

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL  
CONCRETO SIMPLE CON EL CONCRETO REFORZADO CON  
FIBRAS DE ACERO WIRAND”**



**PROYECTO DE TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

**JIMMY RENSO GUEVARA HUARCAYA**

**LIMA – PERÚ**

\* 2008 \*

## ÍNDICE

**DEDICATORIA.**

**AGRADECIMIENTO.**

**INTRODUCCIÓN.**

### **CAPÍTULO I: MATERIALES.**

I.1 Introducción.

I.2 Cemento.

I.2.1 Cemento Pozolánico Atlas Tipo IP.

I.2.1.1 Análisis Químico.

I.2.1.2 Propiedades Físicas.

I.2.1.2.1 Peso Específico.

I.2.1.2.2 Fineza.

I.2.1.2.3 Contenido de Aire.

I.2.1.2.4 Fraguado.

I.2.1.2.5 Resistencias Mecánicas.

I.2.1.2.6 Retracción y Expansión.

I.2.1.2.7 Calor de Hidratación.

I.2.1.2.8 Estabilidad de Volumen.

I.2.1.2.9 Fisuración.

### I.3 Agregados.

#### I.3.1 Propiedades Mecánicas del Agregado.

I.3.1.1 Adherencia.

I.3.1.2 Dureza.

I.3.1.3 Densidad.

I.3.1.4 Módulo de Elasticidad.

I.3.1.5 Porosidad.

I.3.1.6 Resistencia.

#### I.3.2 Propiedades Térmicas del Agregado.

I.3.2.1 Coeficiente de Expansión Térmica.

I.3.2.2 Conductividad Térmica.

I.3.2.3 Calor Específico.

## I.4 Agua.

### I.4.1 Conceptos Generales.

### I.4.2 Requisitos de Calidad.

## I.5 Fibra de Acero.

### I.5.1 Generalidades.

### I.5.2 Fibra de Acero Wirand.

#### I.5.2.1 Características Geométricas.

#### I.5.2.2 Ventajas.

#### I.5.2.3 Aplicaciones.

#### I.5.2.4 Incorporación de las Fibras de Acero Wirand al concreto.

## **CAPÍTULO II: ENSAYOS DE LOS MATERIALES.**

### II.1 Agregado Fino.

#### II.1.1 Granulometría.

#### II.1.2 Módulo de Finura.

#### II.1.3 Superficie Específica.

II.1.4 Peso Unitario.

II.1.5 Peso Específico.

II.1.6 Porcentaje de Absorción.

II.1.7 Contenido de Humedad.

II.1.8 Material que pasa la malla # 200.

II.2 Agregado Grueso.

II.2.1 Granulometría.

II.2.2 Módulo de Finura.

II.2.3 Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal.

II.2.4 Superficie Específica.

II.2.5 Peso Unitario.

II.2.6 Peso Específico.

II.2.7 Porcentaje de Absorción.

II.2.8 Contenido de Humedad.

II.2.9 Material que pasa la malla # 200.

II.2.10 Resistencia al Desgaste.

## **CAPÍTULO III: PROPIEDADES DEL CONCRETO**

### **REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

- III.1 Comportamiento Dúctil.
- III.2 Resistencia a la Compresión.
- III.3 Resistencia a la Tracción.
- III.4 Resistencia a la Flexión.
- III.5 Contracción de Fragua.
- III.6 Resistencia a la Fatiga.
- III.7 Resistencia a la Abrasión y Erosión.
- III.8 Consistencia y Trabajabilidad.
- III.9 Resistencia al Fisuramiento.
- III.10 Resistencia al Corte.
- III.11 Resistencia al Congelamiento-Deshielo.
- III.12 Mayor Resistencia al Impacto.

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLA.**

- IV.1 Propiedades de la Mezcla.

- IV.1.1 Propiedades del Concreto Fresco.
- IV.1.2 Propiedades del Concreto Endurecido.
- IV.2 Información necesaria para el Diseño de Mezcla.
  - IV.2.1 Cemento.
  - IV.2.2 Agregados.
  - IV.2.3 Otros.
- IV.3 Diseño de Mezcla para Concreto Simple y Reforzado con Fibra de Acero Wirand.
  - IV.3.1 Secuencia en el Diseño de Mezcla.
  - IV.3.2 Cálculos para la Dosificación de los Materiales.
    - IV.3.2.1 Cálculo de la Resistencia Promedio.
    - IV.3.2.2 Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso.
    - IV.3.2.3 Selección del Asentamiento.
    - IV.3.2.4 Selección del Agua de Mezclado.
    - IV.3.2.5 Selección del Contenido de Aire.
    - IV.3.2.6 Selección de la Relación Agua / Cemento
    - IV.3.2.7 Cálculo del Contenido de Cemento.

IV.3.2.8 Cálculo del Contenido de Agregado

Grueso.

IV.3.2.9 Cálculo del Contenido de Agregado Fino.

IV.3.2.10 Valores de Diseño.

IV.3.2.11 Corrección por Humedad.

## **CAPÍTULO V: ENSAYOS DE CONCRETO.**

V.1 Ensayos de Concreto Fresco.

V.1.1 Control de Calidad del Concreto Fresco.

V.1.1.1 Control de la Trabajabilidad.

V.1.1.2 Control de la Temperatura.

V.1.2 Características del Concreto Fresco.

V.1.2.1 Estabilidad.

V.1.2.2 Segregación.

V.1.2.3 Compactabilidad.

V.1.2.4 Movilidad.

V.1.3 Ensayo del Cono de Abrams-Asentamiento.

V.1.3.1 Equipos y Accesorios.



V.1.3.2 Procedimiento.

V.1.4 Ensayo de Fluidez.

V.1.5 Peso Unitario.

V.1.5.1 Equipos y Accesorios.

V.1.5.2 Recipiente.

V.1.5.3 Calibración del Recipiente.

V.1.5.4 Procedimiento.

V.1.5.5 Expresión de Resultados.

V.1.6 Ensayo de Tiempo de Fraguado.

V.1.7 Ensayo de Contenido de Aire.

V.1.8 Ensayo de Exudación.

V.1.8.1 Equipos y Accesorios.

V.1.8.2 Procedimiento.

V.1.8.3 Expresión de Resultados.

V.2 Ensayos de Concreto Endurecido.

V.2.1 Resistencia a la Compresión.

V.2.1.1 Resultados de los Ensayos de Resistencia  
a la Compresión.

V.2.2 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

V.2.2.1 Resultados de los Ensayos de Resistencia  
a la Tracción por Compresión Diametral.

V.2.3 Módulo de Elasticidad Estática.

V.2.3.1 Resultados de los Ensayos de Módulo de  
Elasticidad Estática.

V.2.4 Resistencia a la Flexión.

V.2.4.1 Resultados de los Ensayos de Resistencia  
a la Flexión.

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

VI.1 Análisis de los Ensayos de los Materiales empleados.

VI.1.1 Cemento.

VI.1.2 Agregado Fino.

VI.1.3 Agregado Grueso.

VI.1.4 Agua.

VI.1.5 Fibra de Acero.

## VI.2 Análisis de los Ensayos de Concreto Fresco.

VI.2.1 Asentamiento.

VI.2.2 Peso Unitario.

VI.2.3 Contenido de Aire.

VI.2.4 Exudación.

## VI.3 Análisis de los Ensayos de Concreto Endurecido.

VI.3.1 Resistencia a la Compresión.

VI.3.2 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

VI.3.3 Módulo de Elasticidad Estática.

VI.3.4 Resistencia a la Flexión.

## VI.4 Conclusiones y Recomendaciones.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mis padres como muestra de mi eterno agradecimiento.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi gratitud hacia la **Ingeniera ENRIQUETA PEREYRA SALARDI** por su disposición de ayuda y orientación técnica en la elaboración de esta investigación.

A las personas e instituciones que tuvieron la gentileza de donar materiales y documentación técnica, que hicieron posible la parte experimental de la presente tesis.

- **CEMENTOS LIMA S.A.**
- **MACCAFERRI PERÚ S.A.**

Mi agradecimiento a la **Ingeniera LILIANA CHAVARRIA REYES**  
por brindarme las facilidades para el desarrollo de la presente tesis.

A mi querida Alma Mater, la “**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**”,  
así como a los docentes que imparten sus conocimientos y  
experiencias.

## **INTRODUCCIÓN**

En el Perú, hace unos años se ha empezado a construir pavimentos reforzados con fibras de acero, que son colocadas para reemplazar el acero de temperatura y que mejoran algunas de las propiedades estructurales del conjunto.

El concreto reforzado con fibra de acero wirand es poco conocido en el Perú, sin embargo en muchos otros países ya ha sido usado en diferentes campos como en: túneles, pisos industriales, pistas de aeropuertos, muelles, concreto pretensado y precolado, cimentaciones, caminos de concreto, losas de concreto esbeltas, reparaciones superficiales, depósitos y tanques.

En los últimos años el sector construcción en el país ha emprendido una vertiginosa carrera en busca de nuevas técnicas para

desarrollar, fortalecer y hacer más eficiente todos sus rubros y poder cumplir con las exigencias que demanda el mercado global con soluciones innovadoras.

Es por esto que el concreto, siendo uno de los materiales de mayor uso dentro de la construcción, ha ido evolucionando, con el empleo de nuevos aditivos como las fibras wirand como refuerzo del concreto dándole ductilidad a este, y disminuyendo notablemente la propagación de fisuras.

Las fibras wirand (patente MACCAFERRI) son fibras de acero de bajo tenor de carbono, trefilado a frío; cuando se adicionan al concreto, actúan como una armadura tridimensional que redistribuye las tensiones aplicadas sobre el elemento estructural pudiendo producirse un aumento en la resistencia.



También se requiere hacer un análisis exhaustivo de cada ensayo a realizar, tanto de concreto fresco como endurecido, y adjuntar cuadros comparativos que ayuden a visualizar las ventajas y diferencias encontradas entre los comportamientos del concreto reforzado con fibra wirand frente al del concreto simple, obteniendo así las conclusiones y recomendaciones respectivas, siendo estos requerimientos las razones que se han considerado para realizar un trabajo de investigación y así evaluar la eficiencia del concreto reforzado con fibra wirand.

# **CAPÍTULO I**

## **MATERIALES**

## I.1 INTRODUCCIÓN

Los materiales indispensables para la preparación del concreto (hormigón) son: el cemento como aglutinante, la piedra chancada (agregado grueso) y la arena (agregado fino). Interviene además una dosis determinada de agua. El agua es quizás el elemento más importante en la preparación del concreto estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

Por otro lado, se pueden preparar concretos a los cuales se le añade opcionalmente ciertos aditivos para modificar sus propiedades. Todos estos materiales deben de cumplir los requisitos normados por el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (INDECOPI).

## **I.2 CEMENTO**

El cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario. Por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

La totalidad de cementos empleados en el Perú son cementos portland que cumplen con los requisitos que especifica la Norma ASTM C 150; o los cementos combinados, que cumplen con lo indicado en la Norma ASTM C 595.

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker.

El cemento portland normal deberá cumplir con los requisitos indicados en la Norma ASTM C 150 para los Tipos I, II, y V, los cuales se fabrican en el Perú. Alternativamente podrán emplearse los requisitos de las Normas NTP para cementos.

Los cementos hidráulicos combinados son el producto obtenido de la pulverización conjunta del clinker de cemento portland y un material reactivo que posee propiedades puzolánicas, con la adición

eventual de sulfato de calcio. Estos cementos pueden igualmente ser preparados por mezcla de los ingredientes finamente molidos. En ambos casos deben cumplir con los requisitos de la Norma ASTM C 595.

En el campo de los cementos hidráulicos combinados, en el Perú se fabrican los cementos puzolánicos Tipos IP y IPM. El cemento puzolánico Tipo IP es un cemento portland con un porcentaje adicionado de puzolana entre 15% y 40%, que debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 595 ó NTP 334.044

El cemento puzolánico Tipo IPM es un cemento portland con un porcentaje adicionado de puzolana menor del 15%, que debe cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 595 ó NTP 334.044.

## **I.2.1 CEMENTO PUZOLÁNICO ATLAS TIPO IP**

La industria del cemento viene presentando una tendencia a nivel mundial a producir cementos a los cuales se les adiciona materiales activos con la finalidad de mejorar las características de los cementos portland.

Por tal motivo, es que en los últimos años se han realizado estudios elaborados por Cementos Lima S.A. con los cementos llamados puzolánicos y con los concretos elaborados con él, lanzando al mercado el super cemento puzolánico IP con la seguridad de ofrecer un cemento de mejores características que los ya existentes.

La adición para este tipo de cemento lo constituye la puzolana, materia prima escasa en la naturaleza que puede ser de tipo sedimentario, volcánico o eruptivo (caso de la puzolana incorporada en el super cemento Atlas puzolánico), o también, un producto artificial. Todos estos materiales están constituidos por elementos silicosos y/o silicatos aluminosos, los cuales deberán ser activos para ser considerados como verdadera puzolana.

Estas puzolanas del cemento Atlas tipo IP aumentan la retención del agua y disminuye la posibilidad de su absorción por las unidades de albañilería; mejora la plasticidad del concreto, manteniéndolo más uniforme y disminuyendo la segregación del agregado grueso. Reduce la exudación que normalmente se encuentra en concretos preparados con el cemento portland tipo I y en el concreto ya endurecido, por la menor permeabilidad del cemento puzolánico.



La puzolana que utiliza Cemento Lima S.A. tiene base ferrosa, la que da al cemento una tonalidad rosada. Cuando se elabora el concreto adquiere una tonalidad marrón oscura que al fraguar se aclara completamente.

Los elementos puzolánicos están normalizados por la ASTM bajo la norma C-595 y por el INDECOPI bajo el número 334.044. Se considera alrededor de 15 a 40% de puzolana en la fabricación de este tipo de cemento y su costo no altera considerablemente el precio del cemento, puesto que la puzolana utilizada es extraída de una mina cercana a la fábrica que facilita la explotación.

### **I.2.1.1 ANÁLISIS QUÍMICO**

El análisis químico del cemento puzolánico, fue desarrollado teniendo en cuenta la norma ASTM C-114. Lo primero que se

determinó fue la pérdida por ignición debido a que el porcentaje de residuo insoluble es mayor que uno (11.86%). Posteriormente fueron determinados gravimétricamente el dióxido de silicio, el trióxido de azufre, el óxido de aluminio, el óxido de magnesio; y volumétricamente el óxido férrico y el óxido de calcio.

Los resultados obtenidos en el Laboratorio (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) fueron los siguientes:

- Pérdidas por Ignición		1,99 %
- Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	26,26 %
- Óxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,33 %
- Óxido Férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,33 %
- Óxido de Calcio	CaO	51,00 %
- Óxido de Magnesio	MgO	2,21 %
- Trióxido de Azufre	SO <sub>3</sub>	<u>2,41 %</u>
	Sumat. =	99,53 %

Como se puede apreciar, existe una pequeña diferencia del 0,47 % correspondiente a los componentes de menor escala que también forman parte de esta muestra de cemento puzolánico.

Posteriormente como se pudo contar con la facilidad de uso del Laboratorio de Cementos Lima S.A., sometimos otra muestra de cemento puzolánico a las modernas máquinas con la que ellos efectúan sus análisis químicos obteniéndose los siguientes resultados:

- Pérdidas por Ignición		1,99 %
- Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	26,62 %
- Óxido de Aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,41 %
- Óxido Férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,92 %
- Óxido de Calcio	CaO	53,08 %
- Óxido de Magnesio	MgO	2,70 %
- Trióxido de Azufre	SO <sub>3</sub>	2,73 %
- Óxido de Potasio	K <sub>2</sub> O	1,12 %

- Óxido de Sodio	NaO	<u>0,34 %</u>
		Sumat. = 99,91 %

Obteniéndose un resultado más detallado y exacto que nos arrojó un porcentaje de componentes menores de 0,09%. Los resultados obtenidos en Cementos Lima S.A. se obtuvieron en tan solo 30” debido a los modernos equipos con los que ellos cuentan; cosa que nos lleva a confiar más en estos resultados.

### **I.2.1.2 PROPIEDADES FÍSICAS**

#### **I.2.1.2.1 PESO ESPECÍFICO**

El peso específico del cemento corresponde al material en estado compacto. Su valor suele variar, para los cementos portland normales,

entre 3,0 y 3,2. Las Normas Norteamericanas consideran un valor promedio de 3,15 y las Normas Alemanas e Inglesas un valor promedio de 3,12. En el caso de los cementos combinados el valor es menor de 3,0 y depende de la fineza del material adicionado.

Cuando el cemento contiene adiciones minerales que lo convierten en un cemento combinado, con una densidad menor a la del clinker puro, los valores indicados descienden notablemente, al igual que en el caso de los cementos meteorizados. Usualmente en el Perú se considera un valor del orden de 2,97 para los cementos Tipo IP y IPM.

Su determinación es particularmente necesaria en relación con el control y diseño de las mezclas de concreto. Se sigue las recomendaciones de la Norma ASTM C 188.

### **I.2.1.2.2 FINEZA**

La fineza de un cemento es función del grado de molienda del mismo y se expresa por su superficie específica, la cual es definida como el área superficial total, expresada en centímetros cuadrados, de todas las partículas contenidas en un gramo de cemento. Se asume que todas las partículas tienen un perfil esférico.

La importancia de la fineza de un cemento radica en la influencia que puede tener sobre la velocidad de hidratación, la resistencia inicial y el calor generado.

La fragua de los cementos es más rápida y el agrietamiento más temprano conforme son más finos. Igualmente, a igualdad de relación agua-cemento, el flujo es menor para los cementos más finos; la

exudación disminuye conforme la fineza se incrementa; y la absorción se incrementa con el grosor del grano.

Hay que considerar también que cuando un cemento es molido demasiado finamente, las partículas extremadamente finas pueden ser prehidratadas por la humedad presente en los molinos, o en la atmósfera durante el período de almacenamiento, perdiendo su valor cementante. Al aumentar la fineza de cualquier cemento aumenta su velocidad para desarrollar resistencia y así, indirectamente, el riesgo de grietas por contracción.

Los dos aparatos especialmente desarrollados para medir la fineza de los cementos, de acuerdo a la Norma ASTM, son el Turbidímetro Wagner y el Aparato Blaine de Permeabilidad al Aire. Este último es el de uso común, reservándose los ensayos en el primero para casos de dirimencia.

### **I.2.1.2.3 CONTENIDO DE AIRE**

La presencia de cantidades excesivas de aire en el cemento puede ser un factor que contribuya a reducir la resistencia de los concretos preparados con éste. El ensayo de contenido de aire da un índice indirecto de la fineza y grado de molienda del cemento. El ensayo se realiza de acuerdo a la Norma ASTM C 185.

La Norma ASTM C 150 indica un contenido máximo de aire en morteros de 12% para todos los cementos de esta clasificación.

### **I.2.1.2.4 FRAGUADO**

El término fraguado se refiere al cambio del estado fluido al estado sólido. Se dice que la pasta de cemento portland ha fraguado cuando



está lo suficientemente rígida como para soportar una presión arbitraria definida.

El tiempo de fraguado se divide en dos partes: el comienzo y el fin de la fragua, conocidos como la “fragua inicial” y la “fragua final”. Cuando la pasta de cemento portland ha logrado la fragua final, empieza un nuevo período de incremento de su rigidez y resistencia denominado “endurecimiento”.

El tiempo de fragua de las pastas de cemento, a las que se ha dado consistencia normal, se mide por la capacidad que tenga la pasta de soportar el peso de una varilla o aguja determinada. Para determinar el tiempo de fraguado se siguen las siguientes normas:

- Consistencia Normal, de acuerdo a ASTM C 187
- Fraguado Vicat, de acuerdo a ASTM C 191

- Fraguado Gillmore, de acuerdo a ASTM C 266

Para los cementos combinados que cumplen con la Norma ASTM C 595, el tiempo de fraguado inicial, medido con la aguja Vicat no debe ser menor de 45 minutos, y el tiempo de fraguado final no debe ser mayor de 7 horas.

#### **I.2.1.2.5 RESISTENCIAS MECÁNICAS**

La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad física que define la capacidad del mismo para soportar esfuerzos sin falla y normalmente se emplea como uno de los criterios de aceptación por ser la más requerida desde el punto de vista estructural. No es por tanto sorprendente que los ensayos de

resistencia sean prescritos en todas las especificaciones de cementos.

La resistencia de un cemento es función de su fineza, composición química, porcentaje de compuestos, grado de hidratación, así como del contenido de agua de la pasta. La velocidad de desarrollo de la resistencia es mayor durante el periodo inicial de endurecimiento y tiende a disminuir gradualmente en el tiempo. El valor de resistencia a los 28 días se considera como la resistencia del cemento.

La resistencia de un cemento se determina por ensayos de compresión y tracción en morteros preparados con dicho cemento y arena estándar. Los ensayos de compresión se efectúan de acuerdo a la Norma ASTM C 109 y los ensayos de tracción de acuerdo a la Norma ASTM C 190.

#### **I.2.1.2.6 RETRACCIÓN Y EXPANSIÓN**

La elevada porosidad de la pasta de cemento, que puede alcanzar al 40% del volumen para la hidratación completa, conjuntamente con la subdivisión muy fina de estos espacios porosos, da lugar a que se presenten durante la desecación y humedificación de la masa aglomerada variaciones volumétricas que se designan con los nombres de retracción y expansión.

Estas variaciones volumétricas dependen de factores tales como la humedad relativa ambiente; constitución de la pasta de cemento influenciada a su vez por la relación agua-cemento; el tipo de cemento y su grado de hidratación; naturaleza y proporción de los granos de cemento; e influencia de anhídrido carbónico del aire.

La influencia de la capacidad de expansión o retracción de los cementos reside en que ella condiciona la posibilidad y magnitud de los cambios de volumen que pueden experimentar los elementos estructurales, cambios que cuando son importantes se manifiestan en agrietamiento de los elementos.

El procedimiento de ensayo se efectúa siguiendo las recomendaciones de la Norma ASTM C 157.

#### **I.2.1.2.7 CALOR DE HIDRATACIÓN**

El fraguado y endurecimiento de la pasta es un proceso químico por lo que, durante las reacciones que tienen lugar entre los compuestos del cemento y el agua, la hidratación del cemento es

acompañada por liberación de una cantidad de calor, la cual depende principalmente de la composición química y de la fineza del cemento.

De lo expuesto, puede definirse al calor de hidratación como a la cantidad de calor, expresada en calorías por gramo de cemento no hidratado, desarrollada por hidratación completa a una temperatura determinada.

#### **I.2.1.2.8 ESTABILIDAD DE VOLUMEN**

Se define como estabilidad de volumen de un cemento a la capacidad de éste para mantener un volumen constante una vez fraguado. Se considera que un cemento es poco estable cuando tiende a sufrir un proceso de expansión lentamente y por un largo periodo de tiempo. El efecto de un cemento poco estable puede no

ser apreciado durante meses, pero a la larga es capaz de originar fuertes agrietamientos en el concreto y aún fallas eventuales.

La estabilidad de volumen de los cementos se determina mediante el ensayo de expansión en el autoclave, considerándose estables a los cementos que no presentan una expansión mayor del 0,8%.

#### **I.2.1.2.9 FISURACIÓN**

La fisuración es una propiedad física que es consecuencia de los cambios de volumen que se pueden presentar en pastas puras, morteros y concretos. La fisuración por contracción es función del tipo de cemento, de su composición química, de su fineza de molienda, y de la relación agua-cemento empleada.

La capacidad de fisuración es importante porque su determinación permite conocer la calidad de los cementos y la sensibilidad de estos a la contracción.

### **I.3 AGREGADOS**

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 65% a 80% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido y en las proporciones de la mezcla.

En relación con su origen y su procedimiento de preparación, el agregado puede ser natural o artificial. Las arenas y gravas son productos del intemperismo y la acción del viento y el agua. Los



agregados pueden ser obtenidos a partir de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas.

La aceptación de un agregado para ser empleado en la preparación del concreto para una obra de características determinadas, deberá basarse en la información obtenida a partir de los ensayos de laboratorio, de su registro de servicios bajo condiciones de obra similares, o de ambas fuentes de información.

### **I.3.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL AGREGADO**

#### **I.3.1.1 ADHERENCIA**

Tanto la forma de la partícula como la textura de la superficie del agregado influyen considerablemente en la resistencia del concreto.

Una textura más áspera dará por resultado una mayor adhesión entre partículas y la matriz de cemento. Igualmente, el área mayor de superficie de un agregado más angular propiciará una mejor adherencia.

### **I.3.1.2 DUREZA**

La dureza de un agregado está definida por su resistencia a la abrasión, erosión y desgaste. La determinación de la dureza de un agregado se hace sometiéndolo a un proceso de desgaste por abrasión. El ensayo más empleado es el conocido como el Método de Los Ángeles, realizado de acuerdo con lo especificado en la Norma ASTM C 131. Este método combina procesos de desgaste por abrasión y frotamiento.

### **I.3.1.3 DENSIDAD**

La densidad de los agregados depende tanto de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es de especial importancia en todos aquellos casos en que, por resistencia o durabilidad, se requieren concretos con un peso por encima o debajo de aquel que corresponde a concretos usuales. Las bajas densidades generalmente indican material poroso, poco resistente y de alta absorción.

### **I.3.1.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD**

Está definido como una medida de la resistencia del material a las deformaciones. Es lógico pensar que la deformación que experimenta

el concreto es, parcialmente, una deformación del agregado, por lo tanto conforme el Módulo de Elasticidad de los agregados aumente mayor será el del concreto.

Es importante recordar que el valor del módulo de elasticidad del agregado tiene especial influencia sobre la magnitud del escurrimiento plástico y la contracción que pueden presentarse en el concreto.

#### **I.3.1.5 POROSIDAD**

Es una de las propiedades físicas más importantes del agregado, ya que tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas.

Los agregados que tienen alto porcentaje de poros, tienen una mayor superficie específica susceptible de ataques químicos. El tamaño y continuidad de los poros controla la velocidad y magnitud de la absorción, así como la velocidad con la cual el agua puede escapar de las partículas de agregado. Así también la distribución de poros por tamaños y la permeabilidad son las propiedades más importantes del agregado que controlan la durabilidad en congelación y deshielo.

#### **I.3.1.6 RESISTENCIA**

La textura, estructura y composición de las partículas de agregado influyen sobre la resistencia de éste. La resistencia a la compresión del agregado suele ser más alta que la del concreto preparado con éste, estando comprendido entre valores de 700 a 3 500 kg/cm<sup>2</sup>. Para determinar la resistencia del agregado se debe partir de la resistencia a la trituración de las muestras preparadas de la roca originaria.

## **I.3.2 PROPIEDADES TÉRMICAS DEL AGREGADO**

### **I.3.2.1 COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA**

El empleo de agregados de bajo coeficiente de expansión térmica puede llevar a la destrucción del concreto ya que conforme la temperatura de éste se reduce la pasta tiende a contraer más que el agregado desarrollándose esfuerzos de tensión en la pasta, lo que puede conducir a agrietamientos.

### **I.3.2.2 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA**

La conductividad térmica es una propiedad de los agregados que dice cuan fácil es la conducción de calor a través de ellos. Está influenciada por la porosidad.

### **I.3.2.3 CALOR ESPECÍFICO**

Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en 1°C la temperatura. El calor específico y la conductividad térmica son importantes en construcciones masivas en las que hay que tener un control de la elevación de la temperatura. Igualmente lo son cuando se requiere el concreto con propiedades de aislamiento térmico.

## **I.4 AGUA**

### **I.4.1 CONCEPTOS GENERALES**

En relación con su empleo en el concreto, el agua tiene dos diferentes aplicaciones: como ingrediente en la elaboración de las

mezclas y como medio de curado de las estructuras recién construidas. El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr: a) la formación de gel, b) permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que: en estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma; y que en estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

El agua representa aproximadamente entre 10 y 25% del volumen del concreto recién mezclado. Esto le concede una influencia importante a la calidad del agua de mezclado en el comportamiento y las propiedades del concreto, pues cualquier sustancia dañina que contenga, puede tener efectos adversos significativos en el concreto. Los efectos indeseables que el agua de mezclado de calidad inadecuada puede producir en el concreto, son a corto, mediano y largo plazo. Los efectos a corto plazo normalmente se relacionan con



el tiempo de fraguado y las resistencias iniciales, los de mediano plazo con las resistencias posteriores (a 28 días o más) y los de largo plazo pueden consistir en el ataque de sulfatos y la corrosión del acero de refuerzo. La prevención de los efectos a largo plazo se consigue por medio del análisis químico del agua antes de emplearla, verificando que no contenga cantidades excedidas de sulfatos, álcalis, cloruros y dióxido de carbono disuelto, principalmente. Para prevenir los efectos a corto y mediano plazo, se acostumbra precalificar el agua mediante pruebas comparativas de tiempo de fraguado y de resistencia a compresión a 7 y 28 días.

#### **I.4.2 REQUISITOS DE CALIDAD**

No todas las aguas que son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que, igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto.

El agua a ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con la Norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable. El agua deberá estar libre de azúcares y sus derivados, sales de potasio, grasas, aceites, sodio y ácidos. Ni el olor ni el sabor son índices de la calidad del agua.

Existen valores aceptados como máximos para las sales y sustancias presentes en el agua utilizada en la preparación del concreto, tal que si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de Laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión. De preferencia, el agua a emplearse deberá almacenarse en tanques metálicos o silos.

Si el agua de mar se emplea como agua de mezclado es recomendable que el cemento tenga un contenido máximo del 5% de (C3A) y la mezcla tenga un contenido mínimo de cemento de 350

kg/cm<sup>3</sup>; una relación agua-cemento de 0,5; consistencia plástica; y un recubrimiento al acero de refuerzo no menor de 70mm.

## **I.5 FIBRA DE ACERO**

### **I.5.1 GENERALIDADES**

Desde hace ya algunos años la tecnología del concreto reforzado con fibras de acero a integración o en sustitución del tradicional refuerzo con barras de acero, ha pasado del campo de la experimentación iniciada en los años cincuenta al campo de la aplicación industrial y actualmente son numerosos los sectores de empleo rutinario de esta tecnología: los elementos prefabricados monolíticos, los pavimentos industriales, los soportes de excavaciones subterráneas y superficiales en concreto proyectado, los

revestimientos prefabricados y vaciados en sitio para túneles, constituyen ciertamente buenos ejemplos de las aplicaciones más ampliamente difundidas y de las de mayores perspectivas.

La presencia de fibras de acero de adecuada resistencia y homogéneamente distribuidas dentro de un concreto, constituye una micro-armadura la cual, por un lado se muestra eficaz para contrastar el muy conocido fenómeno de la fisuración por retracción y por otro lado, confiere al concreto una ductilidad que puede llegar a ser considerable en la medida en que sea elevada la dosificación y la calidad de las mismas fibras, confiriendo además al concreto una gran tenacidad (toughness) y la posibilidad que las estructuras confeccionadas puedan soportar niveles de tracción de gran interés aplicativo.

A propósito de calidad y cantidad de fibras de acero a introducir en un concreto reforzado con fibras (SFRC: Steel Fibre Reinforced Concrete), se pueden avanzar las consideraciones cuantitativas generales y referenciales siguientes: La calidad mecánica de las fibras debe ser muy elevada, con resistencias a la tracción típicas del orden de los 11 000 Kg/cm<sup>2</sup>. La relación de forma (longitud/ diámetro) debe también ser suficientemente elevada, entre 40 y 80. La dosificación puede alcanzar, para las aplicaciones más exigentes, los 40 ó 80 Kg/m<sup>3</sup>.

## **I.5.2 FIBRA DE ACERO WIRAND**

Las fibras de acero Wirand para refuerzo de concreto (hormigón), son producidas a partir de alambres de acero de bajo contenido de carbono. Actúan como una armadura tridimensional reduciendo las tensiones aplicadas al elemento estructural aumentando así su

resistencia. El uso de las fibras de acero Wirand en el concreto proporciona un mejor comportamiento de la estructura, ya que reducen la formación de fisuras, proporcionando una mejor calidad y durabilidad a la obra. Otras ventajas del sistema son la eliminación, en algunas aplicaciones de la armadura convencional, con la consecuente reducción de tiempos y costos de mano de obra. También evita el desperdicio de materiales siendo el transporte, acopio, manipuleo y la aplicación de fibras, tareas bastantes simples.

Se obtiene un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo. La dosificación se determinará de acuerdo a necesidades específicas de cada proyecto, realizando un cálculo por cargas y usos a los que será sometida la estructura.

Se deberá considerar que: las fibras nunca deben añadirse como primera adición en la mezcla de concreto, deberán ser colocadas en la mezcla de concreto elaborada, por un tiempo de 1 a 1,5 minutos para su completa incorporación verificando que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en la masa de concreto, para lo cual se debe utilizar lentes de seguridad y guantes para su manejo; y tener la fibra almacenada en un lugar completamente seco libre de humedad. Es recomendable la utilización de plastificantes, fluidificantes ó bien estos mismos productos superplastificantes y/o superfluidificantes para control de revenimiento sin modificar relación a/c.

Confiere al concreto: una elevada resistencia a la falla ya que el acero tiene un módulo elástico muy alto (210 000 Mpa/21 406 ton/m<sup>2</sup>), y una alta resistencia a la tracción (>1 100 Mpa/112,13 ton/m<sup>2</sup>) que se consigue utilizando un alambre con bajo contenido de carbono

integrado a la mezcla (las fibras cumplen esta función aumentando la capacidad de absorción de energía en la mezcla).

Considerar que: a mayor longitud de las fibras, mejor resistencia a esfuerzos de tracción; a menor sección de fibra, mayor número de fibras/kg, por tanto, una distancia más corta entre éstas; el largo mínimo de la fibra deberá ser del doble del tamaño máximo del agregado; el espesor mínimo del concreto deberá ser 1,5 veces el largo de la fibra.

Las fibras de acero pueden sustituir al acero de refuerzo convencional (malla y/o varilla) siempre y cuando el refuerzo sea por temperatura. Además, ayuda pero no sustituye al refuerzo de la resistencia a la flexión.

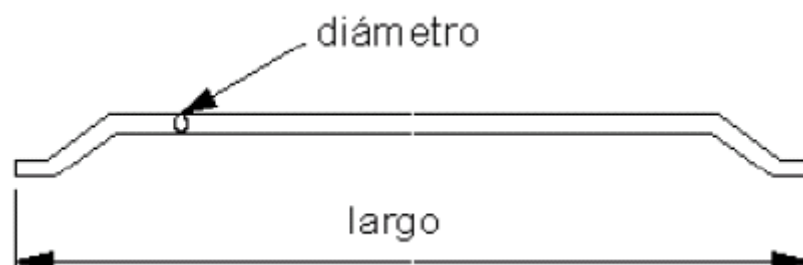


Dentro de los tipos de fibra de acero Wirand más usados tenemos:  
Wirand FF1, cuya aplicación es para: pisos, pavimentos y prefabricados; y Wirand FS3N, cuya aplicación es para: concreto proyectado.

Las fibras Wirand son producidas por Officine Maccaferri en Celano, Italia, desde hace más de 25 años.

### I.5.2.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

**Wirand FF1:**



**Tipo:** Alambre de acero trefilado

**Largo (L):** 50 mm con doblez en terminaciones +/-15%

**Diámetro (D):** 1,00 mm +/-10%

**Relación de Aspecto L/D:** >50 +/-15%

**Rm:** Tensión de ruptura por tracción del alambre: >1 100 MPA

**Rp0.2:** Tensión de alejamiento de la proporcionalidad: > 800 Mpa

**DI:** Elongación a la ruptura: <4%

**E:** Módulo de Elasticidad: 210 000 MPa

### **I.5.2.2 VENTAJAS**

- La fibra tiene dobleces en los extremos que permite mejorar su adherencia dentro de la matriz del concreto.
- Alta resistencia a tracción.
- Alta absorción de energía por medio del alambre trefilado de bajo contenido de carbono.

- Cumple con la Norma ASTM-820, Tipo 1.
- Elimina, en algunas aplicaciones, el habilitado y colocación de malla y varillas convencionales por la sustitución de estos materiales con fibras de acero, con la consecuente reducción de tiempos y costos de mano de obra.
- Aumenta la resistencia a la fatiga, cortante e impacto en estructuras de concreto.
- Previene la falla por ruptura.
- Mejora el comportamiento del concreto expuesto a variaciones de temperatura.
- Disminuyen fisuras en el concreto terminado.
- Para pisos industriales, aumenta la distancia entre juntas.
- Para concreto lanzado, presenta una sección homogénea del concreto aún sobre superficies irregulares.
- Aumento de la ductilidad del concreto.

### **I.5.2.3 APLICACIONES**

- Construcción de túneles.
- Pisos industriales.
- Pistas de aeropuertos.
- Pavimentaciones viales, portuarias y aeroportuarias.
- Cimentaciones.
- Losas de concreto esbeltas.
- Depósitos y tanques.
- Concreto lanzado.
- Elementos de concreto prefabricados.
- Rehabilitación de estructuras.
- Industrias mineras.
- Revestimientos de taludes.

## **I.5.2.4 INCORPORACIÓN DE LAS FIBRAS DE ACERO**

### **WIRAND AL CONCRETO**

Para garantizar la distribución homogénea de las fibras (en la dosificación determinada) es necesario estar atento a algunos cuidados, simples pero que exigen la observación de algunos criterios, que se detallan a continuación:

- El proceso de incorporación puede ser realizado manualmente o de forma mecanizada, utilizándose dosificadores apropiados.
- La incorporación de las fibras puede ocurrir simultáneamente con los agregados, en el inicio o después de la adición del cemento (final de la mezcla).
- Nunca se deben agregar las fibras como primer componente de la mezcla, ya que se corre el riesgo de perjudicar la

homogeneidad del concreto (factor fundamental en la evaluación del desempeño).

- Durante la inserción manual (Foto A), las fibras pueden ser agregadas directamente en la tolva (cuando es realizado el procedimiento en planta), o en la tolva del camión concretero (cuando la adición es hecha en la obra). En ambos casos, necesitan un control de la velocidad de mezcla, generalmente en torno a 20kg/min. En la incorporación mecánica, esta velocidad es automáticamente regulada por los equipos especialmente desarrollados para esta utilización.
- Durante la incorporación mecanizada de la fibra, se tiene que más allá de controlar la velocidad de inserción, también dispersan y transportan las fibras hasta la entrada de la concretera (Foto B). También es importante para ambos procesos, que durante la inserción, el “mixer” esté trabajando en su velocidad media y después de completada la inserción de las fibras, la mezcla del hormigón reforzado se mantenga en

alta rotación, por lo menos cinco minutos, a fin de garantizar una mezcla homogénea.

Constructivamente, el concreto fibroreforzado es muy semejante al concreto simple, sin embargo, algunos puntos merecen ser destacados:

- Verificaciones de asentamiento de la mezcla: Para el concreto fibroreforzado, deben ser realizadas antes y después de la inserción, para garantizar que las condiciones de trabajabilidad estén de acuerdo con lo especificado.
- Utilización de vibradores de inmersión: Mejoran y aceleran el proceso de compactación del concreto, más allá de promover la orientación de las fibras, garantizando que las mismas no queden expuestas.

- Bombeo / proyectado del concreto: Demanda que el largo de la fibra no exceda 70% de la abertura de salida del equipo, recomendándose para este tipo de utilización, fibras de menor relación largo/diámetro. Existen fibras especiales que poseen dimensiones adecuadas y fueron desarrolladas especialmente para esta finalidad.





Foto A: Inserción manual de las Fibras de Acero.



Foto B: Transporte automático de las Fibras de Acero hasta la concreteira.



Concreto Reforzado con Fibra de Acero.



Nivelación de la pavimentación c / Fibra de Acero c / una máquina niveladora láser.

Prevención de la Fisura por Retracción:



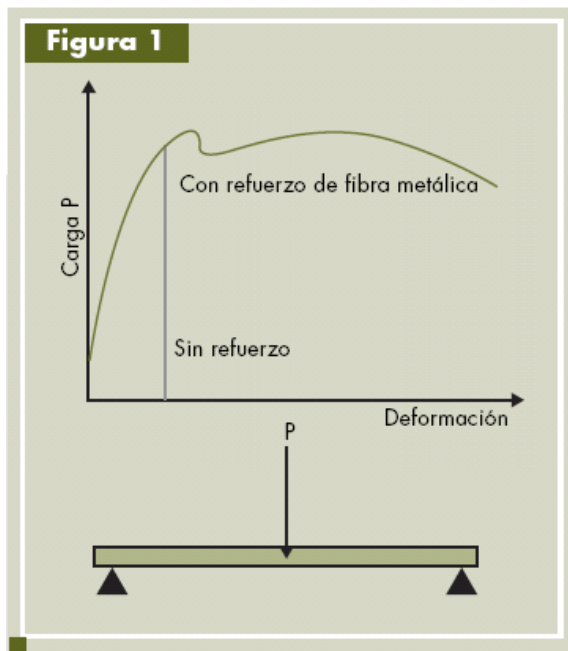
Ensayo en Concreto Simple



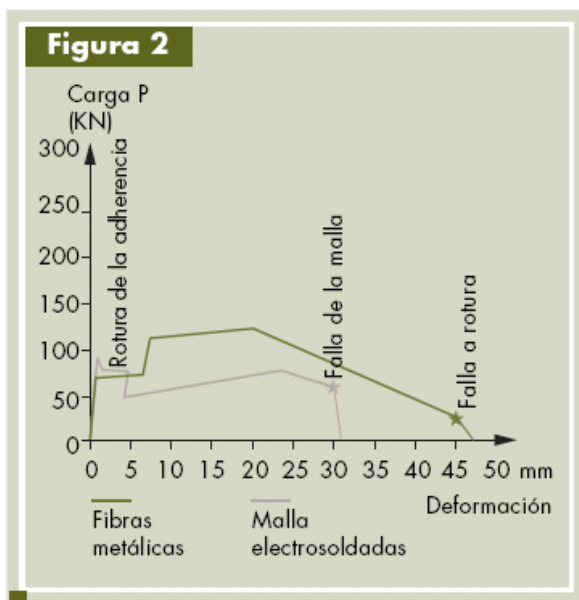
Ensayo con Concreto Reforzado  
con Fibra de Acero



Pisos industriales reforzados  
con Fibra de Acero.



En la figura 1; La energía absorbida antes de la rotura por el concreto es el área bajo la curva; se le denomina igualmente “tenacidad” y se expresa en Joules.



La figura 2 muestra que la absorción de energía de rotura de las fibras es mayor que la de las mallas electrosoldadas (Estudio realizado en Noruega por la Asociación de Investigación Técnica de Noruega – NTNF)



Concreto Reforzado con Fibras de Acero, Lanzado (Proyectado).



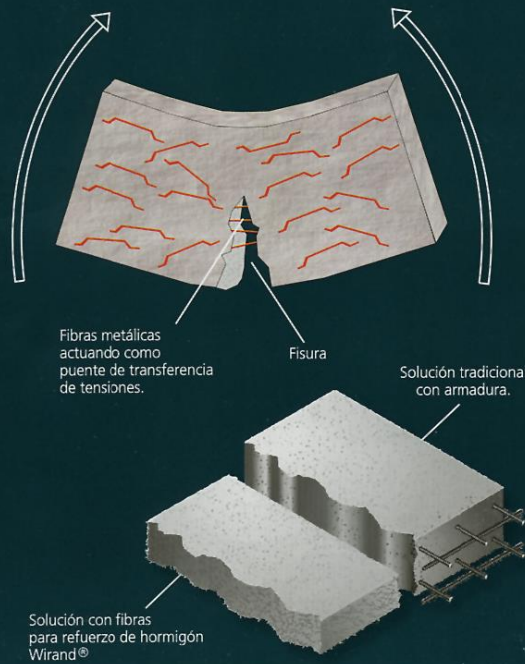
Prefabricados con Concreto Reforzado con Fibras de Acero.



## refuerzo de hormigón



### COMO LAS FIBRAS METÁLICAS WIRAND<sup>®</sup> REFUERZAN EL HORMIGÓN



- Reemplaza la armadura tradicional en aplicaciones como: pisos y pavimentos, plateas, revestimiento de túneles y recuperación de estructuras;
- Más eficiente, económico y rápido, comparado con las soluciones tradicionales;
- De fácil aplicación;
- Distribución homogénea dentro del hormigón;
- Aumento de la capacidad de carga;
- Reduce la formación de fisuras;
- Mejor comportamiento a las variaciones de temperatura.

**ASESORAMIENTO TÉCNICO GRATUITO**

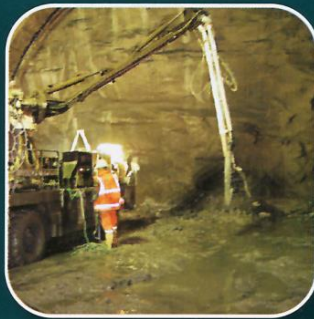
# MACCAFERRI



Las fibras de acero Wirand® para refuerzo de hormigón, son producidas a partir de alambres de acero de bajo contenido de carbono. Actúan como una armadura tridimensional reduciendo las tensiones aplicadas al elemento estructural aumentando así su resistencia. El uso de las fibras de acero Wirand® en el hormigón proporciona un mejor comportamiento de la estructura, ya que reducen la formación de fisuras, proporcionando una mejor calidad y durabilidad a la obra. Otras ventajas del sistema son la eliminación, en algunas aplicaciones, de la armadura convencional, con la consecuente reducción de tiempos y costos de mano de obra. También evita el desperdicio de materiales siendo el transporte, acopio, manipuleo y la aplicación de fibras, tareas bastante simples.



Pisos y pavimentos



Concreto proyectado

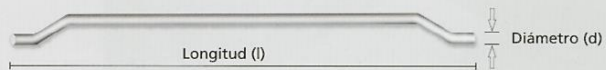


Elementos prefabricados



Tipo	Diámetro (d) (mm)	Longitud (l) (mm)	Factor de forma (Relación l/d)	Aplicación	Peso de la caja (kg)	Nº de fibras por kg
Wirand® FF1	1,00	50	50	Pisos, pavimentos y prefabricados	20	3244
Wirand® FS3N	0,75	33	44	Hormigón proyectado	20	8738

\* Otros tipos de fibras podrán ser suministradas mediante consulta previa



Corporate Member



International Geosynthetic Society

Sistema de gestión de calidad certificado en conformidad con la norma ISO 9001: 2000



**MACCAFERRI**  
AMÉRICA LATINA  
www.maccferri.com.br

Maccaferri do Brasil Ltda.  
Rodovia Dom Gabriel Paulino Bueno Couto, km 66  
CP 520 - CEP 13201-970 - Jundiaí - SP  
Tel.: (11) 4589-3200 - Fax: (11) 4582-3272  
e-mail: maccferri@maccferri.com.br

Maccaferri de Argentina.  
Calle Güemes 1233 - Benavidez - Cod. Postal B1621GSH  
Provincia de Buenos Aires - Argentina  
Tel.: 54 (3327) 457522 rotativas - Fax: (3327) 455394  
e-mail: magda@maccferri-arg.com.ar

Maccaferri de Perú.  
Predio Las Salinas, Lote C12-2 - Altura km 33  
Autopista Lima - Pucosana - Lima 16 - Perú  
Tel.: 51 (1) 4300292 - Fax: (1) 4300289  
e-mail: macpe@maccferri.com.pe

Maccaferri de Centro América Ltda.  
De la Iglesia de Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia,  
100m Oeste, 100m Norte, 800m Oeste  
Calle Rinconada - Apdo 6701007  
Centro Colón - San José - Costa Rica  
Tel.: (506) 2-446090 - Fax: (506)  
e-mail: maccf@maccferri.co.cr

© Maccaferri do Brasil Ltda. F015BE-0705

## **CAPÍTULO II**

### **ENSAYOS DE LOS MATERIALES**



## **II.1 AGREGADO FINO**

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz NTP 9,52 mm (3/8”) y cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 ó ASTM C 33.

El agregado fino puede consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas y resistentes; libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales, u otras sustancias dañinas para el concreto.

La selección de las canteras deberá incluir estudios del origen geológico; clasificación petrográfica y composición mineral del material; propiedades y comportamiento del material como agregado. El agregado fino que se obtuvo para la elaboración de la presente tesis, es arena lavada proveniente de la Cantera de Jicamarca, propiedad de UNICON.

### **II.1.1 GRANULOMETRÍA**

Según la norma técnica peruana NTP 400.012 la granulometría es el proceso que divide una muestra de agregado en partes de igual tamaño de partícula. Su propósito es determinar la gradación o distribución por tamaños del agregado. El material a tamizarse se colocará en la malla superior, las que estarán dispuestas en orden decreciente según tamaño de abertura y se imprimirá un movimiento permanente con direcciones frecuentemente cambiantes hasta que

no pase más del 1% en peso del material retenido sobre el tamiz en el transcurso de un minuto.

La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N° 4 a N° 100 de la Serie Tyler. En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

<b>Abertura en mm</b>	<b>Designación ASTMC33</b>	<b>%Retenido Acumulado</b>	<b>%Que Pasa</b>
9,50	38"	0	100
4,75	N° 4	0a5	95a100
2,36	N° 8	0a20	80a100
1,18	N° 16	15a50	50a85
0,60	N° 30	40a75	25a60
0,30	N° 50	70a90	10a30
0,15	N° 100	90a98	2a10

Límites de Granulometría del Agregado Fino.

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá de 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado y

un contenido de cemento mayor de 255 kg/m<sup>3</sup>; o si el concreto es sin aire incorporado y un contenido de cemento mayor de 300 kg/m<sup>3</sup>; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas mallas, el porcentaje indicado para las mallas N° 50 y N° 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente.

Adicionalmente, en relación con su granulometría, el agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 a fin de obtener en el concreto adecuada trabajabilidad, ello especialmente en mezclas con pastas pobres; también emplear poco o ningún material en las mallas N° 4 y N° 8 a fin de evitar un concreto áspero, granuloso y de acabado difícil.

A continuación se muestran los resultados de los tres ensayos realizados para el análisis granulométrico del agregado fino.











## **II.1.2 MÓDULO DE FINURA**

Se define el módulo de fineza como la suma de los porcentajes acumulativos retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre 100. Las series estandarizadas consisten en mallas, cada una del doble del tamaño de la precedente: ASTM No 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", hasta la malla de tamaño más grande según la norma NTP 400.011.

El módulo de finura se calcula para el agregado fino más que para un agregado grueso. Las variaciones de más o menos 0,2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo, por eso se

recomienda que su valor oscile entre 2,3 y 3,1 donde un valor más alto indica una gradación más gruesa.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO

Tipo de agregado: Arena lavada

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

$$\text{Módulo de Finura } MF = \frac{\sum \% \text{retenido}}{100}$$

Ensayo N° 1:

$$MF = \frac{38 + 220 + 413 + 625 + 813 + 935}{100} = 304$$

Ensayo N° 2:

$$MF = \frac{32 + 210 + 401 + 611 + 794 + 924}{100} = 297$$

Ensayo N° 3:

$$MF = \frac{36 + 207 + 392 + 592 + 773 + 911}{100} = 291$$

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
MODULO DE FINURA	3,04	2,97	2,91	2,97

Promedio del Módulo de Finura = 2,97
--------------------------------------

### II.1.3

#### SUPERFICIE ESPECÍFICA

Se define como superficie específica del agregado fino como la suma de las áreas superficiales de las partículas de la misma. Se expresa en  $\text{cm}^2/\text{gr}$ .

Cuanto mayor es la superficie específica, mayor es el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas. El agregado fino siempre tiene una superficie específica alta.

Los agregados en los cuales varía la superficie específica, aún cuando tengan la misma densidad, no dan la misma resistencia al concreto. Para relaciones agua-cemento y agregado-cemento constantes, no existe una relación única entre densidad y superficie específica, de tal manera que aún cuando la densidad varíe, si la superficie específica permanece constante la resistencia en compresión también permanece significativamente constante.

La consistencia del concreto disminuye conforme la superficie específica se incrementa. Por tanto, no es posible variar la superficie específica del agregado sin variar la consistencia.

$$Superficie\ Específica\ (cm^2 / g) = \frac{0,06}{P.Específica\ Agregado} \times \sum \frac{P_i}{d_i}$$

Además:

$$\sum \frac{P_i}{d_i} = \frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2} + \frac{P_3}{d_3} + \dots + \frac{P_n}{d_n}$$

Donde:

Pi : Porcentaje retenido por la malla del agregado.

di : Diámetro promedio de dos mallas consecutivas (para

partículas que pasan un tamiz y quedan

retenidas en otro).



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

### **SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO**

Tipo de agregado: Arena lavada

Hecho por : **Jimmy Renso Guevara Huarcaya**

Mallas	Diam (mm)	di (cm)	ENSAYOS						PROM
			N° 1		N° 2		N° 3		
			Pi (%)	Pi/di (%/cm)	Pi (%)	Pi/di (%/cm)	Pi (%)	Pi/di (%/cm)	
3/8"	9,520	1,426	0	0,00	0	0,00	0	0,00	
N° 4	4,750	0,714	4	5,29	3	4,44	4	5,04	
N° 8	2,380	0,357	18	50,91	18	49,81	17	47,78	
N° 16	1,190	0,179	19	107,84	19	106,88	19	103,63	
N° 30	0,595	0,089	21	238,22	21	236,13	20	224,54	
N° 50	0,297	0,045	19	419,29	18	406,61	18	401,64	
N° 100	0,149	0,022	12	552,91	13	590,26	14	627,91	
Sumat. Pi/di (%/cm)			1 374,47		1 394,14		1 410,56		
Peso Específico (g/cm³)			2,58		2,58		2,58		
<b>Superficie Específica (cm²/g)</b>			<b>31,96</b>		<b>32,42</b>		<b>32,80</b>		<b>32,39</b>

Promedio de Superficie Específica = 32,39 cm²/g

#### II.1.4 PESO UNITARIO

El peso unitario o densidad de masa de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en

el recipiente, dividida entre su volumen, representará el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en  $\text{kg/m}^3$ .

El peso unitario depende de cuán compactado esté el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, para propósitos de prueba, debe especificarse el grado de compactación. La norma N.T.P. 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

#### **A. Peso Unitario Suelto:**

Cuando el agregado fino seco se coloca con cuidado en un recipiente cilíndrico de metal de  $1/10 \text{ ps}^3$  de capacidad, hasta que desborde y después es nivelado haciendo rodar una varilla por

encima. Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$PUS = f \times W_s$$

## B. Peso Unitario Compactado:

Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y se remueve de nuevo lo que sobresalga. Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$PUC = f \times W_c$$





**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

### **PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO**

Norma : N.T.P. 400.017

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado: Arena lavada

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		kg	6,28	6,35	6,35	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	1,75	1,75	1,75	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	W <sub>s</sub>	kg	4,52	4,60	4,60	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	4,56	4,56	4,56	
PESO DEL AGUA	W <sub>a</sub>	kg	2,81	2,81	2,81	
FACTOR DE CALIBRACION DEL RECIPIENTE	f	m <sup>3</sup>	356,51	356,51	356,51	
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>PUS</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1613</b>	<b>1638</b>	<b>1639</b>	<b>1630</b>

Promedio del Peso Unitario Suelto = 1630 kg/m<sup>3</sup>



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

Norma : N.T.P. 400.017

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado: Arena lavada

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		kg	7,02	7,03	7,05	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	1,75	1,75	1,75	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	W <sub>b</sub>	kg	5,26	5,28	5,30	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	4,56	4,56	4,56	
PESO DEL AGUA	W <sub>a</sub>	kg	2,81	2,81	2,81	
FACTOR DE CALIBRACION DEL RECIPIENTE	f	m <sup>3</sup>	356,51	356,51	356,51	
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>PUC</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1877</b>	<b>1882</b>	<b>1888</b>	<b>1882</b>

Promedio del Peso Unitario Compactado = 1882 kg/m<sup>3</sup>

### II.1.5 PESO ESPECÍFICO

El peso específico según la norma ASTM C 128 se define como la relación de la masa (o peso en aire) de una unidad de volumen de

material respecto a una masa de agua del mismo volumen a una temperatura determinada, expresada en tres formas.

- Peso específico de masa (G).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos todos los poros.

$$\text{Peso específico de masa (G)} = \frac{A}{V-W}$$

- Peso específico de masa saturado superficialmente seco (G<sub>ss</sub>). Se refiere al volumen del material cuando todos los poros del agregado están llenos de agua.

$$Peso\ específico\ aparente\ (G_a) = \frac{500}{V - W}$$

- Peso específico aparente (Ga).

Se refiere al volumen del material sólido, incluidos los poros impermeables, aunque no los capilares.

$$Peso\ específico\ aparente\ (G_a) = \frac{A}{(V - W) - (500 - A)}$$

## II.1.6 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

Se denomina así a la relación de la disminución de masa respecto a la masa de la muestra seca, se determina midiendo la disminución

de masa de una muestra saturada y de superficie seca después de secarla en un horno durante 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

$$\text{Porcentaje de absorción (\%)} = 100 \times \frac{500 - A}{A}$$

A continuación se presenta los resultados de los ensayos de Peso Específico y Porcentaje de Absorción del agregado fino.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**

Norma : N.T.P. 400.022

Peso de la muestra: 500 g.

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
PESOLA FOLA		g	161,00	161,00	161,00	
PESODE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA		g	500,00	500,00	500,00	
PESODE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA+ PESODE LA FOLA		g	661,00	661,00	661,00	
PESODE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA+ PESODE LA FOLA+ PESODEL AGUA		g	971,50	969,00	972,30	
PESODEL AGUA	W	g	310,50	308,00	311,30	
PESODE LA ARENA SECA	A	g	489,40	490,20	492,60	
VOLUMENDE LA FOLA	V	ml	500,00	500,00	500,00	
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA</b>	<b><math>A / (V - W)</math></b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2,58</b>	<b>2,55</b>	<b>2,61</b>	<b>2,58</b>
<b>PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO</b>	<b><math>500 / (V - W)</math></b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2,64</b>	<b>2,60</b>	<b>2,65</b>	<b>2,63</b>
<b>PESO ESPECÍFICO APARENTE</b>	<b><math>A / (V - W) - (500 - A)</math></b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2,74</b>	<b>2,69</b>	<b>2,72</b>	<b>2,71</b>
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN</b>	<b><math>100 \times (500 - A) / A</math></b>	<b>%</b>	<b>2,17</b>	<b>2,00</b>	<b>1,50</b>	<b>1,89</b>

PROMEDIO DEL	PROM	UND
--------------	------	-----

<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>2,58</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>2,63</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Peso Específico Aparente</b>	<b>2,71</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>Porcentaje de Absorción</b>	<b>1,89</b>	<b>%</b>

## II.1.7 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad o agua total del agregado es la diferencia en peso entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco, cuyo resultado para expresarlo en porcentaje (%) se divide entre el mismo peso de la muestra en estado seco y se multiplica finalmente por 100.

Si el agregado tiene una humedad inferior a la absorción, se debe agregar más agua a la mezcla para compensar lo que absorben los agregados. Por el contrario, si la humedad está por encima de la absorción, el agua a agregar a la mezcla será menor, ya que los agregados aportarán agua. Debemos ajustar la cantidad de agua a agregar a la mezcla teniendo en cuenta la humedad de los agregados en el momento de elaborar el concreto, ya que, si la humedad es alta, aumentará la relación agua-cemento y caerán las resistencias, y si es baja, no se logrará la trabajabilidad deseada. Ambas observaciones influyen mucho en la resistencia y propiedades del concreto, por lo



que es importante saber controlar este concepto para tener resultados óptimos.

$$\text{Contenido húmedo} (\%) = \frac{\text{Peso de la muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

## CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

Norma : ASTM C 566

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado : Arena lavada

Peso de la muestra: 500 g.

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			PROM
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	A	g	500,00	500,00	500,00	
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	g	473,00	473,70	473,60	
CONTENIDO DE AGUA	A-B	g	27,00	26,30	26,40	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>H</b>	<b>%</b>	<b>5,71</b>	<b>5,55</b>	<b>5,57</b>	<b>5,61</b>

Promedio del Contenido de Humedad = 5,61 %
--

### II.1.8 MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

Según la norma técnica peruana NTP 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

## MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200 DEL AGREGADO FINO

Norma : NTP 400.018

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado : Arena lavada

Peso de la muestra: 500 g.

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 01	N° 02	N° 03	PROM
PESO DE LA MUESTRA	P1	g	500,00	500,00	500,00	
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	g	461,40	461,90	459,00	
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	(P1-P2)	g	38,60	38,10	41,00	
<b>% QUE PASA LA MALLA N° 200</b>	<b>A</b>	<b>%</b>	<b>7,72</b>	<b>7,62</b>	<b>8,20</b>	<b>7,85</b>

Promedio del % que pasa la malla N° 200 = 7,85%

## II.2 AGREGADO GRUESO

Se define como agregado grueso a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial, retenido en el tamiz 4,75 mm (No 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma N.T.P. 400.037 ó ASTM C 33.

## **II.2.1 GRANULOMETRÍA**

La granulometría del agregado grueso se define como la distribución del tamaño de sus partículas. Esta granulometría se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados, por abertura, de mayor a menor. Esta serie de tamices son 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", ⅜" y N° 4.

La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto.

Se tomará cada tamiz con su tapa y base y se imprimirá movimiento permanente con direcciones frecuentemente cambiantes. Para ello se imprimirá al tamiz los distintos movimientos de vaivén: adelante, atrás, izquierda, derecha, arriba, abajo y circular.

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. Comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores, para asentamiento de aproximadamente 7,5 cm para un amplio rango de tamaños de agregado grueso.

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado donde se produce el primer retenido y el tamaño máximo corresponde a la malla más pequeña por la que pasa todo el agregado.











## II.2.2 MÓDULO DE FINURA

El módulo de finura del agregado grueso es útil en las mezclas de concreto y se obtiene, conforme a la norma NTP 400.011, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas ( 3", 1½", ¾", ⅜", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 ) y dividiendo la suma entre 100, similar a la del agregado fino.



### MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: Piedra chancada

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

$$Módulo de Finura M.F. = \frac{\sum \% \text{retenido}}{100}$$

Ensayo No 1.

$$M.F. = \frac{839 + 1000 + 1000 + 500}{100} = 7,84$$

Ensayo No 2.

$$M.F. = \frac{841 + 999 + 1000 + 500}{100} = 7,84$$

Ensayo No 3.

$$M.F. = \frac{864 + 999 + 1000 + 500}{100} = 7,86$$

DESCRIPCIÓN	ENSAYOS			
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
MODULO DE FINURA	7,84	7,84	7,86	7,85

Promedio del Módulo de Finura = 7,85

### **II.2.3 TAMAÑO MÁXIMO Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; ó
- Un tercio del peralte de las losas; ó
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.

Las limitaciones anteriores también pueden ser obviadas si, a criterio de la Supervisión, la trabajabilidad y consistencia del concreto y los procedimientos de compactación son tales que el concreto puede ser colocado sin que se formen vacíos o cangrejas.

En la granulometría del agregado grueso para la presente tesis, se puede observar para los tres ensayos hechos que, el Tamaño Máximo del agregado grueso es de 1½", y el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso es de 1".

## II.2.4 SUPERFICIE ESPECÍFICA

Se define como superficie específica del agregado grueso como la suma de las áreas superficiales de las partículas de la misma. Se expresa en  $\text{cm}^2/\text{gr}$ .

Cuanto mayor es la superficie específica, mayor es el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas. La superficie específica del agregado grueso suele ser bastante baja.

Los agregados en los cuales varía la superficie específica, aún cuando tengan la misma densidad, no dan la misma resistencia al concreto. Para relaciones agua-cemento y agregado-cemento constantes, no existe una relación única entre densidad y superficie



específica, de tal manera que aún cuando la densidad varíe, si la superficie específica permanece constante la resistencia en compresión también permanece significativamente constante.

La consistencia del concreto disminuye conforme la superficie específica se incrementa. Por tanto, no es posible variar la superficie específica del agregado sin variar la consistencia.

$$Superficie\ Específica\ (cm^2 / g) = \frac{0,06}{P.Específica\ Agregado} \times \sum \frac{P_i}{d_i}$$

Además:

$$\sum \frac{P_i}{d_i} = \frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2} + \frac{P_3}{d_3} + \dots + \frac{P_n}{d_n}$$

Donde:

Pi : Porcentaje retenido por la malla del agregado.

di : Diámetro promedio de dos mallas consecutivas (para partículas que pasan un tamiz y quedan retenidas en otro).

### SUPERFICIE ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO

Tipo de agregado: Piedra chancada

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

Mallas	Diam (mm)	di (cm)	ENSAYOS						PROM
			N° 1		N° 2		N° 3		
			PI (%)	PI/di (%/cm)	PI (%)	PI/di (%/cm)	PI (%)	PI/di (%/cm)	
2"	50,80	5,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1 1/2"	38,10	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1"	25,40	3,18	13,30	4,19	14,29	4,50	14,37	4,53	
3/4"	19,00	2,22	70,56	31,79	69,83	31,45	72,02	32,44	
1/2"	12,70	1,59	15,81	9,98	15,44	9,74	12,99	8,19	
3/8"	9,52	1,11	0,32	0,29	0,36	0,32	0,56	0,51	
#4	4,75	0,71	0,00	0,00	0,08	0,12	0,06	0,09	
Sumat. PI/di (%/cm)			46,24		46,14		45,75		
Peso Especifico (g/cm³)			2,70		2,70		2,70		
<b>Superficie Específica (cm²/g)</b>			<b>1,028</b>		<b>1,025</b>		<b>1,017</b>		<b>1,023</b>

Promedio de Superficie Específica = 1,02 cm²/g

## II.2.5 PESO UNITARIO

El peso unitario o densidad de masa de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, es decir la masa neta del agregado en el recipiente, dividida entre su volumen, representará el peso unitario para uno u otro grado de compactación, expresado en  $\text{kg/m}^3$ .

El peso unitario depende de cuán compactado esté el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, para propósitos de prueba, debe especificarse el grado de compactación. La norma NTP 400.017 reconoce dos grados: suelto y compactado.

El peso unitario del agregado está influenciado por: su gravedad específica; su granulometría; su perfil y textura superficial; su condición de humedad; y su grado de compactación de masa.

El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En la determinación del peso unitario es importante que la granulometría sea aquella con la cual va a ser utilizado para preparar el concreto, dado que modificaciones en ésta dan lugar a cambios en el porcentaje de vacíos, lo que a su vez modifica el peso unitario.

#### **A. Peso Unitario Suelto:**

Cuando el agregado grueso seco se coloca con cuidado en un recipiente cilíndrico de metal (cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado grueso) hasta que desborde y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado. El recipiente cilíndrico de metal a usar para la

presente tesis es de  $\frac{1}{2}$  ps<sup>3</sup> de capacidad, que corresponde al tamaño máximo 1½" del agregado grueso.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.S = f \times W_s$$

#### **B. Peso Unitario Compactado:**

Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro, y se remueve de nuevo lo que sobresalga. Se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$P.U.C = f \times W_c$$



### PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO

Norma : N.T.P. 400.017  
 Procedencia : Cantera Jicamarca  
 Tipo de agregado: Piedra Chancada  
 Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		kg	25,50	25,50	25,90	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	V <sub>s</sub>	kg	19,56	19,56	19,96	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	19,98	19,98	19,98	
PESO DEL AGUA	V <sub>a</sub>	kg	14,04	14,04	14,04	
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	m <sup>3</sup>	71,23	71,23	71,23	
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	<b>FUS</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1 393</b>	<b>1 393</b>	<b>1 422</b>	<b>1 403</b>

Promedio del Peso Unitario Suelto = 1 403 kg/m<sup>3</sup>



### PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

Norma : N.T.P. 400.017

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado: Piedra Chancada

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		kg	28,00	28,00	28,00	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Vc	kg	22,06	22,06	22,06	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	19,98	19,98	19,98	
PESO DEL AGUA	Va	kg	14,04	14,04	14,04	
FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE	f	m <sup>3</sup>	71,23	71,23	71,23	
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	<b>FUC</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>1572</b>	<b>1572</b>	<b>1572</b>	<b>1572</b>

Promedio del Peso Unitario Compactado = 1572 kg/m<sup>3</sup>

## II.2.6 PESO ESPECÍFICO

El peso específico del agregado grueso es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamiento de mezclas y control. El valor del peso específico para agregados normales oscila entre 2 500 y 2 750 kg/m<sup>3</sup>. A continuación se muestra las expresiones que se utilizan para calcular los tres estados de pesos específicos.

$$\text{Peso específico aparente } (G) = \frac{A}{(B-C)}$$

$$\text{Peso específico aparente } (G_a) = \frac{A}{(A-C)}$$

$$\text{Peso específico aparente superficial } (G_{ss}) = \frac{B}{B-C}$$



## II.2.7 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

Se denomina absorción del agregado grueso cuando tiene todos sus poros saturados pero la superficie del mismo está seca. Es en esta condición como se hacen los cálculos de dosificación para elaborar concreto. La absorción del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma ASTM C 566 de manera que se pueda controlar el contenido neto de agua en el concreto y se puedan determinar los pesos correctos de cada mezcla. A continuación se presenta la expresión que se utiliza para calcular el porcentaje de absorción.

$$\text{Porcentaje de absorción (\%)} = 100 \times \frac{(B-A)}{A}$$



### PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Norma : N.T.P. 400.021

Peso de la muestra: 5 000 g.

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	g	5000,0	5000,0	5000,0	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		g	3777,0	3779,8	3790,5	
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		g	617,2	617,2	617,2	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	g	3159,8	3162,6	3173,3	
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	g	4957,5	4964,0	4963,0	
PESO ESPECÍFICO DE MASA	$A / (B - C)$	$g/cm^3$	2,69	2,70	2,72	2,70
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$B / (B - C)$	$g/cm^3$	2,72	2,72	2,74	2,73
PESO ESPECÍFICO APARENTE	$A / (A - C)$	$g/cm^3$	2,76	2,76	2,77	2,76
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	$((B - A) / A) \times 100$	%	0,86	0,73	0,75	0,78

PROMEDIO DEL	PROM.	UND.
--------------	-------	------

<b>Peso Específico de Masa</b>	<b>2,70 <math>g/cm^3</math></b>
<b>Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco</b>	<b>2,73 <math>g/cm^3</math></b>
<b>Peso Específico Aparente</b>	<b>2,76 <math>g/cm^3</math></b>
<b>Porcentaje de Absorción</b>	<b>0,78 %</b>

## II.2.8 CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad o agua total del agregado es la diferencia en peso entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco, cuyo resultado para expresarlo en porcentaje (%) se divide entre el mismo peso de la muestra en estado seco y se multiplica finalmente por 100.

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condición de saturado superficialmente seco, es decir, con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial. Esta situación, que no es correcta en la práctica, conviene para fines de clasificación.

Si el agregado está saturado y superficialmente seco, no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo,

un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina un exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua, a fin de que resulte el concreto deseado.

$$\text{Contenido húmedo (\%)} = \frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} \times 100$$



### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

Norma : ASTM C 566

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado : Piedra Chancada

Peso de la muestra: 2 500 g.

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			PROM
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	A	g	2500,00	2500,00	2500,00	
PESO DE LA MUESTRA SECA	B	g	2493,20	2494,50	2492,50	
CONTENIDO DE AGUA	A-B	g	6,80	5,50	7,50	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>H</b>	<b>%</b>	<b>0,27</b>	<b>0,22</b>	<b>0,30</b>	<b>0,26</b>

Promedio del Contenido de Humedad = 0,26%

## II.2.9 MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

Consiste en determinar la cantidad de finos que se presenta en el agregado grueso, material que puede ser perjudicial para el concreto. Según la norma técnica peruana NTP 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por cien.

$$\% \text{ que pasa la malla } N^{\circ} 200 = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de la muestra lavada y secada}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$



**MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200 DEL AGREGADO GRUESO**

Norma : NTP 400.018

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado : Piedra Chancada

Peso de la muestra: 2 500 g.

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			N° 01	N° 02	N° 03	PROM
PESO DE LA MUESTRA	P1	g	2500,00	2500,00	2500,00	
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	g	2487,00	2490,50	2490,00	
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	(P1-P2)	g	13,00	9,50	10,00	
<b>% QUE PASA LA MALLA N° 200</b>	<b>A</b>	<b>%</b>	<b>0,52</b>	<b>0,38</b>	<b>0,40</b>	<b>0,43</b>

Promedio del % que pasa la malla N° 200 = 0,43%

## II.2.10 RESISTENCIA AL DESGASTE

El denominado Ensayo de Los Ángeles, es una prueba de desgaste o abrasión, el cual consiste en colocar una muestra de agregado con granulometría especificada en un cilindro rotatorio horizontal, con un número de bolas de acero, aplicando al tambor un número dado de vueltas. El porcentaje de material fragmentado constituye un indicador de calidad.

El Ensayo de Los Ángeles está normalizado por el ASTM, existiendo dos métodos de ensayo que corresponden a agregados gruesos mayores de  $\frac{3}{4}$ ", que comprenden tamaños hasta de 3"; y para agregados menores de  $1\frac{1}{2}$ ". El ASTM clasifica a estas Normas como C 535 y C 131.



El agregado que va a ser empleado en concretos para pavimentos, pisos o estructuras sometidas a abrasión y/o erosión no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión realizado de acuerdo a las Normas ASTM indicadas ó a las Normas NTP 400.019 ó 400.020

$$De = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso de la muestra a 500 revoluciones}}{\text{Peso original de la muestra}} \times 100$$



### RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO

Norma : NTP 400.019

Procedencia : Cantera Jicamarca

Tipo de agregado : Piedra Chancada

Peso de la muestra: 5 000 g.

Hecho por : Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
PESO ORIGINAL DE LA MUESTRA	P1	gr	5 000,00	5 000,00	5 000,00	
PESO ORIGINAL DE LA MUESTRA (100 REVOLUCIONES)		gr	4 896,00	4 898,50	4 897,00	
PESO ORIGINAL DE LA MUESTRA (500 REVOLUCIONES)	P2	gr	4 477,00	4 479,00	4 477,50	
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ Nº12	(P1-P2)	gr	523,00	521,00	522,50	
<b>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD</b>	<b>CU</b>		<b>0,20</b>	<b>0,19</b>	<b>0,20</b>	<b>0,20</b>
<b>DESGASTE</b>	<b>De</b>	<b>%</b>	<b>10,46</b>	<b>10,42</b>	<b>10,45</b>	<b>10,44</b>

Promedio de Resistencia al Desgaste = 10,44%



## **CAPÍTULO III**

# **PROPIEDADES DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

La incorporación de fibras a materiales frágiles o quebradizos es una técnica que se utiliza desde la antigüedad, pero fue a partir de 1950 cuando el número de trabajos de investigación sobre concreto reforzado con fibras de acero creció. Desde el comienzo de la década de los 70 empezaron a emplearse en España este tipo de concreto en campos muy diversos. Hoy en día, la técnica de refuerzo del concreto añadiendo fibras de acero es muy conocida y está muy estudiada. Es por estos motivos que ya se utilizan con éxito en pavimentos de pistas de aterrizaje, revestimiento de túneles o elementos prefabricados.

Se llama concreto reforzado con fibras a aquel concreto en el que se han incluido fibras en la proporción adecuada para mejorar una o varias de sus propiedades. Las fibras empleadas en el refuerzo de matrices de mortero y concreto son discontinuas, rígidas o flexibles, y presentan una distribución uniforme dentro de la matriz que dota al material de isotropía y homogeneidad. La efectividad del refuerzo y la eficacia de la transmisión de tensiones por parte de las fibras depende

de muchos factores, pero principalmente de la naturaleza, el tipo y la geometría de las fibras empleadas. Según la naturaleza de las fibras, éstas pueden ser inorgánicas, orgánicas, y metálicas. Las metálicas son aquellas que están formadas de acero en sus diferentes variedades según el contenido de carbono y según la composición (acero inoxidable o galvanizado, para mejorar su resistencia a la corrosión).

Las fibras de acero son las más utilizadas en el refuerzo del concreto por ser las más eficaces y económicas. El acero posee un módulo de elasticidad diez veces superior al del concreto, tiene un alto alargamiento antes de la rotura y presenta buena adherencia. Además, las fibras son fáciles de mezclar con los otros elementos del concreto.

Las fibras de acero pueden obtenerse por diferentes métodos, el más común de todos es por corte de alambre trefilado de acero de

bajo contenido en carbono. Otros métodos de obtención son mediante cortado de láminas de acero o por arrancamiento en caliente.

El diámetro de los alambres está comprendido entre 0,25 y 0,80mm. La longitud va de 10 a 75mm. A fin de mejorar la adherencia con el concreto, pueden tener extremos conformados, ondulaciones, corrugas, aplastamientos o ganchos. El parámetro establecido para poder comparar unas fibras con otras es la esbeltez, que expresa la relación entre la longitud de la fibra y el diámetro equivalente de ésta. Las esbelteces normales van de 30 a 150 aunque no conviene superar los 100 porque pueden formarse bolas o erizos durante el amasado.

Se puede decir que un buen concreto con fibra es aquel que logra aumentar, respecto al concreto simple, la resistencia a la tracción, al impacto, absorción de energía, capacidad de deformación, etc.

Las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero están influenciadas por el tipo de fibra, factor de forma ( $l/d$ ), cuantía de fibra, método de preparación del espécimen y tamaño del agregado.

La fibra determina las propiedades mecánicas del concreto, especialmente frente a sollicitaciones que producen fatiga, esfuerzo de tracción, tensión directa, flexión, impacto y corte. Las variables más importantes que controlan las propiedades del concreto con fibra son la eficiencia de la fibra y su contenido. La eficiencia es controlada por la resistencia de las fibras a ser extraídas, lo cual depende de la fricción fibra-matriz y de la longitud de ésta. Si la fibra tiene menos diámetro, el área de contacto para una misma cuantía será mayor y por lo tanto, la fuerza de anclaje aumentará.

Sin embargo se ha encontrado que fibras con factores de forma mayores a 100 ocasionan una inadecuada trabajabilidad de la mezcla,

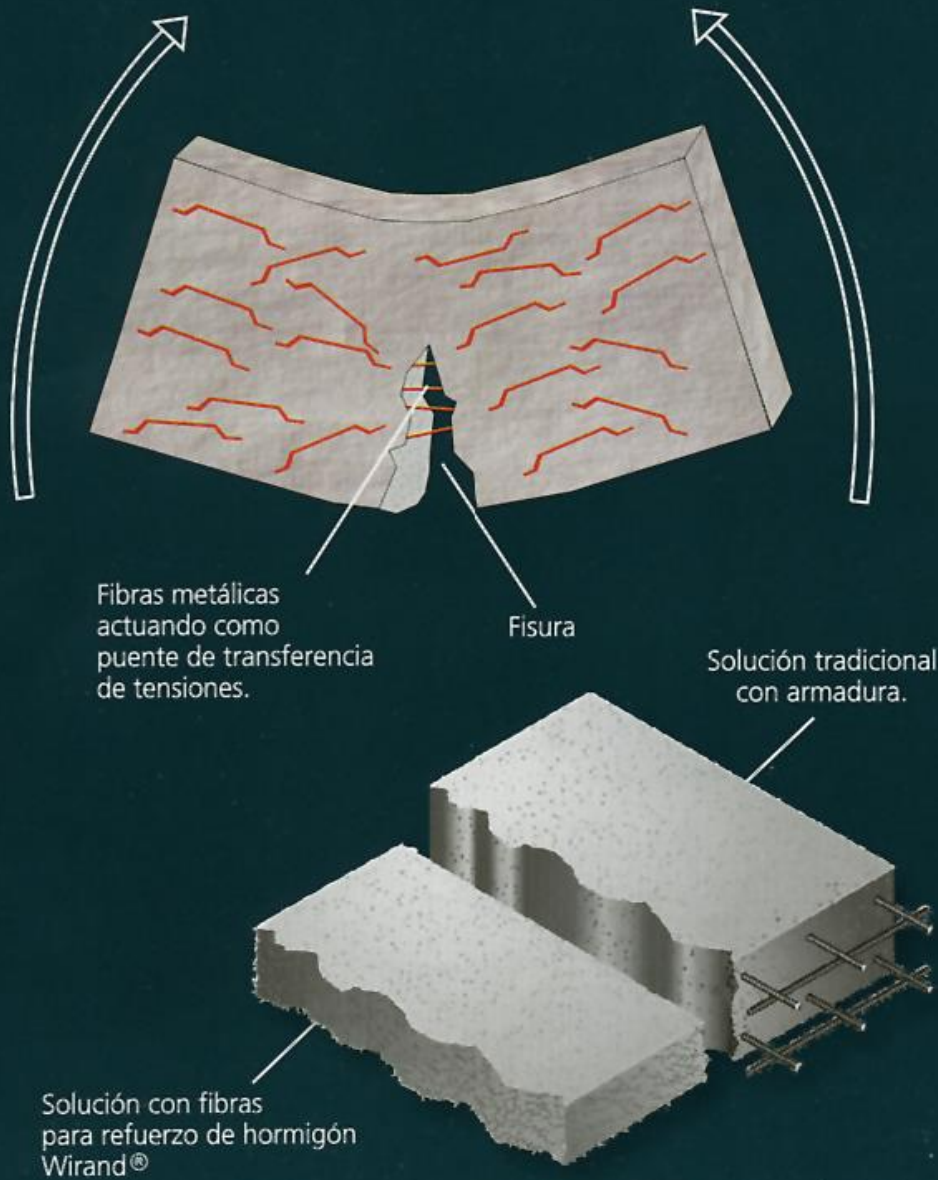


mala distribución de la fibra si se usan técnicas convencionales de mezclado. Es por eso que se busca mejorar el anclaje de la fibra a la matriz, no aumentando demasiado el factor de forma, sino por medio de superficies irregulares o extremos doblados.

### **III.1 COMPORTAMIENTO DÚCTIL**

El concreto reforzado con fibra de acero, tiene como propiedad la capacidad de absorber esfuerzos aún después de la fisuración (comportamiento dúctil).

## COMO LAS FIBRAS METÁLICAS WIRAND® REFUERZAN EL HORMIGÓN



### **III.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

El aporte a la resistencia a la compresión del concreto es poco y variable. La literatura da valores entre 0 y 15% para concretos de resistencia normal.

El mejor aporte de las fibras al concreto sometido a compresión es que evita que éste tenga una falla frágil y explosiva, dándole ductilidad al compuesto.

Bajo esfuerzos uniaxiales, el concreto reforzado con fibras de acero muestra ligero aumento, disminución o mantiene la resistencia comparado con el concreto simple, dependiendo del tipo de fibra, factor de forma y concentración de fibra.

### III.3 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

El ensayo de Tracción se utiliza para evaluar varias propiedades mecánicas de los materiales que son importantes en el diseño, dentro de las cuales se destaca la resistencia, en particular, de metales y aleaciones.

En este ensayo la muestra se deforma usualmente hasta la fractura incrementando gradualmente una tensión que se aplica uniaxialmente a lo largo del eje longitudinal de la muestra. Las muestras normalmente tienen sección transversal circular, aunque también se usan especímenes rectangulares.

Durante la tensión, la deformación se concentra en la región central más estrecha, la cual tiene una sección transversal uniforme a lo largo

de su longitud. La muestra se sostiene por sus extremos en la máquina por medio de soportes o mordazas que a su vez someten la muestra a tensión a una velocidad constante. La máquina al mismo tiempo mide la carga aplicada instantáneamente y la elongación resultante (usando un extensiómetro). Un ensayo de tensión normalmente dura pocos minutos y es un ensayo destructivo, ya que la muestra es deformada permanentemente y usualmente fracturada.

Sobre un papel de registro, se consignan los datos de la fuerza (carga) aplicada a la muestra que está siendo ensayada así como la deformación que se puede obtener a partir de la señal de un extensiómetro. Los datos de la fuerza pueden convertirse en datos de tensión y así construirse una gráfica tensión – deformación.

El Esfuerzo de Tensión del concreto reforzado con fibras es aproximadamente del mismo orden que el del concreto simple (20 a

40 kg/cm<sup>2</sup>) sin embargo la tenacidad del primero es mucho mayor debido a la fricción desarrollada por la fibra y la energía de deformación durante la extracción de ésta.

El esfuerzo último a la tracción se alcanza cuando el sistema interno de fisuras crece hasta una situación inestable en la cual puede propagarse catastróficamente.

Las fibras restringen las fisuras internas a zonas localizadas, evitando su propagación a las adyacentes. Esto siempre que estén uniformemente distribuidas y lo suficientemente juntas para interactuar con las fisuras y evitar su propagación.

Existe alguna correlación entre la resistencia a la tracción y el espaciamiento de las fibras en el concreto. Se concluye finalmente

que la resistencia a la tracción del concreto reforzado con fibras de acero se incrementa con la disminución de la separación entre las fibras.

Un concepto importante es el espaciamiento, las fibras mejoran su participación en el concreto si están más cerca unas a otras, incrementando más la resistencia a la tracción y controlando mejor las fisuras.

#### **III.4 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

La influencia de las fibras en la resistencia a la flexión es mayor que en la compresión y en la tensión directa. Dos valores se distinguen normalmente, referido al esfuerzo de fisuración, correspondiente a la carga que origina la primera fisura y hace que la

curva carga-deformación abandone su comportamiento lineal. El otro valor corresponde a la máxima carga registrada, llamada esfuerzo último de flexión o Módulo de Rotura.

El contenido de fibra es el parámetro de mayor importancia. El esfuerzo último crece en relación al índice de refuerzo de fibra, que viene a ser el producto de la concentración de fibra ( $v$ ) por el factor de forma ( $l/d$ ). Concentraciones menores a 0,5% de fibra con factores de forma menores a 50 no tienen efecto sobre el concreto. Las fibras prismáticas con extremos ensanchados o doblados pueden producir un incremento en la flexión respecto al concreto no reforzado de hasta 100%. Se ha encontrado además que la resistencia decrece con el aumento del tamaño máximo del agregado.

Existen tres etapas en la respuesta a la carga-deflexión de muestras de concreto reforzado con fibras ensayadas a flexión, el que se grafica a continuación, estas son:



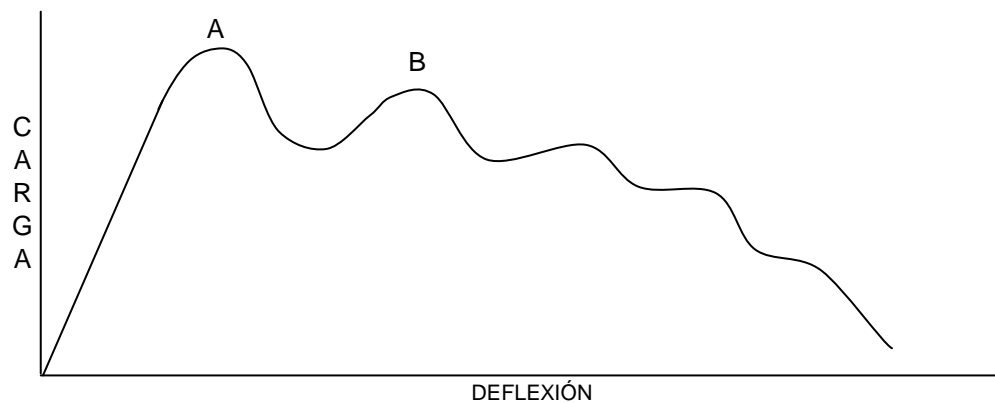


Diagrama esquemático de carga-deflexión del concreto reforzado con fibras.

- a. Una respuesta más o menos lineal hasta el punto A. El mecanismo de resistencia en esta etapa del comportamiento involucra una transferencia de tensión desde la matriz hasta las fibras por corte interfacial. La tensión impuesta es compartida entre la matriz y las fibras hasta que la matriz se raje lo que se conoce como “resistencia inicial a la fisura” o “límite de elasticidad”.
  
- b. Una etapa de transición no lineal entre el punto A y la máxima capacidad de carga en el punto B (suponiendo que la carga en

B es mayor que la carga en A). En esta etapa y después de la fisura, la tensión en la matriz es transferida de forma progresiva a las fibras. Con el aumento de la carga, las fibras tienden a separarse gradualmente desde la matriz llevándola a una respuesta no lineal a la carga- deflexión hasta que se alcance la última capacidad de carga en flexión en el punto B. Este punto es conocido como “máxima resistencia”.

- c. Una post etapa descendiente del punto máximo después de la resistencia máxima hasta la rotura completa del compuesto. Las respuestas a la carga-deflexión en esta etapa de la conducta y el grado donde se da la pérdida en resistencia con una deformación creciente, son una indicación importante de la capacidad del compuesto con fibras para absorber grandes cantidades de energía ante la rotura y es una característica que diferencia al concreto reforzado con fibras del concreto simple. Dicha característica es llamada “tenacidad”.

### III.5 CONTRACCIÓN DE FRAGUA

Los mismos factores que influyen en la deformación por contracción en el concreto simple influyen también en la deformación por contracción del concreto reforzado con fibras; concretamente, en la temperatura y humedad relativa, propiedades de los materiales, la duración de curación y el tamaño de la estructura. La adición de fibras de acero, al concreto tiene efectos beneficiosos para equilibrar los movimientos que surgen a raíz de los cambios de volumen que se dan en el concreto, además tiende a estabilizar los movimientos tempranos al ser comparados con el concreto simple.

La principal ventaja de las fibras en relación a la contracción es su efecto para reducir el espesor adverso de las grietas de contracción. Las grietas de contracción surgen cuando se restringe el concreto con movimientos por contracción. La presencia de fibras de acero demora

la formación de la primera fisura, permite que el concreto ajuste más de una fisura y reduce considerablemente el ancho de ésta.

### **III.6 RESISTENCIA A LA FATIGA**

En muchas aplicaciones, particularmente en pavimentos, la resistencia flexional a la fatiga y el límite de aguante son parámetros importantes de diseño ya que estas estructuras deben ser diseñadas para ciclos de carga de fatiga. Ningún ensayo normal (tamaño de la muestra, tipo de carga, porcentaje de carga, criterio de falla a la fatiga) se encuentra actualmente disponible para evaluar el rendimiento de la fatiga por flexión del concreto reforzado con fibras.

La resistencia a la fatiga puede ser descrita como el “máximo esfuerzo” a la fatiga por flexión donde los compuestos de concreto

reforzados con fibras pueden aguantar una cantidad prescrita de ciclos de fatiga antes de la falla. También puede ser definida como la cantidad máxima de ciclos de fatiga requerida para ceder una viga bajo un nivel de máximo esfuerzo a la flexión dada.

### **III.7 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y EROSIÓN**

Según Nanni en 1989, quien realizara algunas pruebas de abrasión sobre muestras de corte de campo y laboratorio, afirmó que no se mostró alguna diferencia considerable entre la resistencia a la abrasión del concreto simple y el concreto reforzado con fibras de acero. Sin embargo, los resultados indicaron que las fibras de acero tienen efectos beneficiosos en la prevención de descascarado de los pavimentos existentes debido a la reducción de la fisuración y la mejora de la resistencia de los bordes de la losa, ya que las fibras llegan a todos sus extremos y se eliminan los defectos provocados por la mala colocación del refuerzo tradicional de acero.

Mientras la abrasión se relacione con el desgaste de pavimentos y losas de tráfico sobre ruedas es similar a la erosión de baja velocidad en las estructuras hidráulicas donde no se espera que la presencia de fibras incremente la resistencia a la abrasión del concreto.

### **III.8 CONSISTENCIA Y TRABAJABILIDAD**

La inclusión de las fibras en el concreto hace que éste disminuya su trabajabilidad y aumente su consistencia, lo cual significa que el slump disminuye. La gran área superficial de las fibras tiende a restringir la movilidad de la mezcla.

La interacción de las fibras puede llevar a la formación de bolones que van en desmedro del material endurecido. En general, la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el incremento del factor de forma de la fibra usada.

La trabajabilidad del concreto reforzado con fibra de acero deberá ser ajustada al tipo de aplicación. Por ejemplo, en la ejecución de pisos y pavimentos, una baja trabajabilidad podrá resultar en la exposición de las fibras en la superficie. Tal situación representa solamente un daño meramente estético, en función de la oxidación de las fibras expuestas, una vez que no exista la posibilidad de eventuales perforaciones en las llantas o daños de esta naturaleza, o aun prejuicios estructurales al pavimento. Para evitar este tipo de problemas, se aplica un revenimiento (Slump) en el orden de 10cm, tomando en cuenta la incorporación de fibras en la mezcla.

### **III.9 RESISTENCIA AL FISURAMIENTO**

La resistencia al fisuramiento incide directamente en la durabilidad del concreto reforzado con fibras de acero. Las fibras por lo general no cambian la permeabilidad que es debida a la porosidad del concreto pero disminuye la permeabilidad debida a las rajaduras.

Las fibras de acero previenen que las micro fisuras se conviertan en fisuras mayores y de esta manera protege al concreto poroso del ataque agresivo del medio. Las fibras de acero se oxidan solamente en la superficie del concreto. La superficie oxidada es mínima.

### **III.10 RESISTENCIA AL CORTE**

El uso de las fibras para mejorar el comportamiento al corte del concreto es prometedor; sin embargo, los esfuerzos de investigación registrados sobre el comportamiento al corte del concreto reforzado con fibras son limitados.

La adición de fibras mejora generalmente la ductilidad y resistencia al corte del concreto. Se ha registrado que los estribos como refuerzo al corte en los miembros del concreto pueden ser parcial o totalmente reemplazados por el uso de las fibras de acero.



### **III.11 RESISTENCIA AL CONGELAMIENTO-DESHIELO**

La adición de las fibras de acero no tiene algún efecto considerable sobre la resistencia al congelamiento y deshielo del concreto. Es decir, los concretos que no son resistentes al congelamiento y al deshielo no mejorarán su resistencia con la adición de fibras.

### **III.12 MAYOR RESISTENCIA AL IMPACTO**

La resistencia al impacto es importante en el hincado de pilotes de concreto, en cimientos para máquinas que ejercen carga impulsiva, y también cuando es posible el impacto accidental, es decir, al manejarse miembros de concreto precolado.

La resistencia al impacto es evaluada por la capacidad de la muestra de soportar golpes reiterados y de absorber energía antes de llegar a la condición de no rebote, con lo cual indica un estado definido de daño. El concreto reforzado con fibras resiste hasta 50 veces más golpes que con concreto simple.

## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DE MEZCLA**

Actualmente, el concreto es el elemento más usado en el ámbito mundial para la construcción, lo que conlleva a la evolución de las exigencias para cada uso del mencionado elemento.

La demanda del concreto ha sido la base para la elaboración de los diferentes Diseños de Mezcla, ya que estos métodos permiten a los usuarios conocer no sólo las dosis precisas de los componentes del concreto, sino también la forma más apropiada para elaborar la mezcla. Los Métodos de Diseño de mezcla están dirigidos a mejorar calificativamente la resistencia, la calidad y la durabilidad de todos los usos que pueda tener el concreto.

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida como diseño de mezcla, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el

estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y/o las especificaciones de obra.

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto, se debe recordar que la composición de la misma está determinada por:

- Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, las cuales son determinadas por el ingeniero estructural y se encuentran indicadas en los planos y/o especificaciones de obra.
- Las propiedades del concreto al estado no endurecido, las cuales generalmente son establecidas por el ingeniero constructor en función del tipo y características de la obra y de las técnicas a ser empleadas en la colocación del concreto.
- El costo de la unidad cúbica de concreto.

En la selección de las proporciones de la mezcla de concreto es necesario conocer, además de las propiedades que se requieren y del empleo que se va a dar al concreto, así como las características geográficas y ambientales de la zona en la cual él va a ser utilizado, información básica sobre las propiedades de los materiales integrantes del mismo.

La selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto deberá permitir que este alcance a los 28 días, o a la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida.

En este sentido y como cuestión fundamental, la selección de las proporciones de la mezcla deberá basarse en la información obtenida de los resultados de los ensayos de laboratorio de los materiales a ser utilizados.

Otro factor que debe tenerse en cuenta para seleccionar las proporciones de la mezcla son las condiciones de colocación, la calidad y experiencia del personal profesional y técnico, la interrelación entre las diversas propiedades del concreto; así como la consideración de que el concreto debe ser económico no solo en su primer costo sino también en sus futuros servicios.

#### **IV.1 PROPIEDADES DE LA MEZCLA**

Las propiedades o características que se quiere que tenga la mezcla es función de la utilidad que prestará en obra. Así si se quiere utilizarlo en una estructura, tendrá una resistencia acorde a las solicitaciones y además resistente al intemperismo, es decir que sea estable. En pavimentos con losas de concreto, además de su resistencia al intemperismo, deberá comportarse adecuadamente frente a la abrasión producida por el tráfico.

En el análisis de las propiedades del concreto es importante recordar que ellas están íntimamente asociadas con las características y proporciones relativas de los materiales integrantes; que la calidad, cantidad y densidad de la pasta es determinante en las propiedades del concreto; y que la relación agua-cemento lo es sobre las características de la pasta.

#### **IV.1.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO**

##### **❖ Consistencia o Fluidéz:**

La consistencia del concreto es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidéz de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla, mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.



El método de determinación empleado es el ensayo del "Cono de Abrams" ó "Slump" (ASTM C -143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm).

### ❖ **Trabajabilidad:**

Es aquella propiedad del concreto que determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que se presente segregación.

La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las características y perfil del encofrado; a la cantidad y distribución del acero de refuerzo y elementos embebidos; y al procedimiento empleado para compactar el concreto. Sin embargo, para facilidad de trabajo y de selección de las proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla; con las características, granulometría, relación de los agregados fino - grueso, y proporción

del agregado en la mezcla; con la cantidad de agua y aire en la mezcla; y con las condiciones ambientales.

Entre otras consideraciones se tiene que, la presencia, en porcentajes adecuados, de las partículas más finas del agregado tiende a mejorar la trabajabilidad del concreto. Se recomienda para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 50 del 10% al 30%; y para el porcentaje acumulado que pasa la malla N° 100 del 2% al 10%. Sin embargo la ausencia de las partículas finas en el agregado puede ser compensada por el empleo de cementos Tipo I ó IP, o por la adición de arenas muy finas, cenizas volcánicas, puzolana, o escorias de altos hornos finamente molidas, siempre que se tenga en consideración la posible influencia de estas adiciones sobre la demanda de agua y las propiedades del concreto.

## IV.1.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO

### ❖ Resistencia:

La resistencia es considerada como una de las propiedades más importantes del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.

Está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad.

La resistencia del concreto está principalmente determinada por la cantidad neta de agua empleada por unidad de cemento. El factor que influye en forma determinante sobre la resistencia del concreto es la relación agua-cemento de la mezcla, siendo mayores las resistencias conforme dicha relación se hace menor. En resumen la resistencia al concreto es función de cuatro factores:

- Relación agua-cemento
- Relación cemento-agregado
- Granulometría, perfil, textura superficial, resistencia y dureza del agregado.
- Tamaño máximo del agregado.

Adicionalmente a los factores indicados, pueden influir sobre la resistencia final del concreto y por lo tanto deben ser tomados en consideración en el diseño de mezcla los siguientes:

- Cambio en el tipo, marca y tiempo de almacenamiento del cemento y materiales cementantes empleados.
- Características del agua en aquellos casos en que no se emplea agua potable.
- Presencia de limo, arcilla, mica, carbón, humus, materia orgánica, sales químicas en el agregado. Todos los compuestos enunciados disminuyen la resistencia del concreto principalmente debido a que se incrementan los requisitos de agua, se facilita la acción del intemperismo, se inhibe el desarrollo de una máxima adherencia entre el cemento hidratado y los agregados, se dificulta la hidratación normal del cemento, y se facilita la reacción química de los agregados con los elementos que componen el cemento.
- Modificaciones en la granulometría del agregado con el consiguiente incremento en la superficie específica y en la demanda de agua para una consistencia determinada.

- Presencia de aire en la mezcla, la cual modifica la relación poros-cemento, siendo mayor la resistencia del concreto cuanto menor es esta relación.
- Empleo de aditivos que pudieran modificar el proceso de hidratación del cemento y por tanto la resistencia del concreto.
- El empleo de materiales puzolánicos, cenizas, o escorias de alto horno finamente divididas, los cuales por sí mismos pueden desarrollar propiedades cementantes.

❖ **Durabilidad:**

El concreto debe ser capaz de endurecer y mantener sus propiedades en el tiempo, por lo tanto un concreto durable es aquel que puede resistir, en grado satisfactorio, los efectos de las condiciones de servicio a las cuales él está sometido.

Entre los agentes externos o internos capaces de atentar contra la durabilidad del concreto se encuentran los procesos de congelación y deshielo; los de humedecimiento y secado; los de calentamiento y enfriamiento; la acción de agentes químicos, especialmente cloruros y sulfatos; y la de aditivos descongelantes.

La resistencia del concreto a algunos de los factores mencionados, con el consiguiente incremento en la durabilidad, puede ser mejorada por el empleo de cemento de bajo contenido de aluminato tricálcico; cementos de bajo contenido de álcalis; cementos puzolánicos; cementos de escorias; puzolanas, cenizas o escorias de alto horno finamente molidas; agregados seleccionados para prevenir posibles expansiones debidas a la reacción álcali-agregados; o empleo de agregados de dureza adecuada y libres de cantidades excesivas de partículas blandas, en todos aquellos casos en que se requiera resistencia al desgaste por abrasión superficial.



El empleo de las relaciones agua-cemento bajas deberán prolongar la vida del concreto al reducir el volumen de poros capilares, incrementar la relación gel-espacio y reducir la permeabilidad y absorción; disminuyendo por todas las razones expuestas la posibilidad de penetración de agua o líquidos agresivos.

La resistencia a los procesos de intemperismo severo, especialmente acciones de congelación y deshielo, mejora significativamente por la incorporación, en todos los concretos expuestos a ambientes menores de 4° C, de una cantidad adecuada de aire, el cual debe obligatoriamente ser empleado siempre que exista la posibilidad de que se presenten procesos de congelación durante la vida del concreto. El aire incorporado al ser dispersado a través de la masa de concreto en forma de minúsculas burbujas, proporciona espacios en los cuales las fuerzas mecánicas que causan la desintegración son disipadas.

La incorporación de aire igualmente incrementa la durabilidad por reducción de la capilaridad y disminución del volumen y sección de los canales de agua o poros capilares del concreto endurecido, por disminución de la exudación y segregación del concreto fresco.

La resistencia del concreto a la acción de las heladas depende de la naturaleza de los agregados y de su granulometría; del volumen de agua de la mezcla; de la estructura capilar del concreto, y de su resistencia a la compresión.

❖ **Elasticidad:**

El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como

Módulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

En el diseño de mezcla debe tenerse presente que el módulo de elasticidad del concreto depende, entre otros, de los siguientes factores:

- La resistencia a la compresión del concreto.
- A la igualdad de resistencia, de la naturaleza petrográfica de los agregados.
- De la tensión de trabajo.
- De la forma y tiempo de curado del concreto.
- Del grado de humedad del concreto.

El módulo de elasticidad del concreto aumenta al incrementarse la resistencia en compresión y, para un mismo concreto, disminuye al aumentar la tensión de trabajo.

## **IV.2 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA**

La selección de las proporciones de la mezcla deberá basarse en la información obtenida de los resultados de los ensayos de laboratorio de los materiales a ser ensayados.

## IV.2.1 CEMENTO

Es importante conocer:

- Peso específico del cemento, para este caso (Tipo IP) = 3,00
- Las proporciones de la mezcla deberán ser seleccionadas para alcanzar el valor de la resistencia de diseño, pero el contenido de cemento no deberá ser menor que el indicado en la Tabla IV.1.

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Contenido mínimo de cemento en Kg/m <sup>3</sup>
3/8"	360
1/2"	350
3/4"	320
1"	300
1 1/2"	280

Tabla IV.1

## IV.2.2 AGREGADOS

La aceptación de un agregado para ser empleado en la preparación del concreto deberá basarse en la información obtenida a partir de los ensayos de laboratorio. En el caso de los agregados fino y grueso es importante conocer:

- Perfil y textura superficial.
- Análisis granulométrico.
- Peso específico de masa.
- Peso unitario suelto y compactado.
- Porcentaje de absorción y contenido de humedad.
- Pérdida por abrasión, si el agregado va a ser empleado en concreto para pavimentos.
- Presencia de materia orgánica.

### **IV.2.3 OTROS**

El agua debe de ser de preferencia potable de lo contrario se deberá hacer el respectivo análisis químico.

La cantidad de agua de mezclado que se obtiene en la Tabla IV.5 es considerando al agregado en estado saturado superficialmente seco, pero en la práctica generalmente no se da esto, lo que quiere decir que hay que hacer una corrección por contenido de humedad del agregado según su porcentaje de absorción, dando como resultado el agua efectiva del diseño de la mezcla.

Para cada mezcla propuesta deberán prepararse y curarse mínimos dos probetas para ensayos de compresión para cada edad, siguiendo lo indicado en la Norma ASTM C 192. Las probetas deberán ser

ensayadas por resistencia de acuerdo a la Norma ASTM C 39, a los 28 días, o a la edad especificada para el ensayo.

En base a los resultados de los ensayos en compresión de las probetas, deberá crearse una curva la cual mostrará la interrelación entre la resistencia en compresión y la edad del concreto.

Los pavimentos de concreto se clasifican de acuerdo a lo indicado a la Tabla IV.2, dependiendo de las condiciones de uso. El asentamiento y la resistencia los 28 días deberán cumplir con los límites mencionados en dicha tabla.



CLASE	TRÁFICO USUAL	USOS TÍPICOS	F <sub>c</sub>	ASENTAMIENTO (cm)
1	Liviano	Residencias	210	10
2	Personas	Oficinas, Iglesias, Escuelas, Hospitales	245	10
3	Rodamiento Neumático	Calzadas, Garajes, Pisos y Aceras de residencias	245	10
4	Rodamiento Neumático	Industrias livianas y Comercio	280	7,6
5	Rodamiento Abrasivo	Pisos industriales simples con cobertura integrada	315	7,6
6	Rodamiento Abrasivo severo	Pisos industriales armados en dos sentidos base, cobertura	245	10
			350 a 560	25

Tabla IV. 2

Para todas las clases de pavimentos, la resistencia a la comprensión a los tres días deberá ser mayor de 125 kg/cm<sup>2</sup>.

## **IV.3 DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO SIMPLE Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO**

### **IV.3.1 SECUENCIA EN EL DISEÑO DE LA MEZCLA**

Una vez concluidos con los ensayos para determinar todas las características físicas de los materiales, dígame peso específico, peso unitario, granulometría, contenido de humedad y porcentaje de absorción se procede a lo siguiente:

1. Seleccionar la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada por el proyectista ( $f'_c$ ).
2. Seleccionar el Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso,
3. Elegir la consistencia de la mezcla y expresarla en función del asentamiento de la misma.

4. Determinar el volumen de agua de mezclado por unidad de volumen de concreto, que depende del tamaño máximo nominal y del asentamiento de la mezcla.
5. Determinar el porcentaje de aire atrapado.
6. Seleccionar la relación agua-cemento requerida para obtener la resistencia deseada. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada así como también algunas condiciones de durabilidad. Se elegirá la menor de estas dos relaciones obteniéndose así la resistencia en compresión necesaria y la durabilidad requerida.
7. Determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua-cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.
8. Determinar las proporciones relativas de los agregados fino y grueso.
9. Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla, considerando que el agregado está

en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.

10. Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de humedad de los agregados fino y grueso.

## **IV.3.2 CÁLCULOS PARA LA DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES**

### **IV.3.2.1 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO**

La resistencia a la compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) deberá ser determinada empleando los valores de la Tabla IV.3 para una resistencia de diseño  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

<b>F<sub>c</sub></b>	<b>F<sub>cr</sub></b>
Menos de 210	f'c+70
210 a 350	f'c+84
sobre 350	f'c+98

Tabla IV.3

Para nuestro caso se obtiene  $f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$ , ya que para nuestra resistencia de diseño ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) le corresponde la segunda opción  $f'_c + 84$ .

#### **IV.3.2.2 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO**

En la selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso, el Ingeniero deberá tener en consideración que el concreto deberá ser colocado sin dificultad en los encofrados y que en todos los lugares de ellos, especialmente esquinas y ángulos, espacio entre barras, ductos

y elementos embebidos, secciones altamente reforzadas, y paredes de encofrados, no deberán quedar espacios vacíos ni cangrejas.

En general, en la medida que el porcentaje de vacíos tienda a disminuir conforme aumente el tamaño máximo nominal de un agregado bien graduado, los requisitos del mortero de la unidad de volumen del concreto serán menores.

La Tabla IV.4 presenta las curvas granulométricas que corresponden a tamaños máximos nominales comprendidos entre 2" y 3/8". Esta tabla corresponde a la clasificación de la Norma ASTM C 33.

Tamaño Máximo Nominal	Porcentaje que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅜"	Nº 4	Nº 8
2"	95-100	...	35-70	...	10-30	...	0-5	...
1½"	100	95-100	...	35-70	...	10-30	0-5	...
1"	...	100	95-100	...	25-60	...	0-10	0-5
¾"	...	...	100	90-100	...	20-55	0-10	0-5
½"	...	...	...	100	90-100	40-70	0-15	0-5
⅜"	...	...	...	...	100	85-100	10-30	0-10

Tabla IV.4

Después de haber realizado la granulometría, el tamaño máximo nominal que nos corresponde es el de 1".

#### IV.3.2.3 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

La consistencia es aquella propiedad del concreto no endurecido que define el grado de humedad de la mezcla. De acuerdo a su consistencia, las mezclas de concreto se clasifican en:

- Mezclas secas; aquellas cuyo asentamiento está entre 0" y 2" (0 a 50 mm).
- Mezclas plásticas; aquellas cuyo asentamiento está entre 3" y 4" pulgadas (75 a 100 mm).
- Mezclas fluidas; aquellas cuyo asentamiento está entre 5" o más pulgadas (mayor de 125 mm).

Existen diferentes métodos de laboratorio para determinar la consistencia de las mezclas de concreto. De todos ellos se considera que el ensayo de determinación del asentamiento, medido con el Cono de Abrams, es aquel que da una mejor idea de las características de la mezcla de concreto. Para la presente tesis se empleará una mezcla de consistencia plástica con 3" de asentamiento promedio.



#### **IV.3.2.4 SELECCIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO**

Es la cantidad de agua que se debe incorporar por unidad cúbica de concreto para obtener una consistencia determinada cuando el agregado está en estado seco.

Después de haber elegido el tamaño máximo nominal del agregado grueso (1") de nuestra granulometría, y el asentamiento deseado de 3", procedemos a seleccionar el volumen unitario de agua de la Tabla IV.5

ASENTAMIENTO	Agua, en l/m <sup>3</sup> de concreto, para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y asentamiento indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporados								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	...
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	...

Tabla IV. 5

Para la presente tesis, de la tabla obtenemos el volumen unitario:

195 l/m<sup>3</sup>. Corrección de agua de mezclado = 225 l/m<sup>3</sup>.

#### IV.3.2.5 SELECCIÓN DEL CONTENIDO DE AIRE

En los concretos siempre hay un pequeño porcentaje de aire atrapado, el cual depende del aporte de los materiales, granulometría

y tamaño máximo del agregado. De la Tabla IV.6 se obtiene el porcentaje aproximado de aire atrapado, en mezclas sin aire incorporado, para diferentes tamaños máximos nominales de agregado grueso adecuadamente graduado dentro de los requisitos de la norma ASTM C 33. Para nuestro caso entramos a la tabla con tamaño máximo nominal de 1" y obtenemos 1,5% de aire atrapado.

<b>Tamaño Máximo Nominal</b>	<b>Aire Atrapado</b>
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1½"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%

Tabla IV. 6

#### **IV.3.2.6 SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA**

La relación agua-cemento de diseño, que es el valor a ser seleccionado de las Tablas, se refiere a la cantidad de agua que interviene en la mezcla cuando el agregado está en condiciones de saturado superficialmente seco, es decir que no toma ni aporta agua. La relación agua-cemento efectiva se refiere a la cantidad de agua de la mezcla cuando se tiene en consideración la condición real de humedad del agregado.

En aquellos casos en que fuere necesario, se determinará en primer lugar la relación agua-cemento requerida por durabilidad y, a continuación, se procederá a determinar la misma relación en función de la resistencia en compresión promedio que se desea obtener para el concreto. De los dos valores se escogerá el menor.

En nuestro caso no se considerará al concreto endurecido expuesto a soluciones químicas dañinas, por lo tanto la relación agua-cemento será seleccionado según la resistencia a la compresión promedio del concreto a diseñar, obteniendo el valor de la tabla IV.7, para ello se tendrá que interpolar su correspondiente  $f'_{cr} = 364$  kg/cm<sup>2</sup>.

Resistencia a la compresión probable a los 28 días en kg/cm <sup>2</sup> ( $f'_{cr}$ )	Relación agua-cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0,38	...
400	0,43	...
350	0,48	0,40
300	0,55	0,46
250	0,62	0,53
200	0,70	0,61
150	0,80	0,71

Tabla IV.7

Siendo  $f_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$ , interpolando se tiene que:

$$\begin{array}{rcl} 400 & \text{-----} & 0,43 \\ 364 & \text{-----} & a/c \quad \rightarrow \quad a/c = 0,466 \\ 350 & \text{-----} & 0,48 \end{array}$$

#### IV.3.2.7 CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Conocidos el volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y la relación agua-cemento seleccionada, se puede determinar el factor cemento por unidad cúbica de concreto mediante el simple expediente de dividir el volumen unitario de agua, expresado en litros por metro cúbico, entre la relación agua-cemento, obteniéndose el número de kilos de cemento por unidad cúbica de concreto. En nuestro caso se tiene que:

- Factor cemento (FC) =  $225/0,466 = 482,83 \text{ kg/m}^3$ .
- FC =  $350 \text{ Kg/m}^3$ , contenido mínimo de cemento para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

De ambos valores escogemos el mayor, entonces FC =  $482,83 \text{ kg/m}^3$ .

#### **IV.3.2.8 CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO**

La selección de las proporciones de los agregados fino y grueso en la unidad cúbica de concreto tiene por finalidad obtener una mezcla en la que, con un mínimo contenido de pasta, se puedan obtener las propiedades deseadas en el concreto.

En nuestro caso, para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el Método del Comité 211 del ACI, se debe entrar

a la Tabla IV.8 con el Módulo de Fineza del agregado fino = 2,97 y con el tamaño máximo nominal del agregado grueso = 1", encontrándose por interpolación un valor de  $b/b_0 = 0,653$  metros cúbicos de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen del concreto.

T.MN del Ag. Grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto ( $b/b_0$ ), para diferentes módulos de fineza del ag. fino.			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Tabla IV. 8



Para el T.M.N. del Agregado Grueso = 1" y el Módulo de Finura del Agregado Fino = 2,97, interpolando se tiene que:

$$\begin{array}{rcl}
 2,80 & \text{-----} & 0,67 \\
 2,97 & \text{-----} & b/b_0 \quad \rightarrow \quad b/b_0 = 0,653 \text{ m}^3/\text{m}^3 \\
 3,00 & \text{-----} & 0,65
 \end{array}$$

- Peso del agregado grueso seco =  $b/b_0 \times$  Peso Unitario Compactado del agregado grueso.
- Peso del agregado grueso seco =  $0,653 \times 1\,572 = 1\,026,52$  kg por metro cúbico de concreto.

#### IV.3.2.9 CONTENIDO DE AGREGADO FINO

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino seco será igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso sólido (peso específico de masa multiplicado por mil).

Volúmenes absolutos conocidos:

- $F.C. / (\text{Peso específico del cemento} \times 1\ 000) = 482,83 / 3\ 000 = 0,1609\ \text{m}^3$
- $\text{Agua de mezclado} / \text{Densidad del agua} = 225 / 1\ 000 = 0,225\ \text{m}^3$

- $\text{Peso del agregado grueso seco} / (\text{Peso específico de masa del ag. grueso} \times 1\,000) = 1\,026,52 / 2\,700 = 0,3802 \text{ m}^3$
- $\% \text{ Aire atrapado} = 1,5 \% = 0,015 \text{ m}^3$
- $\text{Suma de volúmenes absolutos conocidos} = (0,1609 + 0,225 + 0,3802 + 0,015) \text{ m}^3 = 0,7811 \text{ m}^3$

$\text{Volumen absoluto agregado fino} = 1 - 0,7811 = 0,2189 \text{ m}^3$

$\text{Peso del agregado fino seco} = 0,2189 \times 2\,580 = 564,67 \text{ kg}$

#### **IV.3.2.10 VALORES DE DISEÑO**

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño serán:

- Cemento.....482,83 kg/m<sup>3</sup>
- Agua de diseño.....225 l/m<sup>3</sup>
- Agregado fino seco.....564,67 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso seco.....1 026,52 kg/m<sup>3</sup>

#### **IV.3.2.11 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto deben ser corregidas en función de las condiciones de

humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra:

❖ **Peso real del agregado:**

- Agregado Fino húmedo.....

$$564,67 \times 1,0561 = 596,35 \text{ kg/m}^3$$

- Agregado Grueso húmedo.....

$$1\ 026,52 \times 1,0026 = 1\ 029,18 \text{ kg/m}^3$$

❖ **Agua efectiva:**

- % Humedad superficial del agregado fino.....

$$5,61 - 1,89 = + 3,72 \%$$

- % Humedad superficial del agregado grueso.....  
 $0,26 - 0,78 = - 0,52 \%$
- Aporte de humedad del agregado fino.....  
 $564,67 \times (+ 0,0372) = + 21,01 \text{ l/m}^3$
- Aporte de humedad del agregado grueso.....  
 $1\ 026,52 \times (- 0,0052) = - 5,33 \text{ l/m}^3$
- Aporte de humedad de los agregados.....  
 $+ 21,00 - 5,33 = + 15,67 \text{ l/m}^3$
- Agua efectiva.....  
 $225 - (+ 15,67) = 209,33 \text{ l/m}^3$

❖ **Cantidad de materiales en obra por metro cúbico de concreto:**

- Cemento..... 482,83 kg.
- Agregado Fino (h)..... 596,35 kg.
- Agregado Grueso (h)..... 1 029,18 kg.
- Agua Efectiva..... 209,33 L.

## DISEÑO DE MEZCLA PARA EL CONCRETO PATRÓN

### MÉTODO DEL ACI

- Se va a diseñar para una resistencia a la compresión:  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- Las propiedades físicas de los agregados son las siguientes:

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>AG. FINO</u>	<u>AG. GRUESO</u>
P. específico de masa	2,58	2,70
P. unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> )	1 630	1 403
P. unitario compactado seco (kg/m <sup>3</sup> )	1 882	1 572
Contenido de humedad (%)	5,61	0,26
% de absorción	1,89	0,78
• Peso específico del cemento Tipo IP.....		3,00
• Asentamiento deseado.....		3”
• Tamaño Máximo Nominal del Agregado (TMN).....		1”
• Agua de mezclado.....		225 l/m <sup>3</sup>
• % de aire atrapado.....		1,5 %
• Relación agua / cemento por Resistencia.....		0,466
• Contenido de cemento (FC).....		482,83 kg/m <sup>3</sup>
• Módulo de fineza del agregado fino.....		2,97
• Peso del agregado grueso (seco).....		1 026,52 kg/m <sup>3</sup>
• Volumen absoluto del agregado fino.....		0,2189 m <sup>3</sup>
• Peso del agregado fino (seco).....		564,67 kg/m <sup>3</sup>

### CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 DE CONCRETO

- |                       |   |                  |                       |
|-----------------------|---|------------------|-----------------------|
| • Cemento             | = | 482,83 kg.....   | 11,36 bolsas          |
| • Agregado fino (h)   | = | 596,35 kg.....   | 12,23 ps <sup>3</sup> |
| • Agregado grueso (h) | = | 1 029,18 kg..... | 25,84 ps <sup>3</sup> |
| • Agua efectiva       | = | 209,33 L.        |                       |

## **CAPÍTULO V**

### **ENSAYOS DE CONCRETO**

#### **V.1 ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO**



## **V.1.1 CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO FRESCO**

El control de calidad del concreto fresco depende en primera instancia de los procedimientos de muestreo que permitan contar con porciones representativas, y luego, el conocimiento de las propiedades en este estado y las pruebas que las evalúan. La Norma ASTM C-172, da las pautas a seguirse en el muestreo, y que consisten básicamente en:

- El tiempo transcurrido entre la obtención de dos porciones para formar una muestra debe ser como máximo 15 min.
- Las muestras deben transportarse al sitio donde se realizarán los ensayos ó donde se moldearán probetas, teniendo que efectuarse un re-mezclado con lampa para uniformizar la mezcla luego del transporte.

- Las pruebas de control de concreto fresco deben efectuarse a más tardar 5 min. después de obtenida la muestra.
- El moldeo de probetas para ensayos de compresión debe iniciarse dentro de los 15 min. luego del muestreo.
- El tiempo entre la obtención y el uso de la muestra debe ser el menor posible, cuidando en todo momento de protegerla del sol, el viento y otras fuentes de evaporación.
- El tamaño mínimo de las muestras para los ensayos de compresión debe ser de 1 pie<sup>3</sup>.
- El muestreo de mezcladoras estacionarias o camiones mezcladores debe realizarse del tercio central de la carga, y en por lo menos dos porciones que se integrarán en una sola muestra.
- El muestreo de concreto ya descargado se debe efectuar con por lo menos 5 porciones que se integraran en 1 muestra.

Es importante tener en cuenta que todas estas limitaciones están establecidas para que la muestra que se obtenga sea óptima desde el punto de vista estadística, y que si bien el incumplimiento de alguna

de ellas no ocasiona un perjuicio aparente al concreto, se puede estar afectando al resultado del control, y consecuentemente obtener un mal resultado de un buen concreto.

### **V.1.1.1 CONTROL DE LA TRABAJABILIDAD**

La trabajabilidad constituye el parámetro más manejado por los que diseñan, producen y colocan concreto, sin embargo es el más difícil de definir, evaluar y cuantificar en términos absolutos.

Se define como el mayor o menor trabajo que hay que aportar al concreto en estado fresco en los procesos de fabricación, transporte, colocación, compactación y acabado.

La trabajabilidad involucra conceptos tales como capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación, igualmente involucra el concepto de fluidez, con énfasis en la plasticidad y

uniformidad dado que ambas tienen marcada influencia en el comportamiento y apariencia final de la estructura.

La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable, sin embargo, para facilidad de trabajo y de selección de las proporciones de la mezcla, se reconoce que la trabajabilidad tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla; con las características, granulometría, relación de los agregados fino – grueso, y proporción del agregado en la mezcla; con la cantidad de agua y aire en la mezcla; con la presencia de aditivos; y con las condiciones ambientales.

Debido a la gran cantidad de factores que determinan la trabajabilidad del concreto, algunos de ellos propios de cada estructura, no se ha desarrollado un método adecuado para medirla y la determinación de la misma en cada caso depende principalmente

de los conocimientos y experiencia del ingeniero encargado del diseño de la mezcla.

Los norteamericanos clasifican al concreto por el asentamiento de la mezcla fresca. El método de determinación empleado es conocido como método del Cono de Asentamiento, método del Cono de Abrams, ó método de Slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o en milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactado en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica.

Al controlar el asentamiento en obra se controla directamente la uniformidad en la consistencia y trabajabilidad necesarias para una adecuada colocación; e indirectamente el volumen unitario de agua, la relación agua-cemento y las modificaciones en la humedad del agregado.

### **V.1.1.2 CONTROL DE TEMPERATURA**

Este es un parámetro muy importante de controlar pues condiciona la velocidad con que se desarrolla el proceso de endurecimiento inicial del concreto. El valor de la temperatura del concreto resulta del equilibrio termodinámico entre las temperaturas de los componentes.

La norma ASTM C-1064 indica la manera de medir la temperatura del concreto, para lo cual se debe contar con un termómetro de 0.5° C de precisión en la lectura, no siendo necesario usar una muestra compuesta, siendo suficiente humedecer previamente el recipiente contenedor antes de colocar el concreto e introducir el termómetro por un tiempo mínimo de 2 min. hasta que se estabilice la lectura y un máximo de 5 min. desde la obtención de la muestra. El termómetro debe introducirse de manera que esté cubierto con por lo menos 3" de concreto en todas las direcciones a su alrededor.

## **V.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO FRESCO**

### **V.1.2.1 ESTABILIDAD**

Es el desplazamiento o flujo que se produce en el concreto sin medir la aplicación de fuerzas externas.

Se cuantifica por medio de la exudación y la segregación, evaluadas con métodos Standard que permiten comparar dichas características entre varios diseños, siendo obvio que se debe buscar obtener los valores mínimos.

Es interesante notar que ambos fenómenos no dependen expresamente del exceso de agua en la mezcla sino del contenido de finos y de las propiedades adherentes de la pasta.

### **V.1.2.2 SEGREGACIÓN**

La diferencia de densidades entre los componentes del concreto provoca una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan, pero en general, la densidad de la pasta con los agregados finos es solo un 20% menor que la de los gruesos (para agregados normales) lo cual sumado a su viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en la matriz.

Cuando la viscosidad del mortero se reduce por insuficiente concentración de la pasta, mala distribución de las partículas o granulometría deficiente, las partículas gruesas se separan del mortero y se produce lo que se conoce como segregación.



En los concretos con contenidos de piedra > del 55% en peso con respecto al peso total de agregados, es frecuente confundir la segregación con la apariencia normal de estos concretos, lo cual es muy simple de verificar obteniéndose dos muestras de concreto fresco de sitios diferentes y comparar el contenido de gruesos por lavado, que no deben diferir en más del 6% (ASTM C-94).

### **V.1.2.3 COMPACTABILIDAD**

Es la medida de la facilidad con que puede compactarse el concreto fresco. Existen varios métodos que establecen el denominado "Factor de compactación", que evalúa la cantidad de trabajo que se necesita para la compactación total, y que consiste en el cociente entre la densidad suelta del concreto en la prueba, dividido entre la densidad del concreto compactado.

Considerando que en nuestro medio no es usual disponer del equipo para la prueba Standard, se puede hacer un ensayo simplificado llenando un molde para peso unitario de por lo menos 1 pie<sup>3</sup> dejando caer el material desde una altura máxima de 0,60 m. referida al fondo del recipiente hasta colmarlo, alisándolo finalmente sin compactar. El peso unitario en estas condiciones se divide entre el peso unitario compactado Standard (3 capas con 25 golpes, ó 2 capas con vibrador) para obtener el Factor de Compactación.

Esta operación debe hacerla una sola persona manteniendo constantes el equipo para el manipuleo y el procedimiento, ya que los resultados están influenciados significativamente por estos aspectos. Hay que tener claro que los valores obtenidos nos sirven para controlar la trabajabilidad en el campo y comparar diseños similares para elegir el óptimo, pero no nos da un valor absoluto para comparar diseños con materiales diferentes. En la medida que reduzcamos al mínimo el factor de compactación, nos acercaremos al diseño más eficiente en este aspecto.

#### **V.1.2.4 MOVILIDAD**

Es la facilidad del concreto a ser desplazado mediante la aplicación de trabajo externo. Se evalúa en función de la viscosidad, cohesión y resistencia interna al corte. La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento; la cohesión es la fuerza de adherencia entre la pasta de cemento y los agregados; y la resistencia interna al corte la provee la habilidad de las partículas de agregados a rotar y desplazarse dentro de la pasta.

Finalmente, en relación a los criterios generales hay que tener siempre presente que los diseños de mezcla los hacemos inicialmente asumiendo que las condiciones de temperatura y humedad son las Standard (20° C, 70% de Humedad relativa), lo cual difiere por lo general de las condiciones reales, por lo que no deben perderse de

vista nunca estos factores al diseñar y evaluar un diseño de mezcla, ya que puede trastornar nuestras premisas y resultados.

### **V.1.3 ENSAYO DEL CONO DE ABRAMS - ASENTAMIENTO**

**(NTP 339.035)**

El ensayo de slump proporciona información útil sobre la uniformidad de las mezclas y es una herramienta muy importante en el control de calidad del concreto fresco. Las variaciones en el slump en varias mezclas de una misma dosificación indican que algún cambio ha ocurrido en las características físicas y granulometría de los agregados, el contenido de aire, la temperatura, ó en el uso de aditivos.

#### **V.1.3.1 EQUIPOS Y ACCESORIOS**

- Barra compactadora, recta de acero liso de 16mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta redondeada. En ningún caso se usa fierro corrugado.
- Cono de Abrams, molde metálico con forma de tronco de cono hueco, con los dos círculos de las bases paralelos entre sí y formando ángulo recto con el eje del cono. El diámetro de la base inferior es 20 cm. y de 10 cm. en la base superior con un espesor mínimo de 1,5 mm y la altura del molde es de 30 cm. El molde está provisto de agarradores y aletas de pie.

### **V.1.3.2 PROCEDIMIENTO**

- Se coloca el molde sobre una superficie plana, manteniéndolo inmóvil pisando las dos aletas de pie del cono.

- Se realiza el llenado del concreto en 3 capas de aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del volumen del cono cada una y se compactan con 25 golpes, distribuyendo uniformemente los golpes en la sección transversal de cada capa.
- Luego se llena el cono hasta los  $\frac{2}{3}$  del volumen total y se compacta de nuevo 25 veces, penetrando esta capa pero no atravesando hasta el fondo, solo penetrando ligeramente en la capa inmediata inferior.
- Se llena el cono en exceso y se compacta de nuevo con 25 golpes. Si después de compactar hubiera una deficiencia de material, se añade la cantidad necesaria para mantener un exceso por encima del molde.
- Luego se retira el exceso de concreto de la parte superior del cono utilizando la varilla de acero o la plancha de albañil y enrasar. Se limpia el concreto derramado en la base del cono y se levanta el mismo sin movimientos laterales o torsionales.
- Para terminar se coloca la varilla de acero horizontalmente a lo largo del molde invertido de manera que la varilla se extienda hasta el concreto revenido. Se mide la distancia de la parte

inferior de la varilla de acero al centro de la cara superior del  
concreto deformado.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### ASENTAMIENTO DEL CONCRETO PATRÓN

Norma : NTP 339.035

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			
		Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
ASENTAMIENTO	As	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	3"	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	3"

Promedio del Asentamiento = 3"



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## ASENTAMIENTO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)

Norma : NTP 339.035

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			
		Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
ASENTAMIENTO	As	2 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	3"	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> "	3"

Promedio del Asentamiento = 3"





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## ASENTAMIENTO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)

Norma : NTP 339.035

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			
		Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
ASENTAMIENTO	As	3'	3'	3'	3''

Promedio del Asentamiento = 3'



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## ASENTAMIENTO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>)

Norma : NTP 339.035

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	ENSAYOS			
		Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
ASENTAMIENTO	As	3"	3"	3"	3"

Promedio del Asentamiento = 3"

#### **V.1.4 ENSAYO DE FLUIDEZ (NTP 339.085)**

Se llama también ensayo de la mesa de sacudida o de escurrimiento. El ensayo responde principalmente a la variación del contenido de agua de la mezcla y sirve para indicar la consistencia y proclividad a la segregación. Es con respecto a la segregación que este ensayo es de utilidad, pues además nos proporciona un índice de mezclas rígidas, ricas y cohesivas.

En éste ensayo, el índice de consistencia se determina con el aumento del diámetro que experimenta la base inferior de un tronco de cono fresco sometido a sacudidas sucesivas.

Para el cálculo del índice de fluidez tenemos:

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

Donde: F = Porcentaje de Fluidez

D = Diámetro Promedio.

Este método se considera aplicable a concretos plásticos que tienen un agregado grueso hasta 1½". Para los tamizados que pasan este límite, se le aplica al concreto tamizado por la malla de 1½".

Para determinarla se procede de la siguiente manera:

1. Se limpia y moja la mesa de sacudidas con una esponja, retirando todo el exceso de agua que se pueda quedar.
2. Se centra el molde en la mesa y se procede a llenarlo con concreto hasta la mitad de su volumen, sujetar bien el molde para que no se mueva.
3. Compactar con la varilla de acero liso (Diámetro de 5/8") dando veinticinco golpes de manera uniforme y bien distribuidos en la masa de concreto
4. Proceder a terminar de llenar el molde con concreto y seguidamente compactamos la capa de igual forma que la anterior procurando que la varilla penetre ligeramente en la primera capa.
5. Se nivela la parte superior y se retira el concreto sobrante del exterior de la mesa si es necesario.
6. Se levanta el molde verticalmente y lo más rápido posible.

7. Luego se eleva la mesa girando la manivela y dejándola caer desde una altura de 12,5 mm. por quince segundos. La operación debe ser uniforme y constante.
8. Se mide el diámetro del concreto expandido en la mesa desde varias diagonales opuestas y luego se obtiene el promedio de una medición.

#### **V.1.5 PESO UNITARIO (NTP 339.046)**

El peso unitario se obtiene al pesar el concreto fresco compactado en un recipiente estandarizado, de volumen y masa conocidos, cuyo procedimiento se describe en la norma NTP 339.046.

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2 240 y 2 400 kg por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). El peso unitario

(densidad) del concreto varía, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, los mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado.

Para el diseño de estructuras de concreto, comúnmente se supone que la combinación del concreto convencional y de las barras de refuerzo pesa  $2\,400\text{ kg/m}^3$ . Además del concreto convencional, existe una amplia variedad de otros concretos para hacer frente a diversas necesidades, variando desde concretos aisladores ligeros con pesos unitarios de  $2\,400\text{ kg/m}^3$ , a concretos pesados con pesos unitarios de  $6\,400\text{ kg/m}^3$ , que se emplean para contrapesos o para blindajes contra radiaciones.

#### **V.1.5.1 EQUIPOS Y ACCESORIOS**

- Barra compactadora, recta de acero liso de 16mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.

### V.1.5.2 RECIPIENTE

CAPACIDAD		TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	
ps <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	pulg.	mm
1/10	3	1/2	12,5
1/3	10	1	25,4
1/2	15	1 1/2	38,1
1	30	2	50,8

En este

caso la

capacidad del recipiente es de 1/2 ps<sup>3</sup>.

### V.1.5.3 CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE



El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16,7° C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtiene dividiendo el peso unitario del agua a 16,7° C (1 000 kg/m<sup>3</sup>) por el peso del agua a 16,7° C necesario para llenar el recipiente. Se puede obtener un llenado preciso del recipiente mediante el uso de una lámina de vidrio.

#### **V.1.5.4 PROCEDIMIENTO**

Se llena la tercera parte del recipiente y se apisona el concreto con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie y luego dar golpes con el martillo de goma. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes en forma de espiral y dar de 10 a 15 golpes con el martillo de goma. Llenar hasta rebosar y compactar 25 veces con la barra compactadora y nuevamente dar golpes con el

martillo de goma, el concreto excedente se elimina usando la barra compactadora y luego se pesa el recipiente lleno.

#### **V.1.5.5 EXPRESIÓN DE RESULTADOS**

Se determina el peso neto del concreto en el recipiente. El peso unitario del concreto (PU) se obtiene multiplicando el peso neto del concreto ( $W_c$ ) por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### PESO UNITARIO DEL CONCRETO PATRÓN

Norma : NTP 339.046

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

PESO UNITARIO DEL CONCRETO PATRÓN						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
PESODEL CONCRETO+RECIPIENTE		kg	39,40	39,45	39,35	
PESODEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESODEL CONCRETO	Wc	kg	33,46	33,51	33,41	
PESODELAGUA+RECIPIENTE		kg	19,98	19,98	19,98	
PESODELAGUA	Wa	kg	14,04	14,04	14,04	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m <sup>3</sup>	71,23	71,23	71,23	
<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</b>	<b>PU</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2383</b>	<b>2387</b>	<b>2380</b>	<b>2383</b>

**Promedio del Peso Unitario del Concreto Patrón = 2383 kg/m<sup>3</sup>**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**PESO UNITARIO DEL CONCRETO REFORZADO CON  
FIBRA WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma : NTP 339.046

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>UND</b>	<b>ENSAYOS</b>			
			<b>Nº 1</b>	<b>Nº 2</b>	<b>Nº 3</b>	<b>PROM</b>
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	39,50	39,45	39,60	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DEL CONCRETO	Wc	kg	33,56	33,51	33,66	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	19,98	19,98	19,98	
PESO DEL AGUA	Wa	kg	14,04	14,04	14,04	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m <sup>3</sup>	71,23	71,23	71,23	
<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</b>	<b>FU</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2390</b>	<b>2387</b>	<b>2397</b>	

**Promedio del Peso Unitario del Concreto Reforzado = 2392 kg/m<sup>3</sup>**



**PESO UNITARIO DEL CONCRETO REFORZADO CON  
FIBRA WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma : NTP 339.046

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>UND</b>	<b>ENSAYOS</b>			
			<b>Nº 1</b>	<b>Nº 2</b>	<b>Nº 3</b>	<b>PROM</b>
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	39,70	39,80	39,65	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DEL CONCRETO	W <sub>c</sub>	kg	33,76	33,86	33,71	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	19,98	19,98	19,98	
PESO DEL AGUA	W <sub>a</sub>	kg	14,04	14,04	14,04	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m <sup>3</sup>	71,23	71,23	71,23	
<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</b>	<b>PU</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2405</b>	<b>2412</b>	<b>2401</b>	

**Promedio del Peso Unitario del Concreto Reforzado = 2406 kg/m<sup>3</sup>**

**PESO UNITARIO DEL CONCRETO REFORZADO CON  
FIBRA WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma : NTP 339.046

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>)</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>UND</b>	<b>ENSAYOS</b>			
			<b>Nº 1</b>	<b>Nº 2</b>	<b>Nº 3</b>	<b>PROM</b>
PESO DEL CONCRETO + RECIPIENTE		kg	39,80	39,90	39,85	
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DEL CONCRETO	W <sub>c</sub>	kg	33,86	33,96	33,91	
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		kg	19,98	19,98	19,98	
PESO DEL AGUA	W <sub>a</sub>	kg	14,04	14,04	14,04	
FACTOR DE CALIBRACIÓN	f	m <sup>3</sup>	71,23	71,23	71,23	
<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO</b>	<b>PU</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>2412</b>	<b>2419</b>	<b>2415</b>	<b>2415</b>

**Promedio del Peso Unitario del Concreto Reforzado = 2415 kg/m<sup>3</sup>**

**V.1.6 ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO (NTP 339.082)**

El fraguado es el proceso de endurecimiento del concreto. Por lo que su determinación tiene una trascendencia muy importante, por cuanto nos da la pauta del tiempo que se dispone en el proceso constructivo para las operaciones de colocación y acabado.

Este proceso está dividido en dos periodos: el fraguado inicial y el fraguado final. El fraguado inicial se caracteriza por la pérdida de plasticidad y aumento en la temperatura de la mezcla. El fraguado final se caracteriza por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes, como lógica consecuencia del aumento de su resistencia.

La fragua del concreto depende básicamente del contenido de aluminato tricálcico del cemento, finura del cemento, relación agua/cemento, temperatura y humedad del ensayo.

La norma establece el tiempo de fraguado del concreto con asentamiento superior a cero por medio de agujas de penetración

sobre la muestra tamizada; así el fraguado inicial se determina por el tiempo transcurrido, luego del contacto inicial del cemento y el agua hasta que el mortero alcance una resistencia a la penetración de 500 lb/pulg<sup>2</sup>, y la fragua final cuando alcance 4000 lb/pulg<sup>2</sup>.

La resistencia a la penetración, se calcula como el cociente de la fuerza requerida para que la aguja penetre 25 mm. y el área de la superficie de contacto de la aguja.

A diferencia del Tiempo de Fraguado para el cemento, en el concreto, están involucrados otros factores por los cuales no se pueden generalizar este concepto para todas las mezclas y casos, por ejemplo: una mezcla que ya no sirve para tomar la forma de un encofrado, sin embargo puede realizarse bien el acabado de un piso: lo cual nos indica que es difícil generalizar un concepto de Fragua Inicial puesto que en la medida que el concreto mantenga un grado significativo de trabajabilidad, aún no habrá fraguado.



Por eso el método empleado, sólo consiste en determinar la velocidad de endurecimiento que experimenta una muestra de concreto fresco.

Para determinarla se procede de la siguiente manera:

1. Se usará dos moldes cilíndricos para el ensayo, ellos deben tener 15cm de diámetro y 15cm de altura.
2. Debe contarse con un aparato hidráulico con capacidad de 60kgf a 100kgf provisto de un dispositivo medidor de presión y un medidor de carga con escala graduada.
3. Preparamos una tanda de 0.02 m<sup>3</sup> de concreto.
4. Tamizamos la mezcla por la malla N<sup>o</sup> 4; la mezcla que pasa por dicha malla, mortero, es llenada en los dos moldes cilíndricos.

5. Se llena cada molde en dos capas con 27 golpes cada capa hasta una altura mínima de 14 cm. Se golpea a los costados del molde para eliminar las burbujas de aire y luego se enrasa. La muestra se compacta con la varilla (diámetro de 5/8" y longitud de sesenta centímetros) aplicando un golpe por cada 6.5 cm<sup>2</sup> de superficie de la muestra. La varillada debe ser uniforme y bien distribuida.
6. Se dispone de 6 agujas cuyos diámetros son de 1 1/8", 13/16", 9/16", 5/16", 4/16" y 3/16". Obtener como mínimo seis penetraciones espaciadas tal que se pueda obtener una buena gráfica (resistencia vs. tiempo).
7. La muestra debe almacenarse a temperatura ambiente y protegerse del sol para evitar el secado inmediato. Antes del ensayo con la ayuda de una pipeta retirar el agua que haya exudado.
8. Se anota la hora de inicio del ensayo.
9. Según el estado de endurecimiento del mortero, se debe colocar el aparato con una aguja de tamaño apropiado y se pone esta en contacto con el mortero.

10. Se aplica una fuerza vertical y uniformemente hacia abajo hasta lograr una penetración de 25mm en un tiempo aproximado de 10 segundos.
11. Se registra la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora de ensayo. En posteriores ensayos de penetración se debe tener cuidado en eludir sitios en los cuales el mortero ha sido alterado por penetraciones previas.
12. La distancia libre entre la aguja y el lugar de cualquier penetración anterior, debe ser al menos 2 veces el diámetro de la aguja que se use, pero en ningún caso inferior a 15mm. Se debe dejar una distancia libre entre la aguja y la pared del recipiente por lo menos de 25mm.
13. Para muestras normales y temperaturas normales, el primer ensayo se debe hacer cuando haya transcurrido 3 a 4 horas y los demás ensayos cada hora. Para mezclas aceleradas o altas temperaturas se recomienda hacer el primer ensayo cuando hayan transcurrido 1 a 2 horas y los demás ensayos a intervalos de 0,5 horas.
14. Para condiciones de baja temperatura o mezclas retardantes, el primer ensayo hacer cuando hayan transcurrido

4 horas o más, los posteriores deben llevarse a intervalos de 1 hora a menos que el incremento de resistencia a la penetración indique que son aconsejables a intervalos más cortos.

15. Para cada ensayo de fraguado, se deben hacer por lo menos 6 penetraciones y los intervalos de tiempo entre ellas, serán tales que suministren pintos adecuados y lo suficientemente espaciados para dibujar una curva satisfactoria de velocidad de endurecimiento.

#### **V.1.7 ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE (NTP 339.036)**

Toda mezcla de concreto tiene aire atrapado entre los materiales (agua, cemento y agregados). La cantidad de este aire depende de las propiedades físicas del agregado, del método de compactación y de las proporciones en que se han combinado los ingredientes en la mezcla. Generalmente este aire ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla salvo que el concreto esté expuesto a cambios bruscos de

temperatura (congelarse y descongelarse), para lo cual se necesita incorporar aire mediante el uso de aditivos, por lo tanto el volumen de aire en la mezcla aumentaría.

Hay tres métodos para medir el contenido de aire total en el concreto fresco:

- a) GRAVIMÉTRICO.
- b) VOLUMÉTRICO.
- c) DE PRESIÓN.

El método más confiable y exacto es el de presión, el cual se basa en la relación entre el volumen de aire y la presión aplicada (a una temperatura constante). No se necesita conocer las proporciones de la mezcla o las propiedades de los materiales, el porcentaje de aire se obtiene directamente.



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

## **CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO PATRÓN**

Norma : NTP 339.036

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO PATRÓN						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1,3	1,4	1,2	1,3

**Promedio del Contenido de Aire del Concreto Patrón = 1,3%**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO REFORZADO CON**

**FIBRA WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma : NTP 339.036

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)</b>						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1,3	1,2	1,4	1,3

**Promedio del Contenido de Aire del Concreto Reforzado = 1,3%**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO REFORZADO CON  
FIBRA WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma : NTP 339.036



Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (25 kg/m <sup>3</sup> )						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1,3	1,3	1,3	1,3

**Promedio del Contenido de Aire del Concreto Reforzado = 1,3%**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO REFORZADO CON  
FIBRA WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma : NTP 339.036

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (35 kg/m <sup>3</sup> )						
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	UND	ENSAYOS			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	PROM
CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO	A	%	1,1	1,3	1,2	1,2

**Promedio del Contenido de Aire del Concreto Reforzado = 1,2%**

#### V.1.8 ENSAYO DE EXUDACIÓN (NTP 339.077)

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica.

El fenómeno está gobernado por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la viscosidad y la diferencia de densidades. La exudación no es necesariamente dañina, si no es interrumpida (el agua se evapora), la relación efectiva de a/c puede reducirse, con el consiguiente incremento en la resistencia. Por otra parte, si el agua que sube lleva consigo gran cantidad de las partículas más finas del cemento, se formará una capa de nata. Si ésta queda en la parte superior de un bloque, se formará una superficie porosa. En la parte superior se formará una capa débil y su adherencia con la siguiente capa será inadecuada. Por ésta razón, la nata siempre debe ser removida mediante cepillado y lavado.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina es la molienda de éste y mayor es el porcentaje de material menor que la malla N° 100, la exudación será menor pues se retiene el agua de mezcla. Una mayor temperatura, dentro del rango normal, incrementa la tasa de

exudación, aunque la capacidad de exudación total probablemente no resulte afectada. Las mezclas ricas son menos propensas a la exudación que las pobres; también se logra reducir la exudación añadiendo puzolana o polvo de aluminio.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

#### **V.1.8.1 EQUIPOS Y ACCESORIOS**

- Barra compactadora, recta de acero liso de 16mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 600mm (24") de largo, con un extremo redondeado con forma de punta semiesférica.
- Martillo de goma.

- Recipiente cilíndrico de metal cuya capacidad depende del tamaño máximo del agregado.
- Pipeta o instrumento similar para extraer el agua libre de la superficie de la probeta.
- Tubo graduado con capacidad suficiente para recoger y medir la cantidad de agua extraída.

#### **V.1.8.2 PROCEDIMIENTO**

- Llenar el recipiente con concreto fresco en tres capas, se compacta cada capa con 25 golpes con la barra compactadora y los lados del recipiente de 10 a 15 veces con el martillo de goma después de compactar cada capa.
- Después de colocar la tercera capa de concreto se enrasa el exceso con la barra compactadora y se limpia la pestaña del recipiente.
- Después de llenar, nivelar y alisar la superficie del recipiente se anota lo hora, peso y su contenido.

- Se extrae el agua que se haya acumulado en la superficie (con una pipeta) a intervalos de 10 min. Durante los primeros 40 min., y a intervalos de 30 min. de allí en adelante hasta que cese la exudación, se inclina el recipiente colocando un taco de aproximadamente 5 cm. de espesor debajo de uno de los lados del recipiente 2 min. antes de extraer el agua.
- Después que el agua haya sido extraída, se devuelve el recipiente a su posición original, y después de cada extracción transferir el agua a un tubo graduado. Se anota la cantidad acumulada de agua después de cada transferencia.
- Cuando se requiere solamente el volumen total de agua exudada el procedimiento de extracción periódica puede ser omitido y la extracción se hará en una sola operación.

### **V.1.8.3 EXPRESIÓN DE RESULTADOS**

- Se calcula el volumen de agua de exudación por unidad de superficie con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{V_1}{A}$$

En donde:

V<sub>1</sub>: Volumen en centímetros cúbicos del agua de exudación, durante un intervalo seleccionado.

A: Área expuesta del concreto, en centímetros cuadrados.

- Se calcula el agua acumulada de exudación, expresada como porcentaje del agua de mezclado contenida en la probeta de ensayo; como sigue:

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$E = \frac{D}{C} \times 100$$

En donde:

- C Masa de agua en la muestra de ensayo, en kilogramos.
- W Masa total de la tanda, en kilogramos.
- w Masa del agua efectiva en la tanda, en kilogramos.
- S Masa de la muestra, en kilogramos.
- D Volumen total de agua de exudación extraída de la muestra de ensayo en L multiplicada por 1 kg/l.





FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

Norma : NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

ENSAYON° 01			
TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)
11:10	Inicio	0,0	0,0
11:20	10	1,0	1,0
11:30	10	1,2	2,2
11:40	10	1,2	3,4
11:50	10	2,0	5,4
12:20	30	3,7	9,1
12:50	30	6,8	15,9
1:20	30	3,8	19,7
1:50	30	2,2	21,9
2:20	30	1,4	23,3

Exudación = 0,84%



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

Norma : NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

ENSAYON° 02			
TIEMPO (hrs.)	INTERVALO (min.)	VOLUMEN (ml)	V. ACUM (ml)
11:25	Inicio	0,0	0,0
11:35	10	1,2	1,2
11:45	10	1,4	2,6
11:55	10	1,6	4,2
12:05	10	2,3	6,5
12:35	30	3,2	9,7
1:05	30	6,1	15,8
1:35	30	3,7	19,5
2:05	30	2,3	21,8
2:35	30	1,2	23,0

Exudación = 0,82%



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

Norma : NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>ENSAYON° 03</b>			
<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>INTERVALO (min)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
2:00	Inicio	0,0	0,0
2:10	10	0,8	0,8
2:20	10	1,1	1,9
2:30	10	1,4	3,3
2:40	10	2,5	5,8
3:10	30	3,5	9,3
3:40	30	5,6	14,9
4:10	30	4,5	19,4
4:40	30	2,1	21,5
5:10	30	1,0	22,5

Exudación = 0,80%



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

## **EXUDACIÓN DEL CONCRETO PATRÓN**

Norma : NTP 339.077

**Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya**

DESCRIPCIÓN	SIMB.	UND.	ENSAYOS			
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM.
<b>TANDA</b>						
CEMENTO		kg	9,66	9,66	9,66	
AG FINO		kg	11,51	11,51	11,51	
AG GRUESO		kg	20,58	20,58	20,58	
AGUA EFECTIVA	w	kg	4,61	4,61	4,61	
MASA TOTAL DE LA TANDA	W	kg	46,35	46,35	46,35	
<b>MUESTRA</b>						
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		kg	33,80	34,00	34,10	
PESO DEL CONCRETO	S	kg	27,86	28,06	28,16	
VOLUMEN DE EXUDACIÓN x (1 kg/l)	D	kg	0,0233	0,0230	0,0225	
MASA DE AGUA	C	kg	2,77	2,79	2,80	
<b>EXUDACION</b>	<b>E</b>	<b>%</b>	<b>0,84</b>	<b>0,82</b>	<b>0,80</b>	<b>0,82</b>

**Promedio de la Exudación del Concreto Patrón = 0,82 %**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (20kg/m<sup>3</sup>)

Norma : NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya



<b>ENSAYON° 01</b>			
<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>INTERVALO (min.)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
11:16	Inicio	0,0	0,0
11:26	10	0,0	0,0
11:36	10	1,2	1,2
11:46	10	1,3	2,5
11:56	10	1,5	4,0
12:26	30	5,0	9,0
12:56	30	5,8	14,8
1:26	30	4,8	19,6
1:56	30	1,4	21,0
2:26	30	0,5	21,5

**Exudación = 0,73%**

FACULTAD  
DE  
INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (20kg/m<sup>3</sup>)

Norma : NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>ENSAYON° 02</b>			
<b>TIEMPO (hrs.)</b>	<b>INTERVALO (min.)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
9:10	Inicio	0,0	0,0
9:20	10	0,0	0,0
9:30	10	1,0	1,0
9:40	10	1,6	2,6
9:50	10	2,0	4,6
10:20	30	3,8	8,4
10:50	30	6,3	14,7
11:20	30	4,3	19,0
11:50	30	1,8	20,8
12:20	30	1,1	21,9

Exudación = 0,75%



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

**WIRAND (20kg/m<sup>3</sup>)**

Norma : NTP 339.077

Hecho por: **Jimmy Renso Guevara Huarcaya**

<b>ENSAYON° 03</b>			
<b>TIEMPO (hrs.)</b>	<b>INTERVALO (min.)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
1:50	Inicio	0,0	0,0
2:00	10	0,0	0,0
2:10	10	0,8	0,8
2:20	10	1,2	2,0
2:30	10	2,8	4,8
3:00	30	5,3	10,1
3:30	30	6,5	16,6
4:00	30	4,1	20,7
4:30	30	1,6	22,3
5:00	30	1,2	23,5

Exudación = 0,79%



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (20kg/m<sup>3</sup>)

Norma : NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya



DESCRIPCIÓN	SIMB	UND.	ENSAYOS			
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
<b>TANDA</b>						
CEMENTO		kg	9,91	9,91	9,91	
AG FINO		kg	10,85	10,85	10,85	
AG GRUESO		kg	20,58	20,58	20,58	
AGUA EFECTIVA	w	kg	4,84	4,84	4,84	
MASA TOTAL DE LA TANDA	W	kg	46,19	46,19	46,19	
<b>MUESTRA</b>						
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		kg	34,00	33,70	34,25	
PESO DEL CONCRETO	S	kg	28,06	27,76	28,31	
VOLUMEN DE EXUDACIÓN x (1 kg/l)	D	kg	0,0215	0,0219	0,0235	
MASA DE AGUA	C	kg	2,94	2,91	2,97	
<b>EXUDACION</b>	<b>E</b>	<b>%</b>	<b>0,73</b>	<b>0,75</b>	<b>0,79</b>	<b>0,76</b>

**Promedio de la Exudación del Concreto Reforzado = 0,76 %**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (25kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya



<b>ENSAYON° 01</b>			
<b>TIEMPO (hrs.)</b>	<b>INTERVALO (min.)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
10:24	Inicio	0,0	0,0
10:34	10	0,0	0,0
10:44	10	0,5	0,5
10:54	10	2,4	2,9
11:04	10	3,1	6,0
11:34	30	4,2	10,2
12:04	30	7,2	17,4
12:34	30	3,6	21,0
1:04	30	1,0	22,0
1:34	30	0,8	22,8

**Exudación = 0,77%**

FACULTAD  
DE  
INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (25kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>ENSAYON° 02</b>			
<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>INTERVALO (min)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
11:00	Inicio	0,0	0,0
11:10	10	0,0	0,0
11:20	10	0,8	0,8
11:30	10	2,2	3,0
11:40	10	3,5	6,5
12:10	30	4,0	10,5
12:40	30	5,7	16,2
1:10	30	3,5	19,7
1:40	30	1,1	20,8
2:10	30	0,7	21,5

Exudación = 0,74%



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (25kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya



<b>ENSAYON° 03</b>			
<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>INTERVALO (min)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
2:00	Inicio	0,0	0,0
2:10	10	1,0	1,0
2:20	10	1,2	2,2
2:30	10	1,5	3,7
2:40	10	2,5	6,2
3:10	30	3,2	9,4
3:40	30	5,8	15,2
4:10	30	3,0	18,2
4:40	30	1,8	20,0
5:10	30	1,0	21,0

**Exudación = 0,71 %**

FACULTAD  
DE  
INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (25kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

DESCRIPCIÓN	SIMB.	UND.	ENSAYOS			
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM.
<b>TANDA</b>						
CEMENTO		kg	9,91	9,91	9,91	
AG FINO		kg	10,88	10,88	10,88	
AG GRUESO		kg	20,58	20,58	20,58	
AGUA EFECTIVA	w	kg	4,81	4,81	4,81	
MASA TOTAL DE LA TANDA	W	kg	46,19	46,19	46,19	
<b>MUESTRA</b>						
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		kg	34,20	34,00	34,40	
PESO DEL CONCRETO	S	kg	28,26	28,06	28,46	
VOLUMEN DE EXUDACIÓN x (1 kg/l)	D	kg	0,0228	0,0215	0,0210	
MASA DE AGUA	C	kg	2,94	2,92	2,96	
<b>EXUDACION</b>	<b>E</b>	<b>%</b>	<b>0,77</b>	<b>0,74</b>	<b>0,71</b>	<b>0,74</b>

**Promedio de la Exudación del Concreto Reforzado = 0,74 %**



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (35kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>ENSAYON° 01</b>			
<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>INTERVALO (min)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
11:12	Inicio	0,0	0,0
11:22	10	0,0	0,0
11:32	10	0,8	0,8
11:42	10	1,8	2,6
11:52	10	2,8	5,4
12:22	30	5,2	10,6
12:52	30	6,2	16,8
1:22	30	4,0	20,8
1:52	30	0,8	21,6

Exudación = 0,70%



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (35kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>ENSAYON° 02</b>			
<b>TIEMPO (hrs.)</b>	<b>INTERVALO (min.)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
11:18	Inicio	0,0	0,0
11:28	10	0,0	0,0
11:38	10	1,0	1,0
11:48	10	1,4	2,4
11:58	10	2,5	4,9
12:28	30	4,3	9,2
12:58	30	6,1	15,3
1:28	30	4,1	19,4
1:58	30	1,1	20,5

Exudación = 0,67%



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (35kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>ENSAYON° 03</b>			
<b>TIEMPO (hrs)</b>	<b>INTERVALO (min.)</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>V. ACUM (ml)</b>
2:04	Inicio	0,0	0,0
2:14	10	0,0	0,0
2:24	10	1,0	1,0
2:34	10	1,8	2,8
2:44	10	2,6	5,4
3:14	30	4,0	9,4
3:44	30	7,5	16,9
4:14	30	4,3	21,2
4:44	30	0,8	22,0

Exudación = 0,73%



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### EXUDACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO

WIRAND (35kg/m<sup>3</sup>)

Norma: NTP 339.077

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya



DESCRIPCIÓN	SIMB	UND.	ENSAYOS			
			Nº 01	Nº 02	Nº 03	PROM
<b>TANDA</b>						
CEMENTO		kg	10,17	10,17	10,17	
AG FINO		kg	10,31	10,31	10,31	
AG GRUESO		kg	20,58	20,58	20,58	
AGUA EFECTIVA	w	kg	4,96	4,96	4,96	
MASA TOTAL DE LA TANDA	W	kg	46,03	46,03	46,03	
<b>MUESTRA</b>						
PESO DEL RECIPIENTE		kg	5,94	5,94	5,94	
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		kg	34,50	34,20	34,00	
PESO DEL CONCRETO	S	kg	28,56	28,26	28,06	
VOLUMEN DE EXUDACIÓN x (1 kg/l)	D	kg	0,0216	0,0205	0,0220	
MASA DE AGUA	C	kg	3,08	3,04	3,02	
<b>EXUDACION</b>	<b>E</b>	<b>%</b>	<b>0,70</b>	<b>0,67</b>	<b>0,73</b>	<b>0,70</b>

**Promedio de la Exudación del Concreto Reforzado = 0,70 %**

## V.2 ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

### V.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)

La Resistencia a la Compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado

(Kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo  $f_c$ . Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas especímenes de concreto; en los Estados Unidos, a menos de que se especifique de otra manera, los ensayos a compresión de mortero se realizan sobre cubos de 5 cm. en tanto que los ensayos a compresión del concreto se efectúan sobre cilindros que miden 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura. El concreto de uso generalizado tiene una resistencia a la compresión entre 210 y 350 Kg/cm<sup>2</sup>. Un concreto de alta resistencia tiene una resistencia a la compresión de cuanto menos 420 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **V.2.1.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ( $f_c=280$ kg/cm<sup>2</sup>)**

D = Diámetro promedio de la probeta cilíndrica en cm.

G = Carga Máxima aplicada sobre la probeta en kg.

Rc = Resistencia a la compresión en kg/cm<sup>2</sup>.

EDAD: 28 DIAS				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (Rc)
Nº	(cm)	G(kg)	Po(kg/cm²)	
1	15	4440	280	326 kg/cm²
2	15	6148	392	
3	15	6260	392	

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO PATRÓN

(f'c = 280kg/cm²)

Norma: NTP 339.034

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

EDAD: 7 DIAS				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (Rc)
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm²)	
1	15	47 180	267	259 kg/cm²
2	15	41 980	238	
3	15	48 120	272	

EDAD: 14 DIAS				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (Rc)
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm²)	
1	15	54 022	306	335 kg/cm²
2	15	64 262	364	
3	15	59 123	335	



<b>EDAD: 28 DIAS</b>				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (Rc)
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	15	64 690	366	<b>373 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	65 740	372	
3	15	67 270	381	

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ( $f'_c = 280$   
kg/cm<sup>2</sup>) REFORZADO CON FIBRA WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.034

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>EDAD: 7 DIAS</b>				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (Rc)
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	15	40 410	229	<b>237 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	42 580	241	
3	15	42 880	243	

<b>EDAD: 14 DIAS</b>				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	58420	331	<b>325 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	59500	337	
3	15	54490	308	



<b>EDAD: 28 DIAS</b>				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	61400	348	<b>352 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	62219	352	
3	15	63032	357	

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ( $f'_c = 280$   
kg/cm<sup>2</sup>) REFORZADO CON FIBRA WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.034

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>EDAD: 7 DIAS</b>				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	47940	271	<b>291 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	53490	303	
3	15	53040	300	

<b>EDAD: 14 DIAS</b>				
PROBETA	DIAMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	64852	367	<b>355 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	62909	356	
3	15	60435	342	

<b>EDAD: 28 DIAS</b>				
PROBETA	DIAMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	67720	383	<b>385 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	66973	379	
3	15	69270	392	



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ( $f'_c = 280$   
kg/cm<sup>2</sup>) REFORZADO CON FIBRA WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.034

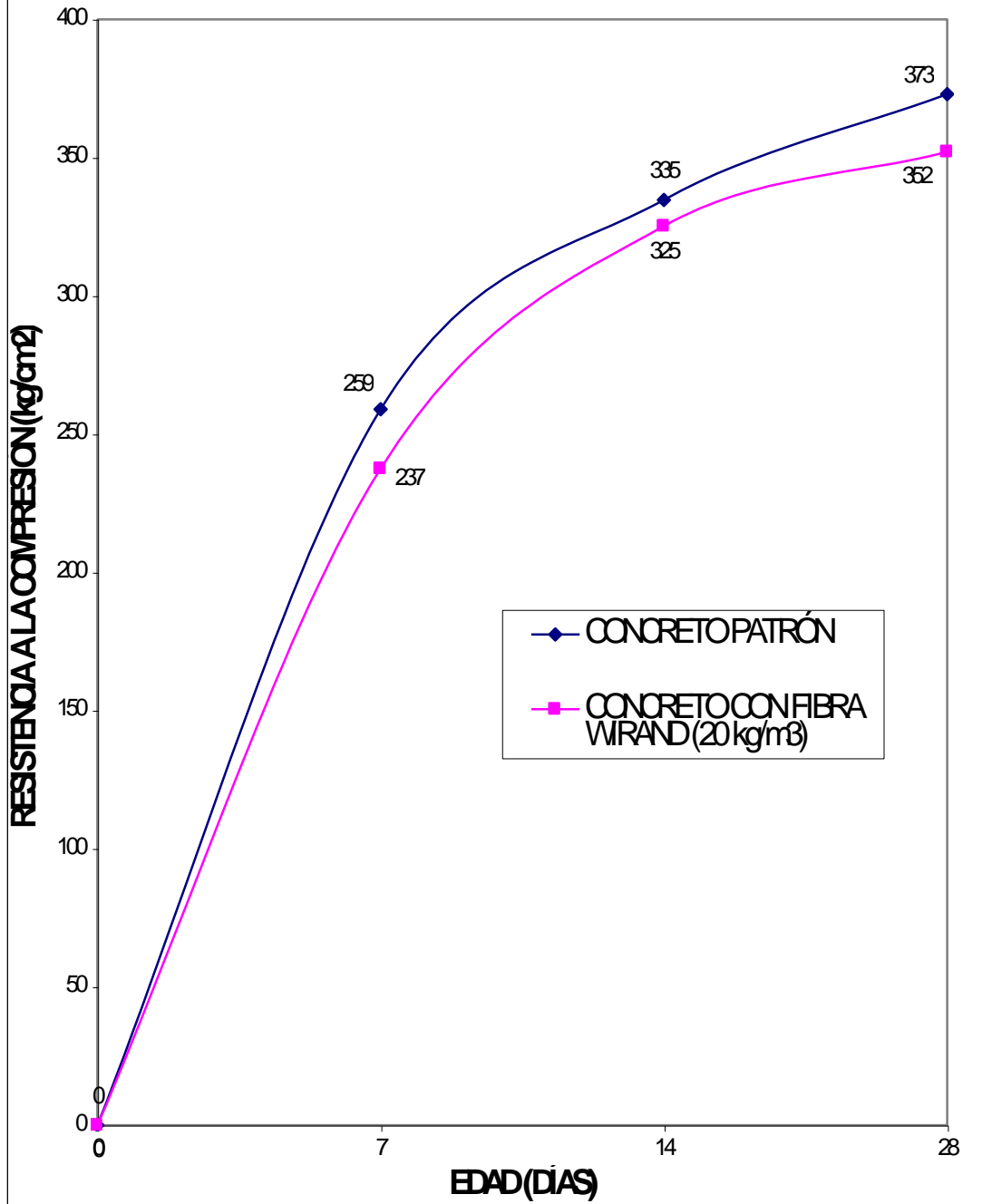
Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>EDAD: 7 DIAS</b>				
PROBETA	DIAMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	50892	288	<b>295 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	53013	300	
3	15	52483	297	

<b>EDAD: 14 DIAS</b>				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	67 503	382	<b>380 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	69 093	391	
3	15	65 029	368	

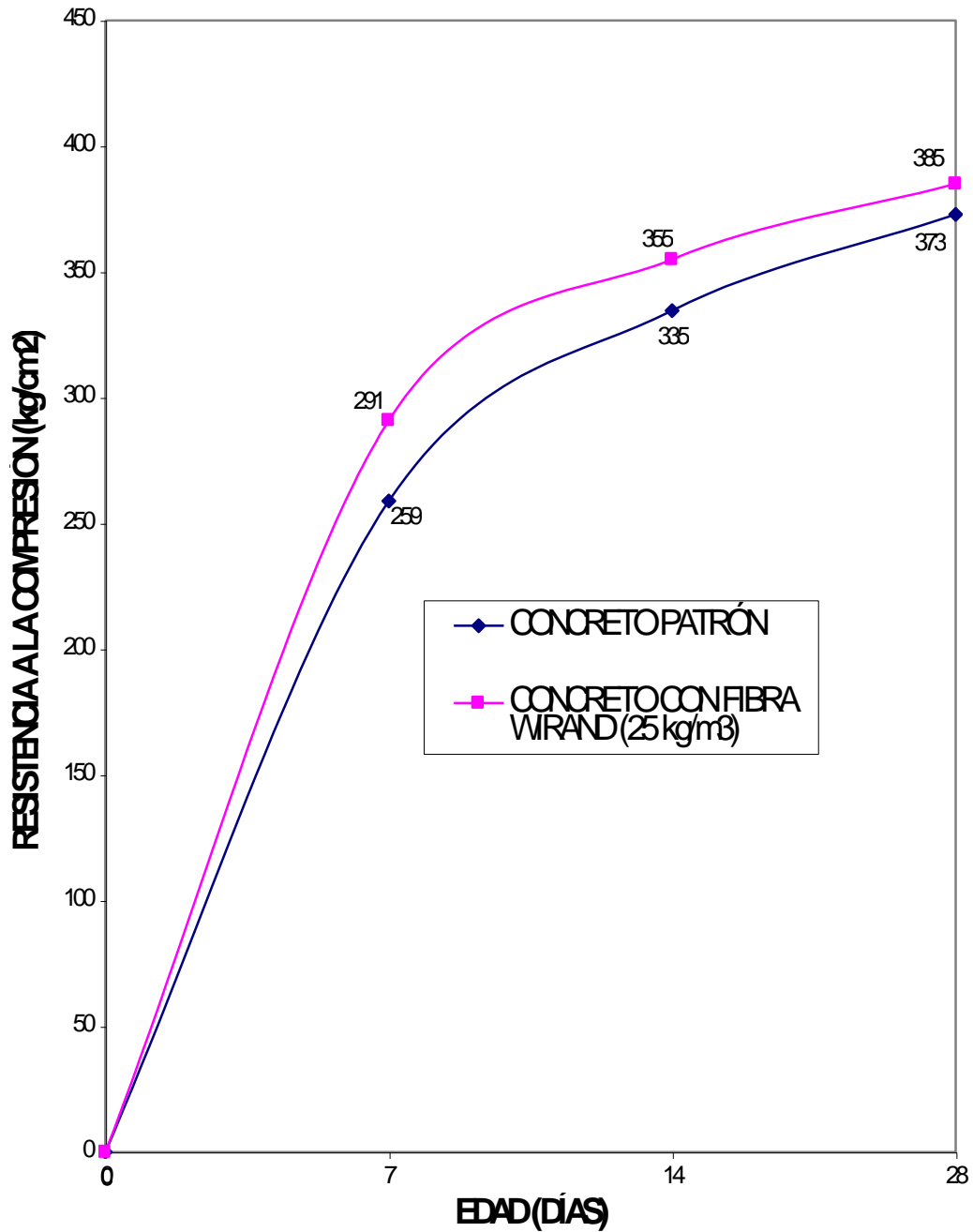
<b>EDAD: 28 DIAS</b>				
PROBETA	DIÁMETRO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	G(kg)	Rc (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (Rc)
1	15	73 153	414	<b>410 kg/cm<sup>2</sup></b>
2	15	71 567	405	
3	15	72 451	410	

GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS  
CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $20 \text{ kg/m}^3$ )

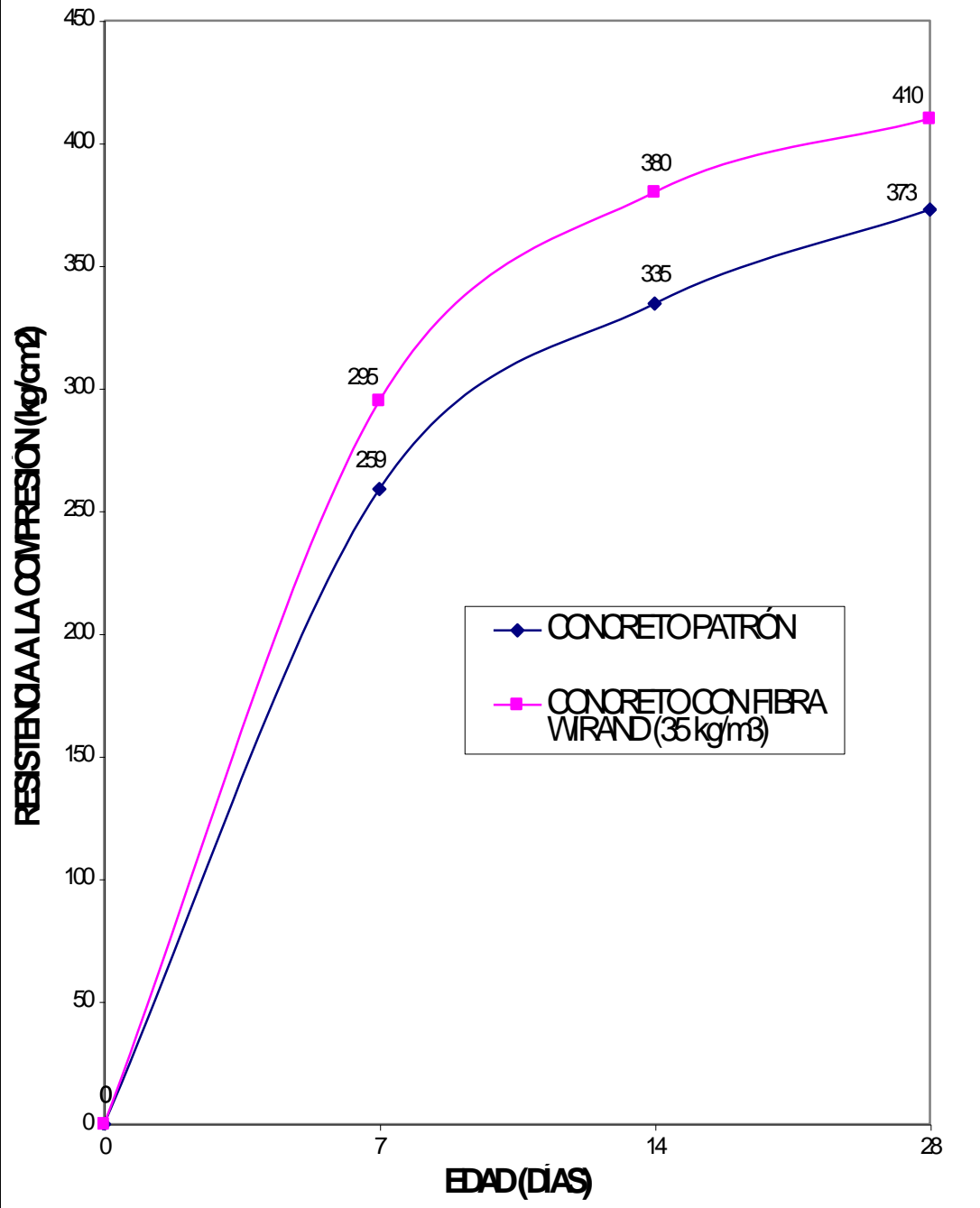




**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS  
CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $25 \text{ kg/m}^3$ )**



**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS  
CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $35 \text{ kg/m}^3$ )**



**V.2.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR  
COMPRESIÓN DIAMETRAL (NTP 339.084)**

La resistencia a la tracción del concreto es relativamente baja. Una buena aproximación para la resistencia a la tracción  $f_{ct}$  es  $0,10f'_c < f_{ct} < 0,20f'_c$ . Se considera al concreto como un elemento no adecuado para trabajar a tracción, sin embargo, demuestra que puede tomar hasta cierto punto estos esfuerzos; pero no tan significativos si los comparamos con su resistencia a la compresión (he aquí el motivo, por el cual se le incorporará el acero al concreto).

Es más difícil medir la resistencia a la tracción que la resistencia a compresión debido a los problemas de agarre con las máquinas de prueba. Debido a la existencia de diversos métodos que requieren una operación compleja, se optó por el método de tracción por hendimiento o prueba brasileña consistente en romper un cilindro de concreto, del tipo normalizado para el ensayo de compresión, entre los cabezales de una prensa, según generatrices opuestas.

Con este método normalizado, se determina indirectamente la resistencia a la tracción del concreto por medio de la compresión diametral de la probeta ensayada.

El ensayo se procede de la siguiente manera:

1. La probeta a ensayar debe estar normalizada (NTP 339.033).

Se procede a medir el diámetro con aproximación de 1 mm. promediando tres medidas (a los extremos y una al centro); la longitud se determina con una aproximación de 1mm promediando dos medidas opuestas.

2. Si las dimensiones de las placas de apoyo de la máquina de compresión, son menores que la longitud del cilindro, debe interponerse una platina suplementaria de acero maquinado, de por lo menos 50 mm. de ancho y espesor no menor que la

distancia entre el borde de las placas del apoyo y el extremo del cilindro.

3. Debe colocarse entre el cilindro y la superficie de los cabezales de la máquina de ensayo, o eventualmente la platina suplementaria de ser utilizada, tablillas de madera contraplacadas, de 3mm de espesor y 25mm de ancho. A lo largo de toda la longitud del cilindro, con el fin de que la probeta al momento de realizar la prueba se mantenga quieta.
4. Se aplica la carga en forma continua, evitando impactos y una velocidad constante comprendida entre 0,3 a 0,7 kg/cm<sup>2</sup> por segundo hasta la carga de rotura (de 12,7 a 29,7 tn/min).

#### **V.2.2.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL**

La resistencia a la tracción debe darse según la relación:

$$T = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot L}$$

Donde: P = Fuerza de compresión

D = Diámetro

L = Longitud del cilindro.



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

## ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN

DIAMETRAL DEL CONCRETO PATRÓN ( $f'_c = 280\text{kg/cm}^2$ )

Norma: NTP 339.084

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

EDAD: 28 DIAS					
PROBETA	DIÁMETRO	LARGO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	(cm)	P(kg)	TCD(kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA(TCD)
1	15,3	30,6	26474	36	38 kg/cm <sup>2</sup>
2	15,2	30,5	27945	38	
3	15,2	30,4	29416	40	



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN**

**DIAMETRIAL DEL CONCRETO ( $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) REFORZADO CON FIBRA**

**WIRAND ( $20 \text{ kg/m}^3$ )**

Norma: NTP 339.084

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

EDAD: 28 DIAS					
PROBETA	DIÁMETRO	LARGO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	(cm)	P (kg)	TCD (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (TCD)
1	15,2	30,6	27 762	38	41 kg/cm <sup>2</sup>
2	15,3	30,4	32 146	44	
3	15,2	30,5	29 128	40	



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN

DIAMETRAL DEL CONCRETO ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) REFORZADO CON FIBRA

WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)



Norma: NTP 339.084

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

EDAD: 28 DIAS					
PROBETA	DIAMETRO	LARGO	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	PROMEDIO DE LA
Nº	(cm)	(cm)	P(kg)	TCD(kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA(TCD)
1	15,2	30,6	35 799	49	44 kg/cm <sup>2</sup>
2	15,3	30,5	32 252	44	
3	15,3	30,5	27 854	38	



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

### ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN

DIAMETRAL DEL CONCRETO ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) REFORZADO CON FIBRA

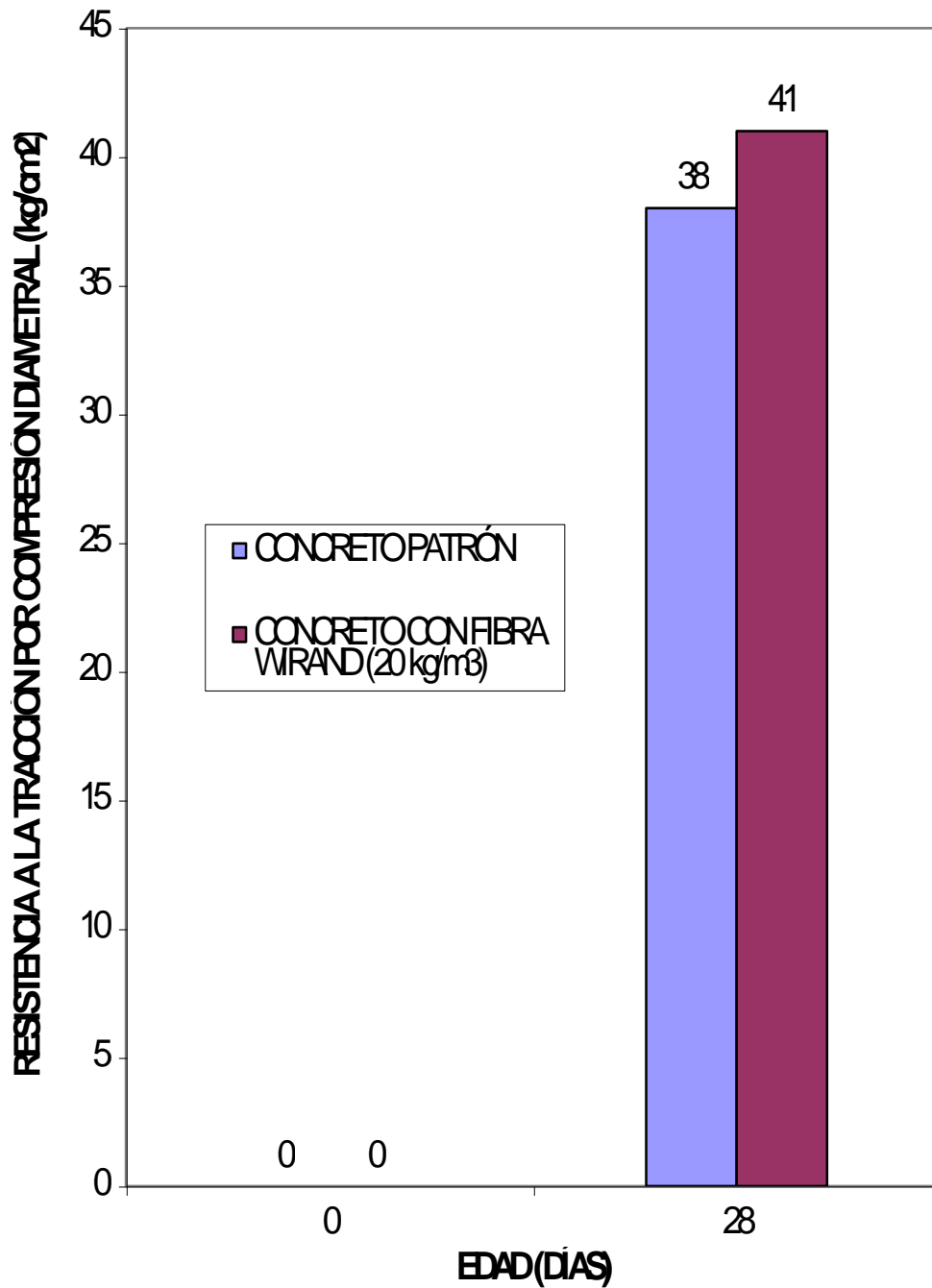
WIRAND ( $35 \text{ kg/m}^3$ )

Norma: NTP 339.084

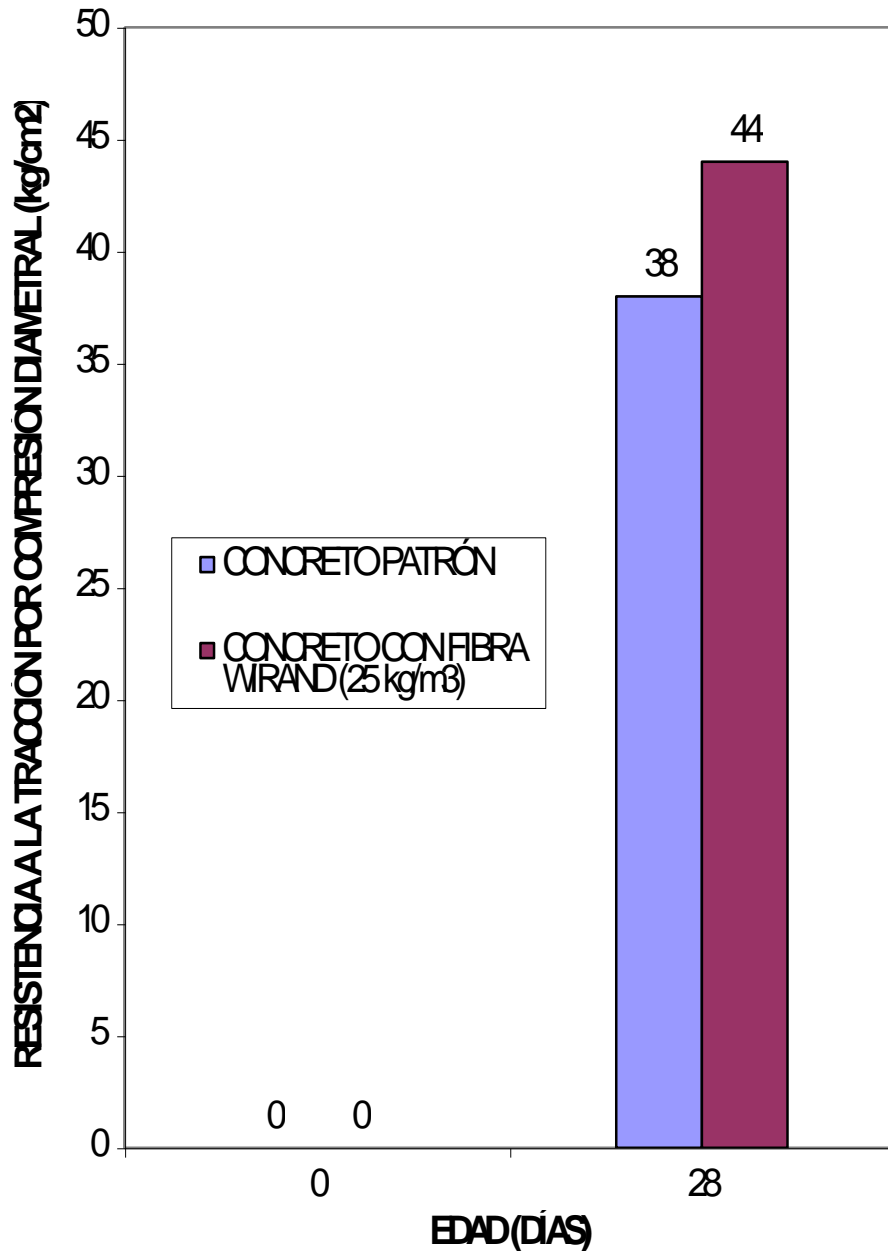
Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

<b>EDAD: 28 DIAS</b>					
<b>PROBETA</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>LARGO</b>	<b>CARGA APLICADA</b>	<b>RESISTENCIA</b>	<b>PROMEDIO DE LA</b>
<b>Nº</b>	<b>(cm)</b>	<b>(cm)</b>	<b>P(kg)</b>	<b>TCD(kg/cm²)</b>	<b>RESISTENCIA(TCD)</b>
1	15,2	30,6	40 182	55	<b>49 kg/cm²</b>
2	15,2	30,6	35 068	48	
3	15,2	30,6	31 415	43	

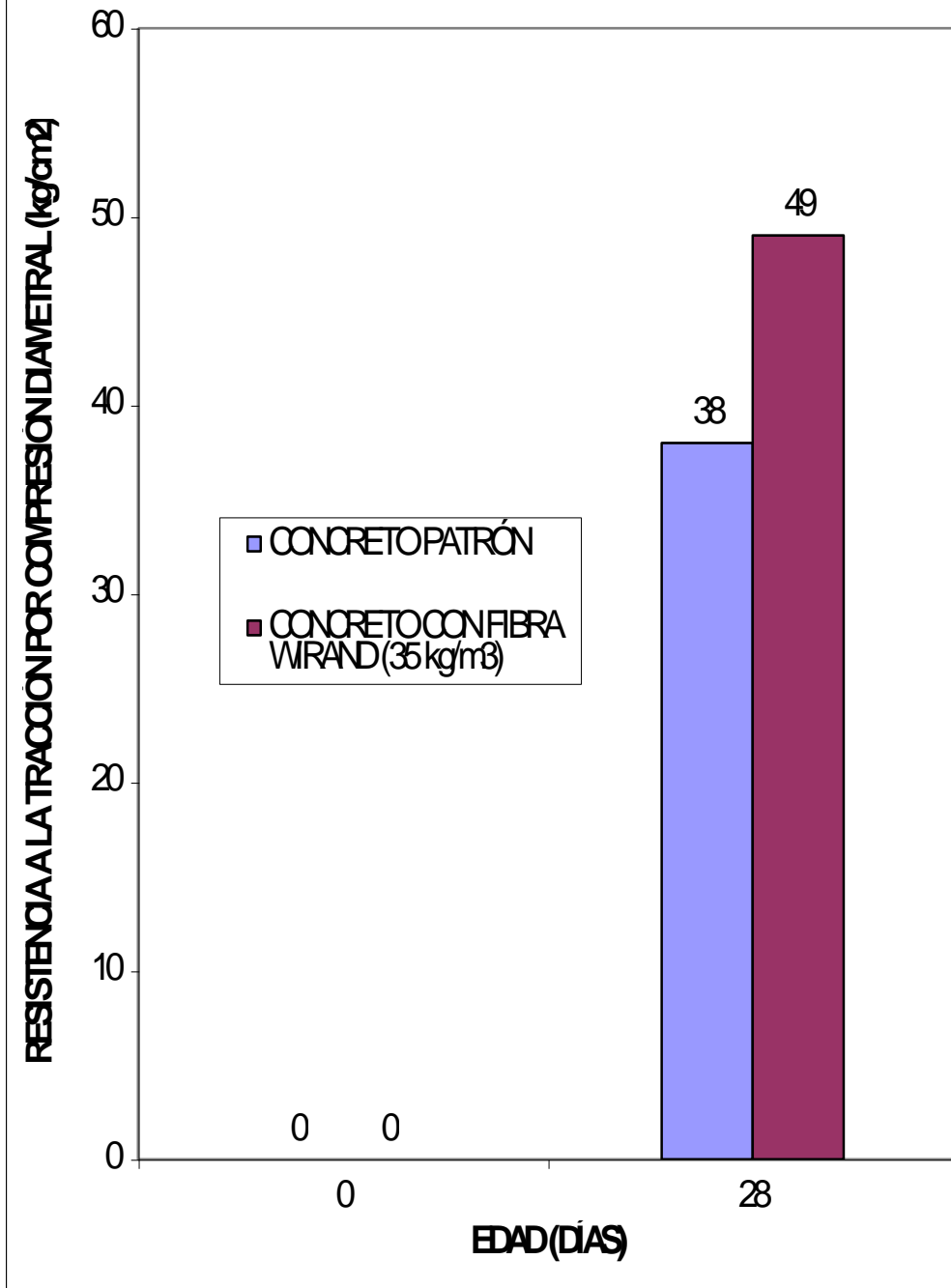
**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN  
POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE PROBETAS DE  
CONCRETO PATRÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS CONCRETO CON  
FIBRA WIRAND ( $20 \text{ kg/m}^3$ )**



**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN  
POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE PROBETAS DE  
CONCRETO PATRÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS CONCRETO CON  
FIBRA WIRAND ( $25 \text{ kg/m}^3$ )**



**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN  
POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE PROBETAS DE  
CONCRETO PATRÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS CONCRETO CON  
FIBRA WIRAND ( $35 \text{ kg/m}^3$ )**



**V.2.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICA (ASTM C-469)**

En general es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente.

El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama Esfuerzo vs Deformación en compresión. Sin embargo se ha adoptado que el “Módulo de Elasticidad Estático” se define mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama (correspondiente a una deformación unitaria de 0,00005), con otro punto establecido al 40% del esfuerzo máximo de rotura.

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250 000 a 350 000 kg/cm<sup>2</sup> y están en relación directa con la resistencia a la compresión del concreto y por ende con la relación agua / cemento.

Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulo de elasticidad mayores y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres.

Al someterse una probeta de concreto a una carga que se incrementa constantemente, ocurre una deformación plástica o escurrimiento. La curva esfuerzo-deformación muestra una zona de trabajo donde los esfuerzos y las deformaciones son proporcionales para fines prácticos.

Los equipos y materiales a usar son los siguientes:

- Máquina de Compresión. Utilizada para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.
- Compresómetro. Utilizando para medir el Módulo de Elasticidad. Consta de dos especies de anillos, uno de los cuales está rígidamente sujeto al espécimen, y otro sujeto por dos puntos

diametralmente opuestos, libre para rotar. En la circunferencia del anillo de rotación, en la mitad entre los dos puntos de soporte, hay una varilla pivote, que será usada para mantener la distancia constante entre los dos anillos. La deformación es medida por un dispositivo usado directamente.

- Especímenes de Ensayo. Deben ser moldeados de acuerdo con el requerimiento para especímenes (NTP 339.033). Deberán estar sujetos a las condiciones de curado especificadas y ensayados a la edad para la cual la información de elasticidad es deseada. Los especímenes deberán ser ensayados dentro de 1 hora después que se retiran de los tanques de curado.

El ensayo se procede de la siguiente manera:

1. Medición. Medir dos diámetros perpendiculares entre sí en la zona central de la probeta con una aproximación de 0,25 mm. Calcular el diámetro de la probeta promediando los dos diámetros medidos. Medir la longitud del espécimen moldeado



incluyendo capas de refrentado con una aproximación de 2,5 mm.

2. Mantenga constante como sea posible, la temperatura y humedad durante la prueba, registre las fluctuaciones inusuales.
3. Use un espécimen hermano para determinar su resistencia a la compresión previamente al ensayo del Módulo de Elasticidad, con lo cual se registrará su carga última a compresión.
4. Coloque el espécimen, con el equipo medidor de deformación ajustado, sobre el bloque inferior de la máquina de ensayo y cuidadosamente alinear los ejes del espécimen con el centro del bloque superior. Antes de aplicar alguna carga, retire las barras sujetadoras de los yugos. Anote las lecturas de los indicadores de deformación.
5. Cargar el espécimen por lo menos 2 veces. No registrar ningún dato durante la primera carga que es principalmente para la fijación de los calibradores, observar el desempeño de los calibradores y corregir algún comportamiento irregular previamente a la segunda carga.

6. Después de haber hecho las pruebas de fijación (sin registro) recién realizar el ensayo y obtener dos conjuntos de lecturas como sigue: Aplique la carga continuamente y sin choque, a una velocidad constante en un rango de  $0,241 \pm 0,034$  Mpa/seg ( $2,45 \pm 0,35$  kg/cm<sup>2</sup>). Registre sin interrupción las lecturas de cargas aplicadas y su correspondiente deformación longitudinal. Para el cálculo del Módulo de Elasticidad hay que tener en cuenta dos puntos. Punto (1), cuando la deformación longitudinal es de 50 millonésimas; y punto (2), cuando la carga aplicada es igual al 40% de la rotura. La deformación longitudinal se define como la deformación acumulada dividida entre la longitud del espécimen.
7. El módulo de elasticidad y la resistencia pueden ser obtenidas de la misma carga previendo que los dispositivos de medición sean reemplazables, removibles o adecuadamente protegidos por lo que es posible cumplir con los requerimientos del ASTM C-39. En este caso registrar varias lecturas y determinar el valor de deformación al 40% de la carga última por interpolación.

8. Si se toman lecturas intermedias, dibujar los resultados de cada tres ensayos con la deformación longitudinal como abcisa y la resistencia a la compresión como ordenada.

### **V.2.3.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICA**

Se calcula el módulo de elasticidad con una aproximación de 50 000 psi (344.74 Mpa) de la siguiente manera:

$$E = (S_2 - S_1) / (e_2 - 0,000050)$$

,donde: E = Módulo de elasticidad en kg/cm<sup>2</sup>.

S<sub>2</sub> = Esfuerzo correspondiente al 40%

de la carga última en kg/cm<sup>2</sup>.

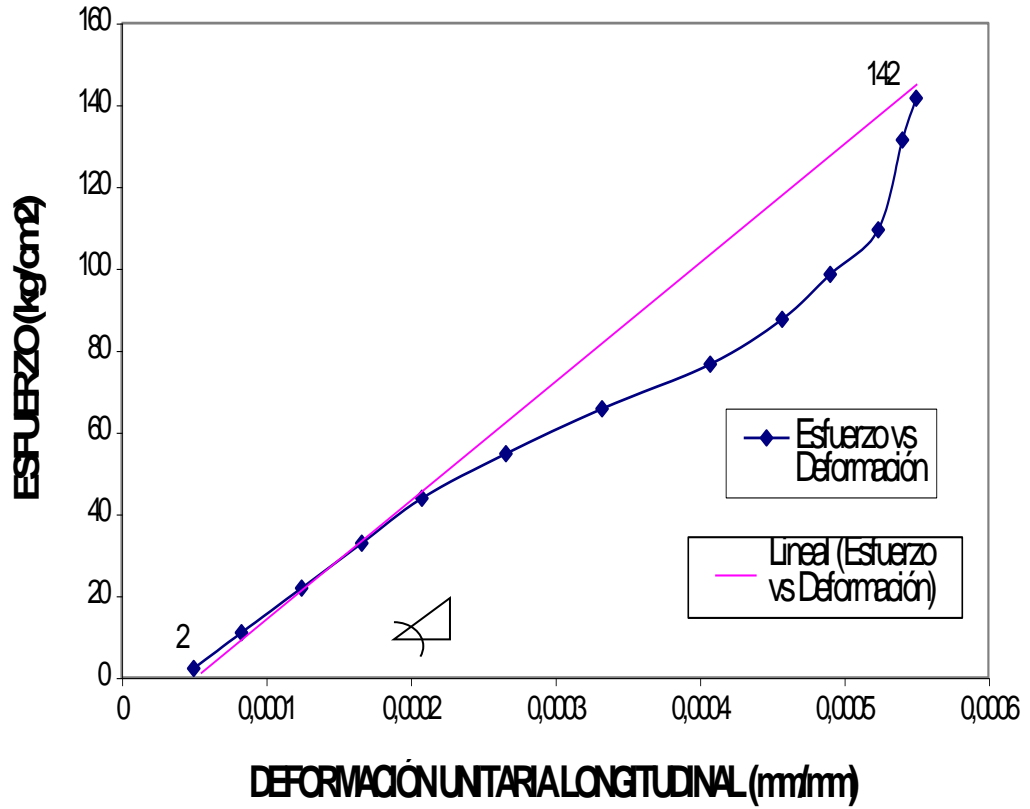
S<sub>1</sub> = Esfuerzo correspondiente a una deformación longitudinal

e<sub>1</sub> de 0,000050 mm/mm.

e<sub>2</sub> = Deformación longitudinal producida por el esfuerzo S<sub>2</sub>.

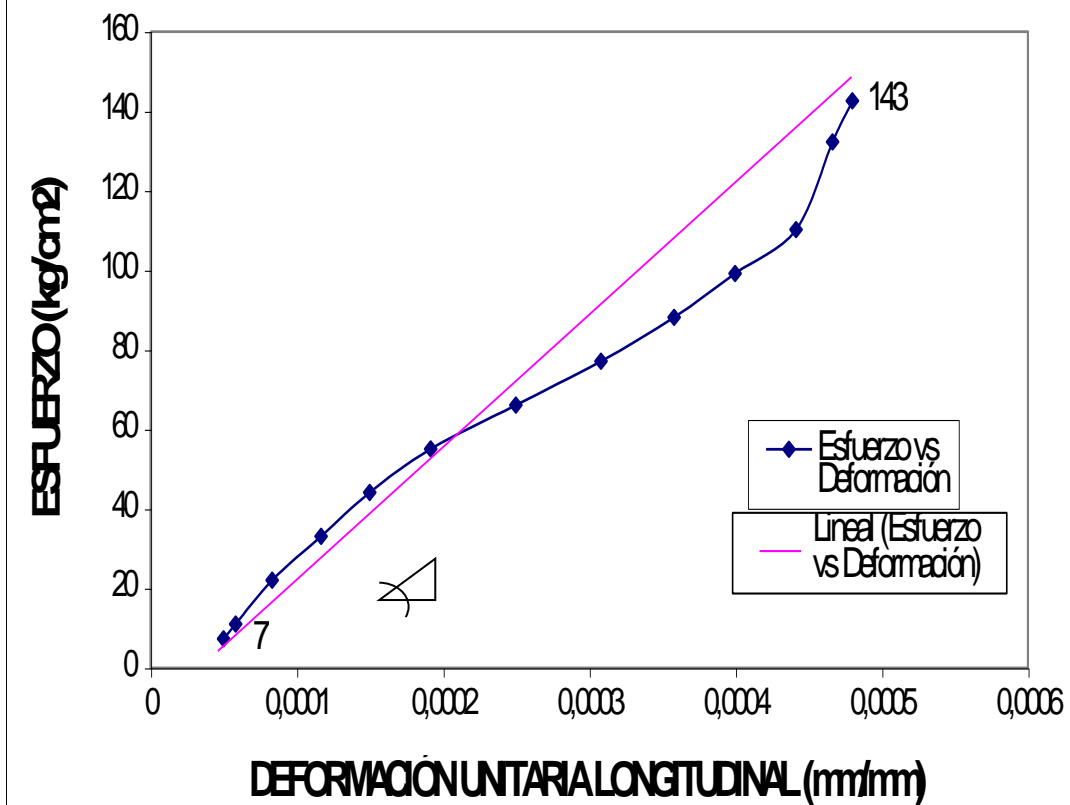


# TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PATRON Muestra N° 01





## TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PATRÓN Muestra N° 02

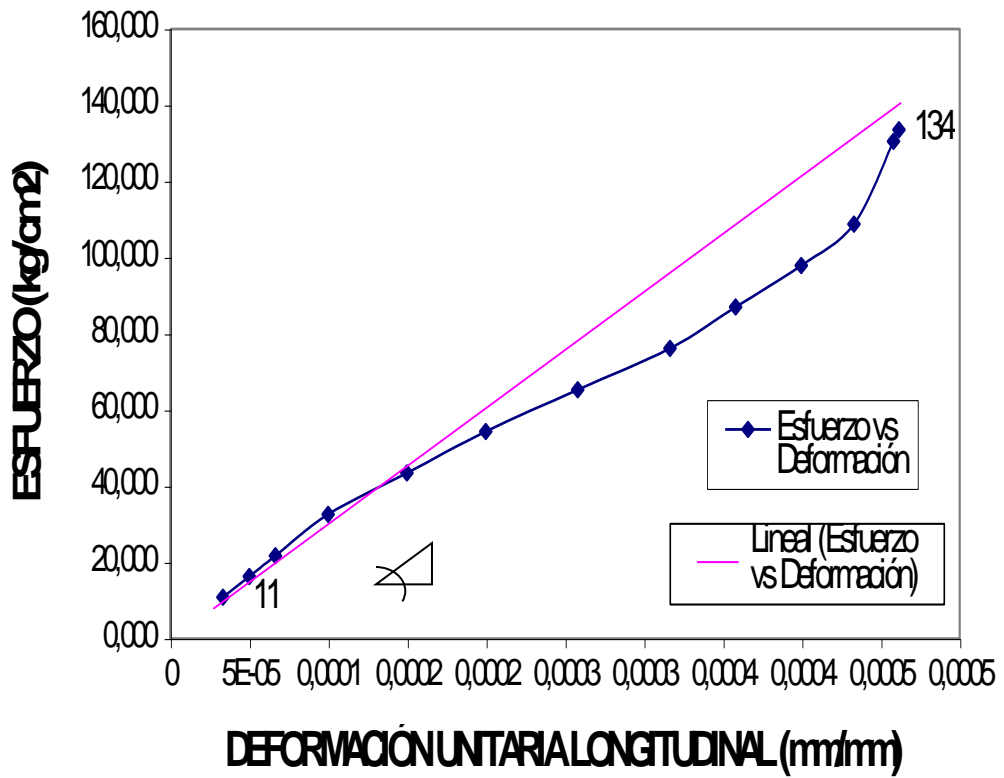


MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PATRÓN (EDAD: 28 DÍAS)						
MUESTRA N°	S1 (kg/cm²)	S2 (kg/cm²)	e1 (mm/mm)	e2 (mm/mm)	MÓDULO DE ELASTICIDAD	
					E (kg/cm²)	"E" Promedio
01	2,22	141,67	0,00005	0,00055	279 887	297 903 kg/cm²
02	7,36	142,60	0,00005	0,00048	315 919	



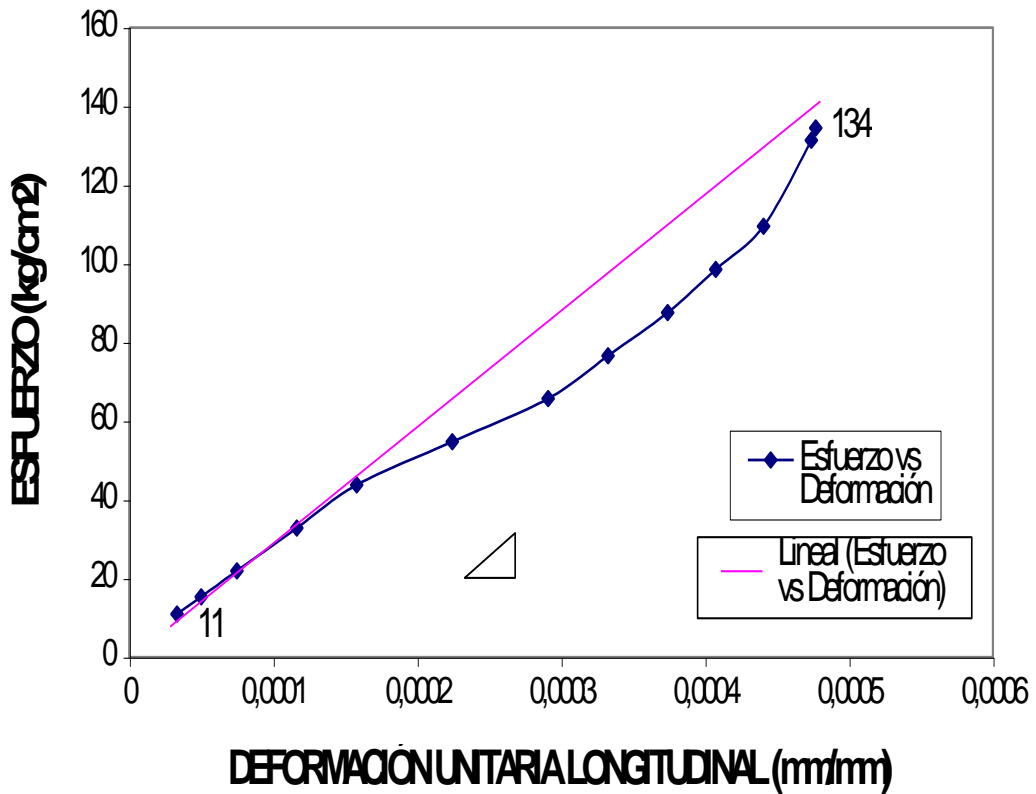


# TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (20kg/m<sup>3</sup>) Muestra N° 01





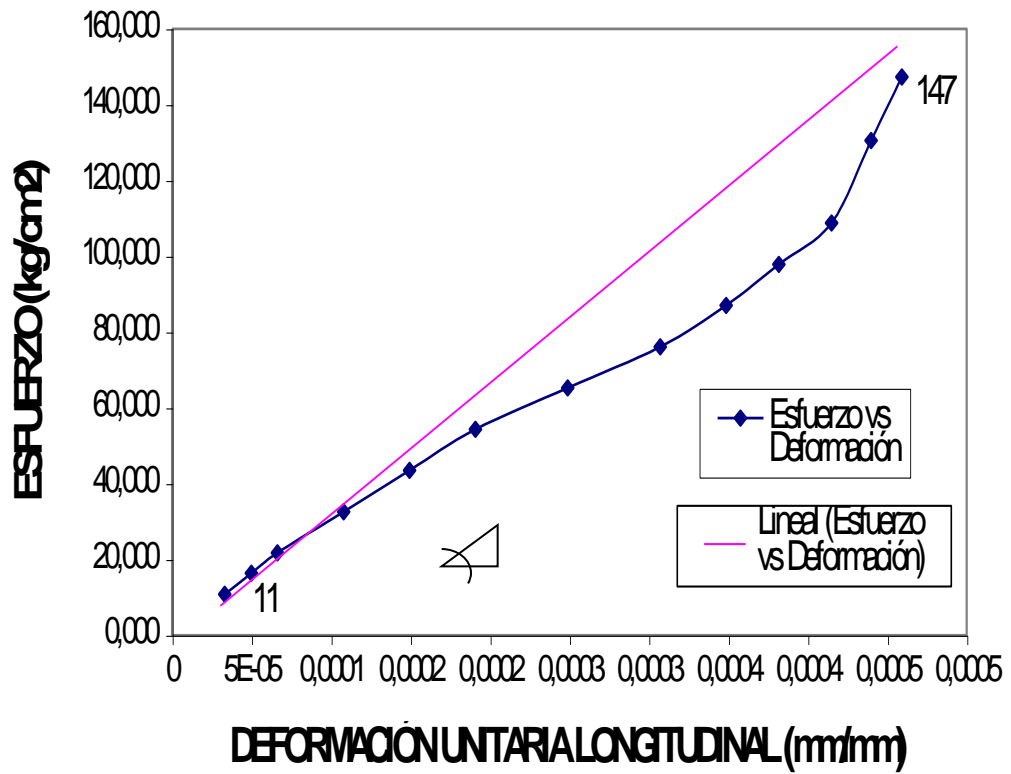
**TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL  
CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WRAND  
(20kg/m<sup>3</sup>)  
Muestra N° 02**



MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WRAND (20 kg/m <sup>3</sup> )						
MUESTRA N°	S1 (kg/cm <sup>2</sup> )	S2 (kg/cm <sup>2</sup> )	e1 (mm/mm)	e2 (mm/mm)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (28 DÍAS)	
					E (kg/cm <sup>2</sup> )	"E" Promedio
01	16,33	133,58	0,00005	0,00046	284 927	281 417 kg/cm <sup>2</sup>
02	15,36	134,46	0,00005	0,00048	277 907	

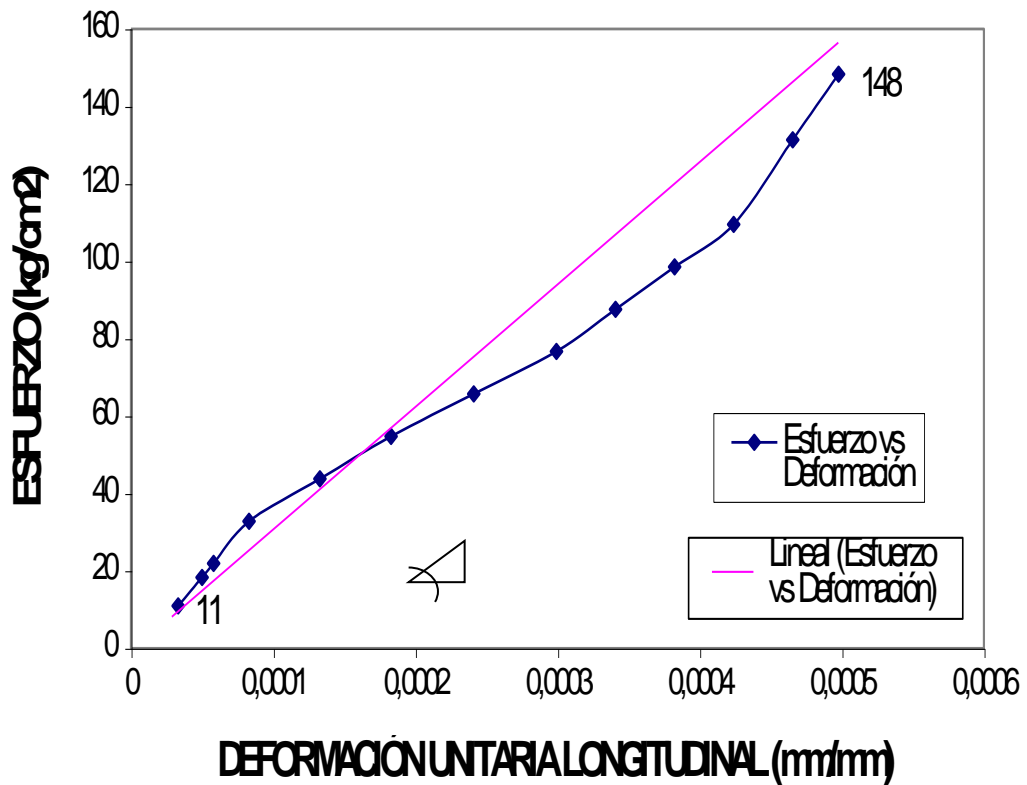


# TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (25kg/m<sup>3</sup>) Muestra N° 01





## TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (25kg/m<sup>3</sup>) Muestra N° 02

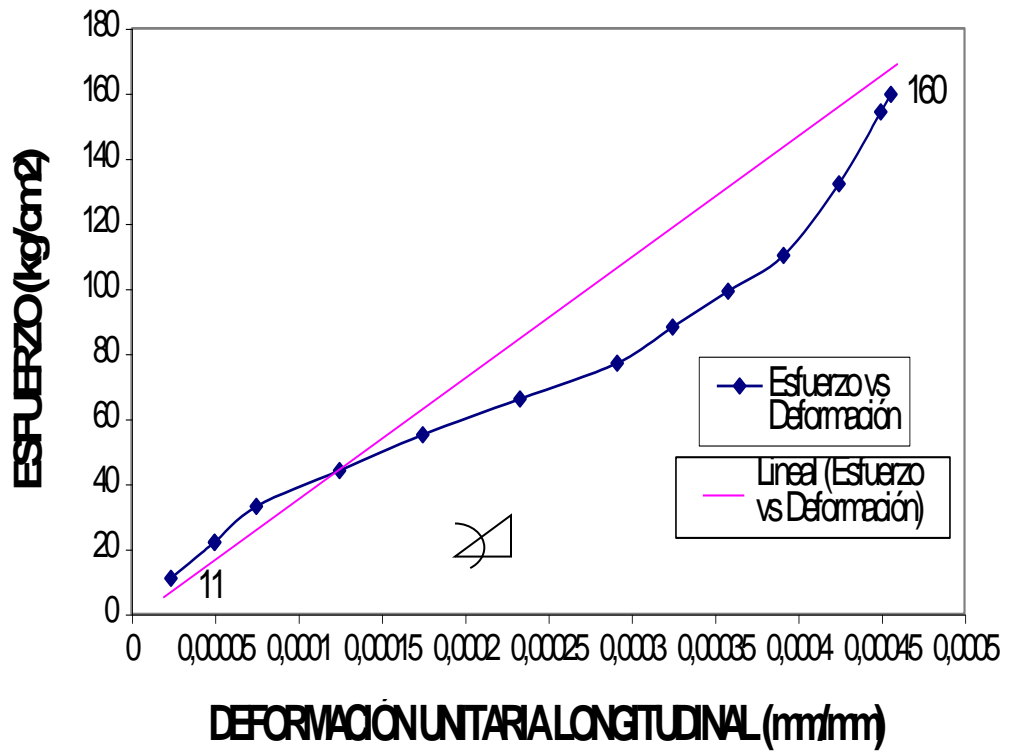


MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (25 kg/m <sup>3</sup> )						
MUESTRA N°	S1 (kg/cm <sup>2</sup> )	S2 (kg/cm <sup>2</sup> )	e1 (mm/mm)	e2 (mm/mm)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (28 DÍAS)	
					E (kg/cm <sup>2</sup> )	"E" Promedio
01	16,38	147,33	0,00005	0,00046	320 054	305 219 kg/cm <sup>2</sup>
02	18,30	148,30	0,00005	0,00050	290 385	



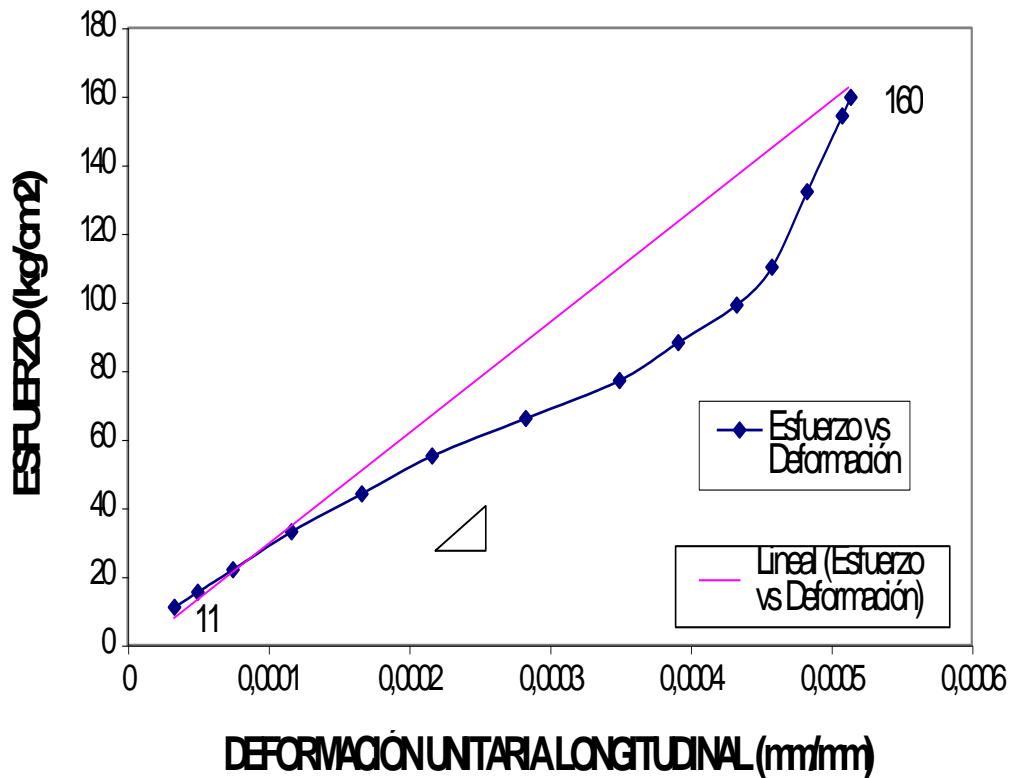


# TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (35kg/m<sup>3</sup>) Muestra N° 01



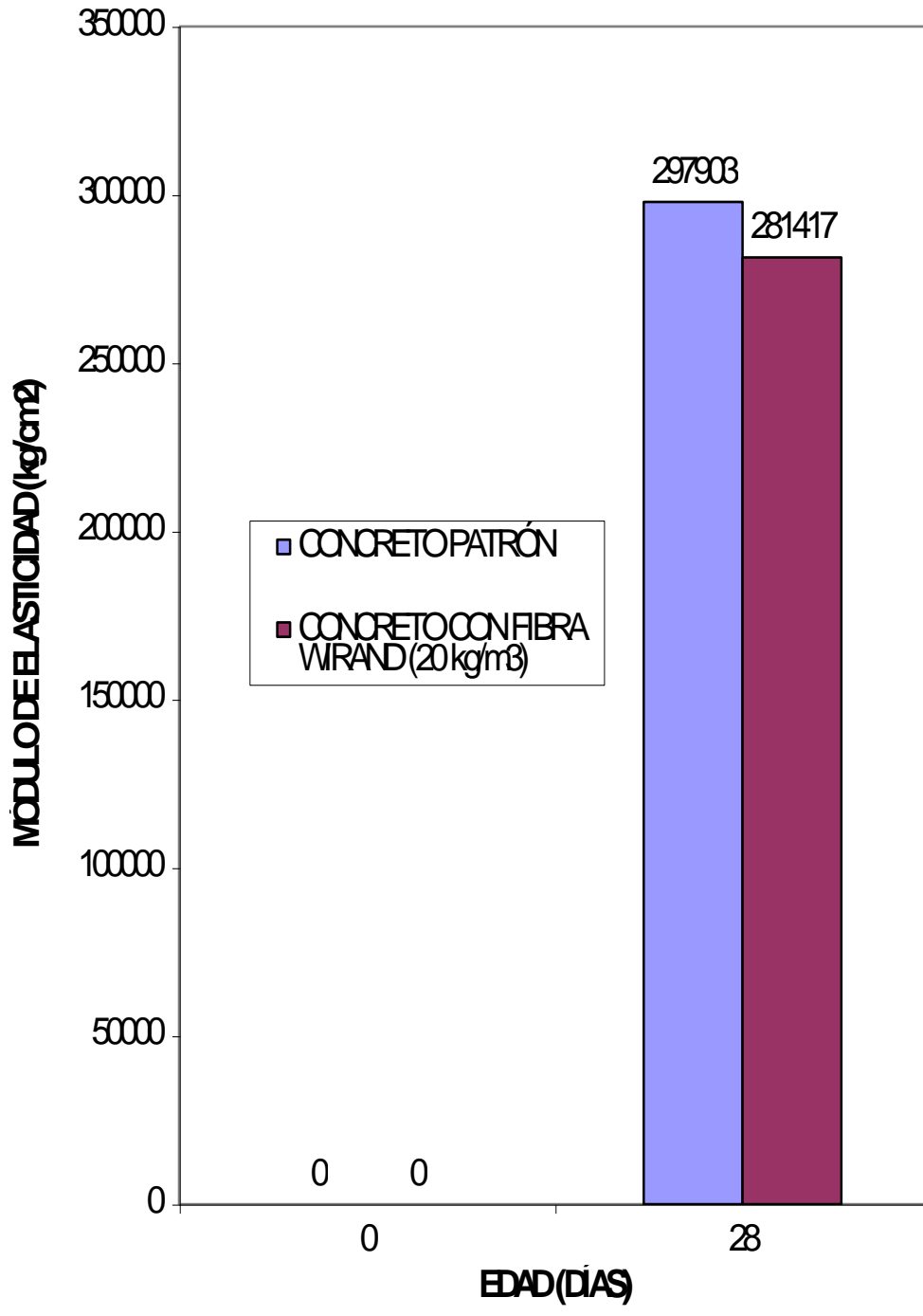


**TANGENTE DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL  
CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND  
(35kg/m<sup>3</sup>)  
Muestra N° 02**

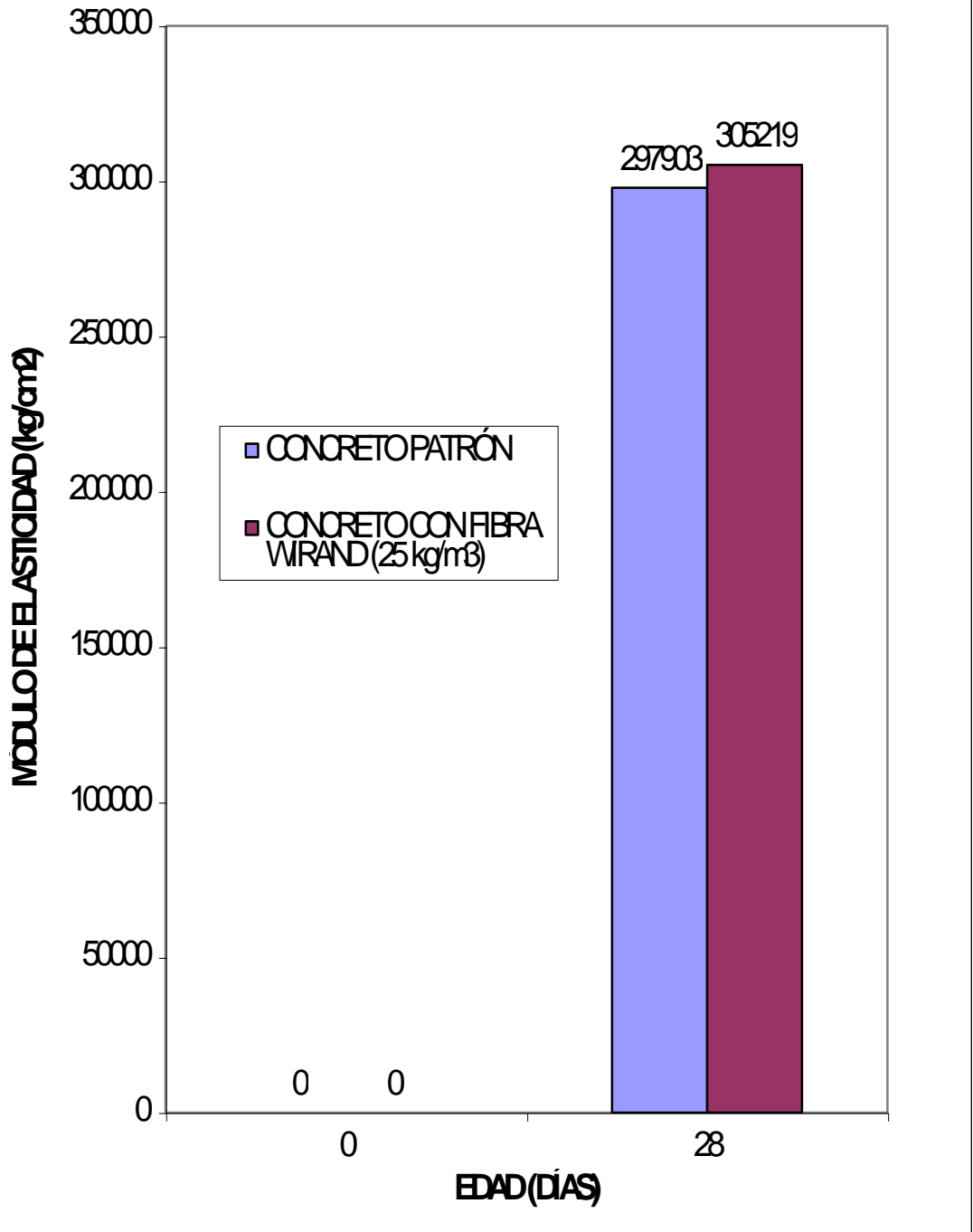


MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA WIRAND (35 kg/m <sup>3</sup> )						
MUESTRA N°	S1 (kg/cm <sup>2</sup> )	S2 (kg/cm <sup>2</sup> )	e1 (mm/mm)	e2 (mm/mm)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (28 DÍAS)	
					E (kg/cm <sup>2</sup> )	"E" Promedio
01	22,06	159,71	0,00005	0,00046	339 183	325 013 kg/cm <sup>2</sup>
02	15,44	159,71	0,00005	0,00051	310 842	

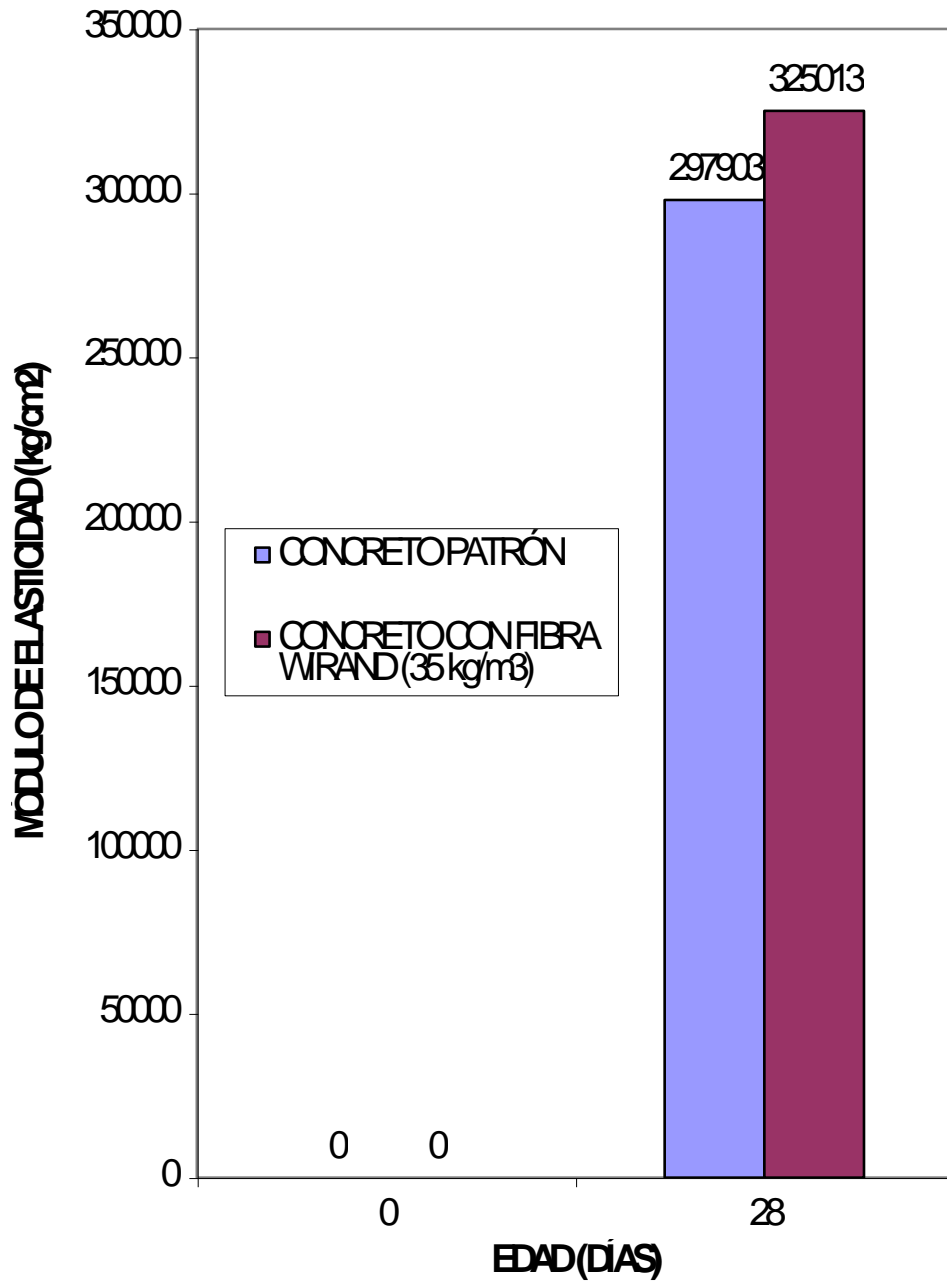
**GRÁFICO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD  
DE PROJETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )  
VS CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $20 \text{ kg/m}^3$ )**



**GRÁFICO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $25 \text{ kg/m}^3$ )**



**GRÁFICO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $35 \text{ kg/m}^3$ )**



**V.2.4 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (NTP 339.078)**

Las vigas de concreto son poco eficaces como elementos en flexión porque la resistencia a las tracciones por flexión (módulo de rotura), es una pequeña fracción de su resistencia a compresión, por consiguiente tales vigas se rompen por el lado de la tracción por cargas pequeñas mucho antes de que se haya utilizado en su totalidad la resistencia del concreto en lado de compresión.

El objeto de la presente norma describe un procedimiento de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la luz, llevándola hasta la falla. El módulo de rotura se calculará, según la grieta se localice dentro del tercio medio o en una distancia de éste no mayor del 5% de la luz libre.

Para determinarla se procede de la siguiente manera:



1. Las probetas a ensayar están normalizadas (NTP 339.045). La probeta tendrá una luz libre lo más cerca posible a tres veces su altura. Las caras laterales de la probeta formarán ángulos rectos con la superior e inferior. Las dimensiones de las probetas rectangulares usadas en el ensayo son de 15\*50 cm.
2. La probeta se voltea sobre uno de sus lados con respecto a la posición inicial de vaciado y se centra con respecto a las placas de apoyo. Las placas de aplicación de carga se ponen en contacto con la probeta y sobre los puntos extremos del tercio central de la luz libre.
3. Las medidas se tomarán con una aproximación de 1mm con el fin de determinar el ancho y la altura promedio de la probeta en la sección de falla.
4. Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calcula como sigue:

$$M_r = PL / bh^2$$

, donde:  $M_r$  = Módulo de rotura en  $\text{kg/cm}^2$ .

$P$  = Carga máxima,  $\text{kg}$ .

$L$  = Luz, en  $\text{cm}$ .

$b$  = Ancho promedio de la probeta, en  $\text{cm}$ .

$h$  = Altura promedio de la probeta, en  $\text{cm}$ .

5. Si la fractura se produce fuera del tercio medio central entonces el resultado de la prueba debe descartarse. Por otro lado, ASTM C78-84 permite la falla fuera de los puntos de carga a una distancia promedio  $a$  del apoyo más cercano, por medio de la ecuación:

$$M_r = 3Pa / bh^2$$

, donde:  $a$  = Distancia entre la línea de

falla y el apoyo más cercano.

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

## **V.2.4.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

Todas las fallas por flexión, para esta investigación, se ubican dentro del tercio medio de la luz de su respectiva probeta prismática ensayada.



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PATRÓN**

**( $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ )**

Norma: NTP 339.078

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

EDAD: 28 DÍAS						
PROBETA Nº	BASE (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	CARGA P (kg)	RESISTENCIA M (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (M)
1	15,7	15,5	41,0	4179	50	48 kg/cm <sup>2</sup>
2	15,8	15,6	38,0	3874	45	



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ( $f'_c = 280$**

**kg/cm<sup>2</sup>) REFORZADO CON FIBRA WIRAND (20 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.078

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

EDAD: 28 DÍAS						
PROBETA Nº	BASE (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (kN)	CARGA P (kg)	RESISTENCIA M <sub>t</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (M <sub>t</sub> )
1	15,3	15,2	45,0	4587	58	55 kg/cm <sup>2</sup>
2	15,5	15,3	41,0	4179	52	



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ( $f'_c = 280$**

**kg/cm<sup>2</sup>) REFORZADO CON FIBRA WIRAND (25 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.078

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

EDAD: 28 DÍAS						
PROBETA Nº	BASE (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	CARGA P (kg)	RESISTENCIA M <sub>t</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (M <sub>t</sub> )
1	15,3	15,5	45	4587	56	60 kg/cm <sup>2</sup>
2	15,5	15,4	51	5199	64	



FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ( $f'_c = 280$**

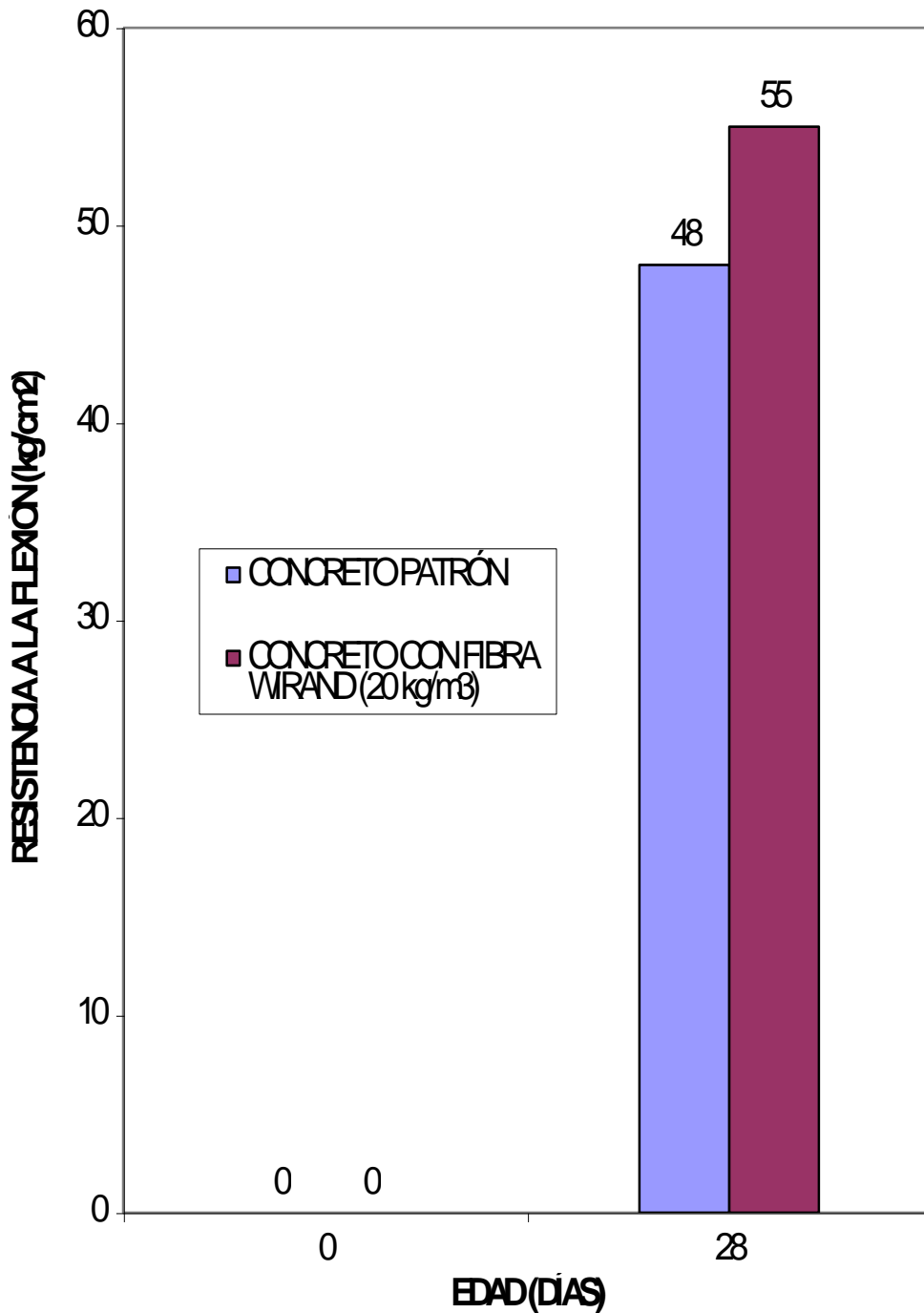
**kg/cm<sup>2</sup>) REFORZADO CON FIBRA WIRAND (35 kg/m<sup>3</sup>)**

Norma: NTP 339.078

Hecho por: Jimmy Renso Guevara Huarcaya

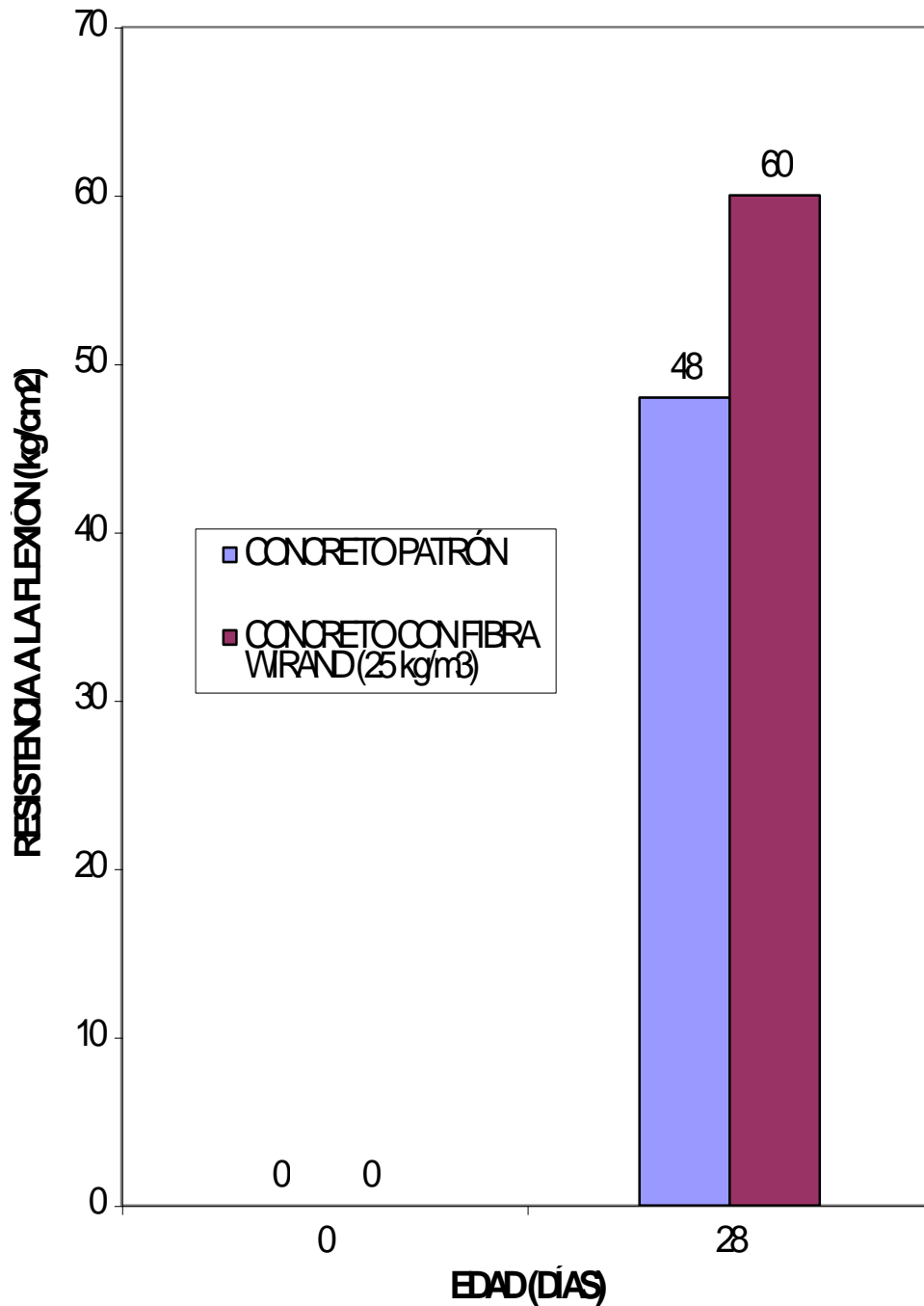
EDAD: 28 DÍAS						
PROBETA N°	BASE (cm)	ALTURA (cm)	CARGA (KN)	CARGA P(kg)	RESISTENCIA Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE LA RESISTENCIA (Mr)
1	15,5	15,4	57	5810	71	69 kg/cm <sup>2</sup>
2	15,5	15,2	52	5301	67	

**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN  
DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )  
VS CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $20 \text{ kg/m}^3$ )**

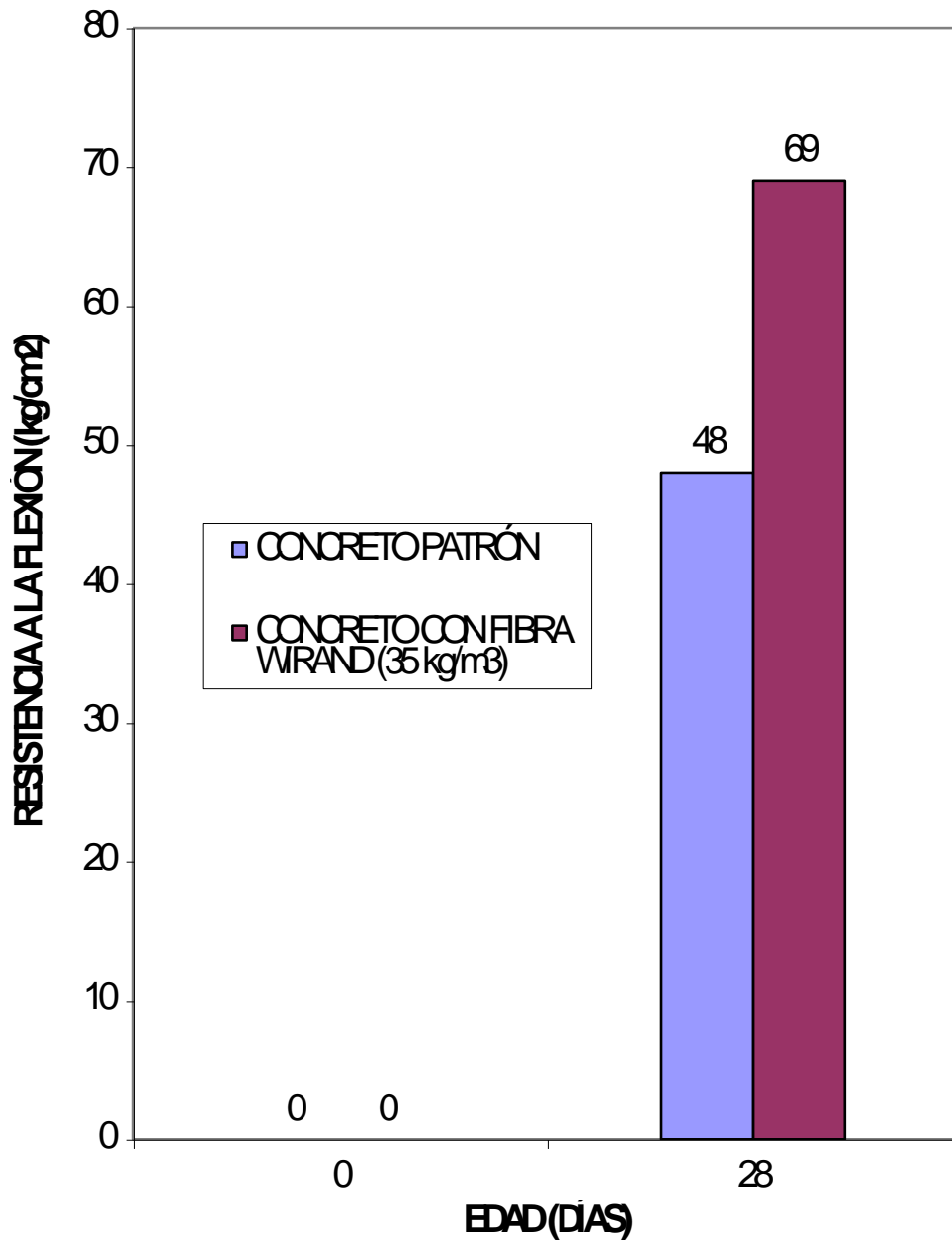




**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN  
DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ )  
VS CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $25 \text{ kg/m}^3$ )**



**GRÁFICO COMPARATIVO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO PATRÓN ( $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) VS CONCRETO CON FIBRA WIRAND ( $35 \text{ kg/m}^3$ )**



## **CAPÍTULO VI**

# **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **VI.1 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS**

### **VI.1.1 CEMENTO**

El cemento empleado fue el CEMENTO PUZOLÁNICO ATLAS TIPO IP, el cual cumplió con todas las especificaciones dadas por el fabricante, ya que no presentó ninguna alteración o efecto negativo durante los ensayos de concreto fresco.

### **VI.1.2 AGREGADO FINO**

La arena es procedente de la Cantera Jicamarca en Huachipa, presentó un módulo de fineza de 2,97 ubicándose en el extremo mayor del rango especificado por la ASTM que es de 2,3 a 3,1,

demostrando así que el material es favorable para concretos de alta resistencia. En cuanto a las características físicas como granulometría, peso específico, peso unitario, y absorción se encuentran dentro de las especificaciones respectivas.

### **VI.1.3 AGREGADO GRUESO**

La piedra procedente de la Cantera Jicamarca presentó una granulometría lo más cercano a la Serie N°5 dentro de los Límites del ASTM C33, con un Tamaño Máximo de 1½” y un Tamaño Máximo Nominal de 1”. Las series granulométricas del agregado grueso normalizadas por el ASTM, no constituyen curvas rigurosas, sino que definen rangos granulométricos con límites amplios. En cuanto a las características físicas como módulo de fineza, peso específico, peso unitario, y absorción se encuentran dentro de las especificaciones respectivas.

#### **VI.1.4 AGUA**

Para la tesis se empleó agua potable para el curado y mezclado de las muestras para no causar efecto alguno en la calidad y en las propiedades de la mezcla.

#### **VI.1.5 FIBRAS**

La fibra empleada para la preparación del concreto es la FIBRA DE ACERO WIRAND FF1, con una longitud de 50mm, diámetro 1mm y una relación de aspecto de 50. Esta fibra presenta dobleces en sus extremos, para mejorar la adherencia y anclaje.

### **VI.2 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO**

## VI.2.1 ASENTAMIENTO

Siempre se buscó para todos los ensayos un Asentamiento constante de 3" para conseguir una Consistencia Plástica (3" a 4") del concreto fresco y para que sea aplicable a Pavimentos como tipo de construcción (1" a 3"), siendo el asentamiento de 3" la única que cumple con ambas condiciones, por tal motivo se tuvo que corregir el agua de mezclado obtenida por la tabla de diseño, para el concreto patrón, y para el concreto con las diferentes dosificaciones de fibra wirand ya que éstas provocan reducir el asentamiento. Siendo el agua de mezclado corregida para el diseño de mezcla, la siguiente: para concreto patrón, 225 L/m<sup>3</sup>; concreto con dosificación de Fibra Wirand de 20kg/m<sup>3</sup>, 231 L/m<sup>3</sup>; concreto con dosificación de Fibra Wirand de 25kg/m<sup>3</sup>, 231 L/m<sup>3</sup>; y concreto con dosificación de Fibra Wirand de 35kg/m<sup>3</sup>, 237 L/m<sup>3</sup>.

## **VI.2.2 PESO UNITARIO**

El peso unitario del concreto va en aumento continuo desde el concreto patrón hasta el concreto reforzado con fibra de acero wirand con dosificaciones en el orden de 20, 25 y 35 kg/m<sup>3</sup>, siendo los pesos unitarios como sigue: 2383 kg/m<sup>3</sup>, 2392 kg/m<sup>3</sup>, 2406 kg/m<sup>3</sup>, y 2415 kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

## **VI.2.3 CONTENIDO DE AIRE**

El contenido de aire del concreto patrón y del concreto reforzado con fibra de acero wirand con dosificaciones de 20 kg/m<sup>3</sup> y 25 kg/m<sup>3</sup> se mantiene constante con 1,3%, mientras que el concreto reforzado



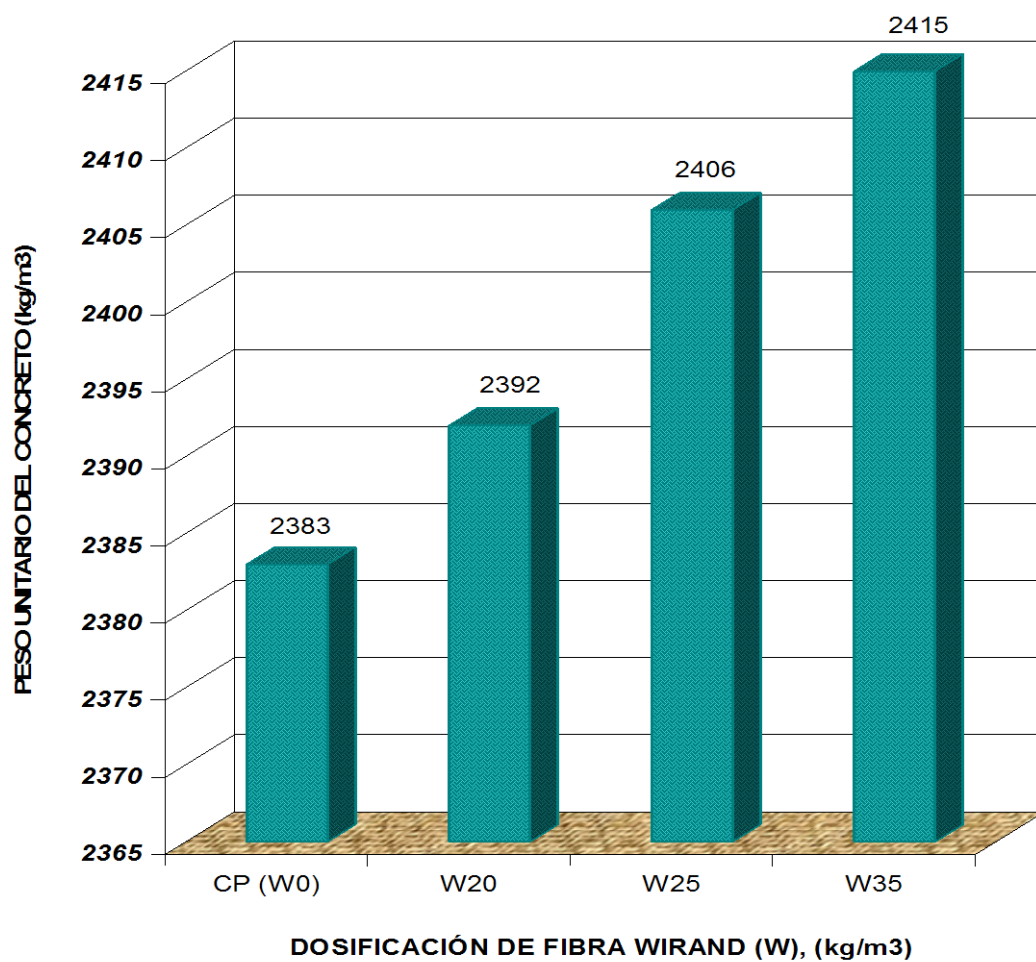
con fibra de acero wirand con dosificación de 35 kg/m<sup>3</sup> disminuye a 1,2%.

#### **VI.2.4 EXUDACIÓN**

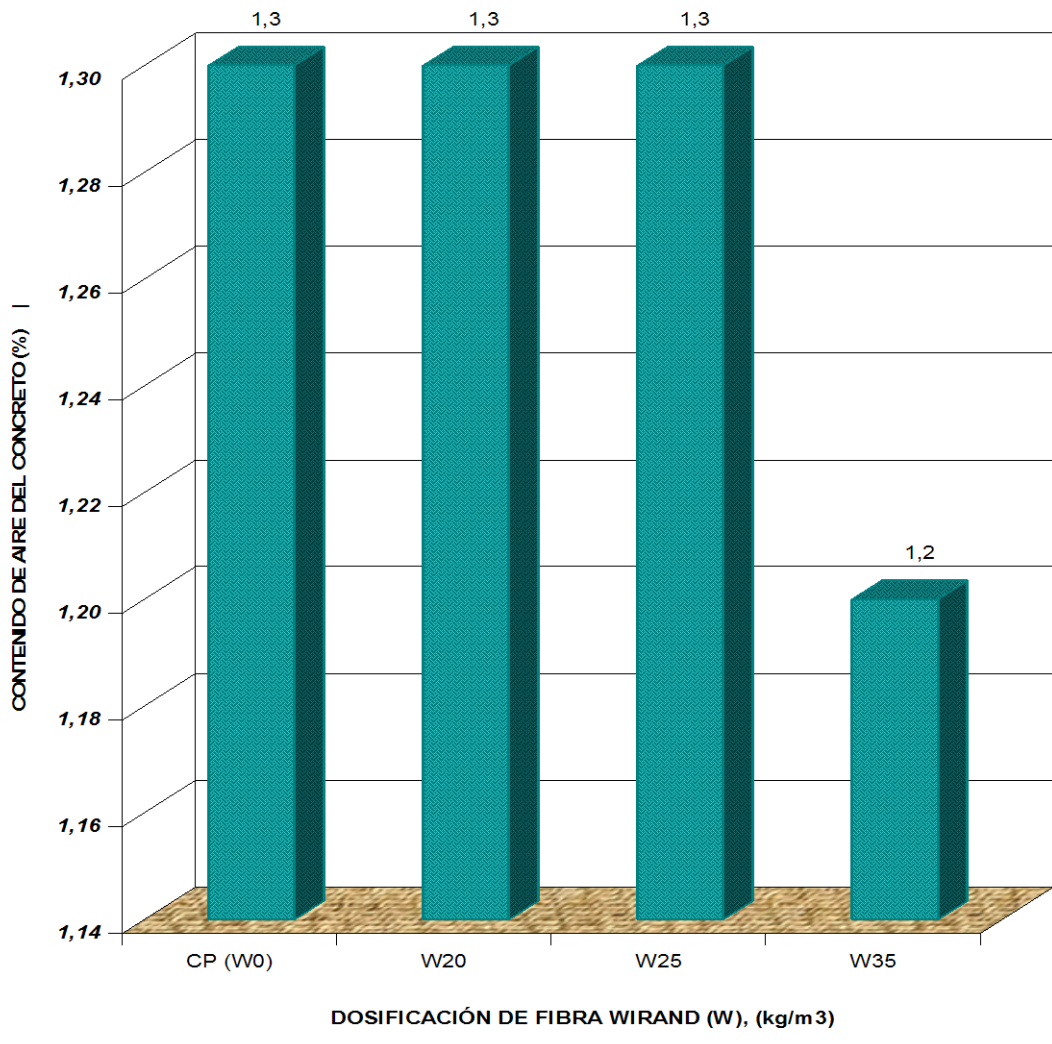
La exudación del concreto va en disminución gradualmente ligera desde el concreto patrón hasta el concreto reforzado con fibra de acero wirand con dosificaciones en el orden de 20, 25 y 35 kg/m<sup>3</sup>, siendo las exudaciones como sigue: 0,82%, 0,76%, 0,74%,y 0,70% respectivamente. Los porcentajes de exudación son muy parecidos entre sí, debido a que el asentamiento del concreto patrón y del concreto reforzado con las diferentes dosificaciones de fibra wirand se mantiene constante con 3", con lo cual se puede observar aproximadamente la misma masa cohesiva.

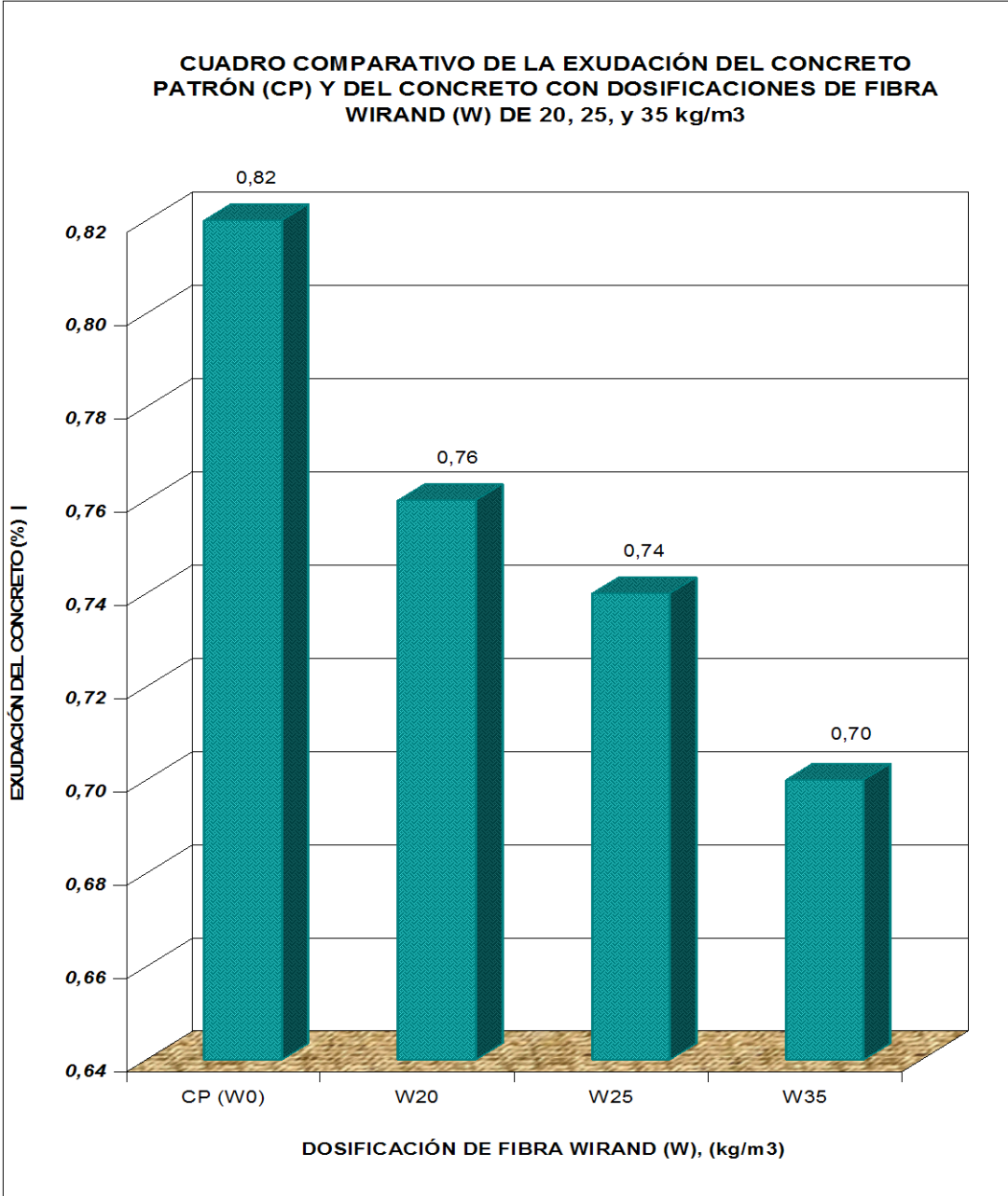


**CUADRO COMPARATIVO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO PATRÓN (CP) Y DEL CONCRETO CON DOSIFICACIONES DE FIBRA WIRAND (W) DE 20, 25, y 35 kg/m<sup>3</sup>**



**CUADRO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO PATRÓN (CP) Y DEL CONCRETO CON DOSIFICACIONES DE FIBRA WIRAND (W) DE 20, 25, y 35 kg/m<sup>3</sup>**





**VI.3 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE CONCRETO**

## ENDURECIDO

### VI.3.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Elaborada con probetas cilíndricas de 6" x 12", las que se procedieron a desencofrar y colocar en las pozas de curado que fueron previamente acondicionadas. A continuación se presenta un cuadro con los valores promedio de las diferentes muestras tomadas, seguido de las correspondientes deducciones:

PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )			
CONCRETO	EDAD (DÍAS)		
	7	14	28
CONCRETO PATRON	259	335	373
CONCRETO CON WIRAND 20 KG	237	325	352
CONCRETO CON WIRAND 25 KG	291	355	385
CONCRETO CON WIRAND 35 KG	295	380	410

- A los 7 días la mayor resistencia a la compresión corresponde al concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 35

kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 295 kg/cm<sup>2</sup>, seguido muy de cerca por el concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 25 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 291 kg/cm<sup>2</sup>.

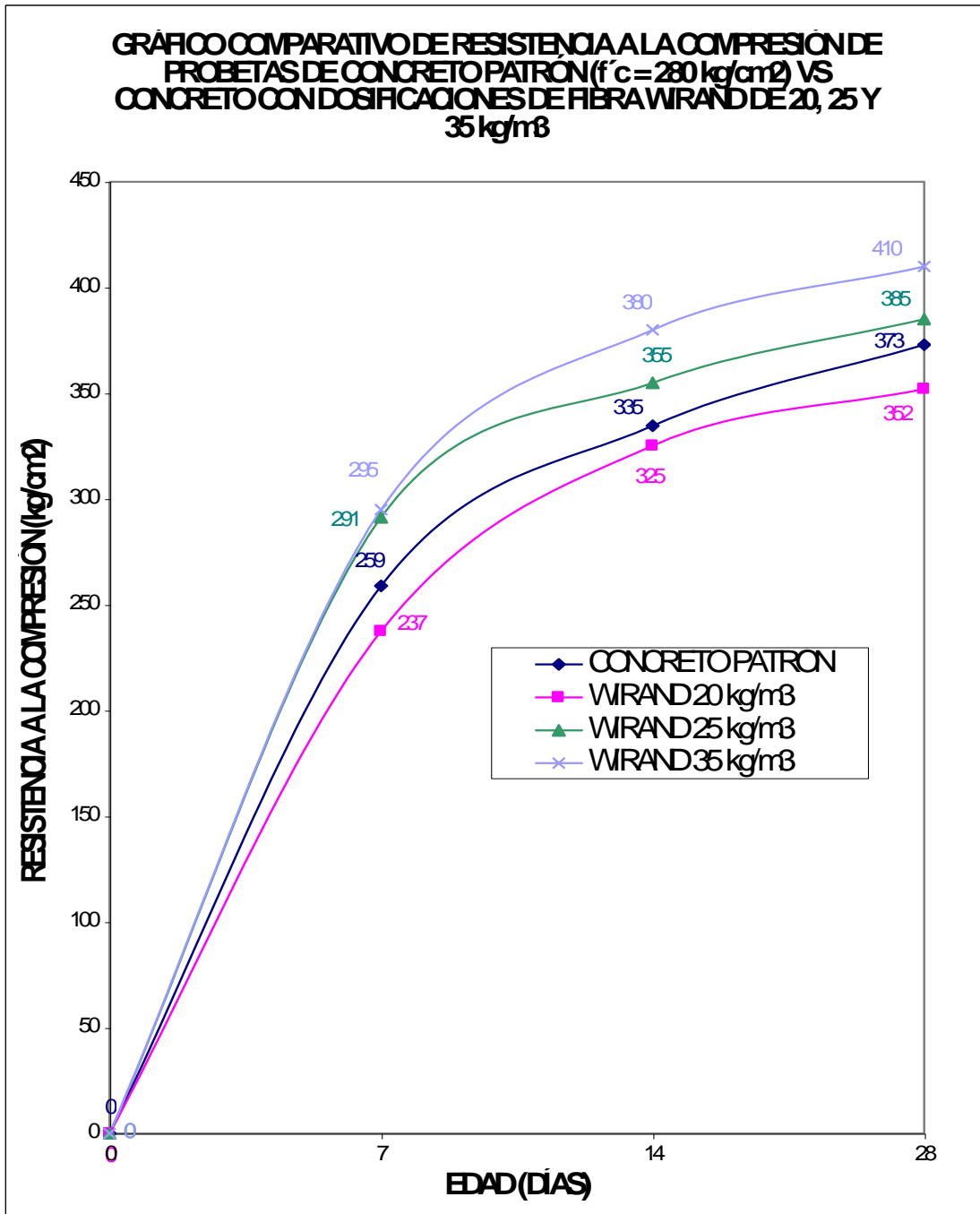
- A los 14 días la mayor resistencia a la compresión corresponde al concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 35 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 380 kg/cm<sup>2</sup>, seguido muy de cerca por el concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 25 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 355 kg/cm<sup>2</sup>.
- A los 28 días la mayor resistencia a la compresión corresponde al concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 35 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 410 kg/cm<sup>2</sup>, seguido muy de cerca por el concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 25 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 385 kg/cm<sup>2</sup>.

En el siguiente cuadro se muestra el desarrollo progresivo de la resistencia a la compresión en porcentaje, seguido de las correspondientes indicaciones:

PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (%)			
CONCRETO	EDAD (DÍAS)		
	7	14	28
CONCRETO SIMPLE	92	120	133
CONCRETO CON WIRAND 20 KG	85	116	126
CONCRETO CON WIRAND 25 KG	104	127	138
CONCRETO CON WIRAND 35 KG	105	136	146

- Se está cumpliendo con la norma, ya que a los 7 días todos los especímenes llegan con holgura al 70% de la resistencia a la compresión.
- A partir de los 14 días todas las resistencias de todos los tipos de concreto ya superan el 100% ( $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) de la resistencia a la compresión. A los 28 días se supera con mayor holgura el 100% de la resistencia a la compresión.
- Se puede apreciar que de los 14 días a los 28 días el aumento a variado desde un 33% a un 41% como máximo.





**VI.3.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN  
DIAMETRAL**

Elaborada con probetas cilíndricas de 6" x 12", las que se procedieron a desencofrar y colocar en las pozas de curado que fueron previamente acondicionadas. A continuación se presenta un cuadro con los valores promedio de las diferentes muestras tomadas, seguido de las correspondientes deducciones:

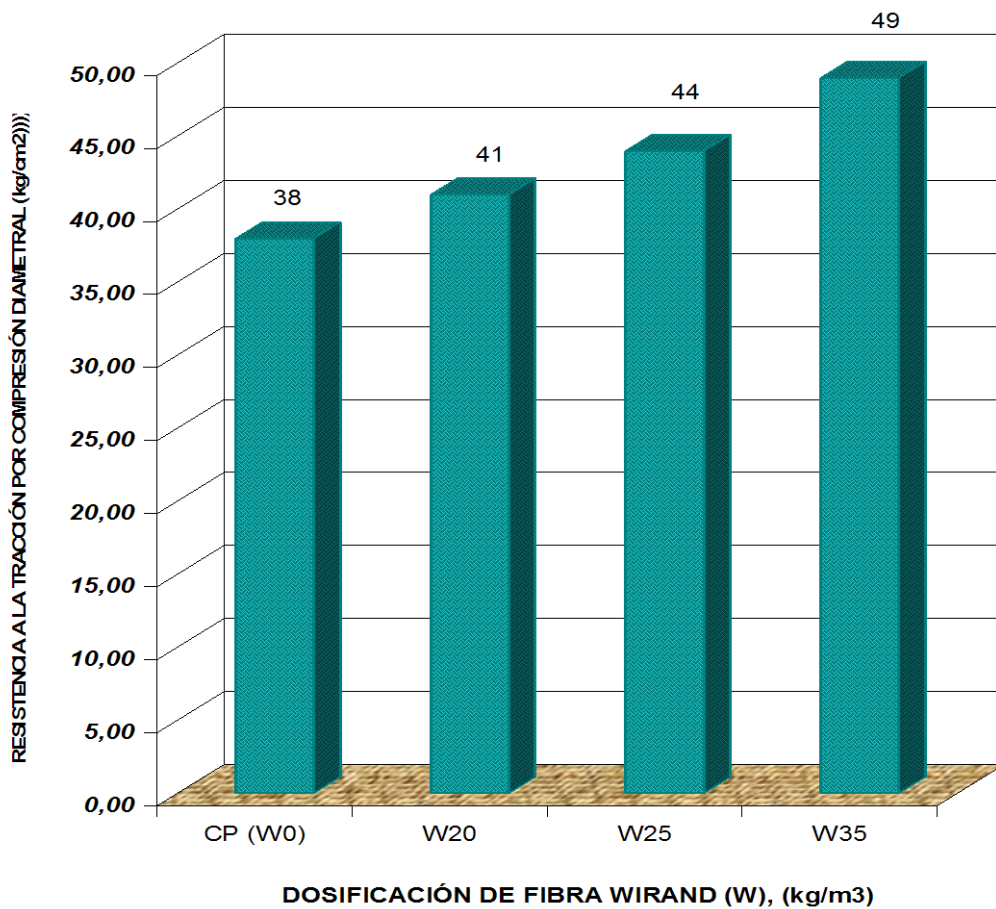
<b>PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN            POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>CONCRETO</b>	<b>EDAD: 28            DÍAS</b>
CONCRETO PATRON	38
CONCRETO CON WIRAND 20 KG	41
CONCRETO CON WIRAND 25 KG	44
CONCRETO CON WIRAND 35 KG	49

- Todos los ensayos a la Tracción por Compresión Diametral fueron hechas a los 28 días, obteniendo su mayor resistencia con el concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 35 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 49 kg/cm<sup>2</sup>, seguido muy de cerca por el concreto reforzado con Fibra Wirand con la

dosificación de 25 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 44 kg/cm<sup>2</sup>.

- La resistencia a la tracción del concreto es relativamente baja, siendo una buena aproximación de  $0,10 \times f'c$  a  $0,20 \times f'c$ , es decir para este caso ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) entre 28 kg/cm<sup>2</sup> y 56 kg/cm<sup>2</sup>. Todas las resistencias obtenidas a la Tracción por Compresión Diametral se encuentran en dicho rango, siendo la mayor de 49 kg/cm<sup>2</sup>, obtenida por el concreto reforzado con Fibra Wirand con dosificación de 35 kg/m<sup>3</sup>.

**CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO PATRÓN (CP) Y DEL CONCRETO CON DOSIFICACIONES DE FIBRA WIRAND (W) DE 20, 25, y 35 kg/m<sup>3</sup>**



### VI.3.3 MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICA

Elaborada con probetas cilíndricas de 6" x 12", las que se procedieron a desencofrar y colocar en las pozas de curado que fueron previamente acondicionadas. Para el presente ensayo se usaron 3 probetas obtenidas con la misma tanda y curadas por 28 días, con la 1ra probeta se obtuvo la máxima carga por compresión para poder ensayar con las otras dos probetas el Módulo de Elasticidad. A continuación se presenta un cuadro con los valores promedio de las diferentes muestras tomadas, seguido de las correspondientes deducciones:

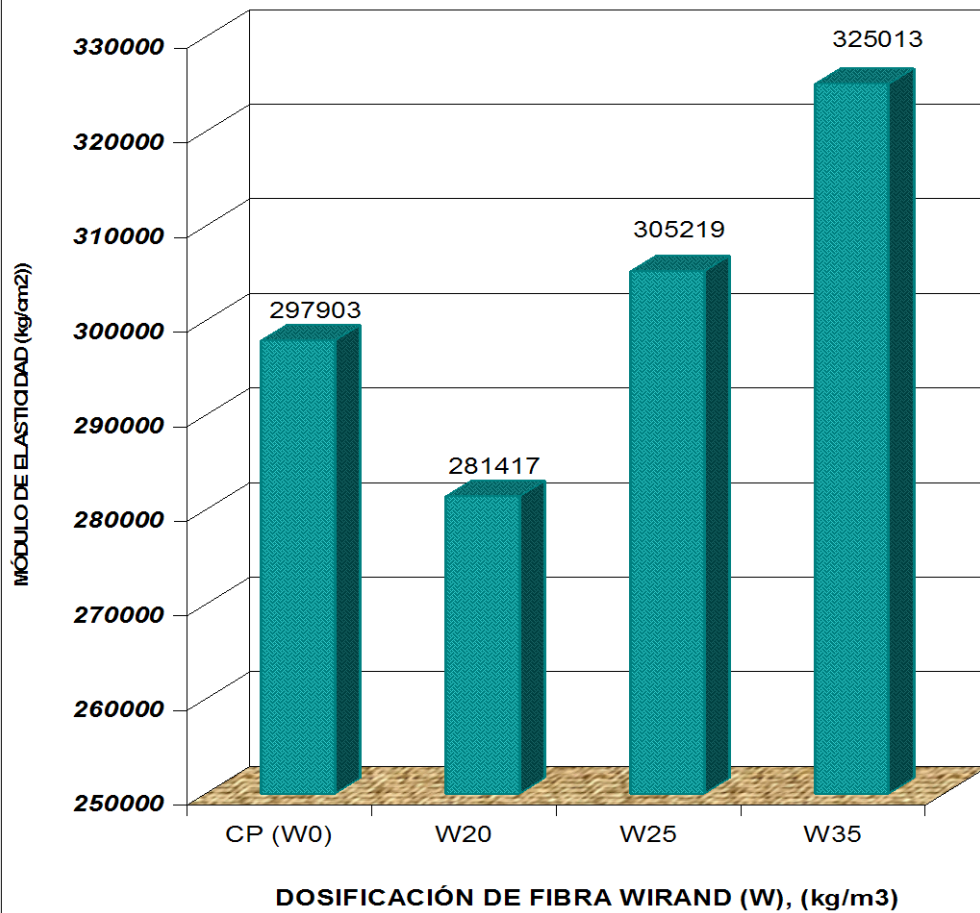
<b>PROMEDIO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>CONCRETO</b>	<b>EDAD: 28 DÍAS</b>
CONCRETO SIMPLE	297 903
CONCRETO CON WIRAND 20 KG	281 417
CONCRETO CON WIRAND 25 KG	305 219
CONCRETO CON WIRAND 35 KG	325 013

- Todos los ensayos del Módulo de Elasticidad fueron hechas a los 28 días, obteniendo su mayor resistencia con el concreto

reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de  $35 \text{ kg/m}^3$ , alcanzando un Módulo de Elasticidad de  $325\,013 \text{ kg/cm}^2$ , seguido muy de cerca por el concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de  $25 \text{ kg/m}^3$ , alcanzando un Módulo de Elasticidad de  $305\,219 \text{ kg/cm}^2$ .

- Los Módulos de Elasticidad normales oscilan entre  $250\,000$  a  $350\,000 \text{ kg/cm}^2$ , estando los promedios del Módulo de Elasticidad, obtenidos en los ensayos, dentro del rango.

**CUADRO COMPARATIVO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO PATRÓN (CP) Y DEL CONCRETO CON DOSIFICACIONES DE FIBRA WIRAND (W) DE 20, 25, y 35 kg/m<sup>3</sup>**



### VI.3.4 RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Elaborada con vigas de concreto de 6" x 6" de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor, normalizadas por la NTP 339.045, las que se procedieron a desencofrar y colocar en las pozas de curado que fueron previamente acondicionadas. Para el presente ensayo se usaron 2 probetas obtenidas con la misma tanda y curadas por 28 días. A continuación se presenta un cuadro con los valores promedio de las diferentes muestras tomadas, seguido de las correspondientes deducciones:

<b>PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
<b>CONCRETO</b>	<b>EDAD: 28 DÍAS</b>
CONCRETO PATRON	48
CONCRETO CON WIRAND 20 KG	55
CONCRETO CON WIRAND 25 KG	60
CONCRETO CON WIRAND 35 KG	69

- Todos los ensayos de la Resistencia a la Flexión fueron hechas a los 28 días, obteniendo su mayor resistencia con el concreto

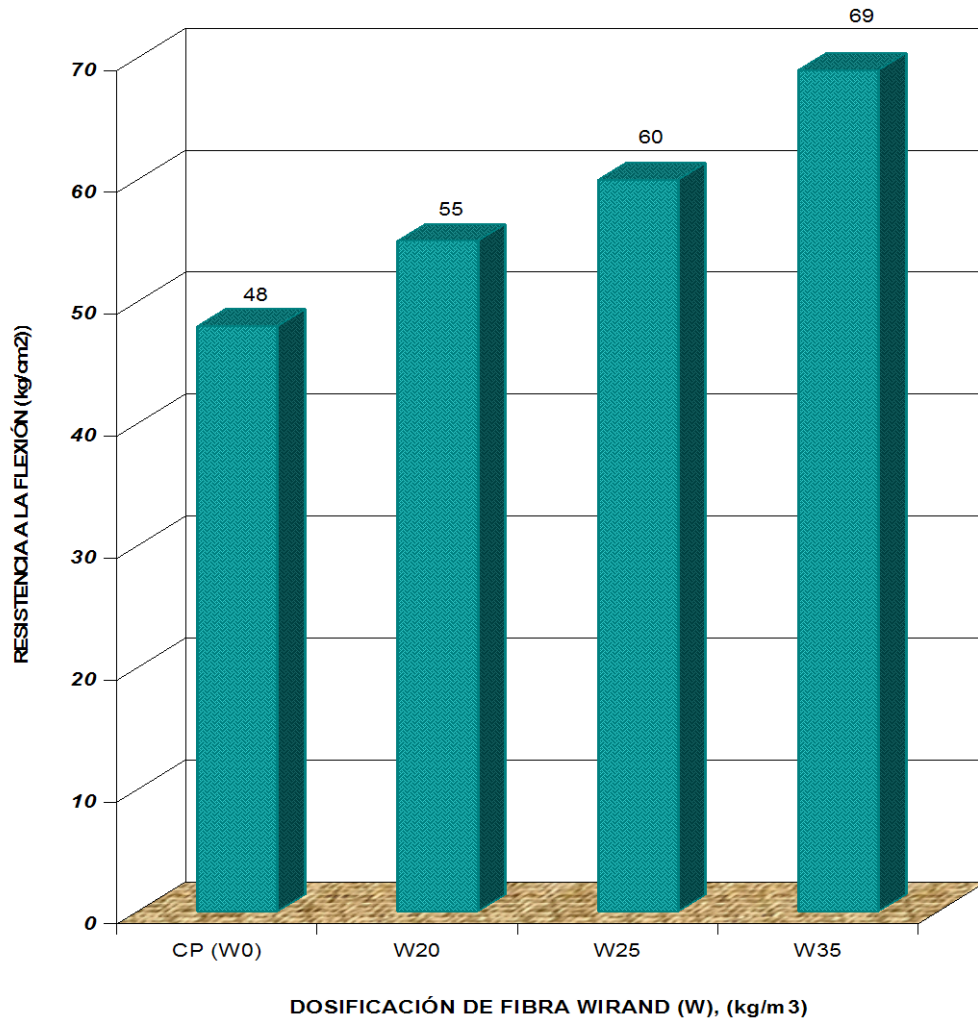


reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 35 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 69 kg/cm<sup>2</sup>, seguido muy de cerca por el concreto reforzado con Fibra Wirand con la dosificación de 25 kg/m<sup>3</sup>, alcanzando una resistencia de 60 kg/cm<sup>2</sup>.

- Todas las fallas como resultado de los ensayos de la Resistencia a la Flexión ocurrieron dentro del tercio medio de la luz; por lo tanto el Módulo de Rotura se calculó como sigue:

$$M_r = PL / bh^2$$

**CUADRO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PATRÓN (CP) Y DEL CONCRETO CON DOSIFICACIONES DE FIBRA WIRAND (W) DE 20, 25, y 35 kg/m<sup>3</sup>**



#### **VI.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- La inclusión de las fibras de acero wirand en el concreto hace que éste disminuya su trabajabilidad y aumente su consistencia, lo cual significa que el slump disminuye. En general la trabajabilidad de la mezcla disminuye con el incremento del factor de forma de la fibra wirand empleada. Si no se quiere que esto suceda es recomendable la utilización de un aditivo plastificante o fluidificante para el control del Slump sin modificar la relación agua / cemento; y si no se cuenta con esta clase de aditivos, entonces se debe de corregir el agua de mezclado obtenida de la tabla de diseño, para así mantener el asentamiento deseado, siendo este último el empleado para la presente tesis.
- Con respecto a sus características geométricas, a menor diámetro con la misma longitud obtengo mayor número de fibras, asimismo, a mayor diámetro desarrolla mejor tenacidad y ductilidad.
- Las fibras de acero wirand nunca deben añadirse como primera componente en la mezcla de concreto, deberán ser añadidas al

final de todos los componentes. Se deberá hacer un mezclado de 1 a 1,5 minutos para su completa incorporación verificando que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en la masa de concreto.

- La fibra de acero Wirand a usar para esta investigación es del tipo FF1, cuyo uso se da como refuerzo del concreto principalmente en pisos y pavimentos, obteniendo un elevado número de fibra por kg, distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo, garantizando un control eficaz de la fisuración.
- Las fibras de acero wirand pueden sustituir al acero de refuerzo convencional (malla y/o varilla) siempre y cuando el refuerzo sea por temperatura. Además, ayuda pero no sustituye al refuerzo de la resistencia a la flexión.
- Las fibras Wirand vienen en cajas de 20 kilos facilitando su transporte y su maniobra. No se invierte tiempo en la colocación de mallas electrosoldadas, se reducen los tiempos de ejecución y eliminan el problema de su ubicación adecuada generando ahorros en mano de obra y tiempo de instalación.

- Se recomienda proteger las fibras contra la lluvia y el medio ambiente, ya que pueden causar oxidación en las fibras e influir en sus propiedades.
- La utilización apropiada del concreto reforzado con fibras de acero depende en gran parte de la habilidad del ingeniero para aprovechar las características mejoradas del concreto bajo una carga dada para una aplicación determinada y la eficiencia del menor costo de la adición de fibras.
- Los extremos de las fibras de acero Wirand llevan dobleces que proporciona un anclaje óptimo en el concreto, transformando la naturaleza del concreto patrón, de quebradizo a tenaz, haciendo así posible tomar en cuenta una resistencia adicional.
- Existe un incremento continuo en el Peso Unitario del concreto conforme aumenta la dosificación de la fibra Wirand.
- Para el concreto patrón se puede apreciar un bajo porcentaje de exudación, lo que quiere decir que presenta una alta impermeabilidad; esto es producto básicamente del uso del cemento puzolánico Atlas Tipo IP. Los porcentajes de exudación obtenidos, ligeramente van disminuyendo conforme

va aumentando la dosificación de la fibra wirand, sin embargo los porcentajes son muy parecidos entre sí, lo que quiere decir que para las distintas dosificaciones de fibra Wirand no se produce algún cambio significativo en el porcentaje de exudación

- La resistencia a la compresión del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días resulta ser mayor que el del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de 20 kg/m<sup>3</sup>, pero menor que el del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de 25 y con el de 35 kg/m<sup>3</sup>.
- La resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días, del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de 20 kg/m<sup>3</sup> es superior al del concreto patrón. Luego conforme se incrementa la dosificación de la fibra wirand a 25 y 35 kg/m<sup>3</sup>, también se incrementa en ese orden la resistencia a la tracción por compresión diametral.
- El módulo de elasticidad a los 28 días, del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de 20 kg/m<sup>3</sup> es menor al del concreto patrón, sin embargo al incrementarse la dosificación

de la fibra wirand a  $25 \text{ kg/m}^3$ , se obtiene un módulo de elasticidad mayor al del concreto patrón. El módulo de elasticidad continúa incrementándose con el aumento de la dosificación de la fibra wirand a  $35 \text{ kg/m}^3$ .

- La resistencia a la flexión a los 28 días, del concreto reforzado con fibra wirand con dosificación de  $20 \text{ kg/m}^3$  es superior al del concreto patrón. Luego conforme se incrementa la dosificación de la fibra wirand a  $25$  y  $35 \text{ kg/m}^3$ , también se incrementa en ese orden la resistencia a la flexión.
- El aporte de las fibras de acero Wirand a la compresión, a la tracción por compresión diametral y a la flexión del concreto es que evita que este tenga una falla frágil y explosiva, dándole ductilidad al compuesto, ya que permite absorber mayor energía en comparación con el concreto patrón.
- En líneas generales se puede concluir que el concreto patrón mejora su módulo de elasticidad, y su resistencia a la compresión, a la tracción por compresión diametral y a la flexión, con la adición de la fibra de acero wirand con una dosificación mayor o igual a  $25 \text{ kg/m}^3$ .

## **BIBLIOGRAFÍA**

- NORMAS TÉCNICAS PERUANAS
  
- ASTM



Normas Técnicas.

- MACCAFERRI PERÚ S.A.

Boletines técnicos.

- ASOCEM

Boletines Técnicos.

- Autor: Instituto de Ingeniería UNAM.  
Título: Manual de Tecnología del Concreto.  
Lugar de Publicación: México.  
Año: 1998.

- Autor: Adam M. Neville.  
Título: Tecnología del Concreto.  
Lugar de Publicación: México.  
Año: 1998.

- Autor: P. Kumar Mehta.  
Título: Concreto: Estructuras, propiedades y

Materiales.

Lugar de Publicación: México.

Año: 1998.

- Autor: Enrique Rivva López.

Título: Naturaleza y Materiales del Concreto.

Lugar de Publicación: Perú.

Año: 2000.

- Autor: Enrique Rivva López.

Título: Tecnología del Concreto.

Lugar de Publicación: Perú.

Año: 2007.

## **RESUMEN**

El análisis comparativo del comportamiento del concreto patrón con el concreto reforzado con fibras de acero Wirand, se realiza para conocer los efectos favorables o desfavorables sobre el concreto con la inclusión de las fibras de acero Wirand en su diseño de mezcla y se

evalúa mediante los diferentes ensayos realizados, obteniendo valores y gráficos para visualizar su respectivo comportamiento en ambos casos.

Se analiza para ambos casos con las mismas condiciones generales, diseñándose concretos con  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $a/c = 0,466$ , con un asentamiento constante de 3", y con el uso de los mismos agregados normalizados según las Normas Técnicas Peruanas.

La inclusión de las fibras de acero Wirand al concreto tiene incidencia principal en la ductilidad que se puede observar en su resistencia a la tracción por flexión, y en la disminución de la propagación del fisuramiento después de la falla. Las fibras de acero wirand también mejora las otras propiedades del concreto, tales como resistencia y sus propiedades intrínsecas.

Vale la pena resaltar que la valoración de los costos del concreto reforzado con fibra de acero Wirand está directamente relacionada a la dosificación de las fibras adoptada, de acuerdo al diseño de mezcla. Por lo tanto la viabilidad económica del concreto reforzado con fibras de acero Wirand no se debe basar únicamente en la comparación del costo unitario con el costo de la armadura convencional, sino más bien en la economía global que el puede aportar.

Los ensayos que se realizaron fueron:

- Características físicas de los materiales.
- Ensayos de concreto fresco: medición del Slump, Contenido de Aire, Peso Unitario y Exudación.
- Resistencia a la Compresión ( $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) en probetas cilíndricas estándar a los 7, 14 y 28 días.

- Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral en probetas cilíndricas estándar a los 28 días.
- Módulo de Elasticidad del concreto en probetas cilíndricas estándar a los 28 días.
- Resistencia a la Flexión ( $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ) en probetas prismáticas estándar a los 28 días.

Finalmente, se puede concluir que la presencia de las fibras de acero Wirand:

- Disminuye la trabajabilidad de la mezcla.
- Reduce notablemente la propagación de las fisuras.
- Aumenta ligeramente el Peso Unitario del concreto.
- El contenido de aire de mantiene casi constante.
- Disminuye ligeramente la Exudación del concreto.

- Mejora el Módulo de elasticidad, la Resistencia a la Compresión, con una dosificación mayor o igual a 25 kg/m<sup>3</sup>.
- Mejora la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral y la Resistencia a la Flexión, con una dosificación mayor o igual a 20 kg/m<sup>3</sup>.

## **BIBLIOGRAFIA**

Normas técnicas peruanas

ASTM

Normas técnicas

RIVA LOPEZ, ENRIQUE

Tecnología del concreto – Diseño de mezclas – Perú, 1992

MACCAFERRI PERÚ S.A.

RIVA LOPEZ, ENRIQUE

Naturaleza y Materiales del Concreto – Capítulo Peruano del

American Concrete Institute (ACI) Perú 2000

ASOCEM – Boletines Técnicos

ENRIQUE PASQUEL

Tecnología del concreto