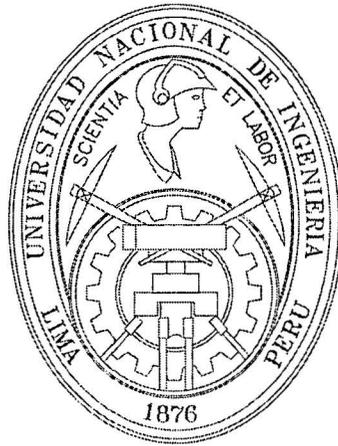


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**CONCRETO EN CLIMAS FRIOS, CON USO DE FIBRAS DE
POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE**

TESIS

Para optar el Título Profesional de :
INGENIERO CIVIL

ADOLFO RAUL RODRIGUEZ COSAR

Lima - Perú

2009

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICADO A:

A mi Hermano **Sr. Jaime L. Linares Cossar**
por ser en todo momento de mi vida mi
maestro y guía para poder alcanzar mis
objetivos.

AGRADECIMIENTO

Por su Bendición desde el cielo a mi Padre **Humberto Rodríguez**, mi Madre **Margarita Cósar** y a mi Hermano **Humberto Rodríguez Cósar**.

A mis PROFESORES por el tiempo que dedican en las aulas, a formar y entrenar personas para el desarrollo de nuestro país. Y en especial a mi asesor de tesis **Ing. Ana Victoria Torre Carrillo**.

A los Ingenieros y Técnicos del Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de la Empresa Energoprojekt Niskogradnja por apoyarme a realizar mis ensayos de materiales, **Ing. Luis Mendosa Escobedo**.

INDICE

	Pag.
RESUMEN	01
LISTA DE TABLAS	05
LISTA DE GRAFICOS	07
LISTA DE FOTOS	08
INTRODUCCIÓN	09
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	15
1.1 OBJETIVO Y MÉTODO DE ESTUDIO.	16
1.1.1 Objetivo del estudio	16
1.1.2 Método de investigación.	16
1.1.3 Hipótesis.	17
1.2 CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO	17
1.3 APLICACIONES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO	18
1.3.1 Losas de concreto	18
1.3.2 Revestimientos de canales	18
1.3.3 Elementos prefabricados.	19
1.3.4 Concreto proyectado o lanzado.	19
1.3.5 Pilotes.	19
1.3.6 Tuberías	19
1.4 EXPERIENCIAS EN EL USO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORCOPADOR DE AIRE EN EL CONCRETO	20
1.4.1 En Chile	20
1.4.2 En los Estados Unidos	20
1.4.3 En Alemania	22
1.4.4 En el Perú	22

CAPITULO II: MATERIALES EMPLEADOS	23
2.1. CEMENTO PORTLAND	24
2.1.1 Generalidades	24
2.1.2 Cemento Pacasmayo (Portland Tipo I)	24
2.2 AGREGADOS GRUESO Y FINO	26
2.2.1 Generalidades	26
2.2.2 Propiedades y normas	28
2.3 ADITIVOS.	33
2.3.1 Generalidades	33
2.3.2 MB VR Aditivo Incorporador de aire	33
2.3.3 FIBERMESH Fibra de Polipropileno	36
2.4 AGUA	40
2.4.1 Generalidades	40
2.4.2 Requisitos que debe cumplir	40
CAPITULO III: CONCRETO CON AIRE INCORPORADO.	42
3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION	43
3.1.1 Resistencia a la compresión a 7,14 y 28 días.	43
3.2 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A DOS TERCIOS DEL TRAMO	46
3.3 DISEÑO DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO	49
CAPITULO IV: CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE	51
4.1 DISEÑO DEL CONCRETO CON FIBRAS DE POLI PROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE	52
CAPITULO V: CONCRETO FRESCO.	55
5.1 GENERALIDADES.	56
5.1.1 Peso Unitario.	56

5.1.2	Consistencia.	57
5.1.3	Exudación.	59
5.1.4	Contenido de aire.	60
	CAPITULO VI: COMPARACIÓN DE COSTOS	63
	CAPITULO VII: CUADROS Y RESULTADOS	67
	GENERALIDADES	68
7.1	LOS AGREGADOS	68
7.2	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO	73
7.3	CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE	79
7.4	CONCRETO FRESCO	88
	CAPITULO VIII: TRAMO EXPERIMENTAL.	93
	CAPITULO IX: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	100
	INTRODUCCIÓN DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	101
9.1	LOS AGREGADOS	104
9.2	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO	104
9.3	CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE	105
9.4	CONCRETO FRESCO	106
9.5	TRAMO EXPERIMENTAL	106
9.6	COMPARACIÓN DE COSTOS	107
	CONCLUSIONES	108
	RECOMENDACIONES	111
	BIBLIOGRAFÍA	113
	ANEXOS	116

RESUMEN

RESUMEN

El tramo donde la empresa constructora ENERGOPROJEKT NISKOGRANDJA viene ejecutando la obra de **Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Trujillo – Shiran – Huamachuco** se inicia en el desvío a Callacuyán (Desvió a la Minera Barrick Misquichilca) a una altura de 4200 msnm y finaliza en el ingreso sur de la Ciudad Huamachuco a un altitud de 3200 msnm, desarrollándose en una longitud de 37.05 Km.

Entre el km 00+000 al km 10+000 aprox., La temperatura ambiente no es mayor de 10°C por más de la mitad de un periodo de 24 horas. La temperatura promedio ambiente diaria, consideradas como el promedio de las temperaturas más alta y más baja que se presenta durante el periodo de media noche a media noche, es menor de 5°C.

En estos tipos de climas y altitudes es recomendable hacer uso de algún tipo de aditivo incorporador de aire, con el fin de mejorar la resistencia del concreto a los daños ocasionados por la congelación y el deshielo.

En nuestro país no es muy difundido el uso de fibras de polipropileno en estructuras de obras de arte y drenaje (como muros de concreto, cunetas, vehicular para cruce de cunetas, alcantarillas, badenes, etc.), que se ejecutan en la construcción de nuestras carreteras.

Dadas estas condiciones presentadas en obra nos lleva a investigar el comportamiento del uso de la fibra de polipropileno conjuntamente al ser mezclado con un incorporador de aire.

Las fibras de polipropileno, están diseñadas específicamente como refuerzo secundario del concreto y se utiliza con el propósito de reducir las grietas. Estas fibras son auténticos monofilamentos que se dispersan totalmente en la mezcla de concreto cuando se agregan en la planta pre mezcladora o en la obra.

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados al "CONCRETO EN CLIMAS FRIOS CON USO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE".

El tramo experimental se llevo a cabo entre el km 08+000 y km 09+000, esta experiencia se realizo en una "LOSA VEHICULAR PARA CRUCE DE CUNETAS" y mediante ensayos en el laboratorio de "SUELOS Y PAVIMENTOS DE ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA" se determinó el comportamiento del concreto al estado fresco y endurecido.

Para nuestro estudio, se toma como referencia el concreto con aire incorporado usado en obra, el mismo que fue diseñado en el laboratorio de suelos y pavimento de ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA, cuyas características se muestran en el Tabla siguiente:

Concreto $F'c=175\text{kg/cm}^2$	De acuerdo a las especificaciones del proyecto
$a/c=0.46$	Valor obtenido de los ensayos en Laboratorio
Cemento	Pacasmayo (Portland Tipo I)
Agregados	Extraídos de la cantera "La Arena" ubicado en el km 21+490.00 de la carretera.
Incorporador de Aire	Aditivo MB VR <u>Dosificación:</u> 0.05% del peso del cemento = 21.25 ml/bolsa de cemento. Aire incorporado = 5.00%

Sobre la base del concreto con aire incorporado se agregó la fibra de polipropileno en diferentes proporciones, y se realizaron diferentes ensayos en el laboratorio de suelos y pavimento de la empresa ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA.

Las características de la fibra de polipropileno empleado se muestran en el Tabla siguiente:

Fibra de Polipropileno	Fibra FIBERMESH
	<u>Dosificación:</u>
	85 gr/bolsa de cemento
	<u>Información Técnica:</u>
	Material.....Polipropileno
	Longitud de la Fibra.....19 mm (3/4")
	Densidad 2.37 kg/m ³
Color.....Blanco	
Absorción.....Cero	

Posteriormente, al concreto puesto en obra se hizo un monitoreo del efecto producido por las fibras de polipropileno frente a las fisuras por contracción plástica.

Los valores obtenidos de los ensayos realizados tanto al estado fresco como endurecido, reflejan el incremento tanto en la resistencia a la flexión como a la compresión del concreto, al incluir la fibra de polipropileno.

En conclusión, podemos decir que con el uso de la fibra de polipropileno FIBERMESH en el Concreto, se obtiene óptimos resultados, logrando reducir un 28% de fisuras aproximadamente, y con respecto a sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y flexión se obtiene un incremento aproximado en un 4.00% y 5.00% respectivamente.

Se recomienda, antes de tener en cuenta cualquier norma y/o método extranjero, para aplicarlo a nuestra realidad, habrá que considerar que estas han sido producto de investigaciones para realidades diferentes a la nuestra; esto es con diferente calidades de materiales, condiciones climáticas diferentes, etc.

Por lo mencionado antes, el profesional tiene que saber adaptar las normas y/o métodos a nuestra realidad, basándose si fuese posible en investigaciones o a las experiencias en obras que se hayan llevado a cabo en el lugar donde se desea aplicar.

LISTA DE TABLAS

- Tabla N° 2.2.1:** Resumen de las características físicas del agregado grueso.
- Tabla N° 2.2.2:** *Resumen de las características físicas del agregado fino.*
- Tabla N° 2.4.0:** Requisitos para agua de mezcla y curado (NTP 339.088)
- Tabla N° 3.1.0:** Diseños patrones utilizados en la investigación.
- Tabla N° 6.1.0:** *Costo de los materiales para concreto patrón y concreto con aditivos.*
- Tabla N° 6.2.0:** Costo del concreto con aire incorporado por metro cúbico.
- Tabla N° 6.3.0:** Costo del concreto con fibra de polipropileno e incorporadores de aire, por metro cubico. FIBERMESH (75 gr / bolsa)
- Tabla N° 6.4.0:** Costo del concreto con fibra de polipropileno e incorporadores de aire, por metro cubico. FIBERMESH (85 gr / bolsa)
- Tabla N° 6.5.0:** *Costo del concreto con fibra de polipropileno e incorporadores de aire, por metro cubico. FIBERMESH (95 gr / bolsa)*
- Tabla N° 6.6.0:** *Comparación de costo del concreto aire incorporado y concreto con fibras de polipropileno + incorporador de aire por metro cúbico, sin considerar los costos de operación.*
- Tabla N°7.1.1:** Tabla de resumen de las características físicas del agregado grueso.
- Tabla N° 7.1.2:** Tabla de resumen de las características físicas del agregado fino.
- Tabla N° 7.1.3:** Resumen del ensayo de granulometría del agregado grueso.
- Tabla N° 7.1.4:** Resumen del ensayo de granulometría del agregado fino.
- Tabla N° 7.2.1:** Diseños patrones utilizados en la investigación.
- Tabla N° 7.2.2:** Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².
- Tabla N° 7.2.3:** Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con aire incorporado, en porcentajes.
- Tabla N° 7.2.4:** Resultados de ensayo a la compresión a los 28 días en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².
- Tabla N° 7.3.1.1:** Concreto con aditivo MB VR + 75 gr FIBERMESH.
- Tabla N° 7.3.1.2:** Concreto con aditivo MB VR + 85 gr FIBERMESH.

Tabla N° 7.3.1.3: Concreto con aditivo MB VR + 95 gr FIBERMESH.

Tabla N° 7.3.2: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².

Tabla N° 7.3.3: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire en porcentajes.

Tabla N° 7.3.4: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire Analisis Estadístico.

Tabla N° 7.3.5: Las resistencias a la flexión a los 28 días, dados en Kg/cm²

Tabla N° 7.3.6: Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto con fibra de Polipropileno e incorporador de aire Analisis Estadístico.

Tabla N° 7.4.1: Peso unitario del concreto fresco.

Tabla N° 7.4.2: Asentamiento del concreto fresco.

Tabla N° 7.4.3: Porcentaje de exudación del concreto fresco.

Tabla N° 7.4.4: Porcentaje de aire en el concreto fresco.

Tabla N° 8.10: *Tabla comparativa del Conteo y Medidas de Longitud de Fisuras Para concreto con uso y sin uso de fibras de polipropileno.*

Tabla N°8.2.0: *Tabla comparativa de Medidas de Ancho de Fisuras Para concreto con uso y sin uso de fibras de polipropileno.*

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico N° 2.2.1: Granulometría del Agregado Grueso

Gráfico N° 2.2.2: Granulometría del Agregado Fino

Gráfico N° 7.1.1: Granulometría del agregado grueso.

Gráfico N° 7.1.2: Granulometría del agregado fino.

Gráfico N° 7.2.1: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de
15 x 30 cm., en Kg/cm².

Gráfico N° 7.2.2: Resistencias a la compresión a los 28 días del concreto con
aire incorporado, en porcentajes.

Gráfico N° 7.3.1: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de
15 x 30 cm., en Kg/cm².

Gráfico N° 7.3.2: Resistencias a la compresión a los 28 días del concreto con
aire incorporado, en porcentajes.

Gráfico N° 7.4.1: Peso unitario del concreto fresco en porcentajes respecto del
patrón.

Gráfico N° 8.0.0: Losa Vehicular Para Cruce De Cuneta

LISTA DE FOTOS

- Foto 01:** Foto Satelital del la Ubicación Geográfica del Proyecto.
- Foto 02:** Extracción de Agregados de la Cantera "La Arena".
- Foto 03:** Foto Satelital de la Cantera "La Arena".
- Foto 04:** Dosificación del Agregado Fino.
- Foto 05:** Instantes en que se mide la Dosificación del **MB VR** Aditivo Incorporador de Aire
- Foto 06:** Pesado de la fibra de polipropileno **FIBERMESH**
- Foto 07:** Preparación de la mezcla.
- Foto 08:** Preparación de las muestras cilíndricas.
- Foto 09:** Ensayo de Resistencia a la Compresión.
- Foto 10:** Preparación los moldes de las vigas para el ensayo de flexión.
- Foto 11:** Se llenan los moldes de las vigas con mezcla de concreto.
- Foto 12:** Pesado del Concreto al estado fresco para determinar el Peso Unitario.
- Foto 13:** Se llena el cono con la mezcla al estado fresco y se chusea.
- Foto 14:** Se mide el asentamiento del concreto fresco.
- Foto 15:** Determinación del contenido de aire para el concreto fresco. Se puede ver el equipo tipo Washington.
- Foto 16:** Tomando lectura del contenido de aire, según lo que indica el equipo tipo Washington.
- Foto 17:** Losa Vehicular (Tramo Experimental)
- Foto 18:** *Midiendo Las Fisuras En Losa Vehicular (Tramo Experimental)*

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Precursor en la adición de fibras para reforzar el concreto hidráulico fue el cuerpo de ingenieros del ejército americano, durante la década del setenta del siglo pasado. Trabajaron intensamente para encontrar aditivos que mejoraran la resistencia del concreto hidráulico frente a esfuerzos de tensiones y a la potencia de los explosivos, para aplicarlos a la construcción de pistas de aviación, silos para misiles, etc.

Es así que desarrollaron toda una tecnología con el adición de fibras de los más diversos materiales, acero, sintéticos, polímeros y hasta fibras vegetales. Ya en la década del ochenta, el asunto fue tomado por la industria civil, continuando su desarrollo por sus propios medios y con la colaboración de universidades.

El tema de la adición de fibras al concreto hidráulico, ha sido exhaustivamente estudiado por el ACI (Instituto Americano del Concreto), el ASTM, El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, la Institución de Normas Técnicas Británicas, entre otros, han publicado numerosas normas y métodos de ensayos al respecto.

En nuestro país no es muy difundido el uso de fibras de polipropileno en estructuras de obras de arte y drenaje (como muros de concreto, cunetas, alcantarillas, etc.), que se ejecutan en la construcción de nuestras carreteras.

Actualmente la **Empresa Constructora Energoprojekt Niskogradnja** se encuentra laborando en la **REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO – SHIRAN – HUAMACHUCO**.

El tramo de la carretera se inicia en el desvío a Callacuyán (Desvió a la Minera Barrick Misquichilca) a una altura de 4200 msnm y finaliza en el ingreso sur de la Ciudad Huamachuco a una altitud de 3200 msnm, desarrollándose en una longitud de 37.05 Km.¹ (ver fig. 01)

La zona del proyecto posee un clima frío, moderadamente lluvioso. La medida anual de temperatura varía entre los 3.5 y 19.4 grados centígrados. La precipitación media acumulada anual para el periodo es 950.5 mm.

¹ Especificaciones Técnicas de la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Trujillo-shiran-Huamachuco

En el km 00+000 al km 10+000 aprox. zona donde se llevara a cabo nuestra investigación (km 08+880), La temperatura ambiente no es mayor de 10°C por más de la mitad de un periodo de 24 horas. La temperatura promedio ambiente diaria, consideradas como el promedio de las temperaturas más alta y más baja que se presenta durante el periodo de media noche a media noche, es menor de 5°C.

Como ya se hizo mención el tramo atraviesa por zonas de alturas superiores a los 4000 msnm. Y zonas que alcanzan temperaturas inferiores a los 5 grados centígrados.

En estos tipos de climas y altitudes es recomendable hacer uso de algún tipo de aditivo incorporador de aire, con el fin de mejorar la resistencia del concreto a los daños ocasionados por la congelación y el deshielo.

Por las experiencias recogidas de ingenieros especialistas en obras de arte y drenaje, las estructuras de poco espesor, como son las losas vehiculares para cruce de cunetas (15 cm de espesor), siempre presentan fisuras superficiales, afectando la durabilidad de las mismas.

Esto conlleva a investigar y experimentar el comportamiento del uso de la fibra de polipropileno conjuntamente al ser mezclado con incorporador de aire.

Para esta investigación, se hará uso de aditivos como son la **fibra de polipropileno e incorporador de aire.**

Las fibras de polipropileno, están diseñadas específicamente como refuerzo secundario del concreto. Estas fibras son auténticos mono filamentos que se dispersan totalmente en la mezcla de concreto cuando se agregan en la planta pre mezcladora o en la obra; es fibra de polipropileno 100% material virgen diseñado en forma de monofilamentos para reducción de grietas en el concreto, en el estado plástico y por temperatura en estado endurecido del mismo. Esta fibra cumple con las normas:

ASTM C-1116 (Especificación de concreto reforzado con fibra).

ASTM C-1399 (Prueba para determinar el esfuerzo promedio residual del concreto reforzado con fibra).

Los Incorporadores de aire, son aditivos líquidos, que aumentan la resistencia a la acción de las heladas por que incorporan una cantidad controlada de micro burbujas, de acuerdo con la dosis recomendada. Estas burbujas actúan como amortiguadores para esfuerzos inducidos por la congelación y descongelación.

El incorporador de aire a usarse es un producto libre de cloruros y cumple con la norma ASTM-C-260 como aditivo incorporador de aire.

El principal objetivo de la presente investigación es diseñar un concreto para climas fríos, haciendo uso de fibras de polipropileno e incorporador de aire, para reducir las fisuras por contracción y darle la resistencia necesaria al concreto expuestos al hielo y deshielo.

El estudio permitirá conocer la dosificación apropiada del concreto de manera que puesta al servicio las obras de drenaje a ejecutarse en climas fríos no sufran perdidas de resistencia por congelamiento ni fisuras por contracción del concreto.

Fig. 01: Ubicación Geográfica de la Obra

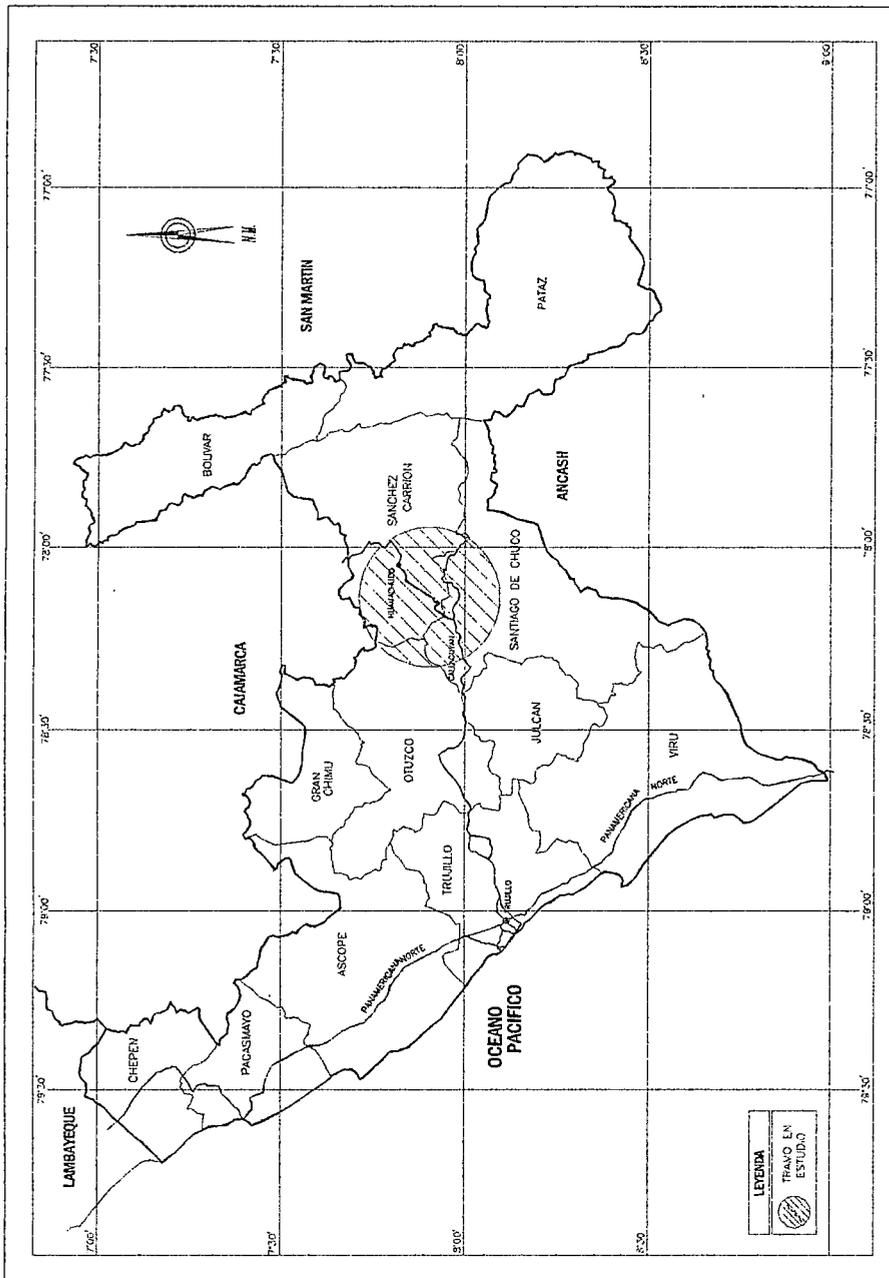
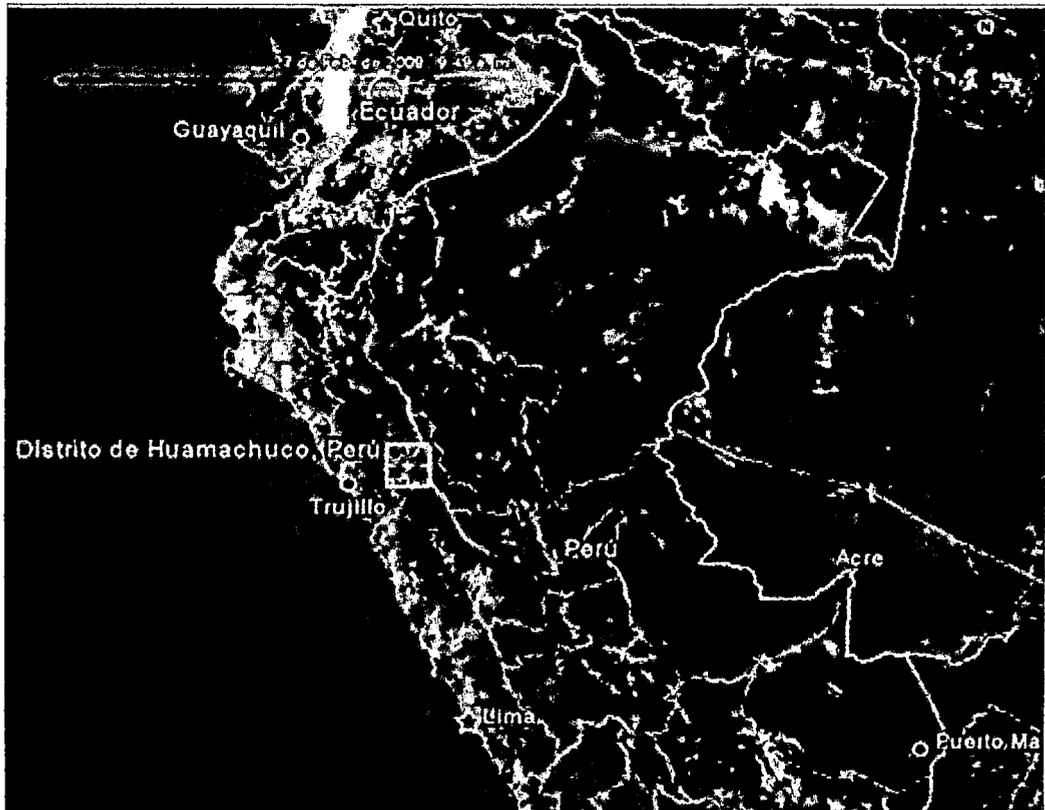


Foto 01: Foto Satelital del la Ubicación Geográfica del Proyecto



CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1 OBJETIVO Y MÉTODO DE ESTUDIO.

1.1.1 Objetivo del estudio

El objetivo del presente estudio es diseñar un concreto para climas fríos, haciendo uso de fibras de polipropileno e incorporador de aire, para reducir las fisuras por contracción y darle la resistencia necesaria al concreto expuesto al hielo y deshielo.

El estudio permitirá conocer la dosificación apropiada del concreto de manera que puesta al servicio, las obras de drenaje a ejecutarse en climas fríos no sufran pérdidas de resistencia por congelamiento ni fisuras por contracción del concreto.

1.1.2 Método de investigación.

El método empleado para esta investigación fue de tipo experimental, mediante ensayos en el Laboratorio Suelos, Concreto y Asfalto de la Empresa Constructora Energoprojekt Niskogradnja.

Primeramente se diseñó un CONCRETO CON AIRE INCORPORADO de f_c 175 Kg/cm², que sirvió de referencia para realizar posteriormente los otros ensayos. El concreto con aire incorporado en dosificación de 0.05% en peso del cemento, se diseñó para la relación agua / cemento de 0.46 siguiendo el procedimiento señalado por el ACI - 211.

Posteriormente, a este diseño se añadió un porcentaje de fibra de polipropileno (85gr. Por bolsa de cemento, dosificación sugerida por los proveedores del producto FIBERMESH).

Se realizaron probetas en moldes cilíndricos de 15 x 30 cm. Y moldes de vigas de 15 x 15 x 50 cm. para luego ser ensayados a compresión axial y a flexión respectivamente, a los 7 días, 14 días y 28 días.

1.1.3 Hipótesis.

El presente estudio se ha efectuado teniendo como base la siguiente hipótesis:

Dosificando al concreto con aditivo incorporador de aire y fibra de polipropileno, es probable obtener un concreto, que expuesto a climas severos no sufra pérdidas de resistencia, a la vez de mitigar las fisuras por contracción que se presentan en el concreto puesto en obra, es decir mejorar su durabilidad.

1.2 CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO.

Las fibras de polipropileno, principalmente utilizadas para reducir la fisuración por contracción del concreto, ofrecen otros beneficios.

Las fibras sintéticas no reemplazan el refuerzo estructural principal en el concreto porque agregan poca o ninguna resistencia.

A diferencia del refuerzo estructural, las fibras sintéticas proporcionan beneficios mientras el concreto es aún plástico.

Elas también aumentan algunas de las propiedades del concreto endurecido.

Las fisuras por contracción son pequeñas fisuras irregulares que pueden desarrollarse en el concreto durante las primeras 24 horas después de su colocación. Las fisuras son generalmente causadas por cualquier contracción plástica o por secado. La contracción plástica ocurre antes de alcanzar el concreto su endurecimiento inicial; la contracción por secado ocurre después del endurecimiento del concreto.

Todo concreto se contrae después de colocado debido a un cambio de volumen causado por pérdida de humedad. Si la contracción se produjo sin ninguna restricción, el concreto pudo no agrietarse. Pero los elementos de concreto están siempre sujetos mínimamente a alguna restricción por la

fundación, otra parte de la estructura, o por acero de refuerzo. El confinamiento además desarrolla retracción diferencial, cuando el concreto de la superficie se retrae más rápido que el concreto subyacente. Si las tensiones de tracción causadas por confinamiento exceden la resistencia a tracción del hormigón, el concreto se fisura.

Los fabricantes de fibras sintéticas afirman que sus productos pueden ser usados para minimizar la fisuración por contracción plástica o por secado prematuro. Mezclando las fibras en el concreto en los dosajes recomendados resulta en millones de fibras dispersas uniformemente en la matriz del hormigón. Este refuerzo multidimensional supuestamente otorga al concreto mayor capacidad de resistencia a tracción. Si se forman las fisuras por contracción, las fibras unen estas fisuras, ayudando a reducir su longitud y anchura.

Los efectos de las fibras sobre el comportamiento del concreto plástico y endurecido varían dependiendo de los materiales del concreto, proporciones de la mezcla, tipo y longitud de la fibra, y cantidad de fibra agregada.

1.3 APLICACIONES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO.

1.3.1 Losas de concreto.

Se usa como refuerzo secundario evitando la fisuración y mejorando considerablemente la resistencia al impacto en pavimentos deportivos, forjados, pavimentos industriales y pisos de concreto en general.

1.3.2 Revestimiento de canales.

En revestimiento de taludes, por ejemplo en canales, permite sustituir a la armadura secundaria, reduciendo drásticamente la formación de fisuras, así como la posibilidad de corrimiento en la losa, en caso de grandes pendientes. La eliminación de la armadura puede permitir la reducción del espesor del

revestimiento. Al mismo tiempo facilita el funcionamiento de la máquina revestidora al eliminarse la malla.

1.3.3 Elementos prefabricados.

Permite mejorar la resistencia al impacto y la facultad de que la pieza no se desmorone en caso de rotura. Al mismo tiempo permite eliminar o sustituir la armadura metálica, evitar la formación de grietas y reducir el espesor de la pieza condicionada al recubrimiento mínimo sobre la armadura metálica, requerido para evitar su oxidación.

1.3.4 Concreto proyectado o Lanzado.

La incorporación de fibra en sustitución de la malla evita los problemas de adaptación de éste a la configuración del terreno a proyectar, además de las cualidades inherentes a la adición de fibras, como en la mejora notable de la tixotropía del revestimiento.

1.3.5 Pilotes.

En el caso de pilotes prefabricados, destinados a ser hincados, el empleo de fibras es muy adecuado por su cualidad de mejorar la resistencia al impacto.

1.3.6 Tuberías

El uso de concreto reforzado con fibra de polipropileno, evita las fisuras y reduce la fragilidad en tuberías de concreto.

1.4 EXPERIENCIAS EN EL USO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE.

1.4.1 En Chile

TRAMO EXPERIMENTAL EN PAVIMENTO DE CONCRETO

En Chile¹, El LEMaC. Laboratorio de Estudio y Ensayo de Materiales de Construcción de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, realizó un tramo experimental en una pavimentación de concreto cuyas características se mencionan a continuación:

- Concreto $f_c' = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- Propiedades de la fibra:
 - Material: 100 % de polipropileno virgen
 - Capacidad de extensión : 0.67 kN / mm^2
 - Módulo (Young): 4.0 kN / mm^2
 - Punto de fusión: 165° C Punto de fundición : 590° C
 - Resistencia química: excelente Resistencia a la oxidación: excelente
 - Absorción: nula
 - Longitud de la fibra: 19 mm

Con la incorporación de las fibras de polipropileno en el concreto del tramo experimental se ha favorecido la trabajabilidad del concreto en estado fresco y al estado endurecido se observan incrementos del módulo de rotura a flexión y de la tenacidad.

1.4.2 En los Estados Unidos

RECUBRIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON CAPAS DE CONCRETO DE MUY DELGADO ESPESOR

En los Estados Unidos², El Proyecto experimental se llevó a cabo en Louiseville. En la experiencia de Louiseville se ensayó recubrimientos con concretos de un espesor delgado de 5 cm.

¹ IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, www.materiales-sam.org.ar. Año 2000

² La Portland Cement Association, www.icpa.org.ar. Año 1992

El recubrimiento combina recientes avances en la tecnología del concreto, como los de alta resistencia, incluyendo el empleo de fibras de polipropileno, reductores de agua en la mezcla y las técnicas de los pavimentos de rápida habilitación al tránsito (fast – track).

Se construyeron dos secciones de 82,5 m de longitud con tramo de tránsito de 15 m. Una sección es de 5 cm de espesor y la otra de 8,8 cm. El recubrimiento se construyó en un camino de Louiseville con condiciones especiales para esta experiencia, en el que transitan entre 400 y 600 camiones por día. Cada camión es pesado al entrar y salir del tramo recubierto, proveyendo de esta manera datos precisos a los ingenieros sobre las cargas del tránsito que se utilizan.

Unas pocas semanas de servicio bajo este tránsito equivalen a muchos años de uso de calles o lugares de estacionamiento de muchas ciudades.

La técnica del concreto "fast track" para pavimentos disminuyó el tiempo necesario de interrupción del tránsito para construir el recubrimiento, reduciéndolo, en el caso que nos ocupa, al lapso comprendido entre la 1 PM de un sábado hasta las 6 AM del lunes siguiente en el cual se completaron todas las operaciones de pavimentación.

Previamente a su recubrimiento, el pavimento asfáltico existente fue fresado superficialmente para proveer un espesor uniforme al recubrimiento y rugosidad superficial, exponiendo los agregados de la superficie asfáltica. Se utilizó una pavimentadora de moldes deslizantes para obtener en una sola pasada el recubrimiento de 7,20m de ancho y 180 m de largo. El concreto utilizado llevaba fibras de polipropileno de 19 mm para evitar el agrietamiento a temprana edad y mantener su integridad de existir un futuro agrietamiento. El concreto llevaba un aditivo reductor de agua y mejorador de la trabajabilidad, además de un incorporador de aire.

El concreto fue dosificado con 474 kg/m³ de cemento Pórtland normal, 1067 kg de piedra partida y 949 kg de arena, igualmente por m³. El contenido de aire fue del 4 % al 6% y se agregaron fibras a razón de 1,78 kg/m³.

Mediante pasadas de cepillos se dio a la superficie la textura final antideslizante. El curado se practicó cubriendo la superficie con un compuesto líquido blanco, no habiéndose usado ningún tipo de curado inicial.

1.4.3 En Alemania

-Proyecto “City Tunnel”, en Leipzig Alemania¹.

Para las dovelas empleadas, fueron realizados ensayos de incendio en la MFPA Leipzig GmbH para el otorgamiento de una aprobación en caso individual. Para este caso se empleó una fibra de polipropileno dosificada con 2,0 kg/m³. Junto a los ensayos para la autorización en caso individual, fueron realizados ensayos de homologación en la Universidad Ruhr en Bochum, que determinaron la inocuidad y reducción de la tendencia a la fisuración por contracción. Sobre la base de estos estudios fue otorgada una homologación general de inspección de obra para la fibra de polipropileno por parte del Instituto Alemán para la Tecnología de Construcción. Otros ensayos en probetas con dimensiones de 60 cm x 45 cm x 30 cm demostraron que los desprendimientos con el empleo de fibras pudieron ser reducidos considerablemente.

1.4.5 En el Perú

REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA OLMOS CORRAL QUEMADO. TR. Km. 140+000 – Km. 196+253.04 (56 Km.)

En este tramo se construyó un muro de contención de concreto ciclópeo f'c 140 Kg/cm² + 30% PG en una zona de deslizamiento. Para este caso se empleó una fibra de polipropileno dosificada con 0.75 kg/m³, con el fin de evitar las grietas por contracción e incrementar la resistencia a las fuerzas de impacto y rompimiento.

Las fuerzas de impacto y rompimiento se resisten debido a las contribuciones isotrópicas de las fibras. La disminución en el asentamiento plástico y retracciones, minimiza la debilidad y defectos de la superficie de concreto. Millones de fibras distribuidas uniformemente dentro del concreto, resisten las fuerzas de rompimiento.

¹ Markus Schulz, “KrampeHarex GmbH & Co. KG”, www.imcyc.com. Año 2007

CAPITULO II: MATERIALES **EMPLEADOS**

CAPITULO II: MATERIALES EMPLEADOS

Para el presente estudio se ha utilizado los siguientes materiales: Cemento Portland Tipo I, agua, agregados gruesos y finos, incorporador de aire y fibras de polipropileno, los cuales se analizan en forma independiente a continuación:

2.1 CEMENTO PORTLAND.

2.1.1 Generalidades:

Para el presente estudio se ha utilizado el Cemento Portland de tipo I "Cemento Pacasmayo" por ser el cemento con el que se viene trabajando en la obra, y el más usado en la zona de la libertad por la cercanía de su planta.

2.1.2 Cemento Pacasmayo (Portland Tipo I)¹:

Cemento hidráulico producido mediante la pulverización conjunta de clinker Portland y yeso.

Se vende en bolsas 42.5 Kg de peso neto y un pie cúbico de capacidad. El peso específico considerado en el presente estudio para el Cemento Pacasmayo es de 3.11 Kg/ cm³.

Cementos Pacasmayo S.A.A se ciñe a las normas técnicas: ASTM C-150 y NTP (Norma Técnica Peruana) 334.009.

¹ Cementos Pacasmayo S.A. "Curso Básico". Pagina Web: www.cementospacasmayo.com.pe. Lima-Perú. Año 2002

Propiedades químicas

Descripción	Tipo I
SiO ₂ , % mínimo	-----
Al ₂ O ₃ , % máximo	-----
Fe ₂ O ₃ , % máximo	-----
MgO , % máximo	6.00
SO ₃ , % máximo	
Cuando C ₃ A es menor o igual a 8%	3.00
Cuando C ₃ A es mayor a 8%	3.50
Pérdidas por ignición , % máximo	3.00
Residuos insolubles , % máximo	0.75
C ₃ A , % máximo	-----
(C ₃ S + C ₃ A) , % máximo	----
Álcalis, (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), % máximo	0.60

Propiedades físicas

Descripción	Tipo I
Contenido de aire en % (máximo , mínimo)	(12,N/A)
Fineza con turbidímetro en m ² /Kg (mínimo)	160
Fineza por permeabilidad de aire en m ² /Kg (min)	280
Expansión en autoclave	0.80
Resistencia en compresión en Mpa	
A 3 días	12.40
A 7 días	19.30
Fraguado inicial Gillmore mínimo en minutos	60
Fraguado final Gillmore máximo en minutos	600
Fraguado falso (penetración final) % mínimo	50

Usos y Aplicaciones

- En la construcción de edificaciones de mediana y gran envergadura.
- Fabricaciones pretensadas.
- Cuando se requiere acelerar el desencofrado o se necesita poner las

obras en servicio en poco tiempo.

- En obras importantes con tensiones medias o fuertes.
- Concreto es (concretos) aligerados.
- Concreto es (concretos) densos y normales.
- Pre-fabricados de concreto.
- Mortero para el asentado de ladrillos y otros materiales.

2.2 AGREGADOS GRUESO Y FINO.

2.2.1 Generalidades:

El agregado en la mezcla del concreto es de mucha importancia ya que representa aproximadamente alrededor del 75% del volumen del concreto. Por lo que a continuación daremos algunas definiciones sobre los agregados.

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm. (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana² (NTP 400.037). El agregado grueso puede ser grava o canto rodado, piedra chancada, etc.

Se considera como agregado fino a la arena o piedra finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037).

El agregado fino podrá consistir de arena natural, manufacturada o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compactas y resistentes; debiendo estar libres de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Los agregados empleados para esta investigación fueron traídos de la Cantera " La Arena " ubicado en el km 21+490.00 del tramo, y fueron ensayados en el Laboratorio de suelos, concreto y asfalto de la empresa **ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA S.A.**

² INDECOP "Norma técnica peruana". Lima - Perú. Año 2001.

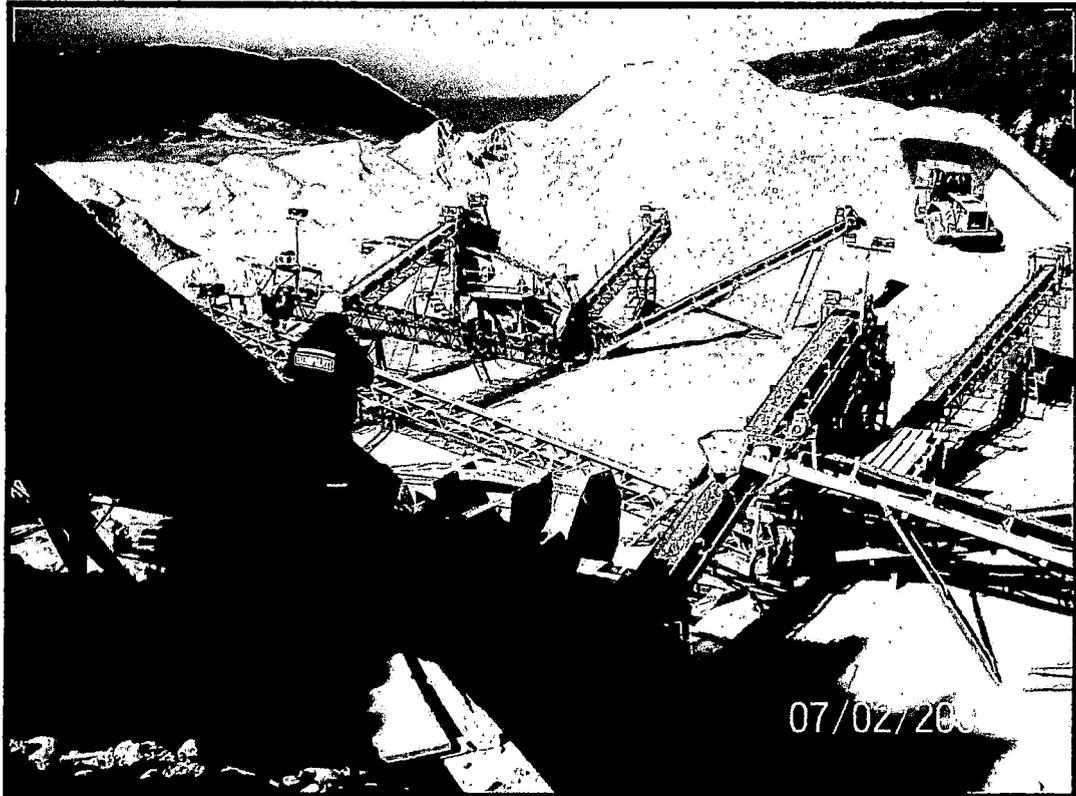


Foto 02: Se Extrae Los Agregados de la Cantera "La Arena"

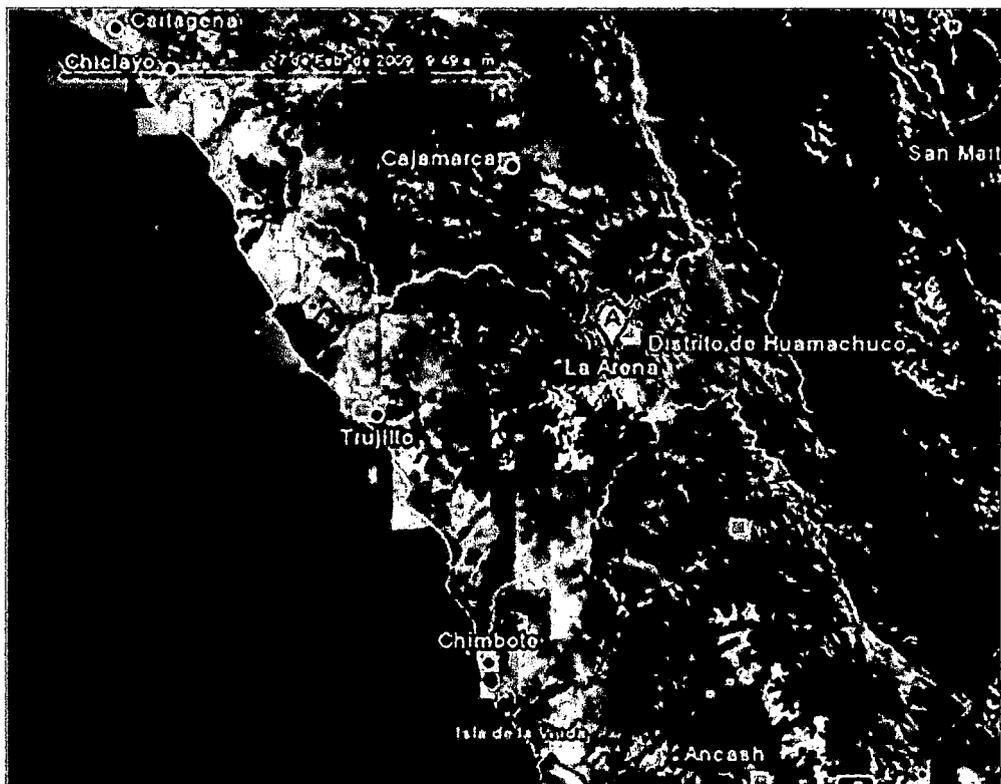


Foto 03: Foto Satelital de la Cantera "La Arena"



Foto 04: Dosificación del Agregado Fino

2.2.2 Propiedades y Normas

Las propiedades estudiadas, así como también los procedimientos de ensayos seguidos y normas para los agregados se encuentran en los ANEXOS (pág. 112).

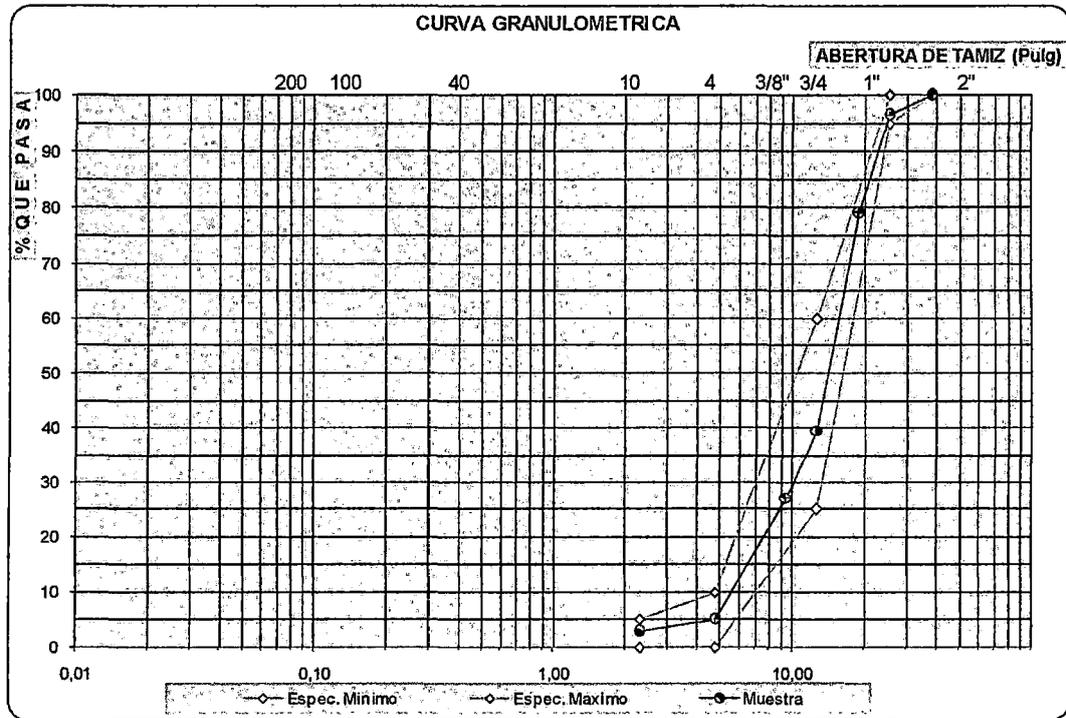
A continuación se presenta un Tabla resumen de los resultados obtenidos así como las curvas granulométricas de ambos agregados.

DESCRIPCION	UNIDAD	AGREGADO GRUESO	NTP
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1357	400.017
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1550	400.017
Peso Especifico	Kg/m ³	2637	400.021
Peso Especifico de Masa S.S.S.	Pulg	2660	400.021
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1.00	400.011
Modulo de Finura		6.77	-
Superficie Especifica	cm ² /gr	5.01	-
Contenido de Humedad	%	1.55	339.185
Porcentaje de Absorción	%	0.87	400.021
Material que Pasa la Malla N° 200	%	-	-

Tabla N° 2.2.1: Resumen de las características físicas del agregado grueso.

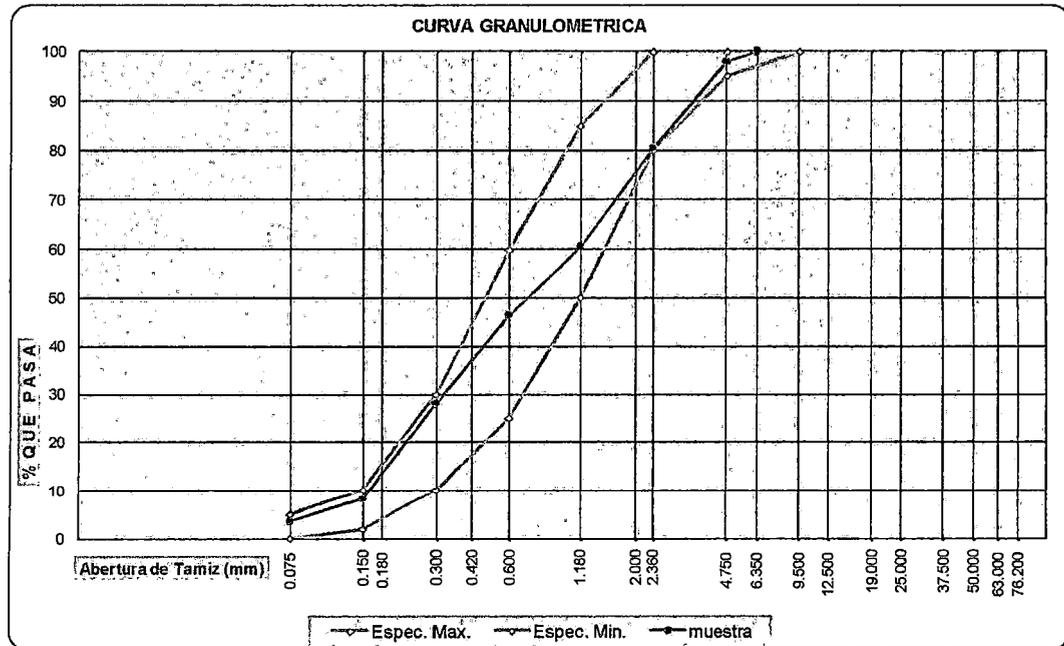
DESCRIPCION	UNIDA D	AGREGADO FINO	NTP
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1604	400.017
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1807	400.017
Peso Especifico	Kg/m ³	2705	400.022
Peso Especifico de Masa S.S.S.	Pulg	2742	400.022
Modulo de Finura		2.78	400.012
Superficie Especifica	cm ² /gr	55.77	-
Contenido de Humedad	%	6.23	339.185
Porcentaje de Absorción	%	1.37	400.022
Material que Pasa la Malla N° 200	%	2.95	400.018

Tabla N° 2.2.2: Resumen de las características físicas del agregado fino.



TAMIZ	MUESTRA	NTP 400.037		OBS
		Min.	Max	
1 1/2"	100,00	100,0	100	CUMPLE
1"	96,58	95,0	100	CUMPLE
3/4"	79,09	-	-	CUMPLE
1/2"	39,63	25,0	60	CUMPLE
3/8"	26,81	-	-	CUMPLE

Grafico N° 2.2.1: Granulometría del Agregado Grueso



TAMIZ	MUESTRA	NTP 400.037		OBS
		Min.	Max	
3/8	100,00	100	100	CUMPLE
4	97,90	95	100	CUMPLE
8	80,43	80	100	CUMPLE
16	60,57	50	85	CUMPLE
30	46,40	25	60	CUMPLE
50	28,20	10	30	CUMPLE
100	8,13	2	10	CUMPLE
200	3,50	0	5	CUMPLE

Grafico N° 2.2.2: Granulometría del Agregado Fino

2.3 ADITIVOS.

2.3.1 Generalidades:

Según la norma se le define como: “Un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico que se usa como ingrediente en concretos o morteros y se añade a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Además los aditivos utilizados deberán cumplir con los requisitos de las normas ASTM o NTP correspondientes. El empleo de aditivos no autoriza a disminuir el contenido de cemento seleccionado para la unidad cúbica de concreto³.

Para esta investigación se ha empleado dos tipos de aditivos facilitados por la empresa MBT (MASTER BUILDERS TECHNOLOGIES). Se ha facilitado las hojas técnicas de cada uno y son:

- MB VR aditivo incorporador de aire.
- FIBERMESH fibras de polipropileno.

2.3.2 MB VR Aditivo Incorporador de Aire:

El MB VR ⁴ (Solución de Resina Vinsol neutralizada de de BASF Construction Chemicals) Es una solución estable concentrada a base de resinas neutralizadas, de fluencia suave y de alta durabilidad con el tiempo.

Es un aditivo líquido, a base de resinas, que incorporan una cantidad controlada de micro burbujas en la mezcla. Estas burbujas actúan como amortiguadores para los esfuerzos inducidos por la congelación y descongelación.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto premezclado
- Concreto estructural
- Construcción de concreto masivo
- Concreto para pavimento

³ RIVA LOPEZ, Enrique. "Naturaleza y materiales del concreto". pág. 264. Capítulo peruano del ACI. Lima – Perú Año 2000.

⁴ BASF CONSTRUCTION CHEMICALS PERU S.A. pág. Web www.basf-cc-la.com . Año 2006

- Concreto para exteriores expuesto a condiciones de congelamiento y descongelamiento
- Concretos sometidos a bajas temperaturas

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

Concreto Fresco

- Reduce la segregación del concreto
- Minimiza la exudación en el concreto
- Incrementa la cohesión en el concreto, reduciendo la vibración y el tiempo de colocación.
- Incrementa la trabajabilidad del concreto
- Permite reducciones de la relación A/C
- Incrementa el bombeo del concreto
-

Concreto endurecido

- Incrementa la resistencia química del concreto, (sales)
- Incrementa la impermeabilidad del concreto
- Protege al concreto de los ciclos de hielo- deshielo
- Se obtienen concretos con mejor apariencia (caravista).

DOSIFICACION

Se recomienda utilizar de 0.02 ~ 0.07% del peso del cemento, utilizado en la mezcla, es decir de 10ml a 35ml. Por cada 50kg de cemento. Esta dosificación permite incorporar del 3 – 5% de aire en el concreto.

ESPECIFICACIONES/NORMAS

MB VR cumple con los requerimientos de las siguientes especificaciones:

- ASTM C-260
- AASHTO M-154

DIRECCIONES PARA SU USO

MB VR se suministra listo para su uso.

Debe mezclarse la cantidad dosificada de **MB VR** al agua de amasado, preferiblemente por medio de un dosificador manteniendo la mezcla en movimientos por espacio de 5 minutos.

Cuando utilice este producto con otros aditivos, estos se deben adicionar separadamente para asegurar una apropiada y mayor uniformidad de la mezcla.

Para un mejor comportamiento del incorporador de aire **MB VR** se debe tener especial cuidado en:

- Granulometría de la mezcla, especialmente para controlar partículas finas.
- El contenido de aire no debe exceder del 6%.
- El tiempo de mezcla, se debe incrementar en un 25% para obtener una mejor formación de micro burbujas.

El contenido de aire incluido depende de:

- Temperatura ambiente
- Finura del cemento
- Asentamiento del concreto
- Relación agua : cemento
- Dosis de cemento por m³
- Relación agregados finos / agregados gruesos
- Tiempo de mezclado
- Tipo de mezclado



*Foto 05: Instantes en que se mide la Dosificación del MB VR Aditivo
Incorporador de Aire*

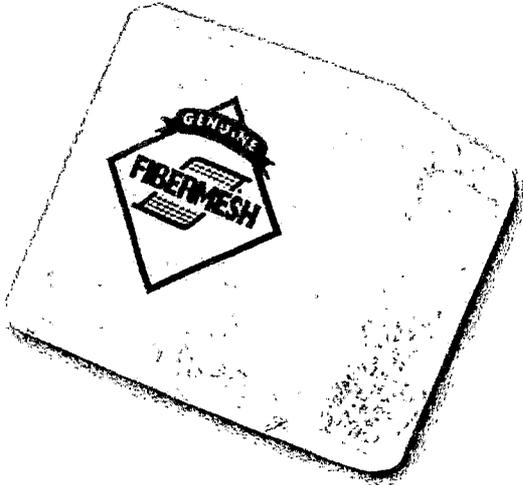
2.3.3 FIBERMESH Fibra de Polipropileno:

FIBERMESH⁵ es una fibra de polipropileno diseñada específicamente como refuerzo secundario del concreto. Las fibras de **FIBERMESH** son auténticos mono filamentos que se dispersan totalmente en la mezcla de concreto cuando se agregan en la planta pre mezcladora o en la obra.

No existe adherencia físico-química entre fibras y la matriz. La adherencia es puramente mecánica.

Una vez adicionadas las fibras al concreto y por acción de la mezcla, se abren y se distribuyen uniformemente por toda la masa, en todos los planos, formando una red tridimensional de refuerzo permite un notable control de la fisuración.

⁵ SYNTHETIC INDUSTRIES. pág. Web www.Fibermesh.com. Año 2006



FIBERMESH se ofrece en varias longitudes para proveer resistencias óptimas, reducir agrietamiento y permitir durabilidad del concreto a largo plazo.

PROPIEDADES

Apariencia: Fibra

Color : Blanco

APLICACIONES PRINCIPALES

- Losas para proyectos de concreto industrial, comercial y residencial.
- Lechos de cimentación, cimentaciones, paredes y tanques.
- Tubos de concreto, concreto prefabricado y vigas pretensadas y postensadas.

DOSIFICACIÓN

Dosificación 600 g/m³

Dosificación 100 g/saco de 50Kg de cemento.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

CONCRETO PLASTICO

- Controla o elimina fisuras por retracción plástica.
- Reduce la segregación.
- Minimiza el agua de exudación.
- Provee refuerzo tridimensional comparado con el bidimensional de la malla electrosoldada.

CONCRETO ENDURECIDO

- Reduce el agrietamiento.
- Aumenta la durabilidad de la superficie.
- Reduce la permeabilidad.
- Aumenta las resistencias a la flexión y a la compresión.

OTROS

- Reduce el costo de colocación comparado con concreto armado con malla electrosoldada.
- Permite desencofrar con mayor rapidez.
- Fácil de usar y puede agregarse a la mezcla de concreto en cualquier momento antes de la colocación del concreto, con la precaución de que se le dé el tiempo de mezclado necesario para su dispersión.

INFORMACION TECNICA⁶

Material.....	Polipropileno
Gravedad Específica.....	0.92
Resistencia a los Álcalis.....	Excelente
Resistencia a los Ácidos.....	Excelente
Conductividad Térmica.....	Baja (7)
Resistencia al Moho.....	Excelente
Longitud de la Fibra.....	19 mm (3/4")
Denier.....	30
Número de Fibras.....	> 10 x 106 por m3
Tipo de Fibra.....	Monofilamento
Densidad	2.37 kg/m3
Color.....	Blanco
Absorción.....	Cero
Resistencia a la Tensión.....	5,273 kg/cm2
Módulo de Elasticidad.....	38,688 kg/cm2
Punto de Ignición.....	>538°C
Punto de Fusión.....	163°C
Conductividad Eléctrica.....	Baja relación adecuada de fibra a metro cúbico.

⁶ SYNTHETIC INDUSTRIES. pág. Web www.Fibermesh.com. Año 2006

RECOMENDACIONES PARA SU USO

FIBERMESH, puede agregarse en cualquier momento antes de la colocación del concreto. Se recomienda que se agregue durante el mezclado en la planta de concreto premezclado, pero puede funcionar igual cuando se mezcla en la obra. Las fibras deben agregarse lentamente, a razón de cinco bolsas de fibras por minuto. **FIBERMESH** debe mezclarse con el concreto por un mínimo de 5 – 8 minutos a la velocidad máxima para asegurar dispersión total y uniformidad. Las mezclas de concreto secas pueden presentar aglutinamiento o apelmazamiento de la fibra, lo cual se remedia con mayor tiempo de mezclado. Es importante verificar durante la descarga del concreto que las fibras estén bien distribuidas en el concreto.

PRESENTACION

FIBERMESH, se ofrece en bolsas de polietileno 0.6 kg.

PRECAUCIONES

Las fibras de polipropileno están diseñadas para actuar como refuerzo por temperatura.

No debe confundirse o utilizarse para sustituir acero estructural.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

FIBERMESH, debe almacenarse en su envase original bajo techo.

Vida útil en almacenamiento: 1 año.



Foto 06: Pesado de la fibra de polipropileno **FIBERMESH**

2.4 AGUA

2.4.1 Generalidades

Las aguas empleadas son certificadas y de buena calidad, se ubican cercanos a la Obra y son los puntos de agua más significativos y que llevan considerable caudal en todo el año.

El agua empleada para el presente trabajo fue del río Vado, ubicado entre Km. 25+600 (Progresiva preliminar), Progresiva Final (Km. 25+676), el acceso es por el lado derecho a unos 450m de la vía existente.

2.4.2 Requisitos que debe cumplir

Las Fuentes de Agua indicada cuentan con certificados que fueron analizadas químicamente, y los resultados indican que cumplen con los requerimientos para

emplearlas en obras de Concreto de Cemento Pórtland, según la Norma Técnica⁷ NTP 339.088.

Tabla N° 2.4.0: Requisitos para agua de mezcla y curado (NTP 339.088)

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Sólidos en suspensión	5 000 ppm máximo
Materia Orgánica	3 ppm máximo
Carbonatos y Bicarbonatos alcalinos (Alcalinidad total expresada en NAHCO ₃)	1 000 ppm máximo
Sulfatos (Ión SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (Ión Cl)	1 000 ppm máximo
pH	Entre 5.5 y 8

⁷ Especificaciones de la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Trujillo-shiran-Huamachuco

CAPITULO III: CONCRETO CON AIRE INCORPORADO

CAPITULO III: CONCRETO CON AIRE INCORPORADO

3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION.

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Generalmente se considera que la resistencia a la compresión del concreto es su más valiosa propiedad. La resistencia a la compresión suele dar una imagen general de la calidad del concreto, puesto que está directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento fraguada.

El proceso de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión deberá cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 39 o de la Norma NTP 339.034.

3.1.1 Resistencia a la compresión a 7,14 y 28 días.

Con los diseños obtenidos se procede realizar las mezclas y fabricar las probetas de ensayo. Para poder apreciar el comportamiento de la resistencia del concreto respecto al tiempo ensayaremos probetas de 15 x 30cm, para las edades de 7, 14 y 28 días.

La resistencia a la compresión del concreto ($f'c$) se calculó como sigue:

$$f'c = 4 \times P / (\pi \times d^2)$$

Donde:

$f'c$ = Es la resistencia a la compresión del concreto, en Kg-f /cm².

P = Es la carga última del ensayo de compresión, en Kg-f.

d = Es el diámetro promedio de la probeta, en cm.

Las probetas se han ensayado en esta cantidad:

6 probetas a 07 días.

6 probetas a 14 días.

6 probetas a 28 días.

El procedimiento consiste en lo siguiente:

1ºPaso: Se llenan los moldes con concreto para cada tipo de mezcla proporcionada por los diseños.

2ºPaso: Cada molde será llenado con concreto en tres capas, y cada capa será compactada mediante 25 golpes con la varilla compactadora.

3ºPaso: Al día siguiente se procede a desmoldar con mucho cuidado las probetas de los moldes, luego cada una de ellas será puesta en las pozas de curado hasta que cumplan con el tiempo requerido para poder realizar el ensayo de compresión.

4ºPaso: Un día (24 horas) antes del día de ensayo las probetas se retiran de la poza de curado, para que estén completamente secas para el ensayo.

5ºPaso: El día de ensayo se les medirá las dimensiones, luego se les pondrá el capy (mezcla de azufre y bentonita) para que las caras queden lo suficientemente uniformes y que la carga de compresión esté paralela al eje de la probeta.

6ºPaso: Las probetas se colocan en la máquina de compresión y luego se le aplicará carga gradualmente hasta su rotura. Este procedimiento se seguirá con todas las probetas.

7ºPaso: Se anota los resultados.

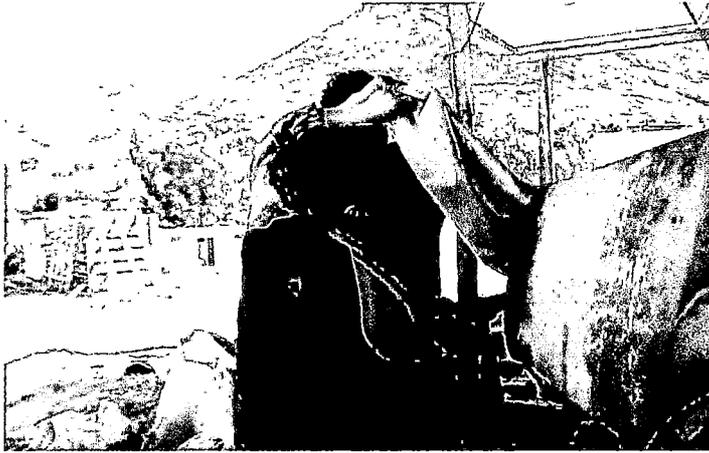


Foto 07:
Preparación de la mezcla.



Foto 08:
Preparación de las muestras cilíndricas.



Foto 09:
Ensayo de Resistencia a la Compresión.

3.2 RESISTENCIA A LA FLEXION CON VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN LOS DOS TERCIOS DEL TRAMO

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 15 cm. de altura, con 15 cm. de ancho y 50 cm. 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 dos tercios del tramo.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.078) se pueden dar los siguientes casos en este ensayo:

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

$$M_r = P \times L / (b \times h^2)$$

Donde:

M_r = Es el módulo de rotura del concreto, en Kg-f/cm².

P = Carga máxima de rotura indicada por la maquina, en Kg-f.

L = Es la luz libre entre apoyos, en cm.

b = Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm.

h = Altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm.

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

$$M_r = 3 \times P \times a / (b \times h^2)$$

Donde:

M_r = Es el módulo de rotura del concreto, en Kg-f/cm².

P = Carga máxima de rotura indicada por la maquina, en Kg-f.

a = Distancia entre la línea de falla y el apoyo mas cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en cm.

b = Ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm.

h = Altura promedio de la viga en la sección de falla, en 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.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1ºPaso: Se llenan los moldes con concreto para cada tipo de mezcla proporcionada por los diseños.

2ºPaso: Cada molde será llenado con concreto en dos capas, y cada capa será compactada mediante 54 golpes, con una varilla compactadora.

3ºPaso: Al día siguiente se procede a desencofrado con mucho cuidado las vigas de los moldes. En este caso de las vigas se ensayarían a 24 horas (1 día) por eso no se colocan en la poza de curado. La prueba a flexión se realizara tan pronto como sea posible.

4ºPaso: Se marcan en la cara inferior de moldeado y se dividen en 3 partes iguales, dentro de una luz de 45 cm. es decir cada parte medirá 15 cm.. Todo esto tratando de dejar como mínimo 2.5 cm. a los costados de el eje del apoyo.

5ºPaso: Tomar tres medidas a lo largo de cada dimensión (una en cada extremo y una al centro) con aproximación de 1 mm.

6ºPaso: La viga se gira sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre las placas de apoyo de la maquina de ensayo.

7ºPaso: Se aplica la carga a una velocidad constante, entre 0.86 Mpa/min y 1.21 Mpa/min, hasta producir la rotura de la viga.



Foto 10: Preparación los moldes de las vigas para el ensayo de flexión.

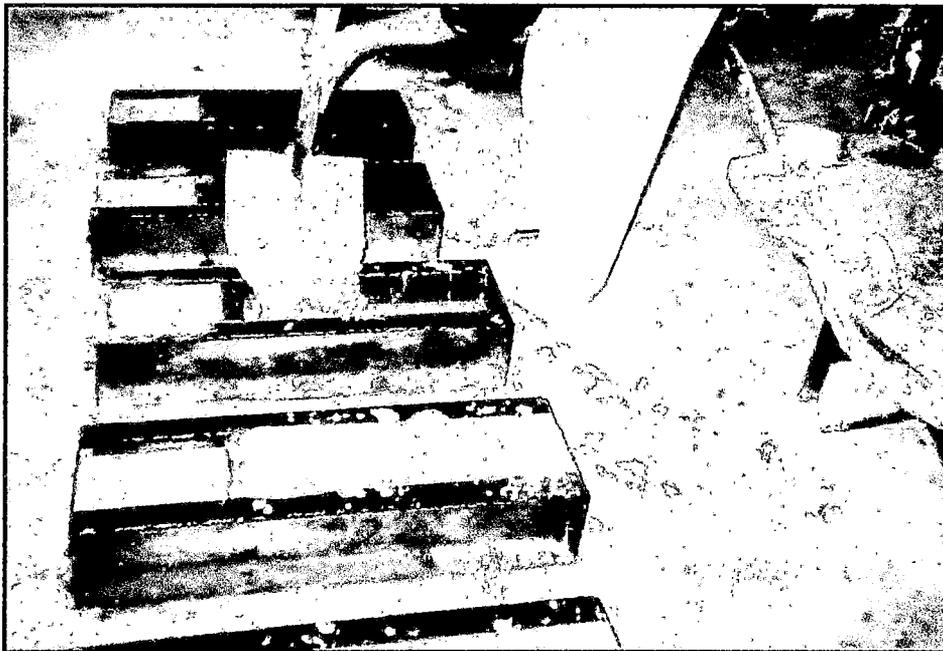


Foto 11: Se llenan los moldes de las vigas con mezcla de concreto.

3.3 DISEÑO DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO.

Existen varios métodos para el diseño de mezclas, se aplicó en esta investigación el método del ACI-211 (Ver anexo), por ser el más conocido. Según la hoja técnica de MB VR aditivo incorporador de aire, se recomienda utilizar de 0.02 ~ 0.07% del peso del cemento, utilizado en la mezcla, es decir de 10ml a 35ml. Por saco de 50kg de cemento.

Para esta investigación se ha empleado la relación de agua/cemento de 0.46, de acuerdo al ACI, y se incorporo 0.05% en peso del cemento de MB VR (incorporador de aire).

Se ha seguido el siguiente procedimiento:

1ºPaso: Definir los porcentajes de agregado.

2ºPaso: Definir la relación agua/cemento para el concreto patrón a realizar.

3ºPaso: Definir la cantidad de MB VR (incorporador de aire).

4ºPaso: Asumir la cantidad de agua a emplear por metro cúbico de concreto.

5ºPaso: Calcular el diseño de mezcla por el método del ACI-211.

6ºPaso: Definir y pesar la tanda.

7ºPaso: Mezclar el MB VR con el agua de amasado.

8ºPaso: Poner a funcionar la mezcladora y echarle 50 % del agua de diseño.

9ºPaso: Vaciar a la mezcladora la piedra, la arena y el cemento, en ese orden.

10ºPaso: Echar el resto de agua. Mezclar por espacio de 5 minutos

11ºPaso: Vaciar la mezcla y hacerle el ensayo de consistencia por el método del

cono de Abrams, para medir su asentamiento.

12°Paso: Graficar los resultados.

Los diseños de mezcla del concreto con aire incorporado por metro cúbico, resultaron los siguientes:

Tabla N° 3.1.0: Diseños patrones utilizados en la investigación.

DISEÑO DEL CONCRETO CON MB VR	
MB VR (ml)	174.25
a/c	0.46
Cemento (Kg)	348
Agua (Lts)	160
Arena (Kg)	769
Piedra (Kg)	1039

(Ver anexo D)

El Tabla N° 3.1 nos muestra los pesos secos de los diseños de mezcla del concreto patrón, para cada relación agua/cemento. Estos pesos se han de corregir por humedad y por absorción según sea el estado de los agregados. Así también se puede notar la denominación respectiva, de cada diseño patrón, que se le ha dado a lo largo de toda la investigación.

CAPITULO IV: CONCRETO CON **FIBRAS DE POLIPROPILENO E** **INCORPORADOR DE AIRE**

CAPITULO IV: CONCRETO PATRON CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORE DE AIRE

4.1 DISEÑO DEL CONCRETO CON FIBRA DE POLIPROPILENO E INCORPORADORE DE AIRE

Al concreto con MB VR incorporador de aire se adicionó un porcentaje de FIBERMESH fibras de polipropileno; según la hoja técnica de este producto se recomienda aplicar 100gr por sacos de 50Kg de cemento, es decir que por cada bolsa de cemento de 42.50Kg se debería usar 85gr.

Para conocer la dosis de los aditivos a emplear, se realizaron pruebas de eficiencia con diferentes porcentajes de los aditivos, conforme se recomienda en las respectivas hojas técnicas.

Para nuestro estudio, con el fin de determinar el mejor resultado tanto en lo económico como en las propiedades del concreto, añadimos tres proporciones de FIBERMESH de:

- 75gr por bolsa de cemento.
- 85gr por bolsa de cemento.
- 95gr por bolsa de cemento.

En los tres casos se trabajo con el diseño típico de concreto con 0.05% de MB VR incorporador de aire por peso de cemento, cuyas proporciones se mencionan a continuación:

DISEÑO DEL CONCRETO CON MB VR	
MB VR (ml/bolsade cemento)	21.25
a/c	0.46
Cemento	1.00
Agua (Lit./bol)	14.12
Arena (Kg)	2.07
Piedra (Kg)	3.30

(Ver anexo D)

Se llenaron moldes cilíndricos de 15 x 30cm para el ensayo de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días.

Generalmente se considera que la resistencia a la compresión del concreto es su más valiosa propiedad, aunque en muchos casos prácticos, existen otras características, como la elasticidad, durabilidad, la impermeabilidad, que pueden ser aun mas importantes. Sin embargo, la resistencia a la compresión suele dar una imagen general de la calidad del concreto, puesto que está directamente relacionada con la estructura de la pasta de cemento fraguada.

Para preparar las mezclas se siguió el procedimiento siguiente:

1ºPaso: Realizar el diseño de mezcla del concreto con MB VR incorporador de aire, por el método del ACI-211.

2ºPaso: Definir y pesar la tanda.

3ºPaso: Definir y pesar la cantidad de fibra a emplear.

4ºPaso: El agua de la tanda se divide en dos (2) partes iguales. En una de las partes se echa el aditivo MB VR incorporador de aire y en la otra parte agregar el FIBERMESH fibra de polipropileno.

5ºPaso: Poner en funcionamiento la mezcladora y echar el agua con aditivo MB VR incorporador de aire.

6ºPaso: Vaciar a la mezcladora la piedra, la arena y el cemento, en ese orden.

7ºPaso: Luego de 30 a 40 segundos, vista la consistencia de la mezcla, echar el agua restante.

El FIBERMESH fibra de polipropileno, se puede agregar en cualquier instante, con la finalidad de evitar que se pierda parte de esta fibra por el viento, se procedió sumergirla en el agua restante y echarle junto con ella.

8ºPaso: Una vez terminado de agregar el I FIBERMESH, revolver a velocidad máxima de 5 a 8 minutos.

9ºPaso: Vaciar la mezcla y hacer el ensayo del cono de Abrams, para medir su asentamiento.

10ºPaso: Llenar los moldes cilíndricos de 15 x 30cm, con la mezcla, para el ensayo de resistencia a la compresión. Previamente los moldes deben estar limpios y engrasados. El llenado se realiza en tres capas y con 25 golpes por capa, utilizando una varilla compactadora.

11ºPaso: Dos horas antes de llegar a la hora del ensayo, se desencofran las probetas para su capeado.

12ºPaso: Se someten las probetas al ensayo de resistencia a la compresión.

11ºPaso: Graficar los resultados.

Posteriormente se realizaron los mismos ensayos que se efectuaron para el concreto con aire incorporado tanto en el estado fresco como endurecido, con el propósito de comparar sus propiedades, los mismos que se muestran en los anexos.

CAPITULO V: CONCRETO **FRESCO**

CAPITULO V: CONCRETO FRESCO

5.1 Generalidades:

Consideramos que el concreto se encuentra en estado fresco cuando todavía no ha logrado alcanzar su fragua inicial, y por lo tanto, es vital que la consistencia de la mezcla sea tal que el concreto pueda transportarse, colocarse y acabarse con relativa facilidad y sin segregación.

Para este capítulo se realizaron los ensayos del concreto mencionado en los CAPITULO III y CAPITULO IV cuyos resultados se detallan en el ANEXO J.

5.1.1 Peso Unitario (NTP 339.046).

El peso unitario se refiere al peso que tiene el concreto en un determinado volumen, nos sirve para poder compararlo respecto a otros concretos y verificar que las proporciones de los materiales es la correcta.

Se logrará de la siguiente manera:

1ºPaso: Se llenará un recipiente cilíndrico con concreto, en tres capas y cada capa con 25 golpes por medio de una varilla de 60 cm. de longitud y 5/8" de diámetro.

2ºPaso: Una vez obtenido el peso del concreto y el volumen del recipiente, bastará una simple división para poder hallar el peso unitario del concreto fresco.

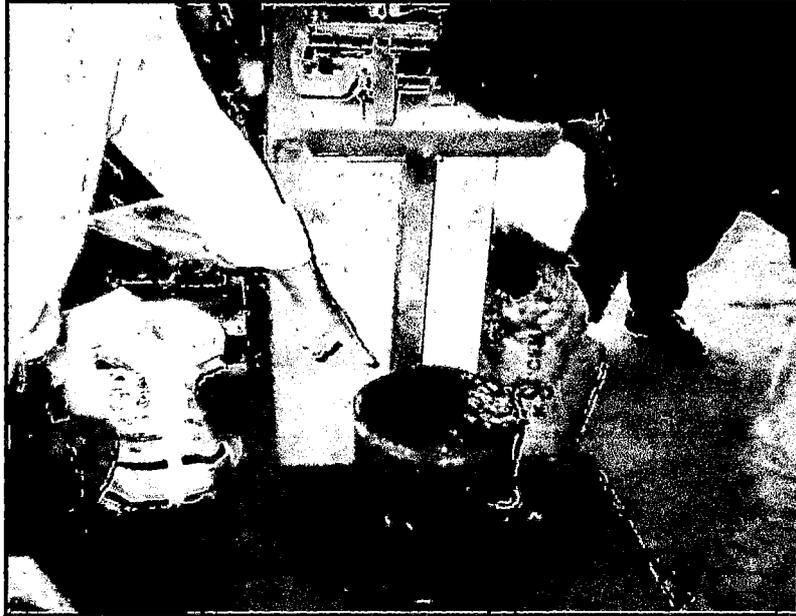


Foto 12: Pesado del Concreto al estado fresco para determinar el Peso Unitario.

5.1.2 Consistencia (NTP 339.035).

La consistencia es la capacidad del concreto recién mezclado para fluir, en gran parte, también determina la facilidad con que el concreto puede compactarse, una vez seleccionados los materiales y las proporciones de la mezcla. El control primario sobre la trabajabilidad se lleva a cabo mediante cambios en la consistencia, producidos por modificaciones en el contenido de agua.

Una forma de medirlo es mediante el cono de Abrams, el cual consiste en:

1ºPaso: Llenar un recipiente troncocónico en tres capas de igual volumen, cada capa será chuseada con 25 golpes en forma concéntrica de afuera hacia adentro, mediante una varilla lisa de 60 cm. de longitud, con un diámetro de 5/8" y terminada en una punta de forma semiesférica.

2ºPaso: Luego levantaremos el cono y procederemos a medir el asentamiento que ha sufrido el concreto con respecto a la altura del cono.

3ºPaso: Este asentamiento obtenido nos da un valor que puede ser

comparado con la producción de concreto que estamos realizando y nos podrá indicar si hay que hacer algún cambio en las proporciones de los materiales.



Foto 13: Se llena el cono con la mezcla al estado fresco y se chusea.

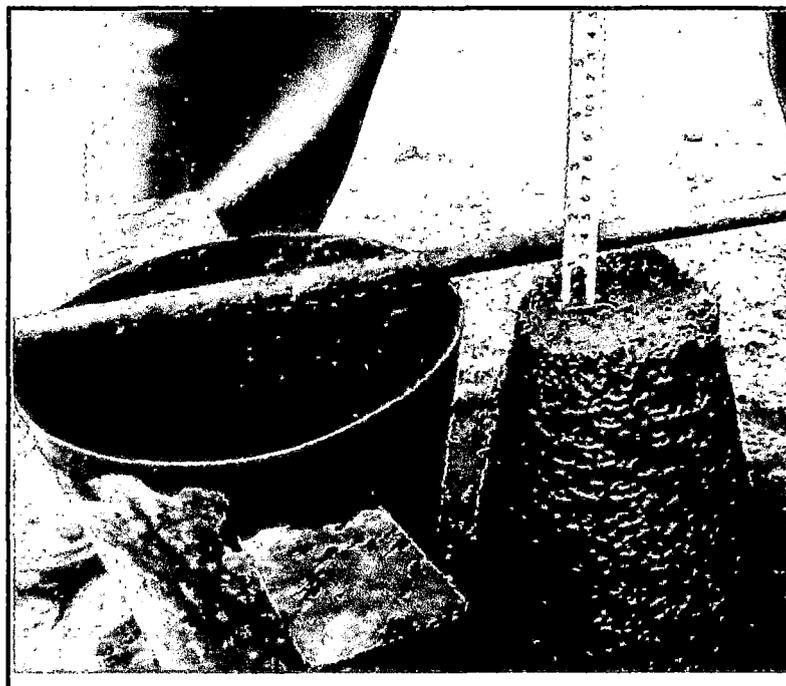


Foto 14: Se mide el asentamiento del concreto fresco.

5.1.3 Exudación (NTP 339.077).

Es un tipo de segregación en la que parte del agua de la mezcla tiende a subir a la superficie del concreto recién colocado. Esto se debe a que los componentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua de mezclado cuando se asientan en el fondo. Por causa la exudación la superficie del concreto puede quedar demasiado húmeda y, si el agua queda atrapada entre elementos superpuestos de concreto, el resultado puede ser un concreto poroso, débil y poco durable. Si la evaporación del agua de la superficie es más rápida que la magnitud del sangrado, puede observarse agrietamiento por contracción plástica. Una parte del agua que asciende queda atrapada en las partes bajas laterales de las partículas de agregado grueso o de las varillas de refuerzo, creando así zonas de adherencia deficientes.

El procedimiento es el siguiente:

1ºPaso: Preparamos la mezcla de concreto, luego llenamos un recipiente, en este caso se empleo baldes de pintura, en tres capas cada capa con 25 golpes dejándose 2 centímetros libres en la parte superior del recipiente.

2ºPaso: Inmediatamente después de llenar, nivelar y enrazar la superficie, se coloca el recipiente sobre una plataforma nivelada o sobre un piso libre de vibraciones y se tapa, manteniendo la misma en su lugar durante el ensayo.

3ºPaso: Una vez que inicie la exudación se transfiere el agua a un tubo graduado (jeringa de 10 ml) y se anota la cantidad de agua acumulada, repitiéndose el procedimiento hasta que la mezcla deje de exudar.

5.1.4 Contenido de aire. (NTP 339.083).

El ensayo del contenido de aire se realiza para saber qué cantidad de vacíos tiene internamente el concreto en toda su masa. Sabemos que mientras más aire tenga internamente el concreto su resistencia a la compresión disminuirá. Pero también es necesario en casos de tener un clima con condiciones severas (es decir de temperaturas muy bajas), ya que el aire incorporado en ciertas cantidades favorece la resistencia a las bajas temperaturas, sobre todo en casos en que el agua atrapada internamente aumente su volumen cuando entra en congelamiento.

El método que se describe para determinar el contenido de aire del concreto fresco, se basa en la medición del cambio de volumen del concreto sometido a un cambio de presión.

El equipo que se utilizó para este ensayo es el tipo B de la norma ASTM C231 (equipo tipo Washington), el que está equipado con un dial que registra directamente el contenido de aire, en porcentaje (%), con respecto al volumen de concreto. El equipo consta de un recipiente con tapa de acero cuya capacidad mínima es de 6 litros. La tapa está provista de un ajuste de goma o caucho para cierre hermético con el recipiente y lleva además otros aditamentos.

El procedimiento es aplicable a concreto fabricado con árido de densidad normal y tamaño máximo no superior a 2". El procedimiento seguido es el siguiente:

1ºPaso: Preparar la mezcla de concreto.

2ºPaso: Se llena el recipiente metálico, compactando en 2 capas con 25 golpes por capa, con una varilla metálica de 5/8" lisa, de aproximadamente 12" de longitud y con punta roma.

3ºPaso: Limpiar los bordes y en especial la goma de sello, colocar la tapa y ajustar herméticamente con las llaves que dispone en los bordes de la tapa.

4ºPaso: Cerrar las válvulas para aire y abrir las llaves para agua. Mediante una jeringa de goma introducir agua por una de las llaves de agua hasta

que fluya por la otra llave. Golpear lateralmente con un mazo para expulsar burbujas de aire atrapadas en el agua introducida.

5ºPaso: Bombear aire a la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial. Reposar algunos segundos para enfriar el aire comprimido. Estabilizar la aguja, mediante bombeos o purga, en la marca de presión inicial.

6ºPaso: Cerrar las dos llaves de agua y abrir la válvula de entrada de aire comprimido de la cámara de aire al recipiente. Golpear suavemente los costados del recipiente, como también la tapa del dial para estabilizar la lectura.

7ºPaso: Leer con aproximación a 0,1% el contenido de aire registrado en el dial. Antes de abrir la tapa, mantener cerradas las válvulas de aire y abrir las llaves de agua para liberar la presión de aire existente en el recipiente.

Los resultados se muestran en el capítulo VII.

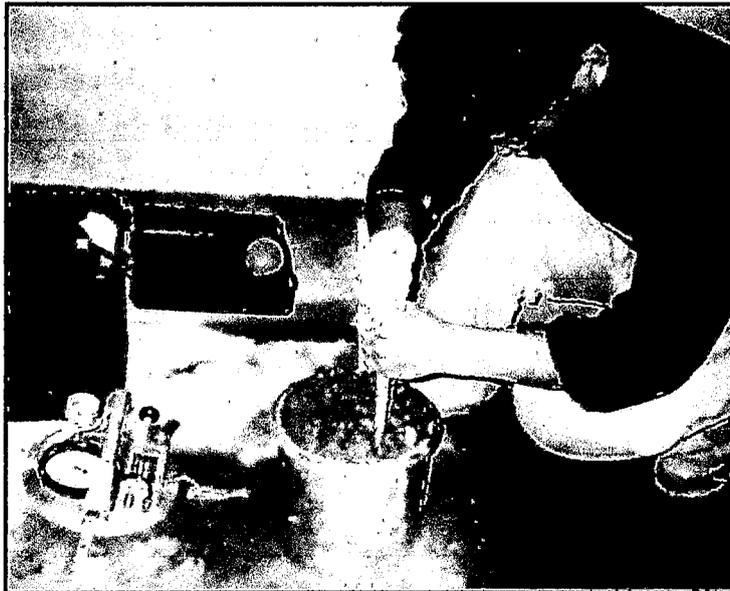


Foto 15: Determinación del contenido de aire para el concreto fresco. Se puede ver el equipo tipo Washington.

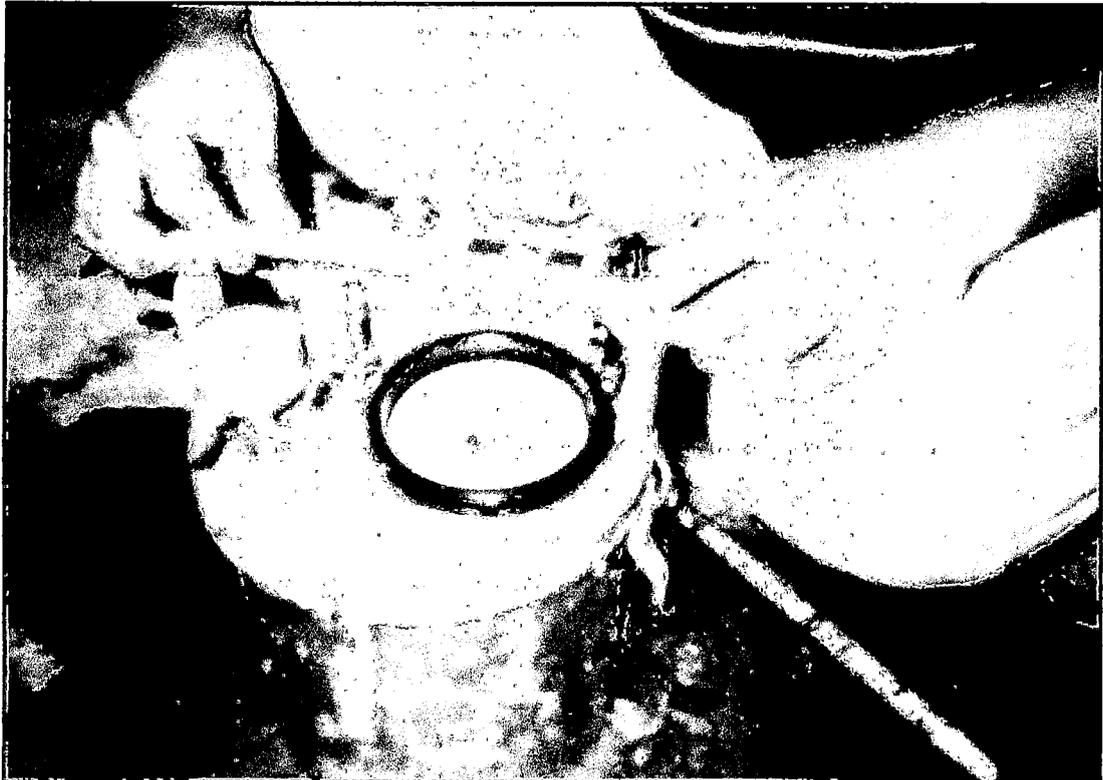


Foto 16: Tomando lectura del contenido de aire, según lo que indica el equipo tipo Washington.

CAPITULO VI: COMPARACION **DE COSTOS**

CAPITULO VI: COMPARACION DE COSTOS

Se realizó un estudio de costos comparativos teniendo en cuenta los precios de los materiales puestos en obra.

Tabla N° 6.1.0: *Costo de los materiales para concreto patrón y concreto con aditivos.*

MATERIALES	UND	PRECIO (S/.)	UND	PRECIO (S/.)
Cemento Pacasmayo Tipo I	bolsa	17.50	Kg	0.4118
Agua (consumo Comercial)	m3	4.35	Lit.	0.0044
Arena Gruesa	m3	34.00	Kg	0.0340
Piedra Chancada	m3	55.00	Kg	0.0550
MB VR Incorporador de Aire	20 Lit.	164.00	Lit.	8.2000
FIBERMECH Fibra de Polipropileno	900 gr	28.00	gr	0.0311

Estos precios INCLUYEN I.G.V. Y transporte para puesta en obra. Los precios están referidos al mes de Noviembre 2008 con tipo de cambio de S/. 2.91 para compra del dólar.

El costo por kilo de cemento se ha obtenido teniendo en cuenta que una bolsa de Cemento Pacasmayo Tipo I tiene un peso promedio de 42.5 kilos. Para los costos por kilo de los agregados que figuran en Tabla N° 6.10 se ha considerado el peso unitario suelto del agregado respectivo.

Para el precio del aditivo MB VR de incorporador se considero por litro, y la fibra de polipropileno FIBERMESH en bolsas de 900 gr.

El precio para el agua se ha considerado como de consumo comercial.

Los Tablas siguientes nos muestran los precios por metro cúbico de concreto patrón y concreto con aditivos que ya se han estudiado en capítulos anteriores.

Tabla N° 6.2.0: Costo del concreto con aire incorporado por metro cúbico.

MATERIALES	UND	Peso x m3	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO (S/.)
Cemento Pacasmayo Tipo I	Kg	348.00	0.412	143.29
Agua (consumo Comercial)	Lit.	116.00	0.004	0.50
Arena Gruesa	Kg	817.00	0.034	27.78
Piedra Chancada	Kg	1055.00	0.055	58.03
MB VR Incorporador de Aire	Lit.	0.174	8.200	1.43
COSTO TOTAL X m3				231.03

Tabla N° 6.3.0: Costo del concreto con fibra de polipropileno e incorporadores de aire, por metro cubico. FIBERMESH (75 gr / bolsa)

MATERIALES	UND	Peso x m3	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO (S/.)
Cemento Pacasmayo Tipo I	Kg	348.00	0.412	143.29
Agua (consumo Comercial)	Lit.	116.00	0.004	0.50
Arena Gruesa	Kg	817.00	0.034	27.78
Piedra Chancada	Kg	1055.00	0.055	58.03
MB VR Incorporador de Aire	Lit.	0.174	8.200	1.43
FIBERMESH Fibra de Polipropileno 75gr	gr	615.96	0.031	19.16
COSTO TOTAL X m3				250.19

Tabla N° 6.4.0: Costo del concreto con fibra de polipropileno e incorporadores de aire, por metro cubico. FIBERMESH (85 gr / bolsa)

MATERIALES	UND	Peso x m3	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO (S/.)
Cemento Pacasmayo Tipo I	Kg	348.00	0.412	143.29
Agua (consumo Comercial)	Lit.	116.00	0.004	0.50
Arena Gruesa	Kg	817.00	0.034	27.78
Piedra Chancada	Kg	1055.00	0.055	58.03
MB VR Incorporador de Aire	Lit.	0.174	8.200	1.43
FIBERMESH Fibra de Polipropileno 85gr	gr	696.00	0.031	21.65
COSTO TOTAL X m3				252.68

Tabla N° 6.5.0: Costo del concreto con fibra de polipropileno e incorporadores de aire, por metro cubico. FIBERMESH (95 gr / bolsa)

MATERIALES	UND	Peso x m3	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO (S/.)
Cemento Pacasmayo Tipo I	Kg	348.00	0.412	143.29
Agua (consumo Comercial)	Lit.	116.00	0.004	0.50
Arena Gruesa	Kg	817.00	0.034	27.78
Piedra Chancada	Kg	1055.00	0.055	58.03
MB VR Incorporador de Aire	Lit.	0.174	8.200	1.43
FIBERMESH Fibra de Polipropileno 95gr	gr	779.52	0.031	24.25
COSTO TOTAL X m3				255.28

Tabla N° 6.6.0: Comparación de costo del concreto aire incorporado y concreto con fibras de polipropileno + incorporador de aire por metro cúbico, sin considerar los costos de operación.

CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE		CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
FIBERMESH	COSTO (%)	COSTO (%)
75gr	108%	100%
85gr	109%	100%
95gr	110%	100%

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo MB VR (0.05%)

Aditivo FIBERMESH (dosis = 75gr, 85gr y 95gr)

De estas Tablas podemos observar que los precios se incrementan en casi 10% al incluir la fibra de polipropileno. Se debe tener presente que en estos costos no se están considerados los gastos por operación, la mano de obra ni el equipo a utilizar.

CAPITULO VII: CUADROS Y **RESULTADOS**

CAPITULO VII: CUADROS Y RESULTADOS

GENERALIDADES

En este capítulo mostraremos los resultados de los diferentes ensayos efectuados a lo largo de toda el estudio del "CONCRETO EN CLIMAS FRIOS, CON USO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE". Estos resultados son mostrados en Tablas con sus respectivos gráficos según sea el caso. Posteriormente se analizarán estos resultados en el CAPITULO IX.

7.1. LOS AGREGADOS.

RESUMEN DE TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla N°7.1.1: Tabla de resumen de las características físicas del agregado grueso.

Tabla N° 7.1.2: Tabla de resumen de las características físicas del agregado fino.

Tabla N° 7.1.3: Resumen del ensayo de granulometría del agregado grueso.

Gráfico N° 7.1.1: Granulometría del agregado grueso.

Tabla N° 7.1.4: Resumen del ensayo de granulometría del agregado fino.

Gráfico N° 7.1.2: Granulometría del agregado fino.

Tabla N° 7.1.1: Tabla de resumen de las características físicas del agregado grueso. (Ver anexo A)

DESCRIPCION	UNIDAD	AGREGADO GRUESO	NTP
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1357	400.017
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1550	400.017
Peso Especifico	Kg/m ³	2637	400.021
Peso Especifico de Masa S.S.S.	Pulg	2660	400.021
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	1.00	400.011
Modulo de Finura		6.77	-
Superficie Especifica	cm ² /gr	5.01	-
Contenido de Humedad	%	1.55	339.185
Porcentaje de Absorción	%	0.87	400.021
Material que Pasa la Malla N° 200	%	-	-

Tabla N° 7.1.2: Tabla de resumen de las características físicas del agregado fino. (Ver anexo B)

DESCRIPCION	UNIDA D	AGREGADO FINO	NTP
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1604	400.017
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1807	400.017
Peso Especifico	Kg/m ³	2705	400.022
Peso Especifico de Masa S.S.S.	Pulg	2742	400.022
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	-	-
Modulo de Finura		2.78	400.012
Superficie Especifica	cm ² /gr	55.77	-
Contenido de Humedad	%	6.23	339.185
Porcentaje de Absorción	%	1.37	400.022
Material que Pasa la Malla N° 200	%	2.95	400.018

Tabla N° 7.1.3: Resumen del ensayo de granulometría del agregado grueso.

TAMIZ	PORCENTAJES RETENIDOS (%)			% RETENIDO PROMEDIO	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA ACUM.
	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3			
1 1/2"	0	0	0	0,00		100,00
1"	2,22	4,06	3,98	3,42	3,42	96,58
3/4"	14,02	24,92	13,54	17,49	20,91	79,09
1/2"	36,73	45,43	36,2	39,45	60,37	39,63
3/8"	14,25	9,02	15,19	12,82	73,19	26,81
N° 4	26,2	12,46	26,57	21,74	94,93	5,07
N° 8	2,64	1,25	2,72	2,20	97,13	2,87
N° 100	3,22	2,02	1,08	2,11	99,24	0,76
Fondo	0,72	0,84	0,72	0,76	100,00	0,00

Leyenda

Piedra de la cantera "LA ARENA"

Gráfico N° 7.1.1 : Granulometría del agregado grueso.

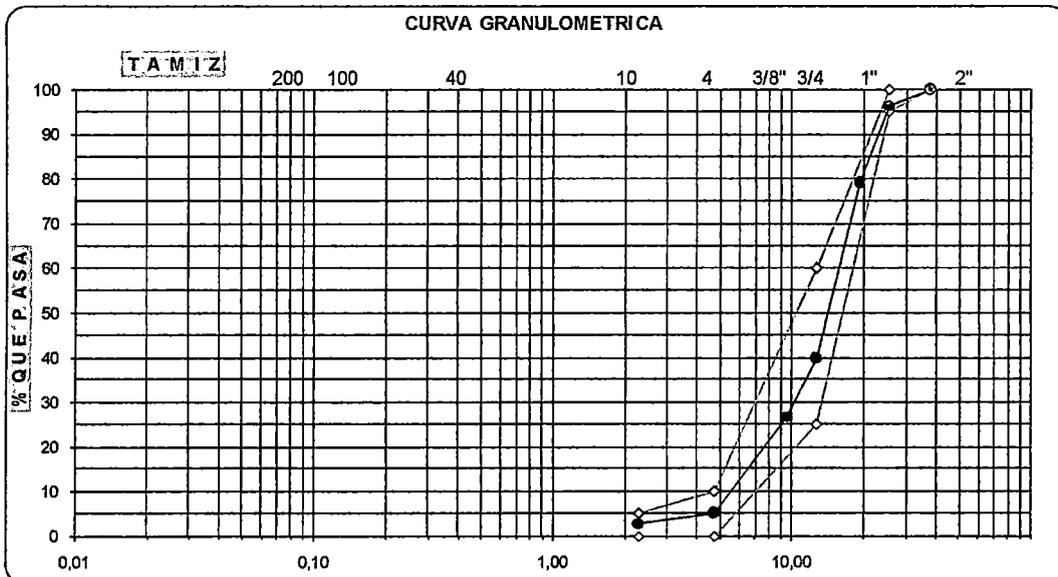


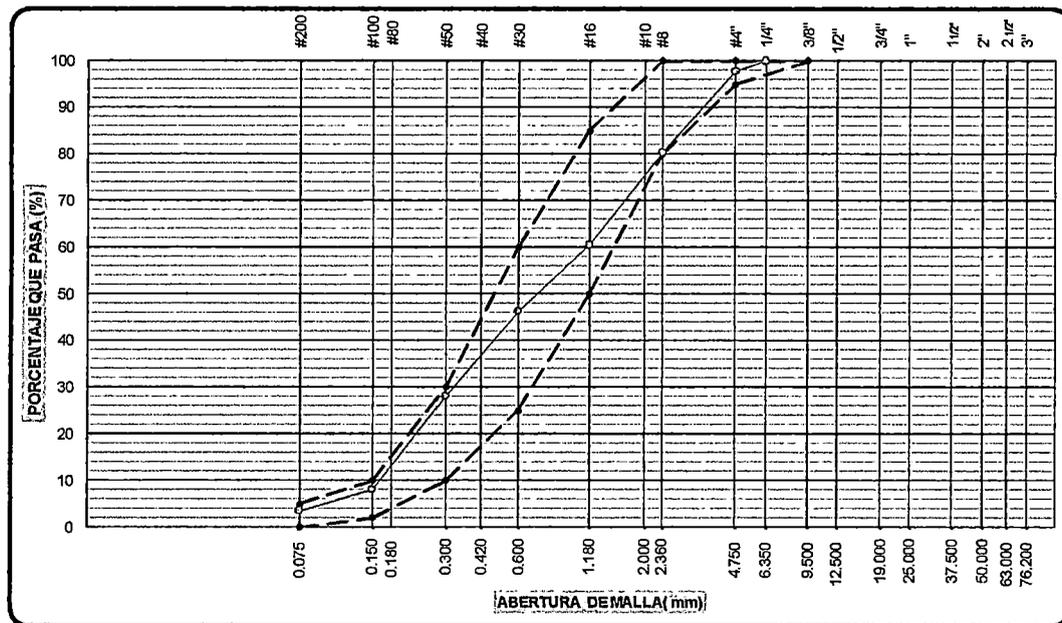
Tabla N° 7.1.4: Resumen del ensayo de granulometría del agregado fino.

TAMIZ	PORCENTAJES RETENIDOS (%)			% RETENIDO PROMEDIO	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA ACUM.
	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3			
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00		100.00
N° 4	2.30	1.80	2.20	2.10	2.10	97.90
N° 8	17.80	17.70	16.90	17.47	19.57	80.43
N° 16	19.30	20.60	19.70	19.87	39.43	60.57
N° 30	14.00	14.10	14.40	14.17	53.60	46.40
N° 50	17.90	18.50	18.20	18.20	71.80	28.20
N° 100	20.10	19.90	20.20	20.07	91.87	8.13
N° 200	4.80	4.50	4.60	4.63	96.50	3.50
Fondo	3.80	2.90	3.80	3.50	100.00	0.00

Leyenda

Piedra de la cantera "LA ARENA"

Gráfico N° 7.1.2 : Granulometría del agregado fino.



7.2 CONCRETO CON AIRE INCORPORADO.

RESUMEN DE TABLAS Y GRÁFICOS

7.2.1 DISEÑO DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO.

Tabla N° 7.2.1: Diseños patrones utilizados en la investigación.

7.2.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.

Tabla N° 7.2.2: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de
15 x 30 cm., en Kg/cm².

Gráfico N° 7.2.1: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de
15 x 30 cm., en Kg/cm².

Tabla N° 7.2.3: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con aire
incorporado, en porcentajes.

Gráfico N° 7.2.2: Resistencias a la compresión a los 28 días del concreto con
aire incorporado, en porcentajes.

Tabla N° 7.2.4: *Resultados de ensayo a la compresión a los 28 días en probetas
de 15 x 30 cm., en Kg/cm².*

7.2.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.

Tabla N° 7.2.4: Las resistencias a la flexión a los 28 días, dados en
Kg/cm²

7.2.1 DISEÑO DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO.

Tabla N° 7.2.1: Diseños patrones utilizados en la investigación.

DISEÑO DEL CONCRETO CON MB VR	
MB VR (ml/bolsade cemento)	21.25
a/c	0.46
Cemento	1.00
Agua (Lit./bol)	14.12
Arena (Kg)	2.07
Piedra (Kg)	3.30
% Aire	5.00

(Ver anexo D)

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo incorporador de aire MB VR

Asentamiento constante (2" a 3")

Nota: Los valores mostrados en el Tabla es la proporción en volumen del concreto con aire incorporado, es decir que para una unidad "u" de volumen de cemento se usara 2.07u de arena y 3.30u de piedra.

7.2.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.

Tabla N° 7.2.2: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².

Denominacion	NUMERO DE DIAS		
	7	14	28
a/c-0.46	162	168	183

(Ver ANEXO F)

Leyenda

- Cemento Pacasmayo Tipo I
- Piedra de la cantera "La Arena"
- Arena de la cantera "La Arena"
- Asentamiento constante (2" a 3")

Gráfico N° 7.2.1: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².

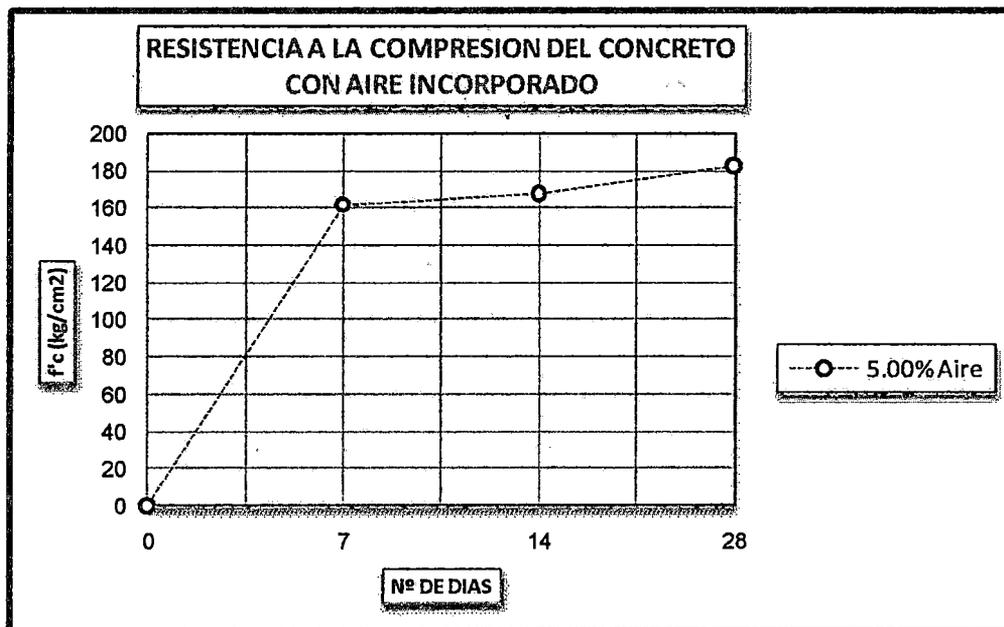


Tabla N° 7.2.3: Resistencia a la compresión a del concreto patrón en porcentajes.

Denominación	NUMERO DE DIAS		
	7	14	28
a/c-0.46	93%	96%	105%

Leyenda

- Cemento Pacasmayo Tipo I
- Piedra de la cantera "La Arena"
- Arena de la cantera "La Arena"
- Asentamiento constante (2" a 3")

Gráfico N° 7.2.2: Resistencias a la compresión del concreto con aire incorporado en porcentajes.

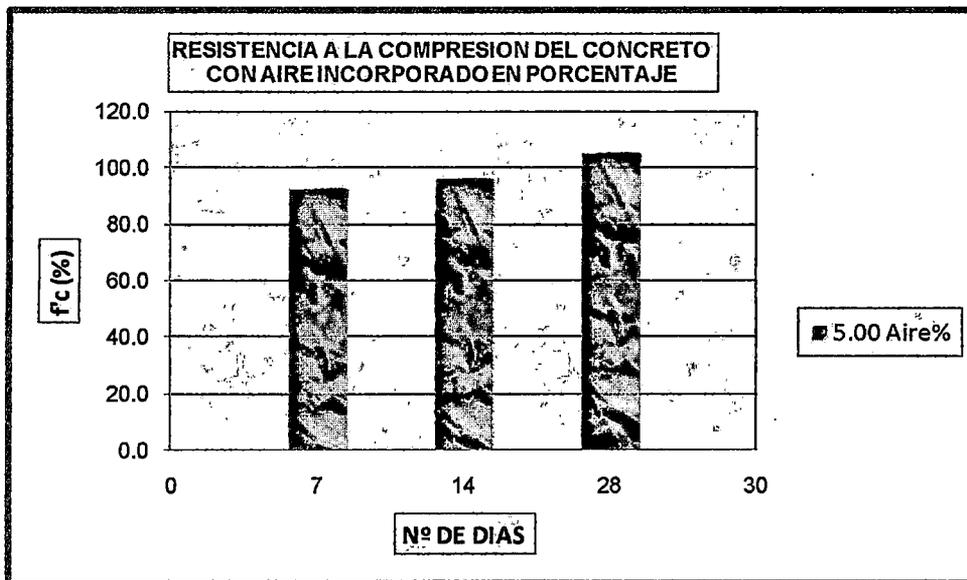


Tabla N° 7.2.4: Resultados de ensayo a la compresión a los 28 días en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².

MUESTRA	F_c (Kg/cm²)
1	176.80
2	195.50
3	187.25
4	172.80
5	178.30
6	185.50
Promedio	182.79

ANALISIS ESTADISTICO (ver Anexo E)

- **La Desviación estándar (Ds)**

Ds= 8.30 Excelente √ (ver tabla 01 Anexo E)

- **Coeficiente de variación (V)**

V= 4.54 Suficiente √ (ver tabla 01 Anexo E)

7.2.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.

Tabla N° 7.2.4: Las resistencias a la flexión para 28 días, dados en Kg/cm²

N° de Muestras	Mr (kg/cm ²)
1	28.45
2	31.60
3	30.93
4	28.26
5	31.78
6	30.37
Prom. =	30.23

(Ver ANEXO G)

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Asentamiento constante (2" a 3")

ANALISIS ESTADISTICO (ver Anexo E)

- La Desviación estándar (Ds)

Ds= 1.50 Excelente √ (ver tabla 01 Anexo E)

- Coeficiente de variación (V)

V= 4.96 Suficiente √ (ver tabla 01 Anexo E)

7.3 CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE

RESUMEN DE TABLAS Y GRÁFICOS

7.3.1 DISEÑO DEL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE.

Tabla N° 7.3.1.1: Concreto con aditivo MB VR + 75 gr FIBERMESH.

Tabla N° 7.3.1.2: Concreto con aditivo MB VR + 85 gr FIBERMESH.

Tabla N° 7.3.1.3: Concreto con aditivo MB VR + 95 gr FIBERMESH.

7.3.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.

Tabla N° 7.3.2: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².

Gráfico N° 7.3.1: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².

Tabla N° 7.3.3: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire en porcentajes.

Gráfico N° 7.3.2: Resistencias a la compresión a los 28 días del concreto con aire incorporado, en porcentajes.

Tabla N° 7.3.4: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire Analisis Estadístico.

7.2.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.

Tabla N° 7.3.5: Las resistencias a la flexión a los 28 días, dados en Kg/cm²

Tabla N° 7.3.6: Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto con fibra de Polipropileno e incorporador de aire Analisis Estadístico.

7.3.1 DISEÑO DEL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE

Tabla N° 7.3.1.1: Diseño con aditivo MB VR + 75 gr FIBERMESH; valores por Tanda de concreto.

DISEÑO DEL CONCRETO CON MB VR y 75gr de FIBERMESH / bolsa de cemento		
MATERIALES	CANTIDAD DE MATERIALES	
	POR TANDA	POR M3
MB VR (ml/bolsa de Cemento)	21.25	174.25
FIBERMESH (gr / bolsa de Cemento)	75	615
Cemento	1.00	8.20
Agua (Lit./bol)	14.12	116
Arena	2.07	817
Piedra	3.30	1055

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo incorporador de aire MB VR

Fibra de Polipropileno FIBERMESH

F'c = 175 kg/cm²

Tabla N° 7.3.1.2: Concreto con aditivo MB VR + 85 gr FIBERMESH.

DISEÑO DEL CONCRETO CON MB VR y 85gr de FIBERMESH / bolsa de cemento		
MATERIALES	CANTIDAD DE MATERIALES	
	POR TANDA	POR M3
MB VR (ml/bolsa de Cemento)	21.25	174.25
FIBERMESH (gr / bolsa de Cemento)	85	697
Cemento	1.00	8.20
Agua (Lit./bol)	14.12	116
Arena	2.07	817
Piedra	3.30	1055

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo incorporador de aire MB VR

Fibra de Polipropileno FIBERMESH

F'c = 175 kg/cm²

Tabla N° 7.3.1.3: Concreto con aditivo MB VR + 95 gr FIBERMESH.

DISEÑO DEL CONCRETO CON MB VR y 95gr de FIBERMESH / bolsa de cemento		
MATERIALES	CANTIDAD DE MATERIALES	
	POR TANDA	POR M3
MB VR (ml/bolsa de Cemento)	21.25	174.25
FIBERMESH (gr / bolsa de Cemento)	95	779
Cemento	1.00	8.20
Agua (Lit./bol)	14.12	116
Arena	2.07	817
Piedra	3.30	1055

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo incorporador de aire MB VR

Fibra de Polipropileno FIBERMESH

F'c = 175 kg/cm²

Asentamiento constante (2" a 3")

7.3.2 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN.

Tabla N° 7.3.2: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm².

FIBRA DE POLIPROPILENO FIBERMESH	NUMERO DE DIAS		
	7	14	28
75gr	163	169	187
85gr	165	173	188
95gr	169	177	190

(Ver ANEXO H)

Gráfico N° 7.3.1: Resultados de ensayo a la compresión en probetas de 15 x 30 cm., en Kg/cm²

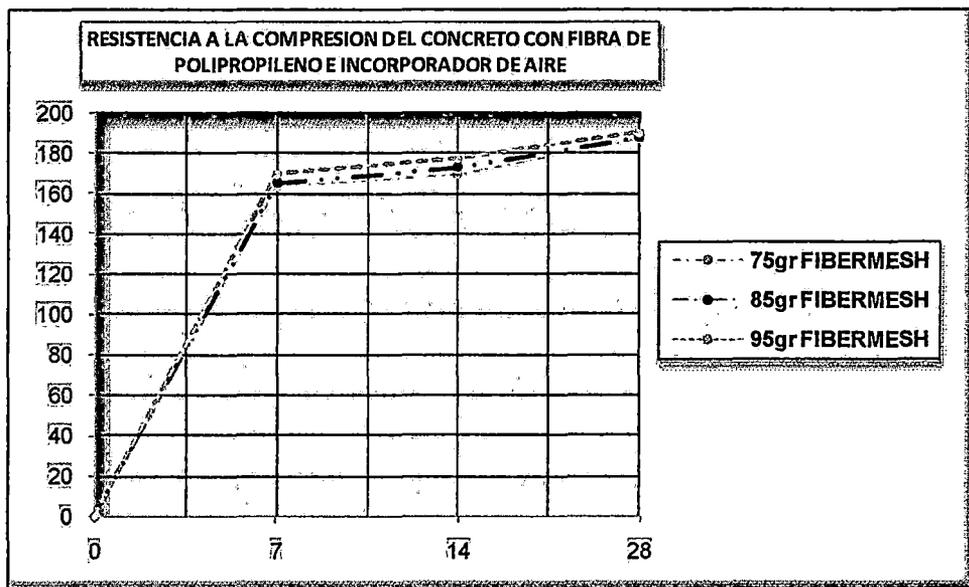
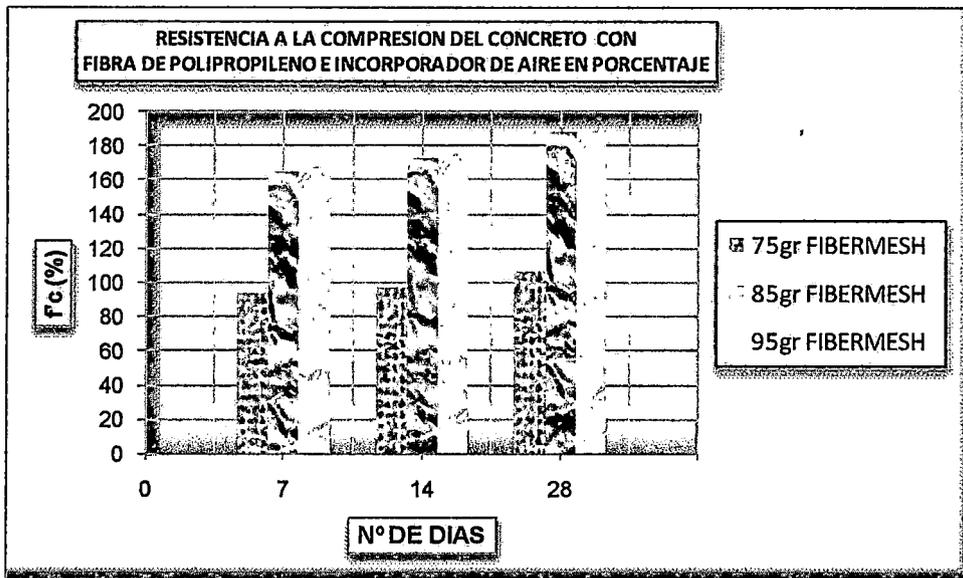


Tabla N° 7.3.3: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire en porcentajes.

FIBERMESH (gr/ bol)	NUMERO DE DIAS		
	7	14	28
75gr	94%	97%	107%
85gr	95%	99%	108%
95gr	97%	102%	109%

Gráfico N° 7.3.2: Resistencias a la compresión del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire



ANALISIS ESTADISTICO (ver Anexo E)

Tabla N° 7.3.4: Resistencia a la compresión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire Analisis Estadístico.

MUESTRA	FIBERMESH (gr/ bol)		
	75gr	85gr	95gr
	F _c (Kg/cm ²)	F _c (Kg/cm ²)	F _c (Kg/cm ²)
1	180.34	176.80	185.64
2	201.37	203.32	209.19
3	192.87	189.12	196.61
4	177.98	181.44	174.53
5	183.65	185.43	178.30
6	185.50	191.07	196.63
Promedio	186.95	187.86	190.15
Ds	8.72	9.17	13.04
V	4.66	4.88	6.86

7.3.3 RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.

Tabla N° 7.3.5: Las resistencias a la flexión para 28 días, dados en Kg/cm²

Concreto con fibra de polipropileno e Incorporador de Aire (T= 28 días)	
(gr) FIBERMESH/ bolsa de cemento	Mr (Kg/cm²)
75gr	30.53
85gr	31.71
95gr	33.09

(Ver ANEXO I)

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo incorporador de aire MB VR

Aditivo FIBERMESH fibra de polipropileno

ANALISIS ESTADISTICO (ver Anexo E)

Tabla N° 7.3.6: Resistencia a la flexión a los 28 días del concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire Analisis Estadístico.

MUESTRA	FIBERMESH (gr/ bol)		
	75gr	85gr	95gr
	F _c (Kg/cm ²)	F _c (Kg/cm ²)	F _c (Kg/cm ²)
1	31.61	31.47	30.52
2	31.53	32.11	34.28
3	30.99	33.79	33.09
4	31.05	30.52	32.76
5	28.44	31.11	32.85
6	29.59	31.27	35.06
Promedio	30.53	31.71	33.09
Ds	1.27	1.14	1.55
V	4.11	3.60	4.69

7.4 CONCRETO FRESCO.

RESUMEN DE TABLAS Y GRÁFICOS

7.4.1 Peso Unitario.

Tabla N° 7.4.1: Peso unitario del concreto fresco.

Gráfico N° 7.4.1: Peso unitario del concreto fresco en porcentajes respecto del patrón.

7.4.2 Consistencia

Tabla N° 7.4.2: Asentamiento del concreto fresco.

7.4.3 Exudación

Tabla N° 7.4.3: Porcentaje de exudación del concreto fresco.

7.4.5 Contenido de aire

Tabla N° 7.4.4: Porcentaje de aire en el concreto fresco.

7.4.1 Peso Unitario.

Resultados de laboratorio.

Tabla N° 7.4.1: *Peso unitario del concreto fresco.*

Tipo de mezcla	P.U. (Kg/m³)	% Relativo
MB VR - 0.05%	2375	100.00%
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (75gr)	2377	100.08%
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (85gr)	2395	100.85%
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (95gr)	2398	100.97%

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

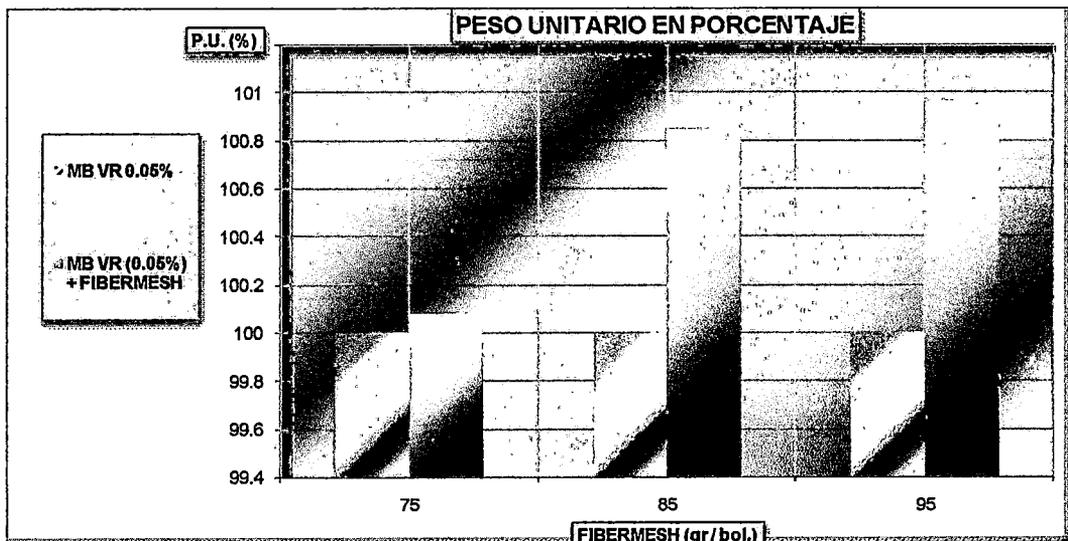
Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo MB VR (0.05%)

Aditivo FIBERMESH (dosis = 75gr, 85gr y 95gr)

Gráfico N° 7.4.1: Peso unitario del concreto fresco en porcentajes respecto del patrón.



7.4.2 Consistencia

Resultados de laboratorio.

El concreto patrón se diseño experimentalmente para un asentamiento de 2 Pulgadas, para la relación agua/cemento 0.46 y FIBERMESH (0.05% en peso del cemento).

El asentamiento del concreto con aditivo MB VR y FIBERMESH, se presenta en el siguiente Tabla:

Tabla N° 7.4.2: Asentamiento del concreto fresco.

Tipo de mezcla	Slump (Pulg)	% Relativo
MB VR - 0.05%	2"	100%
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (75gr)	2 1/2"	125%
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (85gr)	2 1/2"	125%
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (95gr)	2 3/4"	137.5%

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo MB VR (0.05%)

Aditivo FIBERMESH (dosis = 75gr, 85gr y 95gr)

F'c = 175 kg/cm²

7.4.3 Exudación

Resultados de laboratorio.

Tabla N° 7.4.3: Porcentaje de exudación del concreto fresco.

Tipo de mezcla	EXUDACION (ml/cm2)	EXUDACION (%)
MB VR - 0.05%	0.055	3.50
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (85gr)	0.046	3.18

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo MB VR (0.05%)

Aditivo FIBERMESH (dosis = 85gr)

7.4.4 Contenido de aire

Resultados de laboratorio.

Tabla N° 7.4.4: Porcentaje de aire en el concreto fresco.

Tipo de mezcla	CONTENIDO DE AIRE (%)
MB VR - 0.05%	4.33
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (75gr)	3.88
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (85gr)	3.52
MB VR (0.05%)+ FIBERMESH (95gr)	3.31

Leyenda

Cemento Pacasmayo Tipo I

Piedra de la cantera "La Arena"

Arena de la cantera "La Arena"

Aditivo MB VR (0.05%)

Aditivo FIBERMESH (dosis = 75gr, 85gr y 95gr)

CAPITULO VIII: TRAMO **EXPERIMENTAL**

CAPITULO VIII: TRAMO EXPERIMENTAL

INTRODUCCION

Como ya se hizo mención anteriormente, hay tramos en la obra que se ubican sobre los 4000 m.s.n.m, a esta altura el uso de incorporador de aire es necesario, tal es así que para ejecutar estas estructuras de obras de arte y drenaje hubo necesidad de plantear un diseño con uso de aditivo incorporador de aire, cuyo diseño de mezcla para el caso de cunetas es de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ y es el mismo que se usó como patrón para desarrollar la presente investigación.

Se realizaron algunos ensayos al estado fresco y endurecido, para determinar el comportamiento de la fibra en el concreto.

Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron exitosos, ya que con el uso de este producto se logra mejorar las propiedades del concreto, es por ello que nos llevo a realizar un tramo experimental y observar cómo se comporta el concreto puesto en obra.

De los resultados obtenidos en el laboratorio se puede decir que con el uso solo de 75gr de FIBERMESH por bolsa de cemento se logro mejorar las propiedades del concreto tanto al estado fresco como endurecido; para el tramo experimental, se pudo hacer uso de esta dosificación, pero fuimos algo conservadores y se aplico el porcentaje intermedio de 85gr de FIBERMESH por bolsa de cemento, a demás que esta cantidad es recomendada por los proveedores de este producto; los resultados de esta experiencia se detallan a continuación:

EXPERIENCIA

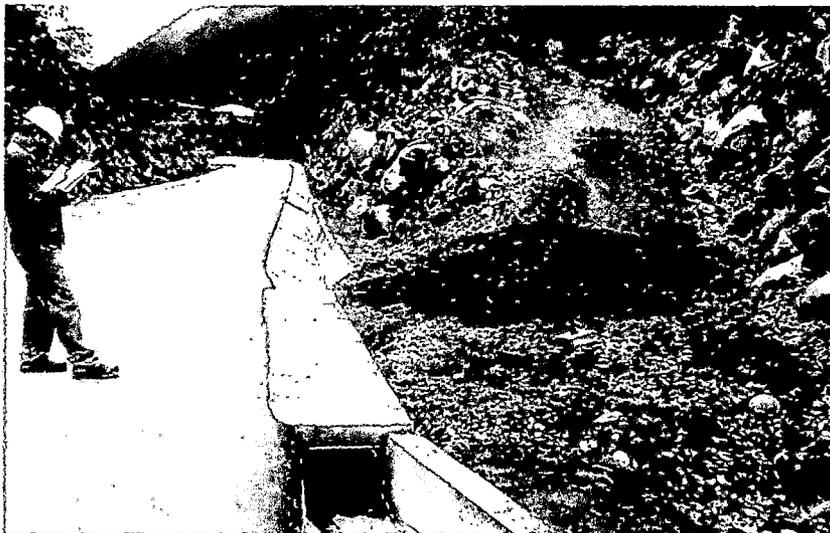
El tramo experimental se llevó a cabo en el km 08+880 de la carretera, ubicado entre el desvío a Callacuyán y el Puente Yamobamba, donde se viene ejecutando La obra de REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO – SHIRAN – HUAMACHUCO.

En este sector se llevo a cabo nuestra experiencia sobre una losa vehicular para cruce de cuneta.

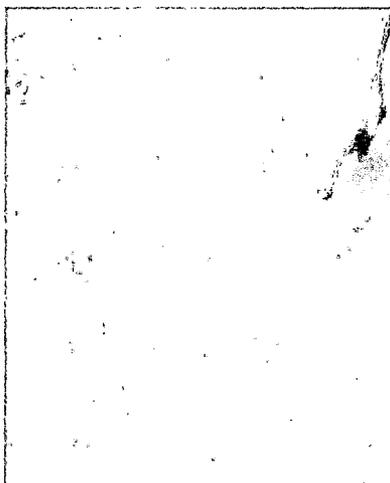
Las fisuras presentadas de esta Losa en mención se hizo una comparación con otra Losa donde no se empleo las fibras de polipropileno, esta ultima ubicada a 200m adelante, es decir en el km 09+080.

De ambas losas se realizo un conteo de fisuras, asimismo se tomaron medidas del ancho y el largo de las fisuras presentadas.

Foto 17: LOSA VEHICULAR (TRAMO EXPERIMENTAL)



- **Losa vehicular para cruce de cuneta:** Son estructuras de drenaje, similar a las cunetas rectangulares con tapas. En la FIG. 8-B se puede apreciar el diseño de esta estructura. Son estructuras de concreto



ciclópeo, cuyas tapas son módulos prefabricados de concreto armado.

Las losas armadas son de poco espesor, y las restricciones del acero en el concreto hacen que se presenten problemas de contracción plástica.

El acero que trabaja como refuerzo estructural no suministra sus beneficios hasta que el concreto haya endurecido. Eso es por lo que optamos por adicionar en este tramo fibras sintéticas al concreto como refuerzo

secundario. A diferencia del refuerzo estructural, las fibras sintéticas proporcionan beneficios mientras el concreto es aún plástico. Ellas también aumentan algunas de las propiedades del concreto endurecido, como el incremento a la resistencia a la compresión y a la flexión.

Las fisuras por contracción son pequeñas, fisuras irregulares que pueden desarrollarse en el concreto durante las primeras 24 horas después de su colocación. No deben confundirse con las fisuras superficiales, dado que las fisuras por contracción usualmente pasan a través de todo el espesor de la losa. Las fisuras son generalmente causadas por cualquier contracción plástica o por secado. La contracción plástica ocurre antes de alcanzar el concreto la fragua inicial; la contracción por secado ocurre después de la fragua.

- **Medición de fisuras:**

Transcurrida las 24 horas de su colocación del concreto, y luego que el concreto haya endurecido, se procedió a tomar medidas de las fisuras que se presentaron.

Se realizó un conteo de número de fisuras, asimismo se midió el largo y ancho de las fisuras presentadas en las losas.

Para determinar el largo de las fisuras se hizo uso de una cinta métrica acompañado de una cuerda. Esta cuerda se tiende a lo largo de la fisura, y luego se procede a medirlo sobre la cinta métrica.

Para medir el ancho de estas fisuras se hizo uso de la Regla de Anchura de Grietas Elcometer 143.

- **Regla de Anchura de Grietas Elcometer 143:**



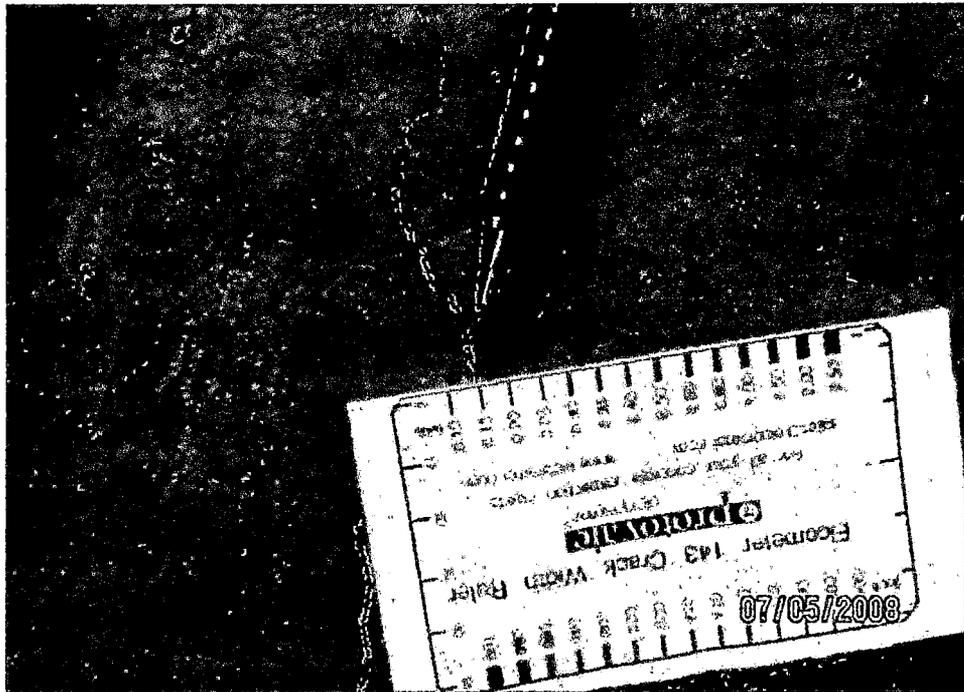
Este sencillo medidor se ha diseñado para determinar la anchura de una grieta en el cemento u otros materiales de construcción.

De un tamaño similar a una tarjeta de crédito, este medidor transparente está marcado con un rango de líneas graduadas. Cada línea tiene una anchura especificada.

Para utilizarla, sitúe el medidor encima de la grieta e identifique la línea que presenta una anchura similar a la grieta. Realice la lectura del valor de la anchura.

RANGO	
mm	pulg
0.10 – 2.50	0.004 – 0.100

Foto 18: MIDIENDO LAS FISURAS EN LOSA VEHICULAR (TRAMO EXPERIMENTAL)



RESULTADOS:

Tabla N°8.1.0: *Tabla comparativa del Conteo y Medidas de Longitud de Fisuras Para concreto con uso y sin uso de fibras de polipropileno.*

MONITOREO DE FISURAS		
Nro de Toma	Long. De Fisuras (cm)	
	Con fibra	Sin Fibra
1.00	20.00	25.00
2.00	15.00	20.00
3.00	30.00	22.00
4.00	10.00	30.00
5.00	22.00	35.00
6.00	16.00	25.00
7.00	18.00	16.00
8.00	20.00	12.00
9.00		16.00
10.00		14.00
11.00		21.00
Promedio=	18.88	21.45

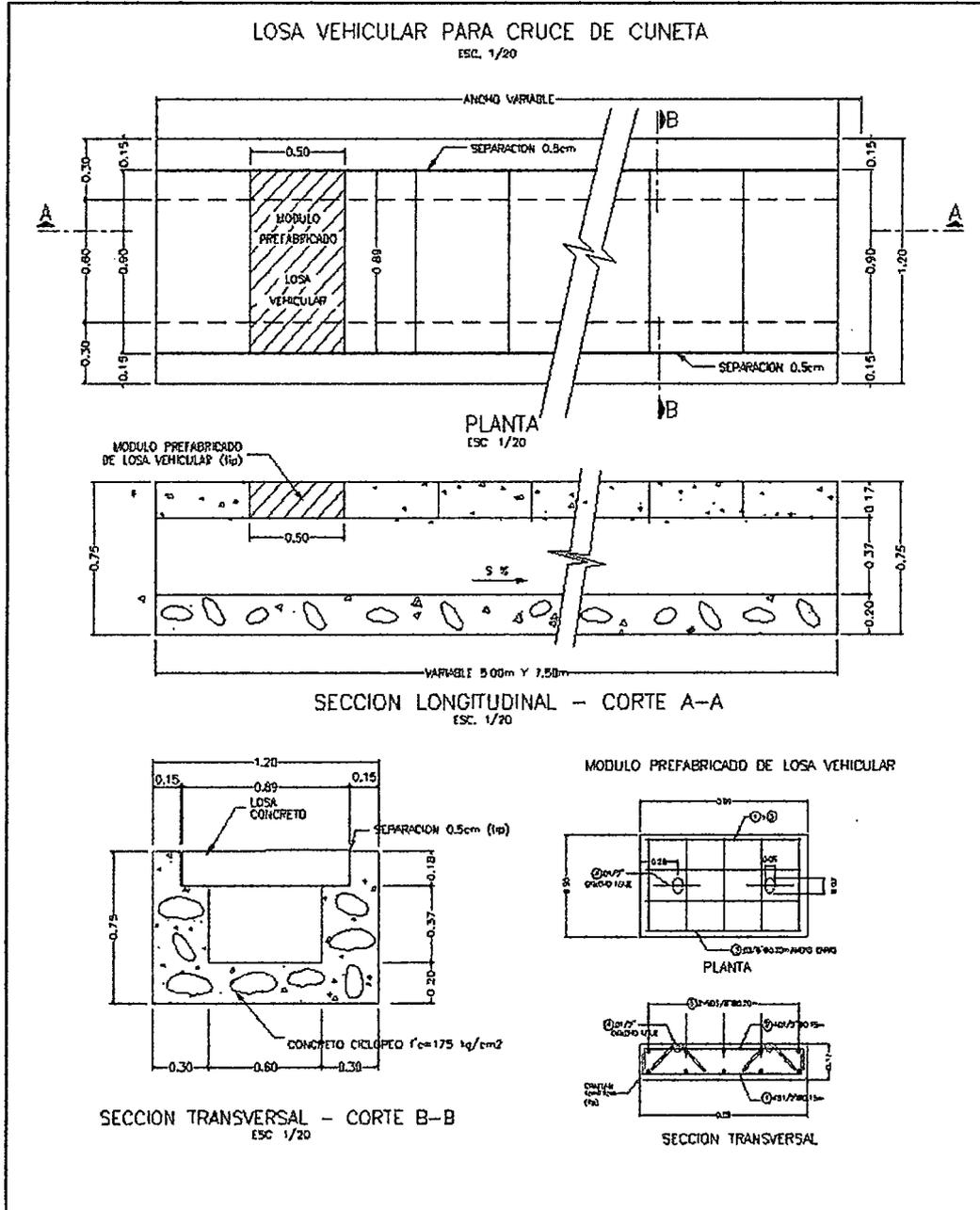
De la Tabla 8.1 se Observa que el numero de fisuras se reduce en un 28% aproximadamente, asimismo, de las medidas de longitud de estas fisuras se observan una reducción en promedio del 12% aproximadamente.

Tabla N°8.2.0: *Tabla comparativa de Medidas de Ancho de Fisuras Para concreto con uso y sin uso de fibras de polipropileno.*

MEDIDA DE ANCHO DE FISURAS		
Nro de Toma	Fisura (mm)	
	Con fibra	Sin Fibra
1.00	0.10	0.15
2.00	0.10	0.20
3.00	0.15	0.15
4.00	0.10	0.10
5.00	0.10	0.20
6.00	0.15	0.20
7.00	0.10	0.15
8.00	0.10	0.20
9.00		0.10
10.00		0.15
11.00		0.15
Promedio=	0.11	0.16

De la Tabla 8.2 se observa una reducción de un 30% aproximadamente en el ancho de las fisuras.

Grafico N° 8.0.0: LOSA VEHICULAR PARA CRUCE DE CUNETETA



CAPITULO IX: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO IX: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

INTRODUCCIÓN

El tramo experimental se llevo a cabo entre el km 08+000 y km 09+000 de la obra de **Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Trujillo – shiran – Huamachuco**, esta experiencia se realizo en una “LOSA VEHICULAR PARA CRUCE DE CUNETAS” y mediante ensayos en el laboratorio de “SUELOS Y PAVIMENTOS DE ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA” se determinó el comportamiento del concreto al estado fresco y endurecido.

El análisis de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, llevados a cabo en el estudio del “CONCRETO EN CLIMAS FRIOS, CON USO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE”, constituye una parte esencial y de suma importancia en esta investigación.

Para nuestro estudio, se toma como referencia el concreto con aire incorporado usado en obra, el mismo que fue diseñado en el laboratorio de suelos concreto y asfalto de ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA, cuyas características son:

- **Concreto $F'c=175\text{kg/cm}^2$**
- **$a/c=0.46$**

Los materiales empleados para el estudio son:

- CEMENTO PACASMAYO PORTLAND TIPO I, por la compañía de Cementos Pacasmayo S.A.A.
- MB VR Aditivo Incorporador de Aire, Producido por BASF THE CHEMICAL COMPANY.

Dosificación: 0.05% del peso del cemento = 21.25 ml/bolsa de cemento.

- FIBERMESH Fibra de Polipropileno, producido por MASTER BUILDERS TECHNOLOGIES.

Dosificación: 85 gr/bolsa de cemento

Material.....Polipropileno

Longitud de la Fibra.....19 mm (3/4")

Densidad 2.37 kg/m³

Color.....Blanco

Absorción.....Cero

- Agregados Piedra Chancada y Arena Gruesa, de la cantera "LA ARENA" ubicado en el km 21+490.00 del tramo de la carretera TRUJILLO – SHIRAN – HUAMACHUCO.

Ensayos preliminares

Ensayamos los agregados: piedra chancada y arena gruesa, para hallar sus propiedades mecánicas.

Se halló el diseño de mezcla para el concreto con aire incorporado, los porcentajes de piedra y arena los hallamos con el Método del ACI - 211.

Las dosificaciones de los aditivos se hallaron en base a las hojas técnicas recomendados por los proveedores de estos productos y experimentalmente se realizaron ensayos en el laboratorio con la finalidad de verificar si cumple con las exigencias de las especificaciones.

Primero se diseñó un concreto con aire incorporado de 0.05% en peso del cemento para climas fríos, cabe mencionar que en la obra se viene trabajando con este diseño de mezcla para las zonas de altura. Sobre la base de este diseño se agregó fibras de polipropileno en tres diferentes proporciones para saber cuál es el comportamiento del concreto fresco y endurecido.

Ensayos realizados

CONCRETO ENDURECIDO

Se trabajó para la relación de agua/cemento de 0.46 para un asentamiento de 2-3".

Se ensayó a la compresión axial el concreto con aire incorporado para 0.05% en peso del cemento, de igual manera se realizaron estos ensayos para el concreto

con fibras de polipropileno e incorporador de aire. Los ensayos se realizaron a los 7, 14 y 28 días.

También se realizaron ensayos de flexión a los 28 días.

Los valores promedio de la resistencia a la compresión para el concreto con fibras de polipropileno resultan ser mayores que los obtenidos para esas mismas edades de ensayo del concreto sin fibras.

Los valores del modulo de rotura a la flexión para el concreto con fibras de polipropileno resultaron mayores que los obtenidos en el concreto sin fibras.

CONCRETO FRESCO

Se realizaron ensayos del concreto fresco, para comparar el comportamiento del concreto con aire incorporado y el concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire. Los resultados al estado fresco fueron los siguientes:

- **PESO UNITARIO:** El P.U. del concreto con fibra es mayor, y se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de fibra se incrementa el P.U.
- **CONSISTENCIA:** De los ensayos realizados se puede apreciar que el concreto con fibra, en promedio presenta mayor asentamiento. Se observa que la mezcla sin uso de fibra presenta 2" de slump, mientras que con el uso de fibra se llega a alcanzar entre 2 1/2" – 2 3/4" de slump en promedio.
- **EXUDACION:** En el Tabla 7.4.3 se muestran los resultados de los ensayos de exudación evaluadas para ambas mezclas, observándose que los valores de capacidad y velocidad de exudación son bajos y que el uso de la fibra minimiza ligeramente la capacidad de exudación.
- **CONTENIDO DE AIRE:** Del Tabla 7.4.4 se observa una disminución en el porcentaje del aire incorporado con el uso de la fibra.

Con la incorporación de las fibras de polipropileno en el tramos experimental se ha favorecido la trabajabilidad del concreto al estado fresco, y principalmente se redujo las fisuras por contracción plástica, logrando también incrementar la resistencia a la compresión como el modulo de rotura a la flexión.

Con respecto a los costos, con el uso de la fibra se incrementa en un 9%, aunque esto es muy referencial ya que dichos costos pueden variar con la oferta y la demanda del mercado. Además el uso de estos productos reduce la segregación del concreto; en estructuras expuestas a la vista, los problemas de segregación se deben de resanar, esto implica el incremento de horas hombre e involucra mayor costo, y se puede decir que con el uso de fibra de polipropileno en el concreto minimizamos estos gastos.

Los resultados que se analizarán en este capítulo, se muestran en tablas en el CAPITULO VII de "TABLAS Y RESULTADOS", pero también se pueden ver más al detalle en los ANEXOS.

9.1 LOS AGREGADOS.

- Del análisis granulométrico se observa que tanto los agregados gruesos y finos cumplen con los límites establecidos por las normas.
- El modulo de fineza del agregado fino es de $Mf=2.78$, según la Norma ASTM la arena debe tener un modulo de fineza no menor de 2.30 ni mayor de 3.10, y se estima que las arenas comprendidas entre 2.20 y 2.80 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación.
- El porcentaje de absorción del agregado grueso es de 0.87 y del agregado fino es de 1.37, asimismo el contenido de humedad del agregado grueso es de 1.55 y del agregado fino es de 6.23, estos valores influye considerablemente en la cantidad de agua para el diseño, reduciendo de 160 litros a 116 litros por metro cubico de concreto.
- Del agregado fino, el material que pasa la malla nº 200 es de 2.95%, de acuerdo a la recomendaciones estamos dentro de las exigencias establecidas. Valores superiores al 5% son perjudiciales para el concreto, debido a que afectan la adherencia y aumenta la cantidad de agua necesaria.

9.2 CONCRETO CON AIRE INCORPORADO.

- El diseño se realizo por el método del ACI-211.
- La mezcla se hizo para la relación de agua/cemento de 0.46. Las condiciones era de obtener un concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ cuyo

asentamiento debería estar en el rango de 2" – 3", con un tamaño máximo de agregado de 1" de acuerdo a los ensayos granulométricos.

- En base a estas condiciones, y con los datos adquiridos se realizó el diseño añadiendo un porcentaje de aditivo incorporador de aire MB VR con 0.05% en peso del cemento, es decir de 21.25ml de MB VR, alcanzando hasta 4.33% de aire atrapado en el concreto.
- En el Anexo D se muestra el diseño, para este diseño se tubo presente que cada 1% de aire incorporado produce una merma del 3% a 5% en la resistencia a la compresión.
- En el Anexo E se presentan los resultados de la resistencia a la compresión obtenida, cuyos valores en promedio llegan a 182 kg/cm².
- En el Anexo G se muestra los resultados de la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días, estos valores en promedio llegan a 30.23 kg/cm².

9.3 CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE.

- Tomando como patrón el diseño de concreto con aire incorporado se diseño el concreto con uso de fibra de polipropileno e incorporador de aire.

A este concreto patrón se añadió fibras de polipropileno en tres proporciones de 75gr, 85gr y 95gr por bolsa de cemento de 42.5kg, para determinar sus propiedades. En los tres casos se lograron óptimos resultados.

- En el anexo F se muestran los resultados de los ensayos a la compresión del concreto con uso de la fibra de polipropileno, cuyos valores en promedio fueron: 187kg/cm², 188kg/cm² y 190kg/cm².

Estos valores nos muestran un incremento de la resistencia que varía entre 3% a 5% mas, en relación con el concreto sin fibra.

- En el anexo G se muestran los valores de la resistencia a la flexión para 75gr, 85gr y 95gr de fibra por bolsa de cemento, estos resultados fueron de 30.53kg/cm², 31.71kg/cm² y 33,09kg/cm².

Se observan que estos valores son mayores en relación con el concreto sin fibra y varían entre 1% a 10% mas, con respecto al concreto patrón.

9.4 CONCRETO FRESCO

- En el Tabla N° 7.4.1 se muestra el peso unitario.
El peso unitario del concreto sin fibra fue de 2375 kg/m³, y el peso unitario del concreto con fibra fue de 2377, 2395 y 2398 kg/m³.
Es decir que hay un incremento en el P.U en el concreto con fibra de polipropileno.
- En el Tabla N° 7.4.2 se muestra el asentamiento con el Cono de Abrams.
Se observa que el concreto sin fibra nos arroja valores de 2" de slump, mientras que el concreto con uso de fibras se alcanza valores entre 2 1/2" a 2 3/4" de slump.
- En el Tabla 7.4.3 se muestra el porcentaje de exudación.
El concreto sin fibra se obtuvo una exudación de 0.055ml/cm² y 3.50%.
El concreto con fibra se trabajó con el 85gr de fibra por bolsa de cemento, obteniéndose 0.046ml/cm² y 3.18%, es decir con el uso de la fibra se reduce agua de exudación.
- En el Tabla N° 7.4.4 se muestra el porcentaje de aire en el concreto fresco.
En el concreto con aire incorporado sin fibra se obtuvo 4.33% de aire incorporado, mientras que haciendo uso de fibra se observa una disminución en el porcentaje de aire incorporado obteniéndose valores de 3.88%, 3.52% y 3.31% de aire incorporado.

9.5 TRAMO EXPERIMENTAL

Se realizó un tramo experimental a una estructura de drenaje (LOSA VEHICULAR PARA CRUCE DE CUNETAS), aplicando el concreto con uso de fibras de polipropileno e incorporador de aire, para esto se usó el diseño de 85gr de fibras por bolsa de cemento de 42.5.

De esta experiencia, como ya se hizo mención en el capítulo VIII, se pudo observar lo siguiente:

- El número de fisuras se reduce en un 28%. Aprox.
- La longitud de estas fisuras se reduce en 12%. Aprox.
- El ancho de estas fisuras se reduce en un 30% Aprox.

9.6 COMPARACION DE COSTOS

- El costo por metro cubico del concreto con aire incorporado sin fibra es de s/.231.03, a la fecha de Noviembre del 2008.
- El costo del concreto haciendo uso de la fibra de polipropileno es el siguiente:
 - 75gr - s/. 250.19
 - 85gr - s/. 252.68
 - 95gr - s/. 255.28

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. El Estudio se realizo en la obra de **Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Trujillo – shiran – Huamachuco** se inicia en el desvío a Callacuyán (Desvió a la Minera Barrick Misquichilca) a una altura de 4200 msnm y finaliza en el ingreso sur de la Ciudad Huamachuco a un altitud de 3200 msnm, desarrollándose en una longitud de 37.05 Km.
2. El Concreto de obra para la siguiente investigación es $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$.
3. El Cemento es Portland tipo I de "Cementos Pacasmayo".
4. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Empresa Constructora Energoprojekt Niskogradnja.
5. La Fibra de polipropileno son "Fibras FIBERMESH" de 19 mm de longitud.
6. Para medir el ancho de fisuras y grietas se uso la Regla Elcometer 143.
7. El aditivo incorporador de aire es el "Aditivo MB VR", y su dosificación es de 0.05% de su peso del cemento.
8. El Concreto se ensayo en una "LOSA VEHICULAR PARA CRUCE DE CUNETAS" entre km 08+000 y km 09+000 de la obra de **Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Trujillo – shiran – Huamachuco**.
9. La Losa de Concreto con la fibra de polipropileno FIBERMESH de 19mm de longitud, ha reducido un 28% de fisuras aproximadamente.
10. El Concreto con fibra de polipropileno en resistencia a la compresión en promedio se incrementa aproximadamente un 4.00%.
11. El Concreto con fibra de polipropileno en resistencia a la flexión en promedio se incrementa aproximadamente un 5.00%.
12. La exudación en el Concreto con fibra de polipropileno se reduce de 3.50% a 3.18% con el uso de fibra de polipropileno.

13. El peso unitario del Concreto con fibra de polipropileno es ligeramente mayor (0.85% aprox.) que el concreto sin fibra de polipropileno.
14. El Concreto con fibra de polipropileno e incorporador de aire tiene menor consistencia (2.00 pulgadas) que el concreto sin fibra de polipropileno ($2\frac{3}{4}$ pulgadas).
15. El costo por metro cubico del Concreto con fibra de polipropileno (85g por bolsa de cemento) e incorporador de aire, para Noviembre del 2008 presenta un precio adicional del 9.37% respecto al Concreto con aire incorporado sin fibra.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Antes de tener en cuenta cualquier norma y/o método extranjero, para

aplicarlo a nuestra realidad, habrá que considerar que éstas han sido producto de investigaciones para realidades diferentes a la nuestra; esto es con diferentes calidades de materiales, condiciones climáticas diferentes, etc.

Por lo mencionado antes, el profesional tiene que saber adaptar las normas y/o métodos a nuestra realidad, basándose si fuese posible en investigaciones o a las experiencias en obras que se hayan llevado a cabo en el lugar donde se desea aplicar.

2. Para concreto en climas fríos se recomienda el uso de 0.05% de incorporador de aire por kg de cemento, con el cual se obtiene excelentes resultados.
3. Se recomienda aplicar la fibra de polipropileno con la última tanda de agua, y revolver por espacio de 5 a 8 minutos para lograr una distribución uniforme de la fibra en el concreto.
4. La metodología para la medición fisuras en el concreto no está normada, y se recomienda seguir el siguiente criterio:
 - Ser visible a la vista humana.
 - Tener un ancho mínimo de 0.10mm
 - Hacer uso de un medidor de fisuras, como el usado para la presente investigación, **Regla de anchura de grietas Elcometer 143.**

BIBLIOGRAFIA

BLIBLIOGRAFIA

1. AMARO VICUÑA, IVAN MANUEL, "ESTUDIO DE LA VARIACION DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA DEBIDO AL CURADO EN LABORATORIO Y BAJO CONDICIONES DE OBRA", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", LIMA-PERU, 2002 / TG 4159.
2. ARI QUEQUE, ISMAEL, "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", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", LIMA-PERU, 2002 / TP 4145.
3. ARROYO ESCUDEDRO, JESÚS, "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CON UN ADITIVO ACELERANTE DE ALTO PODER QUE MEJORA LA PERFORMANCE DE LA RESISTENCIA Y FRAGUADO UTILIZANDO CEMENTO PÓRTLAND TIPO I", BIBLIOTECA DEL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CONSTRUCCIÓN-UNI-FIC, LIMA-PERU, 1997 / TCO 002 T.
4. GASPAR TEBAR, DEMETRIO, "LAS CENIZAS VOLANTES COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", MADRID-ESPAÑA, INSTITUTO TÉCNICO DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEL CEMENTO.
5. INDECOPI, "NORMA TÉCNICA PERUANA", LEM-FIC-UNI, LIMA-PERÚ, 2001.
6. MONTEJO FONSECA, ALONSO, "INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", SANTA FE DE BOGOTA-COLOMBIA, 1998.
7. MOREYRA VIZCARRA, YUBAL, "CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

- CEMENTO PÓRTLAND TIPO I", BIBLIOTECA DEL DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CONSTRUCCIÓN-UNI-FIC, LIMA-PERÚ, 1999 / TCO 037 T.
8. "PASQUEL CARBAJAL, ENRIQUE, "TOPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO EN EL PERU", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", LIMA-PERÚ, 1998".
 9. RIVA LOPEZ, ENRIQUE, "MEZCLADO DEL CONCRETO", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", LIMA-PERÚ, UNI.
 10. RIVA LOPEZ, ENRIQUE, "NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", LIMA-PERÚ, 2000, CAPITULO PERUANO DEL ACI.
 11. VALENTIN SANCHES, LUIS, "EFECTOS DE LA FIBRA DE POLIPROPILENO DE 2" DE LONGITUD EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO ELAVORADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I ", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", LIMA-PERU, 2000 / TG/CT/3934.
 12. WRIGHT, PAUL H & PAQUETTE, RADNOR J, "INGENIERIA DE CARRETERAS", BIBLIOTECA UNI-FIC "ALBERTO REGAL", MÉXICO, 1993, LIMUSA NORIEGA EDITORES, 5° EDICIÓN.

ANEXOS

ANEXOS

	Pag.
TABLA RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	118
ANEXO A : AGREGADO GRUESO	119
ANEXO B : AGREGADO FINO	135
ANEXO C : METODO DEL ACI – 211	152
ANEXO D : DISEÑO DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO	154
ANEXO E : CONTROL ESTADÍSTICO DEL CONCRETO	159
ANEXO F : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO	161
ANEXO G : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN A LOS 28 DIAS DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO	162
ANEXO H : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESION DEL CONCRETO CON USO DE FIBRA DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE	163
ANEXO I : RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADOR DE AIRE A LOS 28 DIAS	165
ANEXO J : CONCRETO FRESCO	166
ANEXO K : MÓDULO ELÁSTICO	170
ANEXO L : CONSTANCIA DE LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO DE ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA	171

TABLA RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS

Agregado Grueso : Cantera "La Arena 2"

Agregado Fino : Cantera "La Arena 2"

DESCRIPCION	UNIDAD	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1604	1357
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1807	1550
Peso Especifico	Kg/m ³	2705	2637
Peso Especifico de Masa S.S.S.	Pulg	2742	2660
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	-	1.00
Modulo de Finura		3.00	6.77
Superficie Especifica	cm ² /gr	55.77	5.01
Contenido de Humedad	%	6.23	1.55
Porcentaje de Absorción	%	1.37	0.87
Material que Pasa la Malla N° 200	%	2.95	-

ANEXO A: AGREGADO GRUESO

A.1 PROPIEDADES Y NORMAS

A.1.1 Granulometría y módulo de fineza del agregado grueso **(NTP 400.012)**

En este ensayo se mide los diferentes diámetros de las partículas que componen el agregado grueso, así como los porcentajes que ocupan la muestra representativa del agregado. Los tamices estándar usados para determinar la gradación del agregado grueso son: 4", 3 ½", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8". La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

Respecto al módulo de finura; cuanto mayor sea, más grueso es el agregado y se calcula como la suma de los porcentajes retenidos acumulados en los tamices; 3", 1 ½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, todo esto dividido entre cien (100).

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Secar la muestra a 110°C +/- 5°C hasta que en dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado, su peso no difiera en más de 0.1% entre ambas mediciones.
- Se pesa 5000 gr., las pesadas se hacen con una aproximación de 0.1%.
- El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que están dispuestas en orden decreciente según tamaño de aberturas.
- El tamizado puede hacerse a mano, pero también se puede emplear una máquina adecuada, como se hizo en este caso.
- En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.

- El vibrado de los tamices se hace por el transcurso de un minuto, luego del cual se pesan los retenidos en cada tamiz dando por finalizado el ensayo.
- Se calcula el modulo de fineza.

Resultados de laboratorio.

Se muestra a continuación la granulometría para el agregado grueso de la cantera LA ARENA.

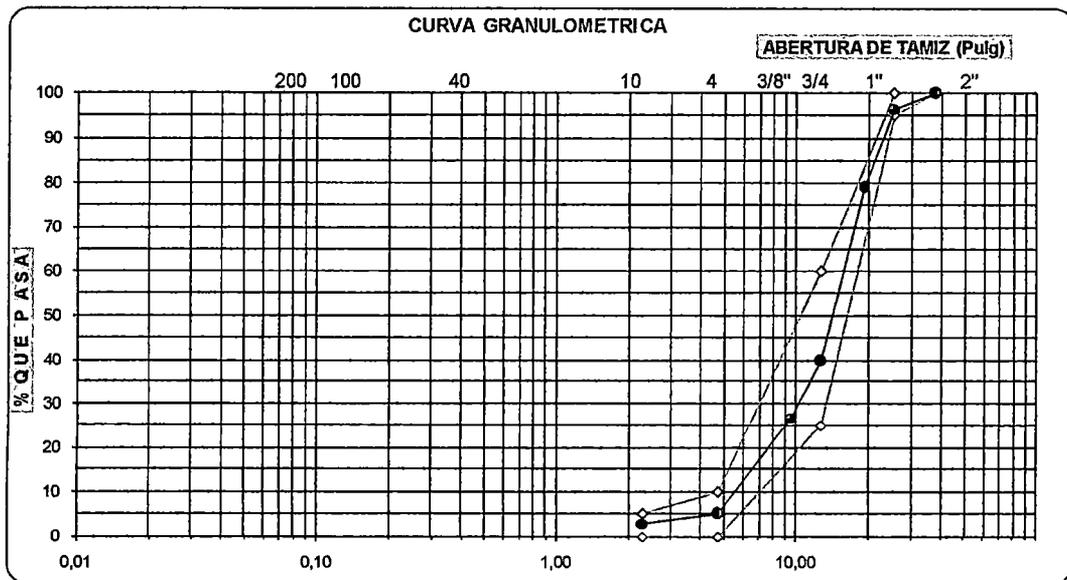
Tabla N° A.1: Resumen del ensayo de granulometría del agregado grueso.

TAMIZ	PORCENTAJES RETENIDOS (%)			% RETENIDO PROMEDIO	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA ACUM.
	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3			
1 1/2"	0	0	0	0.00		100.00
1"	2.22	4.06	3.98	3.42	3.42	96.58
3/4"	14.02	24.92	13.54	17.49	20.91	79.09
1/2"	36.73	45.43	36.2	39.45	60.37	39.63
3/8"	14.25	9.02	15.19	12.82	73.19	26.81
1/4"					73.19	26.81
N° 4	26.2	12.46	26.57	21.74	94.93	5.07
N° 8	2.64	1.25	2.72	2.20	97.13	2.87
N° 100	3.22	2.02	1.08	2.11	99.24	0.76
Fondo	0.72	0.84	0.72	0.76	100.00	0.00

El modulo de fineza del agregado grueso de la cantera LA ARENA, se calcula como sigue:

$$M_f = (20.91 + 73.19 + 94.93 + 97.13 * 4 + 99.24) / 100 = 6.77$$

Gráfico N° A.1: Granulometría del agregado grueso.



En el gráfico elaborado arriba, puede observar que la piedra (muestra) se encuentra dentro de los husos que establece la norma para el agregado grueso, según la N.T.P. 400.037.

Tabla N° A.2: Husos o límites empleados para el agregado grueso (para un tamaño máximo nominal de 1" a N°4.) según la NTP 400.037.

MALLA		% QUE PASA ACUMULADO
1 1/2"	37.5 mm.	100
1"	25.0 mm.	95 a 100
1/2"	12.5 mm.	25 a 60
N° 4	4.75mm.	0 a 10
N°8	2.36 mm.	0 a 5

A.1.2 Tamaño máximo (NTP 400.011)

El tamaño máximo es el tamaño de la abertura de la malla más pequeña que deja pasar toda la muestra del agregado. En general no debe exceder de:

- Un quinto de la dimensión de los miembros sin refuerzo.
- Tres cuartos del espacio libre entre las varillas del refuerzo y los moldes.
- Un tercio del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

En el caso del agregado grueso de LA ARENA tiene un tamaño máximo de 1 1/2" (una pulgada y media).

A.1.3 Tamaño máximo nominal (NTP 400.011)

Es el diámetro del tamiz superior al que se retiene el 15% o más en el porcentaje retenido acumulado del material.

En el caso del agregado grueso de LA ARENA tiene un tamaño máximo nominal de 1" (una pulgada).

Tabla N° A.3: *Volumen recipiente a escoger para los ensayos de PU del agregado grueso, según el tamaño máximo nominal del agregado.*

MALLA	% QUE PASA ACUMULADO
1/2" 37.5 mm.	1/10 pie ³
1" 25.0 mm.	1/3 pie ³
1 1/2" 12.5 mm.	1/2 pie ³
4" 4.75mm.	1 pie ³

A.1.4 Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (NTP400.017)

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.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se peso el recipiente metálico de 1/3 Pie3, escogido según la Tabla N° A.2.
- En el recipiente de 1/3 Pie3, se deja caer suavemente el agregado fino, hasta llenarlo.
- Se enraza y se pesa el recipiente metálico con la muestra.
- Se calcula el peso de la muestra y se divide entre el volumen del recipiente.

Resultados de laboratorio

Tabla N° A.4: Se empleo tres muestras para el cálculo del P.U.S.

P.U.S	P.U.S (Kg/m³)
Muestra N° 1	1342
Muestra N° 2	1360
Muestra N° 3	1368
P.U.S Prom =	1357

Peso unitario compactado (P.U.C.)

El objetivo del ensayo es hallar el peso del agregado grueso en un volumen unitario compacto. Todos los agregados presentan distinta la proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa el recipiente metálico de 1/3 Pie³
- En el recipiente metálico de 1/3 Pie³, se llena el agregado fino en tres (3) capas y se le da 25 golpes en cada capa, compactando con una varilla de metal de 5/8" de diámetro extremo redondeado.
- Se enraza y se pesa el recipiente metálico con la muestra compactada.
- Se calcula el peso de la muestra compactada y se divide entre el volumen del recipiente.

Resultados de laboratorio

Tabla N° A.5: *Se empleo tres muestras para el cálculo del P.U.C.*

P.U.C	P.U.C (Kg/m³)
Muestra N° 1	1561
Muestra N° 2	1538
Muestra N° 3	1552
P.U.S Prom =	1550

A.1.5 Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.022)

Peso específico

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.

Para comprender los resultados mostrados, incluiremos algunas definiciones según la norma MTC E-205-2000, basados en la norma ASTM C-128 Y AASHTO T-84.

Volúmenes aparentes y nominales.- Es un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se le denomina "nominal".

Peso específico aparente y nominal.- En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

Así tenemos:

Peso específico aparente = $\text{Peso seco} / \text{Vol. Aparente}$

Peso específico nominal = $\text{Peso seco} / \text{Vol. Nominal}$

Absorción

Debido a la porosidad interna que presentan los agregados, el agua o la humedad exterior pueden penetrar hacia el interior de estos. Como consecuencia de esto es necesario estudiar o determinar cuantitativamente la capacidad de absorción de los agregados para tenerse en cuenta en la respectiva dosificación del concreto. Debe cuantificarse para tener un mejor control del agua de mezcla, pues de no ser así se corre el riesgo que absorba una gran cantidad de agua destinada para el fraguado total del cemento.

La absorción de los agregados debe determinarse, de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La absorción de un agregado esta representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca.

Se calcula de la siguiente manera.

$$A_b = \frac{(W_{SSS} - W_{seco})}{W_{seco}} \times 100$$

Donde:

- A_b = Porcentaje de absorción.
 W_{SSS} = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca.
 W_{seco} = Peso de la muestra seca.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se satura la muestra mínimo 24 horas, sumergiéndola en agua.
- Secar la muestra hasta que se encuentre saturada superficialmente seca (S.S.S.). Para llegar a este estado se empleara una franela y se secara si fuese posible piedra por piedra.
- Tarar la balanza donde se ha de tomar los pesos.
- Pesar una tara, donde se introducirá la muestra S.S.S.
- Introducir 600 gramos de la muestra S.S.S. en la tara.
- Llenar una probeta con agua, hasta 500 ml.

- Introducir la muestra S.S.S. dentro de la probeta, dejar reposar y medir el volumen desplazado por la muestra.
- Vaciar la muestra de la probeta a la tara, con mucho cuidado para no perder parte de la muestra.
- Dejar reposar, retirar el agua en exceso de la tara y llevar al horno 24 horas.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente durante una (1) hora y pesar.

Resultados de laboratorio

La piedra de la cantera LA ARENA fue ensayada dándonos los resultados que se muestran en el siguiente Tabla:

Tabla N° A.6: Peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera LA ARENA.

	MUESTRA N°1	MUESTRA N°2	Promedio
Pe (Kg/m³)	2657	2617	2637
Abs. (%)	0.78	0.96	0.87

A.1.6 Contenido de humedad del agregado grueso

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que contiene el agregado en su estado natural, debido a esto es que el agua que permanece en el agregado en su estado natural debe intervenir también en el diseño de mezclas por lo tanto se debe realizar una corrección al hacer el diseño de mezclas.

$$C.H = 100 \times \frac{W_{humedo} - W_{seco}}{W_{seco}}$$

Donde:

W_{humedo} = Peso de la muestra húmeda

W_{seca} = Peso de la muestra seca

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa en una tara metálica 1000 gr. de la muestra (con su humedad natural).
- Colocar al horno por 24 horas (110 °C).
- Pesar la tara con la muestra seca.
- Pesar la tara sola.

Resultados de laboratorio

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla N° A.7: Contenido de humedad en condiciones de laboratorio.

	MUESTRA N°1	MUESTRA N°2	Promedio
C.H	1.44	1.66	1.55

A.1.7 Superficie Específica del agregado grueso.

Es el valor de cuanto es el área superficial del agregado grueso, sirve como parámetro indicativo de la fineza del agregado. Se deduce también que a mayor superficie específica menor será el modulo de finura y por lo tanto tendrá mayor porcentaje de absorción.

Para determinar la superficie específica se tendrá en cuenta dos suposiciones:

- Que todas las partículas son esféricas.
- Que el tamaño medio de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro, es igual al promedio de las dos aberturas.

Se calcula de la siguiente manera.

$$S_e = 6x \frac{SUM}{(100xP_e)}$$

Donde:

S_e = Superficie especifica.

SUM = Sumatoria de los porcentajes retenidos entre el
diámetro promedio.

P_e = Peso especifico.

Resultados de laboratorio

El Tabla siguiente muestra los cálculos para hallar la superficie específica del agregado grueso.

Tabla N° A.8: *Tabla de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio.*

TAMIZ	%	Diámetro prom.	Cociente
	RETENIDO	(Cm)	
	(1)	(2)	(1)/(2)
1½"	0	4.45	
1"	3.42	3.18	1.08
¾"	17.49	2.22	7.87
½"	39.45	1.59	24.85
3/8"	12.82	1.11	11.54
N° 4	21.74	0.56	39.14
N°8	2.20	0.35	6.23
N°100	2.11	0.02	129.45

SUM = 220.15

Luego: $S_e = (6 \times 220.15) / (100 \times 2.637) \rightarrow S_e = 5.01 \text{ cm}^2/\text{gr}$

A.2 TABLAS Y GRAFICO

Tabla N°A.9 Resultados al realizar LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.

TAMIZ	PESOS RETENIDOS (gr)		
	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3
1 1/2"	0.00	0.00	0.00
1"	110.96	202.84	198.96
3/4"	700.72	1245.00	676.86
1/2"	1835.77	2269.68	1809.64
3/8"	712.22	450.64	759.35
1/4"	0.00	0.00	0.00
N° 4	1309.48	622.50	1328.23
N° 8	131.95	62.45	135.97
N° 100	160.94	100.92	53.99
Fondo	35.99	41.97	35.99
TOTAL	4998.00	4996.00	4999.00
MUESTRA	5000	5000	5000
ERROR (%)	0.04	0.08	0.02

TAMIZ	PESOS CORREGIDOS (gr)		
	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3
1 1/2"	0.00	0.00	0.00
1"	111.00	203.00	199.00
3/4"	701.00	1246.00	677.00
1/2"	1836.50	2271.50	1810.00
3/8"	712.50	451.00	759.50
1/4"	0.00	0.00	0.00
N° 4	1310.00	623.00	1328.50
N° 8	132.00	62.50	136.00
N° 100	161.00	101.00	54.00
Fondo	36.00	42.00	36.00
TOTAL	5000.00	5000.00	5000.00

TAMIZ	PORCENTAJES RETENIDOS (%)			% RETENIDO PROMEDIO	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA ACUM.
	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3			
1 1/2"	0	0	0	0.00		100.00
1"	2.22	4.06	3.98	3.42	3.42	96.58
3/4"	14.02	24.92	13.54	17.49	20.91	79.09
1/2"	36.73	45.43	36.2	39.45	60.37	39.63
3/8"	14.25	9.02	15.19	12.82	73.19	26.81
1/4"					73.19	26.81
N° 4	26.2	12.46	26.57	21.74	94.93	5.07
N° 8	2.64	1.25	2.72	2.20	97.13	2.87
N° 100	3.22	2.02	1.08	2.11	99.24	0.76
Fondo	0.72	0.84	0.72	0.76	100.00	0.00

GRÁFICO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO.

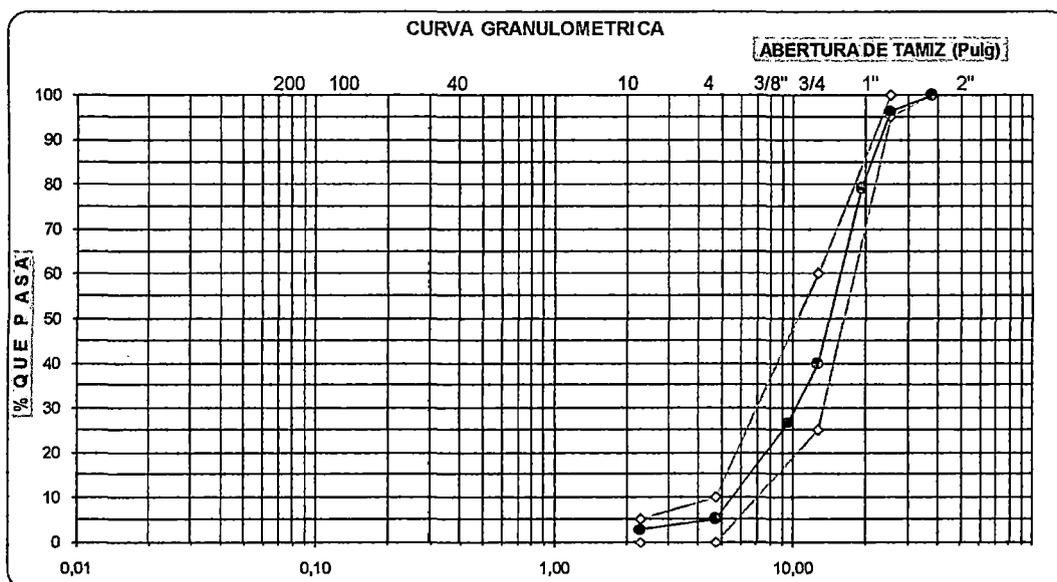


Tabla N°A.10 Resultados obtenidos al realizar los ensayos de PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2
Wsss (gr)	600	600
Vi (ml)	500	500
Vf (ml)	724.07	727.09
Vsss (ml)	224.07	227.09
Wseco + Wtara	775.59	754.65
Wtara (gr)	180.23	160.36
Wseco (gr)	595.36	594.29
Pe sss (kg/m ³)	2678	2642
Pe (kg/m ³)	2657	2617
Abs. (%)	0.78	0.96

Leyenda

Piedra de la cantera "LA ARENA"

Tabla N°A.11- Resultados obtenidos al realizar los ensayos de PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.

P.U.S	Wbalde + W m (kg)	Wm (kg)	P.U.S (kg/m ³)
MUESTRA N° 1	18.14	12.67	1342
MUESTRA N° 2	18.31	12.84	1360
MUESTRA N° 3	18.38	12.91	1368
P.U.S prom. =			1357

P.U.C	Wbalde + W m (kg)	Wm (kg)	P.U.C (kg/m ³)
MUESTRA N° 1	20.20	14.73	1561
MUESTRA N° 2	19.99	14.52	1538
MUESTRA N° 3	20.12	14.65	1552
P.U.C prom. =			1550

Leyenda

Piedra de la cantera "La Arena"

Vol. BALDE = 1/3 Pie³ = 0.0094 m³

W BALDE = 5.47 Kg.

Tabla N°A.12 Resultados del **CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.**

	Whumedo (gr)	Wseco + Wtara (gr)	Wtara (gr)	C.H (%)
MUESTRA N° 1	1000	1168.15	182.35	1.44
MUESTRA N° 2	1000	1160.08	176.41	1.66

Leyenda

Piedra de la cantera "La Arena"

ANEXO B: AGREGADO FINO

B.1 PROPIEDADES Y NORMAS DEL AGREGADO FINO

B.1.1 Granulometría y Módulo de fineza del agregado fino (NTP 400.012)

Con este ensayo se busca averiguar la distribución del agregado fino, con relación a los diferentes diámetros de sus partículas. Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100.

La diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

Las cantidades de agregado que pasan los tamices N°50 y N°100 afectan la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. Se permite que pase el tamiz N° 50 del 10% al 30% cuando el vaciado es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos. Se recomienda que las sustancias dañinas, no excedan los porcentajes máximos siguientes:

- 1) Partículas deleznable: 3%
- 2) Material más fino que la malla N°200: 5 %

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas del agregado grueso deben estar espaciadas de tal manera que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación. En este sentido, el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir en toda su masa.

El Reglamento Nacional de Construcción especifica la granulometría de la arena en concordancia con las normas ASTM.

Tabla N° B.1: Husos o límites para la arena gruesa (agregado fino) según la Norma ASTM- C33 (Arena gruesa-C)

MALLA		% QUE PASA ACUMULADO
3/8"	9.5 mm.	100
N° 4	4.75mm.	95 a 100
N° 8	2.36 mm.	80 a 100
N° 16	1.18 mm.	50 a 85
N° 30	600 um.	25 a 60
N° 50	300 um.	10 a 30
N° 100	150 um.	2 a 10

El modulo de fineza es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario.

Según las normas ASTM la arena debería tener un modulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor de 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para concretos de alta resistencia.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.

- Se seca la muestra a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que en dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado, su peso no difiera en más de 0.1% entre ambas mediciones.
- Se pesa 500 gr., las pesadas se hacen con una aproximación de 0.1%.
- El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que están dispuestas en orden decreciente según tamaño de aberturas.
- El tamizado puede hacerse a mano, pero también se puede emplear una maquina adecuada, como se hizo en este caso.
- En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.
- El vibrado de los tamices se hace por el transcurso de un minuto, luego del cual se pesan los retenidos en cada tamiz dando por finalizado el ensayo.
- Se calcula el modulo de fineza sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de las mallas estándar: 3", 1½", ¾", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100 la suma anterior.
- Tomar tres muestras, para al final promediar los resultados de cada uno y obtener resultados con una mejor aproximación.

Resultados de laboratorio.

El agregado fino con el que se desarrollo esta tesis es la arena gruesa de la cantera LA ARENA. A continuación se muestra los resultados obtenidos.

Tabla N° B.1: Resumen del ensayo de granulometría del agregado fino.

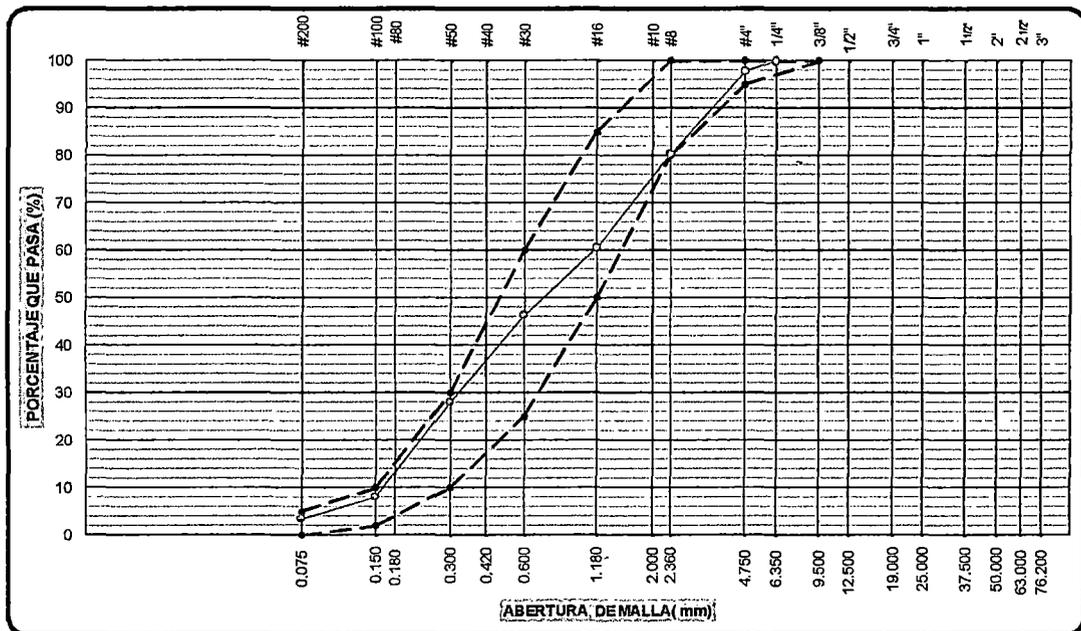
TAMIZ	PORCENTAJES RETENIDOS (%)			%	%	%
	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	MUESTRA N° 3			
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00		100.00
N° 4	2.30	1.80	2.20	2.10	2.10	97.90
N° 8	17.80	17.70	16.90	17.47	19.57	80.43
N° 16	19.30	20.60	19.70	19.87	39.43	60.57
N° 30	14.00	14.10	14.40	14.17	53.60	46.40
N° 50	17.90	18.50	18.20	18.20	71.80	28.20
N° 100	20.10	19.90	20.20	20.07	91.87	8.13
N° 200	4.80	4.50	4.60	4.63	96.50	3.50
Fondo	3.80	2.90	3.80	3.50	100.00	0.00

El modulo de fineza del agregado grueso de la cantera LA ARENA, se calcula como sigue:

$$M_f = (2.1 + 19.57 + 39.43 + 53.60 + 71.80 + 91.87) / 100 = 2.78$$

Analizando el gráfico de los usos para la arena gruesa, podemos observar que el agregado fino se encuentra dentro de los límites de la norma ASTM- C33 mostrados en la Tabla N°B.1.

Gráfico N° B.1: Granulometría del agregado fino.



B.1.2 Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.021)

Peso específico

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.

Para comprender los resultados mostrados, incluiremos algunas definiciones según la norma MTC E-205-2000, basado en la norma ASTM C-128 Y AASHTO T-84.

Volúmenes aparentes y nominales.- Es un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se le denomina "nominal".

Peso específico aparente y nominal.- En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido (peso de la muestra seco) y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

Así tenemos:

Peso específico aparente = Peso seco / Vol. Aparente

Peso específico nominal = Peso seco / Vol. Nominal

Absorción

Debido a la porosidad interna que presentan los agregados, el agua o la humedad exterior pueden penetrar hacia el interior de estos. Como consecuencia de esto es necesario estudiar o determinar cuantitativamente la capacidad de absorción de los agregados para tenerse en cuenta en la respectiva dosificación del concreto. Debe cuantificarse para tener un mejor control del agua de mezcla, pues de no ser así se corre el riesgo que absorba una gran cantidad de agua destinada para el fraguado total del cemento.

La absorción de los agregados debe determinarse, de manera que la proporción de agua en el concreto pueda controlarse y puedan determinar los pesos correctos de las mezclas. La absorción de un agregado está representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca.

Se calcula de la siguiente manera.

$$A_b = \frac{(W_{ss} - W_{seco})}{W_{seco}} \times 100$$

Donde:

A_b = Porcentaje de absorción.

W_{ss} = Peso de la muestra saturada y superficialmente seca.

W_{seco} = Peso de la muestra seca.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se satura la muestra mínimo 24 horas, sumergiéndola en agua.
- Secar la muestra hasta que se encuentre saturada superficialmente seca (S.S.S.).
- Tarar la balanza donde se ha de tomar los pesos.
- Pesar una tara, donde se introducirá la muestra S.S.S.
- Introducir 500 gramos de la muestra S.S.S. en la tara.
- Llenar una probeta con agua, hasta 500 ml.
- Introducir la muestra S.S.S. dentro de la probeta, dejar reposar y medir el volumen desplazado por la muestra.
- Vaciar la muestra de la probeta a la tara, con mucho cuidado para no perder los finos de la muestra.
- Dejar reposar, retirar el agua exceso de la tara y llevar al horno 24 horas.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente durante una (1) hora y pesar.

Resultados de laboratorio

La arena gruesa de la cantera LA ARENA fue ensayada dándonos los resultados que se muestran en el siguiente Tabla:

Tabla N° B.2: *Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera LA ARENA.*

	MUESTRA N°1	MUESTRA N°2	Promedio
Pe (Kg/m³)	2694	2716	2705
Abs. (%)	1.24	1.50	1.37

1.3 Superficie Especifica

Es el valor de cuanto es el área superficial del agregado fino, sirve como parámetro indicativo de la fineza del agregado. Se deduce también que a mayor superficie específica menor será el modulo de finura y por lo tanto tendrá mayor porcentaje de absorción.

Para determinar la superficie específica se tendrá en cuenta dos suposiciones:

- Que todas las partículas son esféricas.
- Que el tamaño medio de las partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro, es igual al promedio de las dos aberturas.

Se calcula de la siguiente manera.

$$S_e = 6x \frac{SUM}{(100xP_e)}$$

Donde:

S_e = Superficie específica.

SUM = Sumatoria de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio.

P_e = Peso específico

Resultados de laboratorio

El Tabla siguiente muestra los cálculos para hallar la superficie específica del agregado fino.

Tabla N° B.3: *Tabla de los cocientes de los porcentajes retenidos entre el diámetro promedio*

TAMIZ	% RETENIDO (1)	Diámetro prom. (Cm) (2)	Cociente (1)/(2)
3/8"	0	1.10	
N° 4	2.10	0.56	3.75
N° 8	17.47	0.36	48.52

Nº 16	19.87	0.16	124.18
Nº 30	14.17	0.09	157.44
Nº 50	18.20	0.05	364.0
Nº 100	20.07	0.02	1003.5
Nº 200	4.63	0.01	463.0
Fondo	3.50	0.01	350.0

SUM = 2514.41

$$\text{Luego: } S_o = (6 \times 2514.41) / (100 \times 2.705) \rightarrow S_o = 55.77 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

B.1.4 Peso unitario suelto y compactado del agregado fino (NTP400.017)

Peso unitario suelto (P.U.S.)

En este ensayo se busca determinar la cantidad de 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 fino dentro del recipiente, hasta llenarlo.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.

- Se pesa el recipiente metálico de 1/10 Pie3.
- En el recipiente de 1/10 Pie3, se deja caer suavemente el agregado fino, hasta llenarlo.
- Se enraza y se pesa el recipiente metálico con la muestra.
- Se calcula el peso de la muestra y se divide entre el volumen del recipiente.

Resultados de laboratorio

Tabla N° B.4: Se empleo tres muestras para el cálculo del P.U.S.

P.U.S	P.U.S (Kg/m ³)
Muestra N° 1	1618
Muestra N° 2	1608
Muestra N° 3	1587
P.U.S Prom =	1604

Peso unitario compactado (P.U.C.)

El objetivo del ensayo es hallar el peso del agregado fino en un volumen unitario compacto. Todos los agregados presentan distinta la proporción entre el peso unitario compactado con el peso unitario suelto. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.
- Se pesa el recipiente metálico de 1/10 Pie3.

- En el recipiente metálico de 1/10 Pie³, se llena el agregado fino en tres (3) capas y se le da 25 golpes en cada capa, compactando con una varilla de metal de 5/8" de diámetro extremo redondeado.
- Se enraza y se pesa el recipiente metálico con la muestra compactada.
- Se calcula el peso de la muestra compactada y se divide entre el volumen del recipiente.

Resultados de laboratorio

Tabla N° B.5: Se empleo tres muestras para el cálculo del P.U.C.

P.U.C	P.U.C (Kg/m ³)
Muestra N° 1	1798
Muestra N° 2	1815
Muestra N° 3	1808
P.U.S Prom =	1807

B.1.5 Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185)

Se entiende por contenido de humedad a la cantidad de agua que contiene el agregado en su estado natural, debido a esto es que el agua que permanece en el agregado en su estado natural debe intervenir también en el diseño de mezclas por lo tanto se debe realizar una corrección al hacer el diseño de mezclas.

Procedimiento.

- La muestra se obtiene por cuarteo.

- Se pesa en una tara metálica 1000 gr. de la muestra (con su humedad natural).
- Colocar al horno por 24 horas (110 °C).
- Pesar la tara con la muestra seca.
- Pesar la tara sola.

Resultados de laboratorio

Mostrare a continuación los resultados del contenido de humedad de la arena gruesa de la cantera LA ARENA, para condiciones de laboratorio.

Tabla N° B.6: Contenido de humedad en condiciones de laboratorio.

	MUESTRA N°1	MUESTRA N°2	Promedio
C.H	6.35	6.11	6.23

B.1.6 Material que pasa la malla N° 200 (NTP 400.018)

El objetivo de este ensayo es la de averiguar cuanto material que pasa por el tamiz N°200 es la que se encuentra dentro del agregado fino. Valores altos son perjudiciales para le concreto porque afectan la adherencia y aumentan la cantidad de agua necesaria. En concretos normales el porcentaje máximo es de 5%. La formula para calcularla es como sigue:

$$A = \frac{(W_{seco1} - W_{seco2})}{W_{seco1}} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje de material que pasa tamiz N° 200.

W_{seco1} = Peso seco de la muestra original.

W_{seco2} = Peso seco de la muestra después del lavado.

Procedimiento.

- Colocar al horno 2000 gr. aproximadamente, del agregado fino. Esto se hace por 24 horas (110 °C), hasta lograr que el material este seco.
- Pesar 500 gr. de la muestra seca.
- Introducir la muestra seca dentro de la malla N° 200.
- Lavar a chorro de agua, con mucho cuidado, el material retenido en la malla N° 200. Esto se hace hasta que el agua ya no se ensucie.
- Vaciar el retenido en la malla N° 200 en una tara metálica.
- Colocar al horno por 24 horas (110 °C).
- Pesar la tara con la muestra seca sin finos.
- Pesar la tara sola.

Resultados de laboratorio

Tabla N° B.7: Porcentaje de finos que pasa la malla N°200, (máx. perm. es 5%).

	MUESTRA N°1	MUESTRA N°2	MUESTRA N°3	Promedio
% pasa malla 200	2.60	3.76	2.50	2.95

B.1.7 Determinación cualitativa de impurezas orgánicas (NTP 400.024)

Los agregados naturales pueden ser suficientemente fuertes y resistentes al desgaste y aun no resultar adecuados para la elaboración del concreto si contiene impurezas orgánicas que interfieran el proceso de hidratación. La materia orgánica consiste en productos de descomposición de material vegetal, en forma de humus o marga orgánica (que interfieren el proceso de hidratación), que suele estar presente en la arena más que en la piedra y que es removible fácilmente con un lavado.

El objetivo del presente ensayo es para determinar de manera cualitativa la cantidad de material orgánico nocivo que tiene el agregado fino que se va a utilizar en la mezcla.

Procedimiento.

- Se lleno un frasco de vidrio incoloro (transparente), donde con un cono de plástico se introdujo 500 gr de arena gruesa.
- Se mide en la probeta 500ml de agua y se mezcla con hidróxido de sodio (NaOH) al 3%. Esta solución es realizada en una tara de metal.
- Verter la solución en la botella, utilizando el cono de plástico.
- Cerrar la botella con su tapa rosca, agitar vigorosamente y dejar reposar durante 24 horas.
- Al final del reposo se compara el color del líquido con la PLACA ORGANICA ó el PATRON GARDNER, anotando si es más oscuro, más claro o igual que una de sus escalas numeradas.

Resultados de laboratorio

El resultado obtenido con la arena gruesa de la cantera LA ARENA es del color más claro que el color Estándar N°1 del PATRON GARDNER.

B.2 TABLAS Y GRÁFICOS.

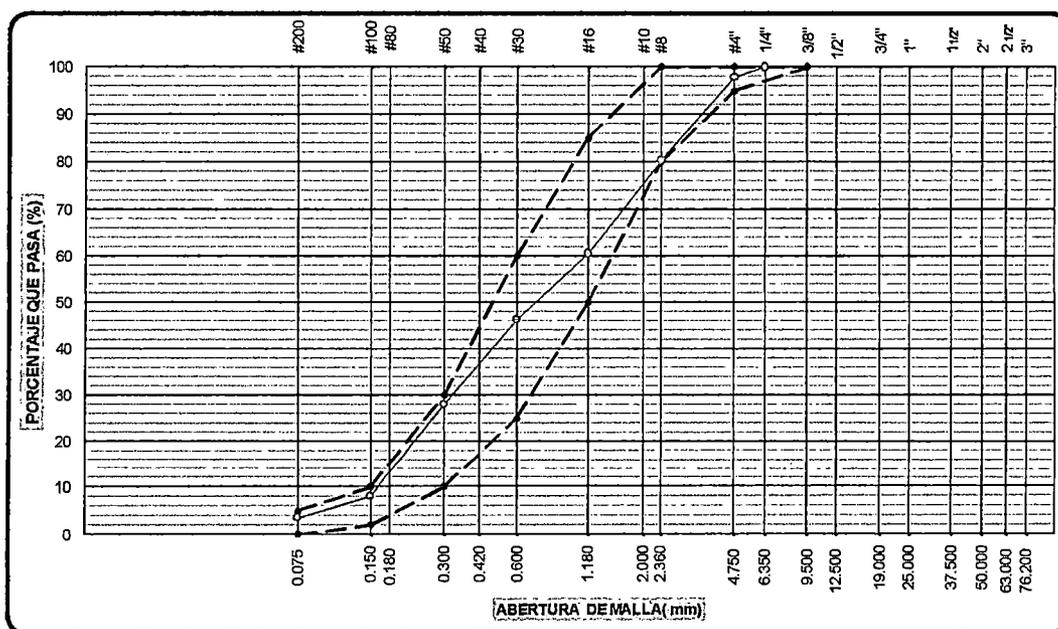
B.2.1- Resultados al realizar LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.

TAMIZ	PESOS RETENIDOS (gr)		
	MUESTRA Nº 1	MUESTRA Nº 2	MUESTRA Nº 3
3/8"	0.00	0.00	0.00
Nº 4	11.44	8.97	10.93
Nº 8	88.57	88.18	83.96
Nº 16	96.04	102.63	97.87
Nº 30	69.66	70.25	71.54
Nº 50	89.07	92.17	90.42
Nº 100	100.02	99.14	100.35
Nº 200	23.88	22.42	22.85
Fondo	18.91	14.45	18.88
TOTAL	497.6	498.2	496.8
MUESTRA	500	500	500
ERROR (%)	0.48	0.36	0.64

TAMIZ	PESOS CORREGIDOS (gr)		
	MUESTRA Nº 1	MUESTRA Nº 2	MUESTRA Nº 3
3/8"	0.00	0.00	0.00
Nº 4	11.50	9.00	11.00
Nº 8	89.00	88.50	84.50
Nº 16	96.50	103.00	98.50
Nº 30	70.00	70.50	72.00
Nº 50	89.50	92.50	91.00
Nº 100	100.50	99.50	101.00
Nº 200	24.00	22.50	23.00
Fondo	19.00	14.50	19.00
TOTAL	500.0	500.0	500.0

TAMIZ	PORCENTAJES RETENIDOS (%)			%	%	%
	MUESTRA Nº 1	MUESTRA Nº 2	MUESTRA Nº 3			
3/8"	0.00	0.00	0.00	0.00		100.00
Nº 4	2.30	1.80	2.20	2.10	2.10	97.90
Nº 8	17.80	17.70	16.90	17.47	19.57	80.43
Nº 16	19.30	20.60	19.70	19.87	39.43	60.57
Nº 30	14.00	14.10	14.40	14.17	53.60	46.40
Nº 50	17.90	18.50	18.20	18.20	71.80	28.20
Nº 100	20.10	19.90	20.20	20.07	91.87	8.13
Nº 200	4.80	4.50	4.60	4.63	96.50	3.50
Fondo	3.80	2.90	3.80	3.50	100.00	0.00

GRÁFICO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO.



B.2.2.- Resultados obtenidos al realizar los ensayos de PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2
Wsss (gr)	500	500
Vi (ml)	500	500
Vf (ml)	683.32	681.37
Vsss (ml)	183.32	181.37
Wseco + Wtara	649.48	668.01
Wtara (gr)	155.6	175.4
Wseco (gr)	493.88	492.61
Pe sss (kg/m ³)	2727	2757
Pe (kg/m ³)	2694	2716
Abs. (%)	1.24	1.50

B.2.3.- Resultados obtenidos al realizar los ensayos de PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

P.U.S	Wbalde + W m (kg)	Wm (kg)	P.U.S (kg/m ³)
MUESTRA N° 1	7.48	4.58	1618
MUESTRA N° 2	7.45	4.55	1608
MUESTRA N° 3	7.39	4.49	1587
P.U.S prom. =			1604

P.U.C	Wbalde + W m (kg)	Wm (kg)	P.U.C (kg/m ³)
MUESTRA N° 1	7.99	5.09	1798
MUESTRA N° 2	8.04	5.14	1815
MUESTRA N° 3	8.02	5.12	1808
P.U.C prom. =			1807

Leyenda

Arena de la cantera "La Arena"

Vol. BALDE = 1/10 Pie³ = 0.0028 m³

W BALDE = 2.90 Kg.

B.2.4.- Resultados del CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO de la cantera LA ARENA.

	Whumedo (gr)	Wseco + Wtara (gr)	Wtara (gr)	C.H (%)
MUESTRA N° 1	1000	1134.49	194.2	6.35
MUESTRA N° 2	1000	1106.92	164.5	6.11

B.2.5.- Resultados del ensayo de MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

	MUESTRA Nº 1	MUESTRA Nº 2	MUESTRA Nº 3
Wseco con finos (gr)	500.00	500.00	500.00
Wseco sin finos + Wtara	693.40	665.80	678.34
Wtara (gr)	206.40	178.30	197.14
Wfinos pasa malla nº 200 (gr)	13.00	12.50	18.80
%que pasa malla nº 200	2.60	2.50	3.76
		Prom. =	2.95

ANEXO C: MÉTODO DEL ACI - 211

Este método norteamericano proporciona la cantidad de agua necesaria para la mezcla que es hallada con tablas, la cuál ha sido preparada de acuerdo a las características de los agregados y las condiciones de clima y temperatura norteamericanas, al aplicarlas en el Perú resultan solo como un valor de tanteo, a partir del cual se realizan mezclas de prueba, con las que se van corrigiendo los diseños hasta hallar la verdadera cantidad de agua.

Parámetros en los que se basa el método

- Relación agua-cemento.
- Asentamiento requerido.
- Tamaño nominal máximo del agregado grueso
- Proporciones de los agregados.

La cantidad de agua en litros por metro cúbico, se calcula con la tabla del ACI presentada abajo:

TABLA Nº 1 .- VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados								
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
Asentamiento	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
%Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETO CON AIRE INCORPORADO								
Asentamiento	0.375	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	113
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	124
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	
%Aire atrapado	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

f' cr (28 días)	TABLA N° 2 .- Relación agua - cemento de diseño en peso	
	Congretos sin aire incorporado	Congretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43
450	0.38

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	TABLA N° 5 .- Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino.					
	2.20	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20
3/8	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42
1/2	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
2	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73
6	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Datos de las características físicas de los materiales requeridas

- Peso específico del tipo de cemento.
- Peso específico de los agregados.
- Contenido de humedad de los agregados.
- Porcentaje de absorción de los agregados.

ANEXO D: DISEÑO DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO

Tabla n° 610-1: EG 2000, RESISTENCIA PROMEDIO REQUIRIDO

F'c Especificado	F'cr (kg/cm ²)
Menos de 210 kg/cm ²	F'c + 70
Entre 210 kg/cm ² y 350 kg/cm ²	F'c + 84
Mayor a 350 kg/cm ²	F'c + 98

Tabla n° 610-2: EG 2000, REQUISITOS SOBRE AIRE INCLUIDO

RESISTENCIA DE DISEÑO A 28 DIAS	PORCENTAJE DE AIRE INCLUIDO
280kg/cm ² -350kg/cm ² concreto normal	6 - 8
280kg/cm ² -350kg/cm ² concreto pre-esforzado	3 - 5
140kg/cm ² -280kg/cm ² concreto normal	3 - 6

La consistencia del concreto, la cual se deberá encontrar dentro de los siguientes límites, al medirla según norma de ensayo MTC E 705.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO (")	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapata y Muro de cimentación armada	3	1
Cimentaciones simples, cajones, y sub-estructuras de muros	3	1
Losas y pavimento	3	1
Viga y Muro Armado	4	1
Columna de edificios	4	1
Concreto Ciclópeo	2	1

CONDICIONES:

- **F'c = 175 kg/cm²** (Concreto para Losa vehicular para cruce de cunetas)
Entonces la resistencia requerida será: **F'cr= 175 + 70 = 245kg/cm².**
- **Aire = 5%** (Clima Frio)
- **Asentamiento = 1" – 2"**
- **Tamaño nominal del agregado grueso TM= 1"**

Aplicación del Método del ACI-211

1) Cálculo volúmenes de los agregados.

Se diseñara un concreto con 0.05% por kg de cemento de aire incorporado (0.05% por kg de cemento de MB VR) y para una relación a/c = 0.46 (ver Tabla N°2):

Nota: De acuerdo a la Tabla N°2 del ACI, la relación debería ser a/c=0.54, sin embargo esto se fue ajustando de acuerdo a los ensayos realizados en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de ENERGOPROJEKT, alcanzando resultados para la relación a/c=0.46.

Tamaño nominal del agregado grueso = 1" y Slump. 1" – 2" de la Tabla N° 1:

⇒ Agua = 160 Lt/m³

$$\text{- Peso cemento} = 160 / (a/c) \Rightarrow 160 / 0.46 = 347.8$$

- Peso MB VR = $0.05\% \cdot 347.8 \Rightarrow 0.174$ lit.

- Volumen cemento = $347.8 / 3110 = 0.112$ m³

- Volumen de agua = $160 / 1000 = 0.160$ m³

- Contenido de aire = $5.0\% = 0.05$ m³

- Volumen de piedra = 0.67 (Ver tabla N°5; para Mf=2.80)

2) Peso seco de agregado grueso

El peso unitario seco y compactado de la piedra es 1550 Kg / m³.

- Peso seco de piedra = $0.67 \cdot 1550 = 1038.50$ Kg.

3) Volumen absoluto de la piedra

El peso específico de la piedra es 2637 Kg / m³.

• Vol absoluto del agregado grueso = $1038.50 / 2637 = 0.394$.

4) Volumen absoluto de la arena

• Vol absoluto del agregado fino = $1 - (0.112 + 0.160 + 0.05 + 0.394)$

Vol absoluto del agregado fino = 0.284 m³

5) Peso seco de agregado grueso

El peso específico de la arena es 2705 Kg / m³.

-Peso seco de arena = $0.284 \cdot 2705 = 769.10$ Kg.

6) Pesos húmedos de los agregados

- P. H de arena = $769.10 (1 + [6.23]/100) = 817.10 \text{ Kg.}$
- P. H. de piedra = $1038.50 (1 + [1.55]/100) = 1054.60 \text{ Kg.}$

7) Corrección del agua por agregados.

- C. A. de arena = $769.10 [6.23 - 1.37]/100 = 37.4 \text{ Lt}$
- C. A. de piedra = $1038.50 [1.55 - 0.87]/100 = 7.06 \text{ Lt}$
- Corrección total de agua por los agregados = 44.4 Lt
- Agua corregida = $160 - 44.4 = 115.6 \text{ Lt}$

8) Diseño unitario de obra en peso.

- D. U. O. Cemento = $348 / 348 = 1.00$
- D. U. O. Agua = $115.6 / 348 = 0.332$
- D. U. O. de arena = $817.10 / 348 = 2.35$
- D. U. O. de piedra = $1054.60 / 348 = 3.03$
- D. U. O. de MB VR = $174 / 348 = 0.5 \text{ ml.}$

9) Diseño unitario de obra en volumen (por bolsa de cemento).

- D. U. O. Cemento = 1.00 pie^3
- D. U. O. Agua = $0.44 * 42.5 = 14.11 \text{ lit.}$
- D. U. O. de arena = $(2.35 * 42.5 / (1604 * (1 + 6.23/100))) * 35.315 = 2.07$
- D. U. O. de piedra = $(3.03 * 42.5 / (1357 * (1 + 1.55/100))) * 35.315 = 3.30$
- D. U. O. de MB VR = $0.5 * 42.5 = 21.25 \text{ ml.}$

TABLA DE RESUMEN:

MÉTODO DISEÑO : ACI (COMITÉ 211)	TIPO CONSTRUCCIÓN :	MURO CONCRETO CICLOPEO
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS $f'_c =$	175 Kg/cm ²	ASENTAMIENTO (SLUMP) : 2 pulg
CEMENTO PORTLAND (ASTM C-150)	TIPO : I MARCA : PACASMAYO	PC PESO ESPECÍFICO : 3.11

CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS		AGREGADOS			
		F	FINO	G	GRUESO
I	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK (BASE SECA)		2.705		2.637
II	PESO UNITARIO SUELTO SECO	Kg/m ³ .	1,604.0		1,357.0
III	PESO UNITARIO SECO COMPACTADO - ASTM C-129	Kg/m ³ .	1807		1,550.0
IV	PORCENTAJE DE ABSORCION - ASTM C-29	%	1.37		0.87
V	CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D-2216	%	6.23		1.55
VI	MÓDULO DE FINEZA - ASTM C-125		3.00		6.77
VII	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	Pulg.			1

CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA				FÓRMULAS	VALORES
A	ASENTAMIENTO-REVENIMIENTO (SLUMP)	Pulg.	A	DATO	2.0
B	VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA	Lt/m ³ .	B	VER TABLA 1	160.0
C	PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO	%	C	VER TABLA 1	5.0
D	RELACION AGUA - CEMENTO		D	VER TABLA 5	0.46
E	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO COMPACTADO	m ³ .	E	VER TABLA 5	0.67
H	PESO DEL CEMENTO	Kg/m ³	H	B/D	347.8
I	PESO SECO DEL AGREGADO GRUESO	Kg/m ³	I	[IIIG]*E	1,038.5
J	VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO	m ³ .	J	H/(P*1000)	0.112
K	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA	m ³ .	K	B/1000	0.160
L	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE	m ³ .	L	C/100	0.050
M	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	m ³ .	M	I/([IIIG]*1000)	0.394
N	VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	m ³ .	N	1-(J+K+L+M)	0.284
O	PESO SECO DEL AGREGADO FINO	Kg.	O	N*[IF]*1000	769.1
P	PESO DEL AGREGADO FINO HÚMEDO	Kg.	P	O*(1+[VF]/100)	817.1
Q	PESO DEL AGREGADO GRUESO HÚMEDO	Kg.	Q	I*(1+[VG]/100)	1,054.6
R	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO FINO	%	R	[VF]-[IVF]	4.9
S	HUMEDAD SUPERFICIAL DEL AGREGADO GRUESO	%	S	[VG]-[IVG]	0.7
T	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO FINO	Lt.	T	O*(R/100)	37.4
U	APORTE DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO	Lt.	U	I*(S/100)	7.1
V	APORTE DE AGUA DE LOS AGREGADOS	Lt.	V	T+U	44.4
W	AGUA EFECTIVA	Lt.	W	B-V	115.6

VALORES DE DISEÑO POR METRO CÚBICO DE MEZCLA (SECO)			
CEMENTO :	348 Kg	AGUA :	160 lt
AGREGADO FINO :	769 Kg	AGREGADO GRUESO :	1039 Kg

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
CEMENTO :	348 Kg	AGUA :	116 lt
AGREGADO FINO :	817 Kg	AGREGADO GRUESO :	1055 Kg

COMPONENTES DEL CONCRETO	PROPORCIONES DE MEZCLA DE DISEÑO			
	PROPORCIÓN EN PESO		PROPORCIÓN EN VOLUMEN	
	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD	SECO	CORREGIDA POR HUMEDAD
CEMENTO	1	1	1	1
AGREGADO FINO	2.21	2.35	2.07	2.07
AGREGADO GRUESO	2.99	3.03	3.30	3.30
AGUA (En litros/bol.)	19.55	14.12	19.55	14.12
MB VR (En ml/bolsa)	21.25 ml.			

ANEXO E: CONTROL ESTADISTICO DEL CONCRETO

Todos los datos que se obtienen de ensayos están sujeto a variaciones, para gran numero de datos existen ciertas medidas que indican la uniformidad del producto que se está ensayando y el cuidado con que se han hecho los ensayos.

La medida más común de la tendencia central de un conjunto de datos es el promedio, las más comunes de grado de uniformidad son la desviación estándar y el coeficiente de variación.

La Desviación estándar está definida como:

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum (X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Donde:

D_s = Desviación Estándar

X_{prom} = Resistencia Promedio

X = Resistencia individual

n = Número de ensayos

Este parámetro nos indica el grado de dispersión existente entre la resistencia a compresión para un determinado $f'c$.

Coeficiente de variación, tiene como expresión:

$$V = \frac{D_s}{X_{PROM}} \times 100$$

Donde:

D_s = Desviación Estándar

X_{PROM} = Resistencia Promedio

Tabla 01: Valores de dispersión en el control del concreto

DISPERSION TOTAL					
Clase de Operación	Desviación Estándar para diferentes grados de control (Kg/cm²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> 49.2
Concreto en Laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> 24.6
DISPERSION ENTRE TESTIGOS					
Clase de Operación	Coefficiente de variación V para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en Obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> 6.0
Concreto en Laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> 5.0

Las tablas anteriores se pueden utilizar como referencia para estimar D_s y V cuando no se tengan datos en obra asumiendo un grado de control apropiado.

ANEXO F: RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO

1.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO A LOS 7 DIAS

Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
1	15.28	15.26	15.27	29804.99	183.13	162.75
2	15.23	15.25	15.24	31603.35	182.41	173.25
3	15.24	15.24	15.24	29368.77	182.41	161.00
4	15.25	15.26	15.26	30706.02	182.77	168.00
5	15.28	15.27	15.28	27579.65	183.25	150.50
6	15.26	15.26	15.26	28485.71	182.89	155.75

2.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO A LOS 14 DIAS

Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
1	15.25	15.24	15.25	28749.17	182.53	157.50
2	15.28	15.29	15.29	32368.26	183.49	176.40
3	15.27	15.25	15.26	30726.16	182.89	168.00
4	15.23	15.26	15.25	29068.60	182.53	159.25
5	15.29	15.27	15.28	30485.85	183.37	166.25
6	15.26	15.24	15.25	32603.77	182.65	178.50

3.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO A LOS 28 DIAS

Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
1	15.26	15.25	15.26	32314.43	182.77	176.80
2	15.24	15.23	15.24	35638.68	182.30	195.50
3	15.29	15.29	15.29	34381.65	183.61	187.25
4	15.22	15.27	15.25	31541.95	182.53	172.80
5	15.2	15.24	15.22	32439.23	181.94	178.30
6	15.29	15.26	15.28	33993.53	183.25	185.50

ANEXO G: RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXION DEL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO A LOS 28 DIAS

Nº de Muestras	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	hpom. (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	bprom. (cm)	L (cm)	Carga (kg)	Mr (kg/cm ²)
1	15.50	15.55	15.60	15.55	15.50	15.54	15.52	15.52	45.00	2616	28.45
2	15.40	15.48	15.46	15.45	15.00	15.20	15.80	15.33	45.00	2775	31.60
3	15.50	15.60	15.50	15.53	15.60	15.40	15.50	15.50	45.00	2932	30.93
4	15.70	15.73	15.75	15.73	15.10	15.40	15.70	15.40	45.00	2813	28.26
5	15.60	15.70	15.60	15.63	15.30	15.50	15.80	15.53	45.00	2888	31.78
6	15.55	15.50	15.50	15.52	15.60	15.30	15.40	15.43	45.00	2694	30.37

ANEXO H: RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE

1.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE A LOS 7 DIAS

Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	fc (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.27	15.25	15.26	29468.30	182.89	161.12	75.00gr
2	15.29	15.26	15.28	31431.19	183.25	171.52	
3	15.29	15.28	15.29	29837.88	183.49	162.61	
4	15.29	15.25	15.27	31381.77	183.13	171.36	
5	15.26	15.26	15.26	27800.77	182.89	152.01	
6	15.28	15.27	15.28	29397.99	183.25	160.42	
Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	fc (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.28	15.27	15.28	31315.74	183.25	170.89	85.00gr
2	15.25	15.28	15.27	31707.12	183.01	173.25	
3	15.26	15.3	15.28	30113.60	183.37	164.22	
4	15.29	15.24	15.27	31361.22	183.01	171.36	
5	15.28	15.25	15.27	28645.30	183.01	156.52	
6	15.24	15.25	15.25	28429.73	182.53	155.75	
Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	fc (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.29	15.29	15.29	30779.61	183.61	167.63	95.00gr
2	15.24	15.25	15.25	32256.57	182.53	176.72	
3	15.3	15.3	15.30	31080.49	183.85	169.05	
4	15.25	15.27	15.26	32876.99	182.89	179.76	
5	15.29	15.27	15.28	29253.58	183.37	159.53	
6	15.25	15.3	15.28	29112.57	183.25	158.87	

2.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE A LOS 14 DIAS

Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.24	15.26	15.25	29055.71	182.65	159.08	75.00gr
2	15.26	15.25	15.26	31918.91	182.77	174.64	
3	15.29	15.3	15.30	31175.94	183.73	169.68	
4	15.29	15.25	15.27	29455.66	183.13	160.84	
5	15.26	15.24	15.25	31277.24	182.65	171.24	
6	15.25	15.28	15.27	32667.94	183.01	178.50	
Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.25	15.28	15.27	29112.90	183.01	159.08	85.00gr
2	15.26	15.3	15.28	33964.44	183.37	185.22	
3	15.24	15.27	15.26	31627.20	182.77	173.04	
4	15.28	15.24	15.26	29999.61	182.89	164.03	
5	15.24	15.27	15.26	30993.89	182.77	169.58	
6	15.3	15.25	15.28	33692.08	183.25	183.86	
Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.3	15.29	15.30	30095.58	183.73	163.80	95.00gr
2	15.25	15.24	15.25	34774.99	182.53	190.51	
3	15.24	15.28	15.26	32262.46	182.89	176.40	
4	15.28	15.24	15.26	30582.13	182.89	167.21	
5	15.28	15.29	15.29	32946.26	183.49	179.55	
6	15.29	15.26	15.28	33364.97	183.25	182.07	

3.- Resistencia a la COMPRESIÓN AXIAL EN EL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE A LOS 28 DIAS

Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.28	15.28	15.28	33068.84	183.37	180.34	75.00gr
2	15.27	15.25	15.26	36828.41	182.89	201.37	
3	15.27	15.27	15.27	35320.51	183.13	192.87	
4	15.29	15.24	15.27	32573.50	183.01	177.98	
5	15.3	15.26	15.28	33676.36	183.37	183.65	
6	15.28	15.24	15.26	33926.80	182.89	185.50	
Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.24	15.27	15.26	32314.43	182.77	176.80	85.00gr
2	15.28	15.26	15.27	37234.72	183.13	203.32	
3	15.25	15.3	15.28	34657.36	183.25	189.12	
4	15.25	15.3	15.28	33249.52	183.25	181.44	
5	15.27	15.28	15.28	33981.07	183.25	185.43	
6	15.29	15.24	15.27	34967.50	183.01	191.07	
Nº de probeta	D1	D2	Dprom	Carga (Kg)	area (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa cem.)
1	15.28	15.27	15.28	34019.18	183.25	185.64	95.00gr
2	15.26	15.24	15.25	38208.51	182.65	209.19	
3	15.25	15.25	15.25	35912.09	182.65	196.61	
4	15.24	15.27	15.26	31899.17	182.77	174.53	
5	15.28	15.28	15.28	32695.50	183.37	178.30	
6	15.28	15.24	15.26	35962.41	182.89	196.63	

ANEXO I: RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXION DEL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE A LOS 28 DIAS

Nº de Muestras	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	hpom. (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	bprom. (cm)	L (cm)	Carga (kg)	Mr (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa de cem.)
1	15.40	15.46	15.50	15.40	15.30	15.40	15.52	15.41	45.00	2545	31.61	75.00gr
2	15.52	15.56	15.60	15.55	15.60	15.55	15.80	15.65	45.00	2884	31.53	
3	15.72	15.78	15.70	15.50	15.54	15.50	15.50	15.51	45.00	2479	30.89	
4	15.70	15.74	15.75	15.72	15.80	15.70	15.70	15.73	45.00	3152	31.05	
5	15.60	15.66	15.70	15.65	15.70	15.70	15.80	15.73	45.00	2696	28.44	
6	15.55	15.60	15.50	15.55	15.50	15.45	15.40	15.45	45.00	2693	29.59	

Nº de Muestras	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	hpom. (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	bprom. (cm)	L (cm)	Carga (kg)	Mr (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa de cem.)
1	15.40	15.46	15.50	15.40	15.30	15.40	15.52	15.41	45.00	2430	31.47	85.00gr
2	15.52	15.56	15.60	15.55	15.60	15.55	15.80	15.65	45.00	2544	32.11	
3	15.72	15.78	15.70	15.50	15.54	15.50	15.50	15.51	45.00	2571	33.79	
4	15.70	15.74	15.75	15.72	15.80	15.70	15.70	15.73	45.00	2872	30.52	
5	15.60	15.66	15.70	15.65	15.70	15.70	15.80	15.73	45.00	2494	31.11	
6	15.55	15.60	15.50	15.55	15.50	15.45	15.40	15.45	45.00	2653	31.27	

Nº de Muestras	h1 (cm)	h2 (cm)	h3 (cm)	hpom. (cm)	b1 (cm)	b2 (cm)	b3 (cm)	bprom. (cm)	L (cm)	Carga (kg)	Mr (kg/cm ²)	FIBERMESH (gr/bolsa de cem.)
1	15.40	15.46	15.50	15.40	15.30	15.40	15.52	15.41	45.00	2518	30.52	95.00gr
2	15.52	15.56	15.60	15.55	15.60	15.55	15.80	15.65	45.00	2429	34.28	
3	15.72	15.78	15.70	15.50	15.54	15.50	15.50	15.51	45.00	2357	33.09	
4	15.70	15.74	15.75	15.72	15.80	15.70	15.70	15.73	45.00	2650	32.76	
5	15.60	15.66	15.70	15.65	15.70	15.70	15.80	15.73	45.00	2625	32.85	
6	15.55	15.60	15.50	15.55	15.50	15.45	15.40	15.45	45.00	2418	35.06	

ANEXO J: CONCRETO FRESCO.

1.- Resultados de los ensayos de CONSISTENCIA Y PESO UNITARIO PARA EL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO

CONSISTENCIA

Nº de muestra	Slump (Pulg.)
1	1 3/4
2	1 3/4
3	2 1/4
4	1 1/2
5	2 1/4
6	2
Prom. =	2

PESO UNITARIO

Nº muestra	Wrecipiente + Wmezcla	Wrecipiente	Wmezcla	Vrecipiente	P.U. (kg/m³)
1	20825	7505	13320	5604	2377
2	22815	9870	12945	5458	2372
3	22025	8875	13150	5531	2378
Prom. =					2375

2.- Resultados de los ensayos de EXUDACION PARA EL CONCRETO CON AIRE INCORPORADO

2.1 Lecturas recogidas de las muestras para la exudación del concreto patrón.

Tiempo Transc. (min.)	Prueba			Prom. (ml)	
	1	2	3		
T1	10	0.2	0.6	0.5	0.4
T2	20	0.4	0.9	1.2	0.8
T3	30	0.8	1.2	2.1	1.4
T4	40	1.3	1.6	3.2	2.0
T5	70	2.2	2.8	3.8	2.9
T6	100	2.6	3.6	2.7	3.0
T7	130	1.4	2.3	2.1	1.9
T8	160	0.8	1.5	1.4	1.2
T9	190	0	0.4	1	0.5
T10	220			0.8	0.8
T11	250			0.3	0.3
TOTAL =				15.3	

2.2 Resultados de las muestras para la exudación del concreto patrón.

Peso por tanda	P/U	Peso (kg)
cemento	1.00	10
arena	2.68	26.77
pedra	3.84	38.44
agua	18.54	4.36
Total =		79.57

Pesos en (kg)		Exudacion (ml/cm ²)	Exudacion (%)
Wrecipiente + Wmuestra	15.18	0.055	3.50
Wrecipiente	7.2		
Wmuestra	7.98		
Wpor tanda	79.57		
Vol. agua tanda (Lit.)	4.36		
Area recipiente (cm ²)	278		
Vol. Exudado (ml)	15.3		
Vol. agua en molde (ml)	437.26		

3.- Resultados de los ensayos de CONSISTENCIA Y PESO UNITARIO PARA EL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE

3.1 Resultados de las muestras para 75 gr/bolsa de cemento

CONSISTENCIA

Nº de muestra	Slump (Pulg.)
1	2 1/4
2	2 1/2
3	2 1/2
4	2 3/4
5	2 1/4
6	2 3/4
Prom. = 2 1/2	

PESO UNITARIO

Nº muestra	Wrecipiente + Wmezcla	Wrecipiente	Wmezcla	Vrecipiente	P.U. (kg/m ³)
1	22780	9375	13405	5635	2379
2	24536	8320	16216	6830	2374
3	23455	8600	14855	6250	2377
Prom. =					2377

3.2 Resultados de las muestras para 85 gr/bolsa de cemento

CONSISTENCIA

Nº de muestra	Slump (Pulg.)
1	2 1/2
2	2
3	2 3/4
4	2 1/2
5	2 3/4
6	2 1/4
Prom. = 2 1/2	

PESO UNITARIO

Nº muestra	Wrecipiente + Wmezcla	Wrecipiente	Wmezcla	Vrecipiente	P.U. (kg/m³)
1	22340	8500	13840	5785	2392
2	23425	8570	14855	6200	2396
3	20230	6280	13950	5820	2397
Prom. =					2395

3.2 Resultados de las muestras para 95 gr/bolsa de cemento

CONSISTENCIA

Nº de muestra	Slump (Pulg.)
1	2 3/4
2	3
3	2 1/2
4	2 1/2
5	3
6	2 3/4
Prom. = 2 3/4	

PESO UNITARIO

Nº muestra	Wrecipiente + Wmezcla	Wrecipiente	Wmezcla	Vrecipiente	P.U. (kg/m³)
1	25420	10260	15160	6320	2399
2	28460	14450	14010	5840	2399
3	26245	12700	13545	5650	2397
Prom. =					2398

4.- Resultados de los ensayos de EXUDACION PARA EL CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE

Para este ensayo solo se trabajo con 85gr de FIBERMESH/bolsa de cemento, por ser el diseño que mas se ciñe a nuestras necesidades tanto en costos como en sus propiedades mecánicas, siendo además el diseño que se uso para nuestra experiencia en obra.

4.1 Lecturas recogidas de las muestras para la exudación del CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE

Tiempo Transc. (min.)		Prueba			Prom. (ml)
		1	2	3	
T1	10	0.3	0.5	0.6	0.5
T2	20	0.6	0.7	0.8	0.7
T3	30	0.8	1.4	1.6	1.3
T4	40	1	1.6	2.8	1.8
T5	70	1.8	2.4	3.4	2.5
T6	100	2.3	3.2	2.4	2.6
T7	130	1.4	1.8	2.1	1.8
T8	160	0.6	1.2	1.2	1.0
T9	190	0	0.6	0.9	0.5
T10	220		0.3	0.5	0.4
T11	250			0.3	0.3
				TOTAL =	13.4

4.2 Resultados de las muestras para la exudación del CONCRETO CON FIBRAS DE POLIPROPILENO E INCORPORADORES DE AIRE

Peso por tanda	P/U	Peso (kg)
cemento	1.00	10
arena	2.68	26.77
pedra	3.84	38.44
agua	18.54	4.36
FIBERMESH	0.002	0.02
Total =		79.59

Pesos en (kg)		Exudacion (ml/cm ²)	Exudacion (%)
Wrecipiente + Wmuestra	17.2		
Wrecipiente	9.5		
Wmuestra	7.7		
Wpor tanda	79.59	0.046	3.18
Vol. agua tanda (Lit.)	4.36		
Area recipiente (cm ²)	294		
Vol. Exudado (ml)	13.4		
Vol. agua en molde (ml)	421.81		

ANEXO K: MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO

Se ha hallado el valor del módulo elástico empleando la formula de la NORMA E. 060 de CONCRETO ARMADO, del reglamento nacional de construcción. Donde el módulo elástico depende de la resistencia a la compresión axial y esta expresada en la formula (cuando el concreto es de peso normal):

$$EC = 15000 \times (f'c)^{0.5}$$

Donde:

EC: es el módulo de elasticidad estático del concreto en Kg/cm²

f'c: es la resistencia al compresión del concreto en Kg/cm²

Así aplicando la formula anterior tenemos:

Tipo de concreto	f'c (t=28 días) (kg/cm ²)	Ec (kg/cm ²)
Concreto con MB VR	182	202361
Concreto con MB VR y FIBERMESH 75gr	186	204573
Concreto con MB VR y FIBERMESH 85gr	188	205670
Concreto con MB VR y FIBERMESH 95gr	190	206761

Los valores de la resistencia a la compresión f'c, resultan del promedio de los valores obtenidos en los ensayos de compresión.

**ANEXO L: CONSTANCIA DE LABORATORIO DE SUELOS,
CONCRETO Y ASFALTO DE LA EMPRESA ENERGOPROJEKT
NISKOGRADNJA**

LIMA
Los Rosales 460. Oficina 1601
San Isidro
Teléfonos: 442-9033 / 442-9044
Fax: 442-9036
E-mail: energo-la@energoprojekt.com.pe

HUAMACHUCO
Garcilazo de la Vega 1045 - 1049
Tel. 044-440575 Fax 044-440576
E-mail: ep_huamachuco@energoprojekt.com.pe

CONSTANCIA DE LABORATORIO

ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA S.A SUCURSAL PERU, EJECUTORA DE LA OBRA: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO-SHIRAN-HUAMACHUCO; TRAMO: ALTO CHICAMA-HUAMACHUCO.

CERTIFICA:

Que el Sr. **RODRIGUEZ COSAR ADOLFO RAUL**, ha realizado sus ensayos de materiales en el Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de la empresa **ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA S.A** desde enero del 2008 hasta julio del 2008.

Otorgamos la presente **CONSTANCIA** a solicitud del interesado para fines que estime por conveniente.

ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA S.A.
CARRETERA TRUJILLO-SHIRAN - HUAMACHUCO
TRAMO ALTO CHICAMA (CALLAOBAYAN - HUAMACHUCO)

ING. DUSKO ANĐELIĆ
Residente de Obra
Mex. CIP No. 4117

Huamachuco, 22 de julio del 2008

.....
Ing. Dusko Andjelic.
Director de la Empresa ENERGOPROJEKT