,22	396,78	7
		14,9	174,37	69300	397,44		
		15,0	176,72	67800	383,67		
A/P	45/55	14,9	174,37	71400	409,48	412,61	7
		15,0	176,72	72400	409,70		
		14,9	174,37	73000	418,66		
A/P	48/52	15,0	176,72	66000	373,48	377,26	7
		14,9	174,37	67100	384,82		
		15,0	176,72	66000	373,48		



Superposición de gráficas para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia.



Diseño del Concreto Patrón Elegido:

Combinación de 45% de arena y 55% de piedra:

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662,50	0,210	662,50	1.00	1.00	13.91
Agua	265.00	0,265	268,27	0,40	0,41	5.63
Arena	606.34	0,233	611.43	0,92	0,92	12,84
Piedra	741.08	0,277	744.31	1,12	1,12	15,63
Aire	1.50	0,015				
Sumatoria	2276.42	1.000				48
Asentamiento:	3,5"					

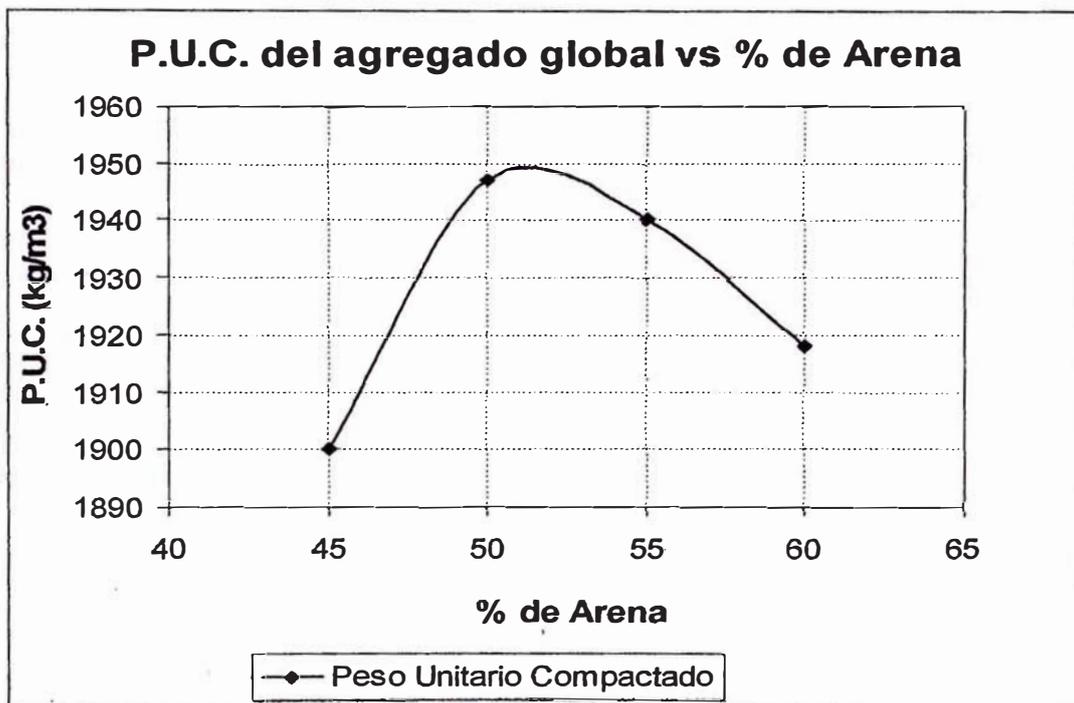
Diseño Variando el Tamaño Máximo Nominal a 3/4"

Agregado Global:

%A	%P	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Muestra 1 (kg)	Muestra 2 (kg)	Muestra 3 (kg)	Promedio (kg)
45	55	22,5	27,5	38.80	38.70	38.60	38.70
50	50	25	25	39.45	39.35	39.30	39.37
55	45	27,5	22,5	39.25	39.30	39.25	39.27
60	40	30	20	38.90	39.00	38.95	38.95

Volumen del balde $1/2\text{pie}^3 = 0.014158 \text{ m}^3$

%A	%P	Promedio (kg)	Peso balde	Peso de muestra	P.U.C
45	55	38.70	11.80	26.90	1900
50	50	39.37	11.80	27.57	1947
55	45	39.27	11.80	27.47	1940
60	40	38.95	11.80	27.15	1918



Diseño para el concreto de Tamaño Máximo Nominal de ¾ ”

Datos de la Arena	Datos de la piedra
Cantera: Trapiche	Cantera: Gloria
P.E.: 2604	P.E.: 2677
w (%): 0,84	w (%): 0,435
% Abs.: 0,908	% Abs.: 0,821

Para una combinación de 47% de arena vs 53% de piedra:

Relación a/c = 0.4

T.M.N. = ¾"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1.00	1.00	14.91
Agua	280.00	0,280	282.99	0.40	0,41	6.03
Arena	593.32	0,228	598.30	0.86	0.86	12.74
Piedra	669.06	0,250	671.97	0.96	0.96	14.31
Aire	2.00	0,020				
Sumatoria	2243.88	1.000				48
Asentamiento:	3,8"					

Para una combinación de 50% de arena vs 50% de piedra

Relación a/c = 0.4

T.M.N. = ¾"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1.00	1.00	14.70
Agua	280.00	0,280	282.86	0.40	0,40	5.94
Arena	630.67	0,242	635.96	0.90	0.91	13.36
Piedra	630.67	0,236	633.41	0.90	0.91	13.30
Aire	2.00	0,020				
Sumatoria	2242.83	1.000				48
Asentamiento:	3,5"					

Para una combinación de 53% de arena vs 47% de piedra

Relación a/c = 0.4

T.M.N. = 3/4"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1.00	1.00	14.91
Agua	280.00	0,280	282.74	0.40	0,40	6.02
Arena	667.95	0,257	673.56	0.95	0.96	14.35
Piedra	592.33	0,221	594.91	0.85	0.85	12.67
Aire	2.00	0,020				
Sumatoria	2241.79	1.000				48
Asentamiento:	3,5"					

Para una combinación de 55% de arena vs 45% de piedra

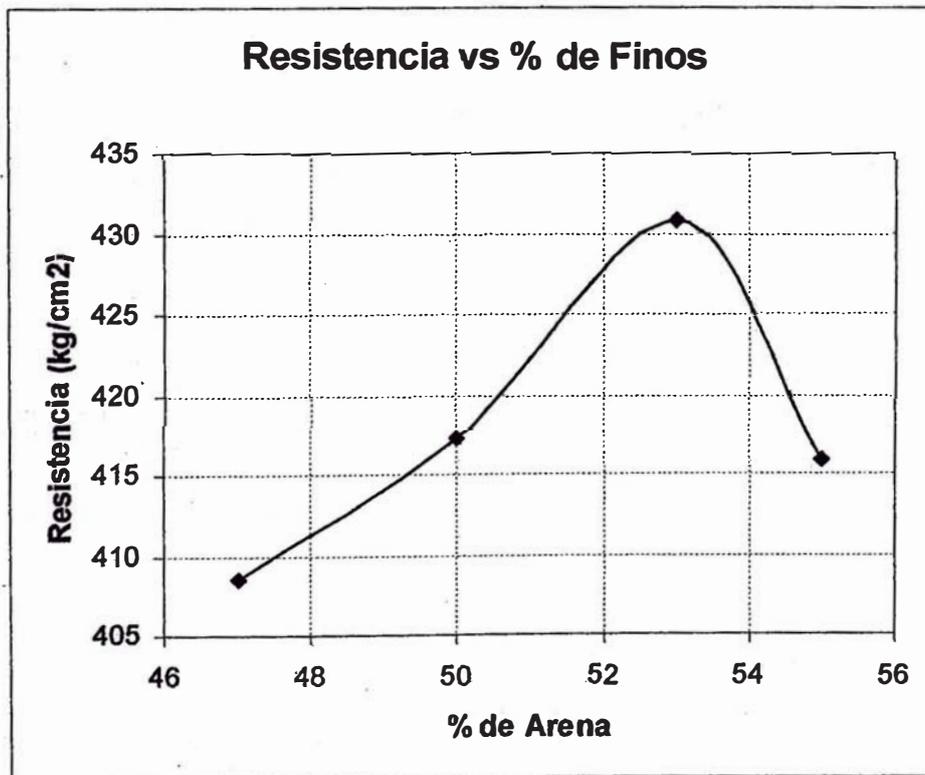
Relación a/c = 0.4

T.M.N. = 3/4"

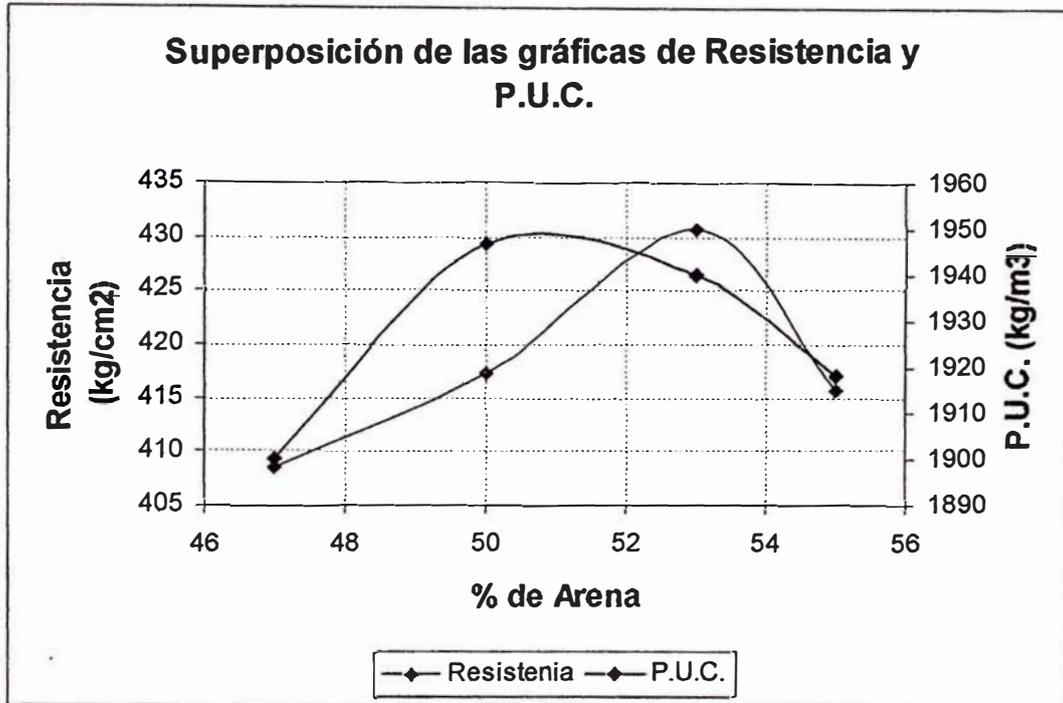
Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	712.50	0.226	712.50	1.00	1.00	15.18
Agua	285.00	0,285	287.61	0.40	0,40	6.13
Arena	679.77	0,261	685.48	0.95	0.96	14.60
Piedra	556.18	0,208	558.60	0.78	0.78	11.90
Aire	2.00	0,020				
Sumatoria	2235.34	1.000				48
Asentamiento:	3,5"					

Comparación de Resistencia:

% Agregados		Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Prom. (kg/cm ²)	Periodo de Curado (días)
A/P	47/53	14,8	172,03	70000	406.91	408.56	7
		14,9	174,37	70400	403.74		
		14.8	172.03	71400	415.04		
A/P	50/50	14,9	174,37	71500	410.05	417.25	7
		14.8	172.03	71900	417.95		
		14.8	172.03	72900	423.76		
A/P	53/47	15,0	176,72	75600	427.80	430.71	7
		14.8	172.03	74600	433.65		
		14.9	174.37	75100	430.69		
		14.8	172.03	71800	417.37		
A/P	55/45	14.8	174.37	71300	408.90	415.78	7
		14.9	174.37	73400	421.08		
		14.9	174.37	73400	421.08		



Superposición de gráficas para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia.



Diseño Final del Concreto Patrón:

53% de arena vs 47% de piedra

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1.00	1.00	14.91
Agua	280.00	0,280	282.74	0.40	0,40	6.02
Arena	667.95	0,257	673.56	0.95	0.96	14.35
Piedra	592.33	0,221	594.91	0.85	0.85	12.67
Aire	2.00	0,020				
Sumatoria	2241.79	1.000				48
Asentamiento:	3,5"					

Dosificación del Concreto con Aditivo.

Diseño con 0.8% de aditivo con respecto al peso del cemento.

Relación agua/cemento: 0.33

Agua inicial: 265 litros

T.M.N. : 1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662,50	0,210	662,50	1,00	1,00	13,28
Agua	215,91	0,216	219,56	0,33	0,33	4,40
Arena	676,75	0,260	682,43	1,02	1,03	13,68
Piedra	827,14	0,309	830,73	1,25	1,25	16,65
Aditivo	5,30	0,005	5,30	0,01	0,01	0,11
Asentamiento:	3,5"					

Diseño con 1.2% de aditivo con respecto al peso del cemento.

Relación agua/cemento: 0.30

Agua inicial: 265 litros

T.M.N. :1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662,50	0,210	662,50	1,00	1,00	13,17
Agua	199,55	0,200	203,29	0,30	0,31	4,04
Arena	693,30	0,266	699,12	1,05	1,06	13,90
Piedra	847,36	0,317	851,05	1,28	1,28	16,92
Aditivo	7,95	0,007	7,95	0,01	0,01	0,16
Asentamiento:	4.0"					

Diseño con 1.6% de aditivo con respecto al peso del cemento.

Relación agua/cemento: 0.29

Agua inicial: 265 litros

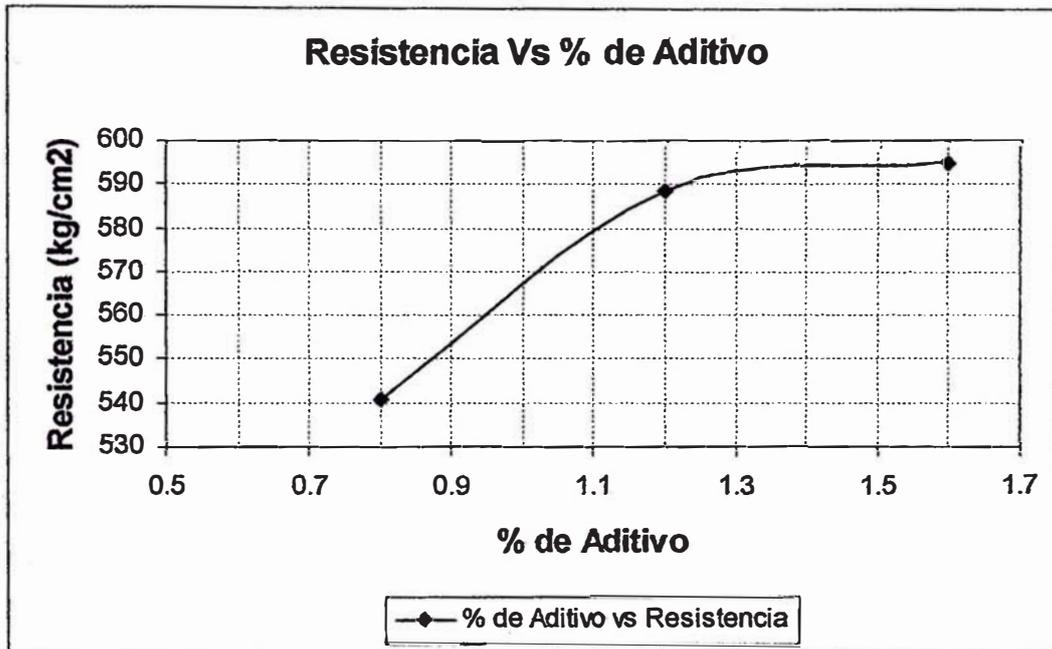
T.M.N. : 1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662,50	0,210	662,50	1,00	1,00	13,09
Agua	187,73	0,188	191,53	0,28	0,29	3,79
Arena	704,44	0,271	710,35	1,06	1,07	14,04
Piedra	860,98	0,322	864,72	1,30	1,31	17,09
Aditivo	10,60	0,010	10,60	0,016	0,016	0,21
Asentamiento:		3.8"				

Comparación de Resistencias para diferentes dosificaciones de aditivo:

%Aditivo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Prom. (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
0,8% del Cemento	15,00	176,72	93400	528,53	540,81	7
	15,05	177,90	97200	546,39		
	15,05	177,90	97400	547,51		
1,2% del Cemento	15	176,72	100600	569,28	588,54	7
	14,9	174,37	105000	602,18		
	15	176,72	105000	594,18		
1,6% del Cemento	10,25	82,52	48600	588,98	595,12	7
	10,1	80,12	48200	601,61		
	10,2	81,71	48600	594,76		

Resistencia vs Porcentaje de aditivo

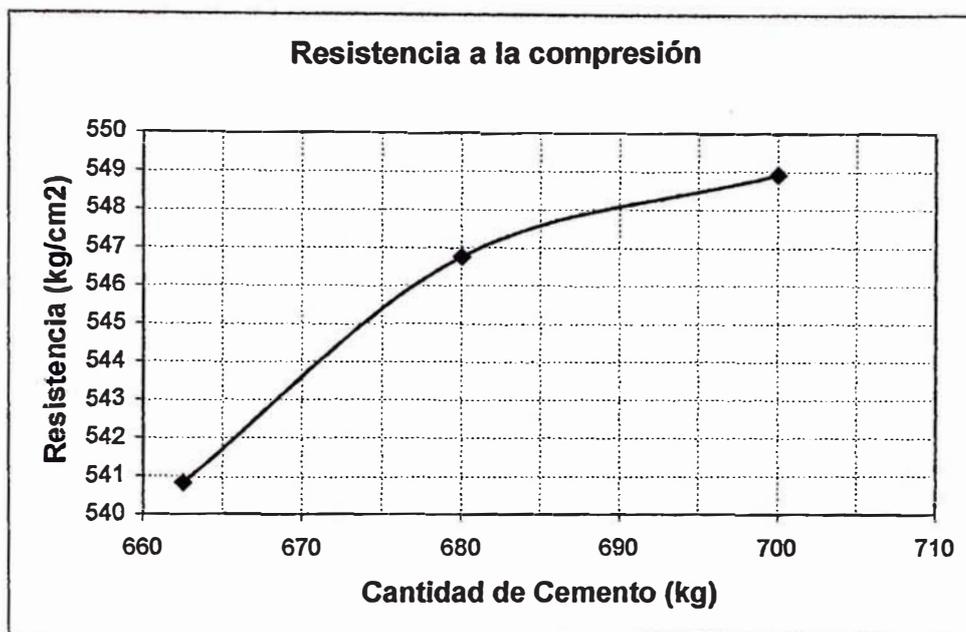


Aumentando la Cantidad de Cemento:

Porcentaje de aditivo: 0.8%

T.M.N. : 1"

Cantidad de cemento	Resistencia (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)	Número de testigos
662.5 kg Cemento	540.81	7	6
680 kg Cemento	546.74	7	6
700 kg Cemento	548.90	7	6



Diseño Final:

Relación agua/cemento: 0.33

Porcentaje de aditivo: 0.8%

T.M.N. : 1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662,50	0,210	662,50	1,00	1,00	13,28
Agua	215,91	0,216	219,56	0,33	0,33	4,40
Arena	676,75	0,260	682,43	1,02	1,03	13,68
Piedra	827,14	0,309	830,73	1,25	1,25	16,65
Aditivo	5,30	0,005	5,30	0,01	0,01	0,11
Asentamiento:		3,5"				

Pero se obtuvieron mejores resultados con 1.2% de aditivo con respecto al peso del cemento, obteniéndose finalmente el diseño fina:

Diseño final para 1 m³

Material	Cantidad
Cemento (kg)	663
Agua (litros)	203
Arena (kg)	699
Piedra (kg)	851
Aditivo (kg)	7,95

Dosificación del aditivo para el Tamaño Máximo Nominal de ¾ ”

Diseño con 0.8% de aditivo con respecto al peso del cemento.

Relación agua/cemento: 0.33

Agua inicial: 280 litros

T.M.N. : ¾”

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1,00	1,00	14.14
Agua	228.18	0,228	231.31	0,33	0,33	4.67
Arena	761.11	0,292	767.50	1,09	1,10	15.50
Piedra	674.94	0,252	677.88	0.96	0.97	13.69
Aditivo	5.60	0,005	5,30	0,008	0.008	0,113
Asentamiento:	4.0”					

Diseño con 1.2% de aditivo con respecto al peso del cemento.

Relación agua/cemento: 0.30

Agua inicial: 280 litros

T.M.N. : ¾"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1,00	1,00	14.00
Agua	210.00	0,210	213.21	0,30	0,30	4.26
Arena	782.90	0.301	789.48	1.12	1,13	15.79
Piedra	694.27	0,259	697.29	0.99	1,00	13.95
Aditivo	8.40	0,007	8.40	0.012	0.012	0.168
Asentamiento:		3.8"				

Diseño con 1.6% de aditivo con respecto al peso del cemento.

Relación agua/cemento: 0.29

Agua inicial: 280 litros

T.M.N. : ¾"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1,00	1,00	13.93
Agua	198.64	0,199	201.89	0,28	0,29	4.02
Arena	795.16	0,305	801.84	1,14	1,15	15.96
Piedra	705.15	0,263	708.21	1,01	1,01	14.09
Aditivo	11.20	0,010	11.2	0,016	0,016	0,22
Asentamiento:		4.0"				

Comparación de Resistencias para diferentes dosificaciones de aditivo:

%Aditivo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Prom. (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
0,8% del Cemento	15,00	176,72	100100	566.43	572.55	7
	15,05	177,90	101800	572.23		
	15,05	177,90	103000	578.98		
1,2% del Cemento	10.1	80.12	49600	619.07	624.46	7
	10.1	80.12	49800	621.57		
	10.2	81.71	51700	632.73		
1,6% del Cemento	10.2	81.71	51200	626.61	628.67	7
	10,1	80,12	50600	631.55		
	10,15	80.91	50800	627.86		

Diseño Final:

Relación agua/cemento: 0.30

Agua inicial: 280 litros

Porcentaje de aditivo: 1.2%

T.M.N. : ¾"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0,222	700.00	1,00	1,00	14.00
Agua	210.00	0,210	213.21	0,30	0,30	4.26
Arena	782.90	0.301	789.48	1.12	1,13	15.79
Piedra	694.27	0,259	697.29	0.99	1,00	13.95
Aditivo	8.40	0,007	8.40	0.012	0.012	0.168
Asentamiento:		3.8"				

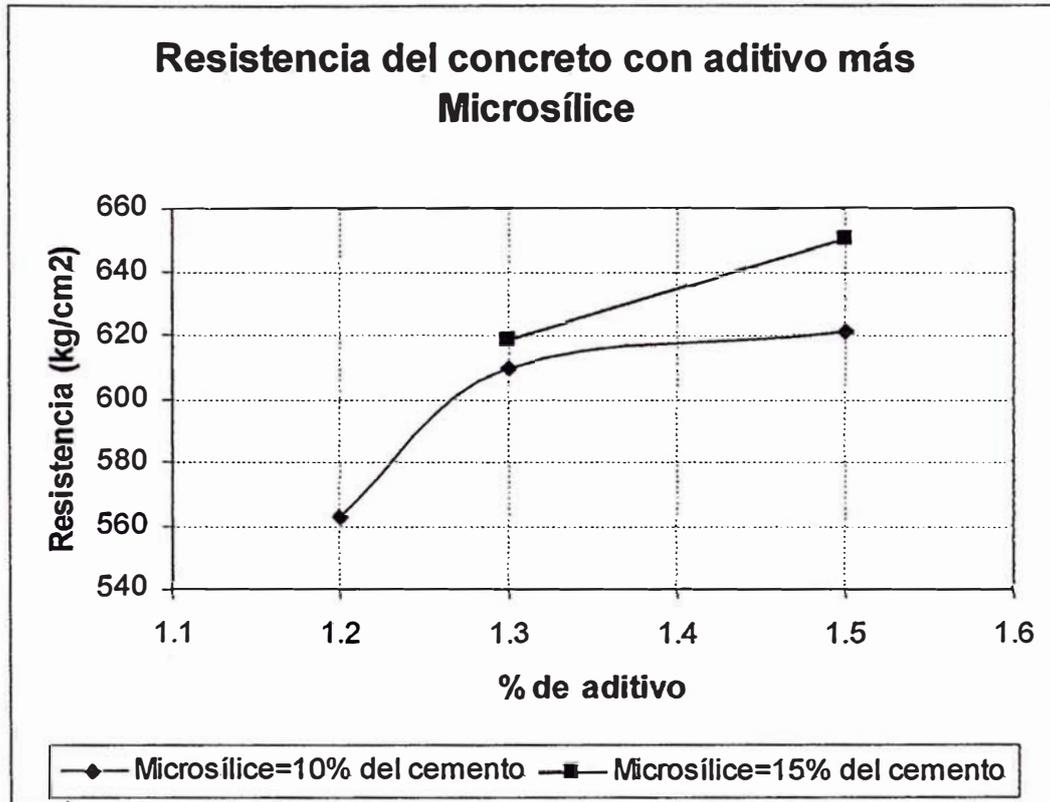
Dosificación para el concreto con aditivo más Microsílice.

Comparación de Resistencias para diferentes dosificaciones de aditivo, para 10% de Microsílice con respecto al cemento:

%Aditivo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Prom. (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
1.2% del Cemento	10.00	78.54	43600	555.13	567.36	7
	10.25	82.52	47800	579.25		
	10.30	83.32	47300	567.69		
1,3% del Cemento	10.20	81.71	48100	588.67	609.03	7
	10.15	80.91	49600	613.03		
	10.20	81.71	51100	625.38		
1,5% del Cemento	10.20	81.71	51700	632.73	621.24	7
	10,15	80,91	50700	626.62		
	10,15	80.91	48900	604.38		

Para 15% de Microsílice con respecto al cemento:

%Aditivo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Prom. (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
1,3% del Cemento	10.15	80.91	49700	614.26	618.30	7
	10.10	80.12	49500	617.82		
	10.10	80.12	49900	622.82		
1,5% del Cemento	10.20	81.71	53900	659.65	650.27	7
	10,25	82.52	52900	641.06		
	10,15	80.91	52600	650.11		



Diseño Final:

Relación agua/cemento: 0.30

Porcentaje de aditivo: 1.5%

Porcentaje de microsilíce: 15%

T.M.N. : 1"

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	662.50	0.210	662.50	1.00	1.00	13.21
Agua	200.01	0.200	203.73	0.30	0.31	4,06
Arena	688.91	0.265	694.70	1.04	1.05	13,86
Piedra	842.00	0.315	845.67	1.27	1.28	16,87
Aditivo	9.94	0.009	9.94	0.015	0.015	0,19
Microsilíce	99.34		99.34	0.15	0.15	1.98
Asentamiento:		3.5"				

Dosificación del aditivo para el Tamaño Máximo Nominal de ¾ ”

Para 15% de Microsílice con respecto al cemento:

%Aditivo	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Prom. (kg/cm ²)	Periodo de curado (días)
1,3% del Cemento	10.10	80.12	51200	639.04	644.74	7
	10.10	80.12	51800	646.53		
	10.20	81.71	53000	648.64		
1,5% del Cemento	10.10	80.12	55300	690.21	694.17	7
	10,15	80.91	56100	693.36		
	10,10	80.12	56000	698.95		

Diseño Final

Relación agua/cemento: 0.29

Porcentaje de aditivo: 1.5%

Porcentaje de microsílice: 15%

T.M.N. : ¾”

Materiales	Dosificación por metro cúbico de concreto					Tanda de 48 kg
	Peso Seco (Kg)	Vol. Absoluto (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	P.U. Seco	P.U. húmedo	
Cemento	700.00	0.222	700.00	1.00	1.00	13.96
Agua	203.00	0.203	206.24	0.29	0.29	4.11
Arena	790.01	0.303	796.65	1.13	1.14	15.89
Piedra	700.58	0.262	703.63	1.00	1.01	14.03
Aditivo	10.50	0.010	10.5	0.015	0.015	0.21
Microsílice	105.00		105.00	0.15	0.15	2.09
Asentamiento:	3.8"					

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO:

Consistencia:

Tipo de Concreto	Asentamiento (pulgadas)
Concreto Patrón	3,5"
Concreto con aditivo	3,8"
Concreto con aditivo y microsílíce	3,8"

Peso Unitario:

Tipo de Concreto	Peso (kg) Muestra + balde	Peso balde	Peso Muestra	Peso Unitario (kg/m ³)
Concreto Patrón	44.40	11.95	32.45	2291.99
Concreto con aditivo	46.45	11.95	34.50	2436.78
Concreto con aditivo y microsílíce	47.80	11.95	35.85	2532.14

Volumen del balde: 0.014158

Fluidez:

Tipo de Concreto	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Promedio	% fluidez
Concreto Patrón	45	46	43	45	44	45	44.67	78.67
Concreto con aditivo	48	47	48	47	47	48	47.5	90.00
Concreto con aditivo y microsílíce	43	42	42	41	41	43	42	68.00

Contenido de Aire:

Tipo de Concreto	PU	Pn	Porcentaje de Aire (%)
Concreto Patrón	2291.99	2251.21	1.78
Concreto con aditivo	2436.78	2408.38	1.17
Concreto con aditivo y microsílíce	2532.14	2522.02	0.40

Exudación:

Concreto Patrón:

Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:30	0	0	0	0
12:40	10	10	5	5
12:50	10	20	8	13
01:00	10	30	10	23
01:10	10	40	7	30
01:40	30	70	10	40
02:10	30	100	6	45
02:40	30	130	5	47.5
03:10	30	160	2.5	49.2
03:40	30	190	1.7	49.2
04:10	30	220	0	49.2

$$\%Exudación = \frac{49.2 \times 48 \times 100}{6.02 \times 30 \times 1000}$$

% Exudación: 1.308

Concreto con Aditivo:

Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de agua (ml)	Volumen acumulado (ml)
12:00	0	0	0.0	0.0
12:10	10	10	5.5	5.5
12:20	10	20	8.0	13.5
12:30	10	30	6.5	20.0
12:40	10	40	4.0	24.0
01:10	30	70	2.5	26.5
01:40	30	100	1.7	26.5
02:10	30	130	0.0	26.5

$$\%Exudación = \frac{26.5 \times 48 \times 100}{4.04 \times 32 \times 1000}$$

% Exudación: 0.984

Concreto con Microsilice:

% Exudación: 0%

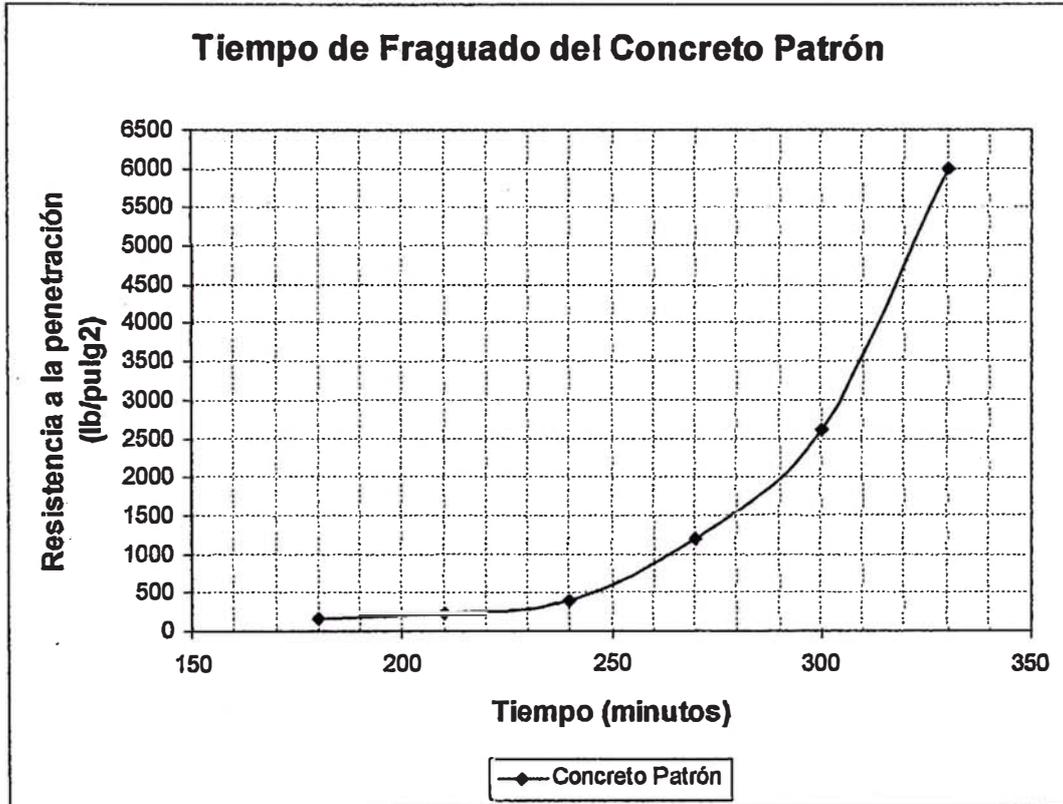
Tiempo de Fraguado:

Concreto Patrón:

Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Libras)	Aguja N°	Aguja Area (pulg ²)	Resistencia a la Penetración (lb/pulg ²)
10:00	inicio					
01:00	3h:00min	180	150	1	1.00	150
01:30	3h:30min	210	120	2	0.50	240
02:00	4h:00min	240	100	3	0.25	400
02:30	4h:30min	270	120	4	0.10	1200
03:00	5h:00min	300	130	5	0.05	2600
03:30	5h:30min	330	150	6	0.025	6000

Tiempo de Fraguado inicial: 4h :05 min

Tiempo de Fraguado Final: 6h: 14 min

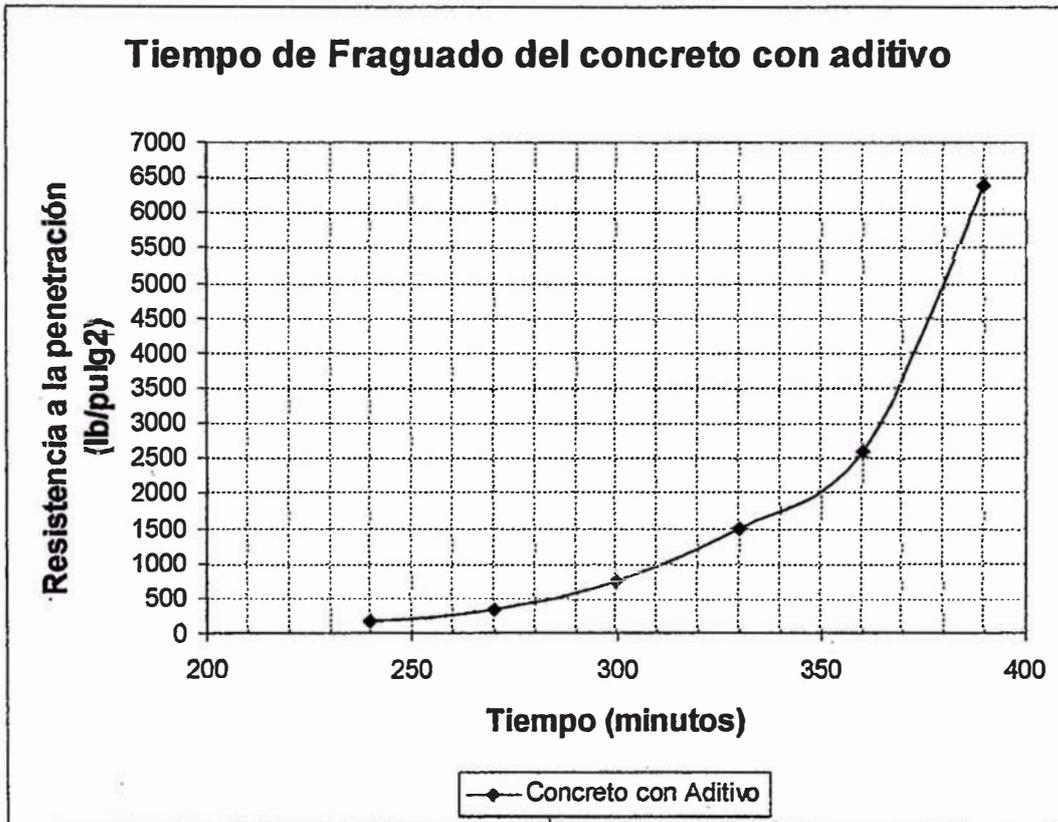


Concreto con Aditivo:

Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Libras)	Aguja N°	Aguja Area (pulg ²)	Resistencia a la Penetración (lb/pulg ²)
11:00	inicio					
03:00	4h:00min	240	170	1	1.00	170
03:30	4h:30min	270	160	2	0.50	320
04:00	5h:00min	300	185	3	0.25	740
04:30	5h:30min	330	150	4	0.10	1500
05:00	6h:00min	360	130	5	0.05	2600
05:30	6h:30min	390	160	6	0.025	6400

Tiempo de Fraguado inicial: 4h : 44min

Tiempo de Fraguado Final: 6h : 12min

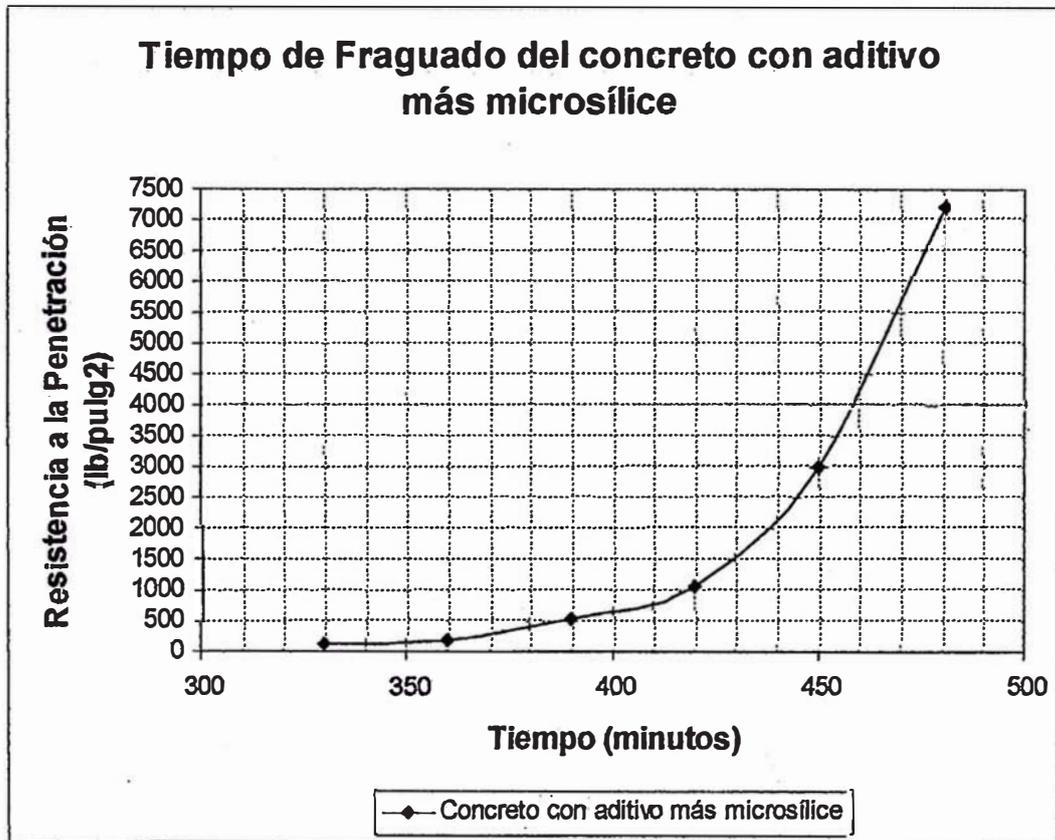


Concreto con Aditivo más microsíllice:

Tiempo Real (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (Libras)	Aguja N°	Aguja Area (pulg ²)	Resistencia a la Penetración (lb/pulg ²)
11:30	inicio					
05:00	5h:30min	330	130	1	1.00	130
05:30	6h:00min	360	100	2	0.50	200
06:00	6h:30min	390	130	3	0.25	520
06:30	7h:00min	420	105	4	0.10	1050
07:00	7h:30min	450	150	5	0.05	3000
07:30	8h:00min	480	180	6	0.025	7200

Tiempo de Fraguado inicial: 6h : 30min

Tiempo de Fraguado Final: 7h : 39min



Tipo de concreto	Tiempo de Fraguado Inicial	Tiempo de Fraguado Final
Concreto Patrón	4h : 05min	6h : 14 min
Concreto con Aditivo	4h : 44 min	6h : 12 min
Concreto con Microsílíce	6h : 30 min	7h :39 min

PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO:

Resistencia a la compresión:

Concreto Patrón:

Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión para un Tamaño Máximo Nominal de 1"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	14.9	174.37	71400	409.48	412.62
	15.0	176.72	72400	409.70	
	14.9	174.37	73000	418.66	
	14.9	174.37	72600	416.36	
	14.9	174.37	71300	408.91	
14 días	10.15	80.91	42800	528.96	523.26
	10.10	80.12	42500	530.46	
	10.20	81.71	42000	513.99	
	10.20	81.71	42600	521.34	
	10.15	80.91	42200	521.54	
28 días	10.20	81.71	49000	599.66	592.07
	10.15	80.91	47800	590.75	
	10.15	80.91	48200	595.70	
	10.20	81.71	48000	587.42	
	10.20	81.71	48200	589.87	
	10.20	81.71	47800	584.97	
	10.15	80.91	48900	604.35	
	10.10	80.12	47200	589.13	
	10.10	80.12	47500	592.87	
	10.15	80.91	48100	594.46	
	10.20	81.71	48300	591.09	
	10.15	80.91	47300	584.57	

Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión para un Tamaño Máximo Nominal de ¾"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	15.0	176.72	75600	427.81	430.71
	14.8	172.03	74600	433.64	
	14.9	174.37	75100	430.70	
	15.0	176.72	75300	426.11	
	14.9	174.37	75900	435.29	
14 días	10.20	81.71	46600	570.29	562.31
	10.20	81.71	45800	560.50	
	10.15	80.91	44800	553.68	
	10.20	81.71	46000	562.95	
	10.10	80.12	45200	564.16	
28 días	10.20	81.71	51500	630.25	638.09
	10.15	80.91	52300	646.37	
	10.15	80.91	51800	640.19	
	10.20	81.71	51700	632.70	
	10.20	81.71	52600	643.72	
	10.20	81.71	51900	635.15	
	10.15	80.91	51200	632.77	
	10.15	80.91	51800	640.19	
	10.15	80.91	51500	636.48	
	10.10	80.12	51500	642.80	
	10.20	81.71	52300	640.04	
	10.20	81.71	52000	636.37	

Concreto con Aditivo:

Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión para un Tamaño Máximo Nominal de 1"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	10.30	83.32	47500	570.1	588.55
	10.20	81.71	49200	602.1	
	10.20	81.71	48500	593.5	
	10.10	80.12	47700	595.4	
	10.10	80.12	46600	581.6	
14 días	10.10	80.12	52600	656.53	666.31
	10.20	81.71	54200	663.30	
	10.20	81.71	53900	659.63	
	10.15	80.91	55400	684.68	
	10.15	80.91	54000	667.38	
28 días	10.2	81.71	60100	735.5	730.77
	10.15	80.91	58400	721.8	
	10.10	80.12	58600	731.4	
	10.20	81.71	58900	720.8	
	10.10	80.12	59600	743.9	
	10.15	80.91	58800	726.7	
	10.10	80.12	59400	741.4	
	10.15	80.91	59000	729.2	
	10.10	80.12	58100	725.2	
	10.20	81.71	59800	731.8	

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
90 días	10.15	80.91	61000	753.89	758.45
	10.15	80.91	60600	748.94	
	10.15	80.91	63000	778.61	
	10.15	80.91	61000	753.89	
	10.20	81.71	61800	756.31	
	10.10	80.12	59900	747.64	
	10.20	81.71	61700	755.08	
	10.20	81.71	62500	764.87	
	10.10	80.12	60700	757.63	
	10.10	80.12	61500	767.61	

Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión para un Tamaño Máximo Nominal de ¾"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	10.10	80.12	49600	619.08	624.59
	10.10	80.12	49800	621.58	
	10.20	81.71	51700	632.70	
	10.30	83.32	51300	615.68	
	10.20	81.71	51800	633.93	
14 días	10.15	80.91	58600	724.23	718.21
	10.15	80.91	57900	715.58	
	10.10	80.12	58000	723.93	
	10.10	80.12	56900	710.20	
	10.20	81.71	58600	717.14	

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
28 días	10.20	81.71	64100	784.45	781.19
	10.20	81.71	63900	782.01	
	10.15	80.91	63100	779.84	
	10.15	80.91	62500	772.43	
	10.10	80.12	62800	783.84	
	10.15	80.91	62800	776.13	
	10.15	80.91	63200	781.08	
	10.20	81.71	63900	782.01	
	10.20	81.71	64300	786.90	
	10.20	81.71	64000	783.23	
90 días	10.20	81.71	66000	807.70	812.12
	10.10	80.12	65600	818.79	
	10.15	80.91	65800	813.21	
	10.20	81.71	65900	806.48	
	10.20	81.71	66500	813.82	
	10.15	80.91	65900	814.45	
	10.15	80.91	66300	819.39	
	10.20	81.71	65800	805.26	
	10.20	81.71	66200	810.15	
	10.15	80.91	65700	811.97	

Concreto con Aditivo más Microsilíce:

Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión para un Tamaño Máximo Nominal de 1"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	10.20	81.71	53900	659.63	650.28
	10.25	82.52	52900	641.09	
	10.15	80.91	52600	650.07	
	10.20	81.71	53200	651.06	
	10.25	82.52	53600	649.57	

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
14 días	10.20	81.71	59900	733.05	728.72
	10.30	83.32	60200	722.49	
	10.25	82.52	58600	710.16	
	10.10	80.12	58500	730.17	
	10.15	80.91	60500	747.71	
28 días	10.20	81.71	70300	860.33	844.44
	10.15	80.91	68500	846.58	
	10.15	80.91	68900	851.52	
	10.20	81.71	66700	816.27	
	10.10	80.12	67900	847.49	

Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a compresión para un Tamaño Máximo Nominal de ¾"

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
7 días	10.10	80.12	55300	690.23	694.2
	10.15	80.91	56100	693.33	
	10.10	80.12	56000	698.96	
	10.15	80.91	56200	694.57	
	10.20	81.71	56700	693.89	
14 días	10.15	80.91	65500	809.50	799.77
	10.20	81.71	63800	780.78	
	10.10	80.12	64700	807.55	
	10.30	83.32	66100	793.30	
	10.30	83.32	67300	807.70	
28 días	10.20	81.71	75300	921.52	933.10
	10.25	82.52	77400	938.00	
	10.30	83.32	76200	914.51	
	10.20	81.71	77100	943.55	
	10.15	80.91	76700	947.92	

Tiempo (días)	Diámetro (cm)	Area (cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
90 días	10.28	83.00	110000	1325.30	1222.4
	10.30	83.32	106000	1272.16	
	10.25	82.52	100000	1211.88	
	10.25	82.52	95000	1151.29	
	10.25	82.52	95000	1151.29	
180 días	10.10	80.12	117500	1466.57	1400.5
	10.30	83.32	118000	1416.17	
	10.20	81.71	115000	1407.36	
	10.30	83.32	113500	1362.17	
	10.30	83.32	112500	1350.17	

Resistencia a la tracción por compresión diametral (NTP 339.084)

Concreto Patrón:

Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Tracción (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
10.25	20.5	20300	61.50	58.36
10.10	20.4	17800	55.00	
10.20	20.5	18600	56.63	
10.25	20.5	19900	60.29	

Concreto con Aditivo:

Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Tracción (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
10.20	20.40	17000	52.01	65.36
10.25	20.50	24800	75.14	
10.15	20.30	21000	64.88	
10.20	20.50	22800	69.42	

Concreto con Aditivo más Microsílice:

Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Tracción (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
10.20	20.60	34600	104.83	101.17
10.25	20.50	32200	97.56	
10.25	20.50	31600	95.74	
10.20	20.50	35000	106.56	

Resistencia a la Flexión:

Concreto Patrón:

Altura (cm)	Base (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
15.40	15.35	45.00	2950	36.47	36.44
15.35	15.30	45.00	2820	35.20	
15.42	15.50	45.00	3100	37.85	
15.50	15.40	45.00	3000	36.49	
15.30	15.35	45.00	2890	36.19	

Concreto con Aditivo:

Altura (cm)	Base (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
15.35	15.50	45.00	5200	64.07	60.48
15.40	15.30	45.00	4890	60.64	
15.33	15.40	45.00	4800	59.68	
15.40	15.55	45.00	4750	57.96	
15.50	15.60	45.00	5000	60.03	

Concreto con Aditivo más Microsilice:

Altura (cm)	Base (cm)	Longitud (cm)	Carga (kg)	Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
15.40	15.50	45.00	6600	80.79	80.04
15.35	15.30	45.00	6400	79.89	
15.40	15.40	45.00	6800	83.78	
15.30	15.35	45.00	6130	76.77	
15.33	15.40	45.00	6350	78.96	



001

DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO N° 319 - 2007 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. PATRICIA AMARILIS VILCA ARANDA	MUESTRA	: Testigos de concreto
DOMICILIO LEGAL	: Facultad de Ingeniería Civil - UNI	IDENTIFICACIÓN	: La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Concreto de Alta Resistencia"	CANTIDAD	: 06 unidades
REFERENCIA	: Solicitud S/N (14.12.2007)	PRESENTACIÓN	: Bolsa de plástico
FECHA DE RECEPCIÓN	: 14.12.2007	FECHA DE ENSAYO	: 14.12.2007

NTP 334.039 : 1 999

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

N° DE TESTIGO	IDENTIFICACION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	DIÁM. (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
M-1A	TESIS - DISEÑO I L/3/4 f _c > 700 kg/cm ²	15/09/07	14/12/07	90	10,3	83,0	110 000	1 325
M-1B		15/09/07	14/12/07	90	10,3	83,5	106 000	1 269
M-2A		15/09/07	14/12/07	90	10,2	82,2	95 000	1 156
M-2B		15/09/07	14/12/07	90	10,2	81,7	93 500	1 144
M-3A		15/09/07	14/12/07	90	10,3	82,5	100 000	1 212
M-3B		15/09/07	14/12/07	90	10,2	82,2	95 000	1 156

Observaciones

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 14.12.2007.
- Relación Longitud/Diámetro promedio= 2,0 (muestras cilíndricas de 4" x 8")
- Las muestras han sido ensayadas a la edad de 90 días y con el uso de almohadillas de neopreno a solicitud expresa del solicitante.
- Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

UMC (1/1)
mgr/ptc/avb
O.S. N°323

UNIDAD DE CONCRETO HIDRAULICO
ING. A. CARRASCA
ING. JEFE DE UNIDAD
Lima, 18 de diciembre del 2007



**DIRECCION DE ESTUDIOS ESPECIALES
SUBDIRECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
DEPARTAMENTO DE LABORATORIO**

INFORME DE ENSAYO N° 071 - 2008 - MTC/14.01

SOLICITANTE	: BACH. ING. PATRICIA AMARILIS VILCA ARANDA	MUESTRA	Testigos de concreto
DOMICILIO LEGAL	: Asociación Cascadas de Javier Prado Mz. K Lte 33 - Ate.	IDENTIFICACIÓN	La que se indica
PROYECTO	: Tesis: "Concreto de Alta Resistencia"	CANTIDAD	06 unidades
REFERENCIA	: Solicitud S/N (11.03.2008)	PRESENTACIÓN	Bolsa de plástico
FECHA DE RECEPCIÓN	: 11.03.2008	FECHA DE ENSAYO	: 11.03.2008

NTP 339.034 : 1 999 MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO

N° DE TESTIGO	IDENTIFICACION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (Días)	PESO MUESTRA gr. (*)	DIÁM. (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
M-1	TESIS: CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA f _c > 1 000 kg/cm ²	13/09/07	11/03/08	180	4 080	10,3	83,3	112 000	1 345
M-1		13/09/07	11/03/08	180	4 065	10,2	81,7	115 000	1 408
M-2		13/09/07	11/03/08	180	4 125	10,1	80,1	117 500	1 467
M-2		13/09/07	11/03/08	180	4 120	10,3	83,3	112 500	1 351
M-3		13/09/07	11/03/08	180	4 170	10,3	83,3	118 000	1 417
M-3		13/09/07	11/03/08	180	4 210	10,3	83,3	113 500	1 363

Observaciones

- Muestras proporcionadas e identificadas por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 11.03.2008.
- Relación Longitud/Diámetro promedio= 2,0 (muestras cilíndricas de 4" x 8")
- (*) Peso de la muestra sin capa de terminado.
- Las muestras han sido ensayadas a la edad de 180 días y con el uso de almohadillas de neopreno a solicitud expresa del solicitante.
- Los resultados de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

JEFES DE UNIDAD DE CONCRETO Y MORTAR
 ING. M. GARRARCA
 JEFES DE UNIDAD
 LME
 11 de marzo del 2007

UMC (1/1)
mgr/avb
O.S. N°062





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO N° 1 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Manuel Gonzáles de La Cotera

CONSTANCIA

LA JEFA DEL LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, deja constancia que

La Bach. **PATRICIA AMARILIS VILCA ARANDA**, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería, ha realizado sus ensayos de Propiedades Físicas del Agregado y Concreto en el Laboratorio N°1, para la realización de su Tesis : “Obtención del Concreto de Alta Resistencia”, desde Mayo de 2007 a Setiembre de 2007.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado, para los fines que crea conveniente.

Lima, 09 de Junio de 2008

ISABEL MOROMI NAKATA
Jefe (e)

FOTOS



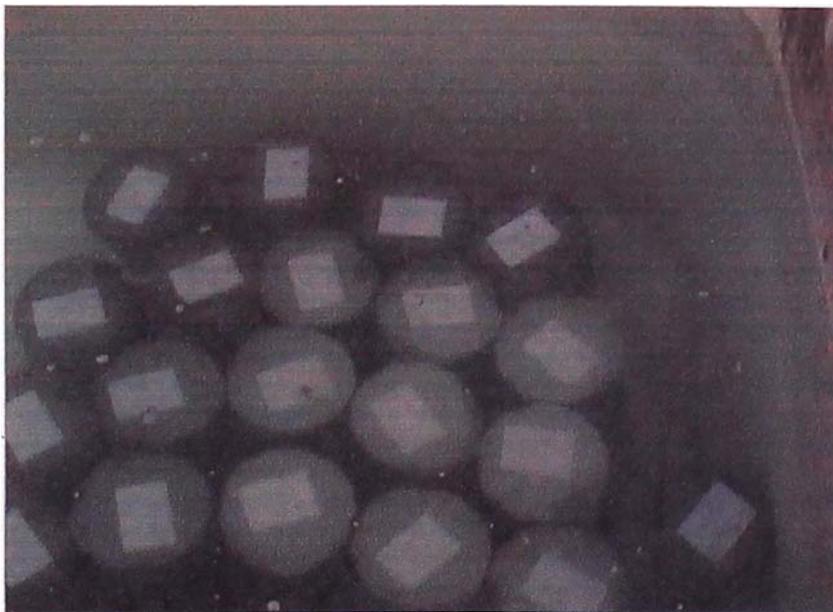
Se limpió y luego se engrasó las probetas.



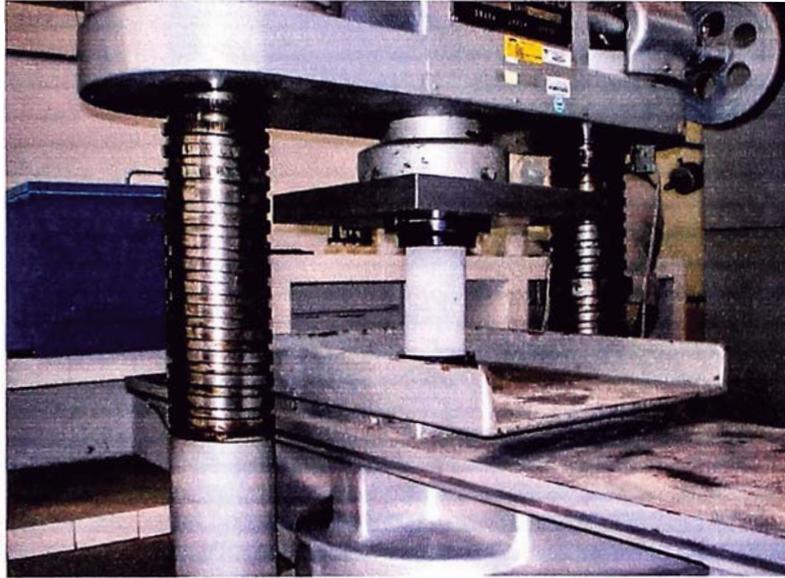
Las probetas fueron codificadas para poder identificarlas correctamente.



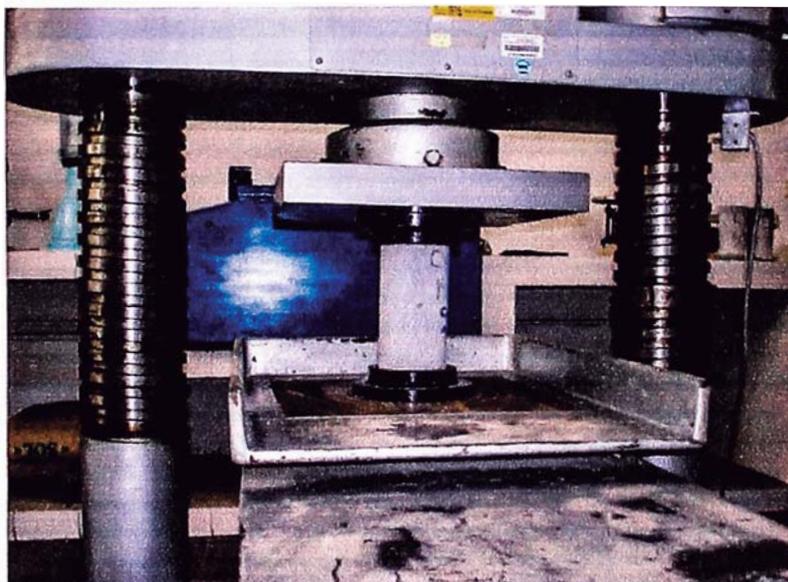
Se desencofró las probetas para luego llevarlas a curar.



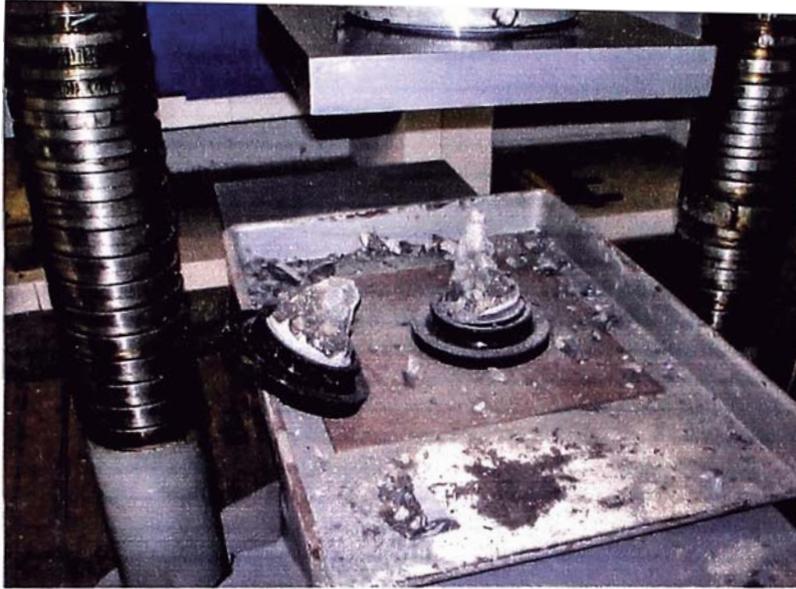
Siempre debemos tener en cuenta que el nivel de agua debe ser mayor que el de las probetas.



Posición de la probeta para la realización del ensayo a Compresión



Ensayo a la compresión en el concreto en estado endurecido



Se debe tener cuidado al ensayar las probetas, pues al ser concreto de alta resistencia durante el ensayo a compresión la probetas explotan.



Durante el ensayo a compresión las probetas explotan y queda muy poco de ellas.



Los pedazos de las probetas después del ensayo a compresión son muy pequeños.



Realización del ensayo del tiempo de Fraguado en el Concreto Fresco



Tomando datos para calcular el tiempo de Fraguado



Realización de vigas de 15 x 15 x 50 cm