

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA  
MICROFISURACION POR FATIGA DEL CONCRETO FABRICADO  
CON RELACION AGUA-CEMENTO 0.40 Y 0.50 Y CEMENTO  
PORTLAND MS”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnología de Concreto/ Estructuras**

**AUTORES: BR. MENDO TISNADO ANA CECILIA**  
**BR. ROJAS CUEVA CRISTIAN JONATHAN**

**ASESOR: MG. ING. GERARDO ARTEAGA CUBA**

**TRUJILLO – PERÚ**

**2017**



**TESIS: “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA  
MICROFISURACION POR FATIGA DEL CONCRETO FABRICADO CON  
RELACION AGUA-CEMENTO 0.40 Y 0.50 Y CEMENTO PORTLAND MS”**

**ELABORADO POR:**

- **Br. MENDO TISNADO ANA CECILIA**
- **Br. ROJAS CUEVA CRISTIAN JONATHAN**

**JURADO EVALUADOR:**

---

**Ing. CESAR CANCINO RODAS**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. JUAN URTEAGA GARCIA**  
**SECRETARIO**

---

**Ing. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS**  
**VOCAL**

**ASESOR:**

---

**Ing. GERARDO ARTEAGA CUBA**  
**ASESOR**



## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, ponemos a vuestra disposición la presente tesis titulada: **“INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MICROFISURACION POR FATIGA DEL CONCRETO FABRICADO CON RELACION AGUA-CEMENTO 0.40 Y 0.50 Y CEMENTO PORTLAND MS”**, con el propósito de obtener el título profesional de ingeniero civil.

Consideramos señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra universidad.

El contenido de la presente tesis ha sido desarrollado considerando las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, normas técnicas según la línea de investigación, aplicación de conocimientos adquiridos durante la formación profesional en la universidad, consulta de fuentes bibliográficas especializadas y con la experiencia de nuestro asesor.

---

**Br. Mendo Tisnado Ana Cecilia**

---

**Br. Rojas Cueva Cristian Jonathan**



## **DEDICATORIA**

### ***A Dios***

Por haberme permitido para llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr cumplir mis objetivos.

### ***A mi madre Flor***

Por darme la vida, por sus consejos, por creer en mí y por su apoyo incondicional.

### ***A mi padre Manuel***

Por ser un ejemplo de perseverancia y constancia, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

### ***A mi pequeña Ariana***

Por ser mi motivación de salir adelante, por su ternura y su apoyo.

### ***A mi hermano Manuel***

Por el apoyo brindado durante el tiempo de la carrera.

### ***A Luigi Asto***

Por ser mí apoyo durante la vida universitaria y fuera de ella. Por su amor sincero y por cada consejo.

### ***A Cristian Rojas***

Mi compañero de tesis y mi amigo, por su paciencia, por su forma positiva de pensar y porque siempre me daba ánimos para continuar.

### ***A mis maestros***

En especial al Ing. Gerardo Arteaga Cuba, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

### ***A mis amigos.***

Por el apoyo brindado durante el tiempo de la carrera, por la amistad verdadera y sincera que me brindaron, especialmente a Kevin Plascencia y Jorge Olguín.

*Br. Mendo Tisnado Ana Cecilia*



## DEDICATORIA

Quiero dedicarle este trabajo a **Dios**, que me ha dado la vida y fortaleza para seguir cumpliendo uno a uno mis objetivos.

A mis Padres **Franklin Rojas Hernández** y **Yolanda Cueva Quiroz**, por su apoyo y amor incondicional y por ser el motor de mi vida, pues lo que soy y seré es gracias a ellos.

A mis Hermanos **Franklin Rojas Cueva**, **Aracely Rojas Cueva** y **Juan Sánchez Cueva** por estar ahí cuando más los necesité y su constante apoyo en mi vida.

A mis tres pequeños sobrinos, **Gadiel**, **Fabian** y **Kaleb** que son lo que más quiero en este mundo.

A una persona muy especial para mí, que a pesar de tantas cosas de una u otra manera siempre estuvo esperando lo mejor de mí, gracias por todo.

A mi compañera de tesis **Ana Mendo** por su apoyo sincero y los buenos momentos compartidos durante el desarrollo de esta investigación.

Gracias a todos.

*Br. Cristian Jonathan Rojas Cueva*



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos principalmente a Dios, por estar con nosotros en cada paso que damos, por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera y por ser nuestra fortaleza en momentos de debilidad.

A nuestros padres y hermanos, quienes con su sacrificio, dedicación y paciencia nos han permitido lograr cada una de nuestras metas, por habernos apoyado en todo momento, por los valores que nos han inculcado y por ser nuestra motivación para seguir creciendo personal y profesionalmente.

A nuestro asesor, Ing. Gerardo Arteaga Cuba, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos y experiencia ha permitido que culminemos con éxito la presente tesis.

Agradecemos también a nuestros docentes, quienes, a lo largo de nuestra vida profesional, han logrado formarnos; en especial a los ingenieros Ing. Juan Manuel Urteaga, Ing. Cesar Cancino Rodas, Ing. Ángel Alanoca Quenta, Ing. Félix Perrigo Sarmiento.

A nuestros amigos Kevin y Jorge, por su apoyo en la realización de los ensayos de laboratorio, y por brindarnos su amistad desinteresada.



## **INDICE**

### **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

- 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA
- 1.3 HIPÓTESIS
- 1.4 OBJETIVOS
  - 1.4.1 Objetivo General
  - 1.4.2 Objetivos Específicos
- 1.5 JUSTIFICACIÓN

### **CAPITULO II: MARCO TEÓRICO**

- 2.1 ANTECEDENTES
- 2.2 ESTADO DEL ARTE

### **CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS**

- 3.1 MATERIALES
- 3.2 METODOS
  - 3.2.1 Ensayo de Laboratorio
  - 3.2.2 Metodología para el ensayo
  - 3.2.3 Procesamiento de Datos

### **CAPITULO IV: RESULTADOS**

### **CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **CAPITULO VI: CONCLUSIONES**

### **CAPITULO VII: RECOMENDACIONES**

### **CAPITULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **CAPITULO IX: ANEXOS**



## INDICE DE TABLAS

**Tabla 1:** Tipos de fibras más comunes y sus propiedades (ACI 544.5R-10, 2010).

**Tabla 2:** Propiedades técnicas de las fibras de polipropileno

**Tabla 3:** Ensayos de compresión realizados en el laboratorio Huertas Ingenieros SAC.

**Tabla 4:** Carga Máxima aplicada en la probeta

**Tabla 5:**  $F'c$  y dimensiones para el cálculo de la carga crítica para el ensayo

**Tabla 6:** Resultados del ensayo para la Viga SF 0.40

**Tabla 7:** Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento Viga SF 0.40

**Tabla 8:** Resultados del ensayo para la Viga CF 0.40

**Tabla 9:** Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento CF 0.40

**Tabla 10:** Resultados del ensayo para la Viga SF 0.50

**Tabla 11:** Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento Viga SF 0.50

**Tabla 12:** Resultados del ensayo para la Viga CF 0.50

**Tabla 13:** Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento Viga CF 0.50

## INDICE DE FIGURAS

**Figura 1:** Modelo Teórico de Fatiga de Concreto

**Figura 2:** Material que muestra un límite a la fatiga

**Figura 3:** Material que no muestra un límite a la fatiga.

**Figura 4:** Fatiga de algunos metales.

**Figura 5:** Mecanismo de Puenteo

**Figura 6:** Control de la microfisuras y la macrofisuras.

**Figura 7:** Comportamiento de la resistencia a flexión del concreto, para diferentes volúmenes de fibra

**Figura 8:** Probeta Prismática

**Figura 9:** Diagrama de Momento para la Probeta (Viga)

**Figura 10:** Momento crítico para la probeta

**Figura 11:** Curva S-N o curva de Wöhler

**Figura 12:** Máquina para ensayos

**Figura 13:** Manómetro de 100Bares/1400PSI unido a la Gata Hidráulica de 2Tn

**Figura 14:** Prensas Sargentas 50cm

**Figura 15:** Resortes

**Figura 16:** Deformímetro con precisión de 0.0001”

**Figura 17:** Repartidor de Carga L/3

**Figura 18:** Balanza Electrónica y Fibras de Polipropileno

**Figura 19:** Mezclado de agregados y el cemento

**Figura 20:** Mezcla de concreto con adición de 1000gr de Polipropileno por metro cúbico

**Figura 21:** Preparación de encofrado para las probetas prismáticas de concreto

**Figura 22:** Probetas prismáticas Proceso de vibrado

**Figura 23:** Probetas SF 0.40, CF 0.40 , SF 0.50 y CF 0.50

**Figura 24:** Proceso de curado en el Pozo de Curado de la Universidad Nacional de Trujillo

**Figura 25:** Adición de Cal y protección de las probetas prismáticas

**Figura 26:** Probetas Cilíndricas para Ensayo de Compresión

**Figura 27:** Ensayo de Compresión en el Laboratorio Huertas Ingenieros SAC

**Figura 28:** Probetas ensayadas

**Figura 29:** Pre-Ensayos con viga de Madera

**Figura 30:** Sistema para ensayo de Fatiga

**Figura 31:** Nivelación del Deformímetro

**Figura 32:** Ensayo

**Figura 33:** Fisuras en las probetas ensayadas

**Figura 34:** Mecanismo de Punteo de las Fibras de Polipropileno en el Concreto



## INDICE DE GRÁFICOS

**Gráfico 1:** Curva S-N Fatiga Viga sin fibras de polipropileno (viga SF 0.40) relación agua cemento 0.40

**Gráfico 2:** Curva S-N Fatiga Viga sin fibras de polipropileno (viga CF 0.40) relación agua cemento 0.40

**Gráfico 3:** Curva S-N Fatiga Viga sin fibras de polipropileno (viga SF 0.50) relación agua cemento 0.50

**Gráfico 4:** Curva S-N Fatiga Viga sin fibras de polipropileno (viga CF 0.50) relación agua cemento 0.50

**Gráficos 5:** Curva S-N Comparativa de los 4 ensayos



## RESUMEN

El presente proyecto de investigación, titulado: “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MICROFISURACIÓN POR FATIGA DEL CONCRETO FABRICADO CON RELACIÓN AGUA-CEMENTO 0.40 Y 0.50 Y CEMENTO PORTLAND MS”, se realizó en base a ensayos de laboratorio, utilizando una maquina universal de carga artesanal no reglamentada, un deformímetro con precisión 0.0001”, una gata hidráulica de 2 Toneladas y la elaboración de cuatro vigas rectangulares de concreto simple, las cuales fueron sometidas a la aplicación de cargas repetitivas generando fatiga en el material.

El ensayo de laboratorio antes mencionado se desarrolló sometiendo a las vigas rectangulares de concreto simple a un proceso de fatiga, el cual fue controlado con la finalidad de que los esfuerzos de tensión generadas por la carga aplicada, proveniente de una gata hidráulica, no superen la resistencia máxima de tracción por flexión y así evitar rebasar el rango elástico.

En esta investigación se explica la manera en la que afecta la aplicación de una carga repetida a un elemento de concreto y la influencia que tienen las fibras de polipropileno para controlar la microfisuración del material. Se destaca que la aplicación de 1000gr/m<sup>3</sup> de fibras de polipropileno en la preparación de concreto con relación agua-cemento 0.40 aumenta el número de ciclos aumento en un 32% con respecto a un concreto sin fibras de polipropileno y hace que la resistencia del concreto a la fatiga se incremente, y para un concreto con relación agua-cemento 0.50 a los 28 días de curado, el número de ciclos hasta llegar a la fisuración aumentó en un 29.40% con respecto al mismo concreto sin fibras de polipropileno.



## ABSTRACT

The present research project entitled: "INFLUENCE OF POLYPROPYLENE FIBERS IN THE FATIGUE MICRO FISURATION OF CONCRETE MANUFACTURED WITH WATER-CEMENT RELATIONSHIP 0.40 AND 0.50 AND PORTLAND MS CEMENT", was carried out based on laboratory tests, using one unregulated artisanal loading machine, a deformimeter with precision 0.0001", a 2 ton hydraulic jack and the development of four rectangular simple concrete beams, which were subjected to the application of repetitive loads generating fatigue in the material.

The above mentioned laboratory test was developed by subjecting the rectangular simple concrete beams to a fatigue process, which was controlled in order that the tensile stresses generated by the applied load from a hydraulic jack do not exceed the maximum flexural tensile strength, and avoid exceeding the elastic range.

This research explains how affects the application of a repeated load to a concrete element, and, the influence that the polypropylene fibers have to control the microcracking of the material.

It is emphasized that the application of 1000 gr/m<sup>3</sup> of polypropylene fibers in the preparation of concrete with water-cement ratio 0.40 increases the number of cycles by 32% compared to a concrete without polypropylene fibres and makes the concrete fatigue strength increase; and for a concrete with water-cement ratio 0.50 at 28 days of curing, the number of cycles until cracking increased by 29.40% compared to the same concrete without polypropylene fibres.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

Estructuras como puentes, carreteras, pistas, cimentaciones de maquinarias industriales, entre otras, constantemente se encuentran sujetas a cargas cíclicas, por lo cual la preocupación acerca del deterioro de estas radica en que al estar sujetos a cargas que varían en el tiempo, pueden provocar un proceso de deterioro progresivo de sus propiedades mecánicas.

Las cargas de carácter variable en el tiempo pueden ocasionar daños en los elementos estructurales. La reducción de la resistencia y la posterior falla del material sometido a cargas cíclicas se conocen como fatiga.

El proceso por el cual, se va generando la fatiga de material, se podría señalar de la siguiente manera. Primero el material, se comienza a fisurar. En su primera instancia es prácticamente imperceptible. Como segundo paso, tenemos que aquella fisura, se va propagando al resto del material. Es en diversas ocasiones, que en éste paso, se logra detectar la fatiga del material. Por último, como tercer caso, el material se fatiga y se rompe.

Pocos han sido los estudios relacionados con este tipo de procesos en las estructuras de concreto, sin embargo, existen mayores investigaciones sobre el desempeño del concreto modificado con diferentes tipos de materiales como las fibras de polipropileno.

La fibra de polipropileno es un aditivo de reforzamiento que se le añade al concreto, de tal manera obtener una mejor calidad de construcción ya que reducen considerablemente la fisuración y el posterior agrietamiento.

En este trabajo se pretende describir la influencia que tiene el uso de fibras de polipropileno en el comportamiento del concreto para dos relaciones agua/cemento, con la finalidad de observar si existe alguna variación en cuanto al número resistente de ciclos hasta la fisuración para cada una de

ellas, esencialmente si se logra controlar la fisuración, elaborando especímenes prismáticos de concreto para posteriormente someterlos a ensayos de fatiga.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿En qué medida influyen las fibras de polipropileno en la microfisuración por fatiga del concreto fabricado con relación agua-cemento 0.40 y 0.50 y cemento Portland MS?

## **1.3 Hipótesis**

Si la cantidad de fibras de polipropileno es de 1000 gr x m<sup>3</sup> de concreto, entonces la resistencia a la fatiga incrementa en un rango de 30% - 40%.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Determinar la influencia de las fibras de polipropileno en la microfisuración por fatiga del concreto fabricado con relación agua-cemento 0.40 y 0.50 y cemento portland MS.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Realizar ensayos a fin de evaluar comparativamente la fisuración que existe en un concreto con diferentes relaciones a/c.
- Determinar el número de ciclos que resisten las probetas frente al proceso de fatiga.
- Elaborar las curvas S-N (Curva de Fatiga) para determinar el límite de fatiga de un concreto con presencia de fibras de polipropileno y sin esta.
- Evaluar los resultados de los ensayos realizados a fin de obtener conclusiones de esta investigación.



## 1.5 Justificación

La realización de esta investigación permitirá determinar la influencia de la incorporación de fibra de polipropileno en el concreto y la información que se origine durante este período será de vital importancia porque permitirá conocer si el porcentaje añadido de fibra de polipropileno permite aumentar el número de ciclos resistentes hasta llegar a fisurarse.

Este estudio proporcionará conocer mejor el proceso de fisuración por fatiga con la incorporación de fibras de polipropileno y a su vez dar nuevos usos y aplicaciones en losas de puentes y/o pavimentos en nuestro país y como consecuencia, la posibilidad de incluirlo en las normas, tanto de métodos de prueba como en las normas técnicas complementarias para el diseño de estructuras expuestas a esfuerzos que generen fatiga en estos.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

- **Millán Castillo (2013)**, Determinó el comportamiento del concreto reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas y estudió con detenimiento las propiedades mecánicas en general del concreto. Llego a la conclusión de que la fibra de polipropileno actúa como una red que une a la mezcla de concreto manteniéndola como un solo elemento por un mayor tiempo, haciendo así más difícil su destrucción lo cual se convierte en un factor de seguridad en el caso de un desastre natural.

Esta investigación se relaciona con la presente tesis por la variación de resistencias que posee, dándonos una orientación de los posibles datos numéricos a obtener.

El presente autor realiza distintas dosificaciones para un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=240$  kg/cm<sup>2</sup>, debido a que son las resistencias más utilizadas en proyectos estructurales.

- **Muñoz Cebrián (2012)**, Analizó el comportamiento de las fibras de polipropileno multifilamento y obtuvo el porcentaje correcto a utilizar. Concluye afirmando que el concreto reforzado con fibras de polipropileno no mejora en ningún aspecto la capacidad mecánica de este. Utilizamos esta tesis de base para determinar las propiedades de las fibras a usar.

Esta investigación, en base a lo estudiado, la fibra de polipropileno utilizada es una fibra multifilamento de polipropileno diseñada para ser mezclada con concreto y morteros con el fin de aumentar su durabilidad y evitar la fisuración.

- **Barros Fierro (2012)**, Determinó la cantidad adecuada de fibra de polipropileno a adicionarse a un concreto, para su diseño, con agregados procedentes de la cantera de Pifo y Cemento Selva alegre para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa.  
Concluye afirmando que las probetas diseñadas para una resistencia  $f'_c = 210$  Mpa sin fibra pudo llegar a un 35% de la resistencia para la cual fue diseñada, mientras tanto las probetas que incluyen fibras se llegó al 92% de la resistencia requerida. Tomamos de referencia esta tesis para representar nuestros datos en forma porcentual y tener una mejor comprensión de ellos. Este autor evidencia que las fibras de polipropileno incluidas en el concreto proporcionaron pequeños incrementos en la resistencia a la compresión  $f'_c$ , lo que se puede evidenciar en los resultados finales a la edad de 28 días de las muestras ensayadas.
  
- **López Román (2015)**, Hizo un análisis comparativo entre un concreto sin fibra y los reforzados con dos tipos y diferentes porcentajes volumétricos de fibra. Las fibras de polipropileno incluidas en el hormigón simple proporcionaron pequeños incrementos en la resistencia a la compresión  $f'_c$ , lo que se puede evidenciar en los resultados finales a la edad de 28 días de las probetas ensayadas. Nos orientamos de los resultados de esta tesis para obtener nuestros datos y ubicarlos dentro de un rango.  
El análisis usado en esta tesis trata de sus propiedades en estado fresco y endurecido, comparando el desempeño en cuanto a resistencia a compresión del concreto con los diferentes tipos y consumos de fibras

## **2.2 ESTADO DEL ARTE**

### **CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS**

Las Fibras se han utilizado como refuerzo desde la antigüedad. Históricamente, los pelos de caballo se utilizaban en el mortero y la paja en ladrillos de barro. A principios de 1900, las fibras de asbesto se utilizaban en el concreto para evitar la fisuración y, en la década de 1950 surge el concepto de materiales compuestos y el concreto reforzado con fibras fue uno de los temas de interés.

El concreto reforzado con fibras, según la definición del ACI- American Concrete Institute, no es más que un concreto hecho a partir de cemento hidráulico, conteniendo áridos finos y gruesos, y fibras discretas discontinuas.

El concepto en que se basa el concreto reforzado con fibras es en cierto modo semejante al del concreto armado, “cosiendo” las fisuras que pueden producirse y que dejarían a la estructura fuera de servicio. La diferencia está en que, en lugar de unas pocas barras de diámetro relativamente grande y orientadas según una dirección determinada, en el concreto con fibras, el refuerzo está constituido por una gran cantidad en todo el volumen de fibras en el concreto de pequeño diámetro y aleatoriamente orientadas.

La matriz del concreto mantiene al material unido soportando y distribuyendo esfuerzos de tracción, que son transmitidos por adherencia a las fibras. Las fibras, por su parte, una vez que se ha producido las micro - fisuras controlan la fisuración y reducen la intensidad de la misma.

Las fibras, al añadirse al concreto, se dispersan perfectamente en todo su volumen. Esto confiere a dicha matriz un armado en tres dimensiones en el que las fibras de polipropileno cosen las fisuras del concreto ejerciendo un mecanismo de “Puenteo”, con el fin de

trasmitir esfuerzos en el concreto fisurado y proporcionarle capacidad de seguir recibiendo carga aun en una condición desfavorable sin fallar, permitiendo un control de las fisuras.

Esencialmente, la naturaleza y el tipo de fibras determinan la efectividad de la acción reforzante y la eficacia de la transmisión.

En la actualidad se utilizan diversos tipos de fibras.

La **Tabla 1** muestra algunos de los materiales más comunes empleados para fabricar fibras, con indicación de sus principales características.

Tipo de Fibra	Diámetro Equivalente (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia a Tracción (MPa)	Módulo de Young (GPa)	Alargamiento de Rotura (%)
Acrílico	0.02-0.35	1100	200-400	2	1.1
Asbesto	0.0015-0.02	3200	600-1000	83-138	1-2
Algodón	0.2-0.6	1500	400-700	4.8	3-10
Vidrio	0.005-0.15	2500	1000-2600	70-80	1.5-3.5
Grafito	0.008-0.009	1900	1000-2600	230-415	0.5-1
Aramida	0.01	1450	3500-3600	65-133	2.1-4
Nylon	0.02-0.4	1100	760-820	4.1	16-20
Poliéster	0.02-0.4	1400	720-860	8.3	11-13
Polipropileno	0.02-1	900-950	200-760	3.5-15	5-25
Polivinil alcohol	0.027-0.660	1300	900-1600	23-40	7-8
Carbón	-	1400	4000	230-240	1.4-1.8
Rayón	0.02-0.38	1500	400-600	6.9	10-25
Basalto	0.0106	2593	990	7.6	2.56
Poliétileno	0.025-1	960	200-300	5.0	3
Sisal	0.08-0.3	760-1100	228-800	11-27	2.1-4.2
Coco	0.11-0.53	680-1020	108-250	2.5-4.5	14-41
Yute	0.1-0.2	1030	250-350	26-32	1.5-1.9
Acero	0.15-1	7840	345-3000	200	4-10

**Tabla 1: Tipos de fibras más comunes y sus propiedades (ACI 544.5R-10, 2010).**

El polipropileno es un polímero de hidrocarburo sintético, este tipo de fibras tienen ciertas propiedades, que las hacen más favorables para su mezclado en el concreto.

Las fibras de polipropileno presentan un comportamiento hidrofóbico en el concreto, esto quiere decir que no absorberá agua de la mezcla, además que no reaccionará químicamente, pues la unión entre ambos se deberá a una interacción mecánica, sin embargo, es por este motivo es que tienen como desventajas el tener pobres características de adherencia con la matriz del cemento.

Las dimensiones de las fibras son variables, igual que su diámetro y forma. Pueden clasificarse en:

- Micro-fibras: < 0,30mm diámetro
- Macro-fibras: ≥ 0,30mm diámetro

Las micro-fibra se emplean en general para reducir la fisuración especialmente en pavimentos y losas de puentes, pero no asume funciones estructurales, siendo conveniente un elevado número de fibras por kg.

Las macro-fibras pueden colaborar estructuralmente, siendo su longitud variable (desde 20mm a 60mm), la cual debe guardar relación con el tamaño máximo del árido. Una detallada información sobre las propiedades más importantes de las fibras de polipropileno se muestra a continuación:

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Densidad promedio	0,93	g/cm <sup>3</sup>
Resistencia última a la tracción	3,10x10 <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	20	%
Módulo de elasticidad	9,97x10 <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 2: Propiedades técnicas de las fibras de polipropileno**  
Fuente: Ficha Técnica SIKA Perú

En el concreto por la adición de las fibras de polipropileno se genera un armado tridimensional el cual tiene un efecto inmediato en la reducción del agrietamiento del concreto, manteniendo su estabilidad estructural frente a la retracción plástica, reduciendo la aparición de microfisuras. De esta forma el concreto se ve estabilizado ante el esfuerzo y adquiere una mayor resistencia a la fatiga por tanto se incrementa los ciclos de carga que puede soportar; la resistencia al impacto y reducción de la permeabilidad, contribuyen a una mayor duración del concreto, reduciendo los costos de mantenimiento.

Debido al hecho de que estructuras como puentes, pistas, carreteras, cimentaciones de maquinarias industriales, se encuentran cada vez más sujetas a cargas cíclicas, el interés por el estudio de la fatiga en estructuras de concreto ha aumentado durante los últimos años.

La fatiga es un fenómeno en el que un material pierde su fuerza original debido a la carga cíclica que se presenta en este dependiendo de la amplitud de la carga y del número de ciclos, así como el nivel de tensión.

Definida de una manera más general por las normativas ASTM como “el proceso de cambio estructural permanente, progresivo y localizado que ocurre en un punto del material sujeto a tensiones y deformaciones de amplitudes variables y que produce grietas que conducen a una fractura total tras un número de ciclos”

La falla por fatiga de un material se produce en tres fases: Iniciación, Propagación y Rotura.

### **Modelos Teóricos existentes basados en las curvas S-N**

Existen modelos teóricos-matemáticos en los que se basa el proceso de Fatiga del Concreto, los cuales están basados en el concepto de las curvas Esfuerzos vs Numero de Ciclos o Curvas S-N.

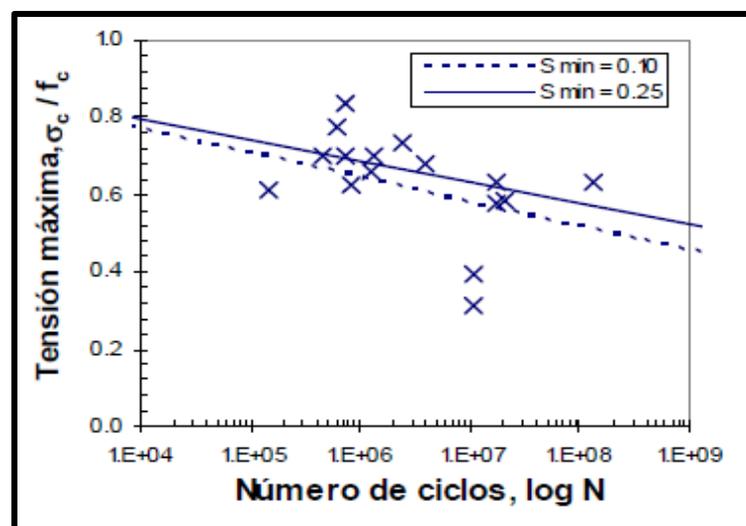


Figura 1: Modelo Teórico de Fatiga de Concreto

El nº de ciclos requeridos para que el fallo por fatiga ocurra en un punto depende del material y de la fluctuación de las tensiones. Esta información, para ciertos tipos de materiales, nos la proporciona la llamada Curva S-N.

### Curvas S-N para materiales

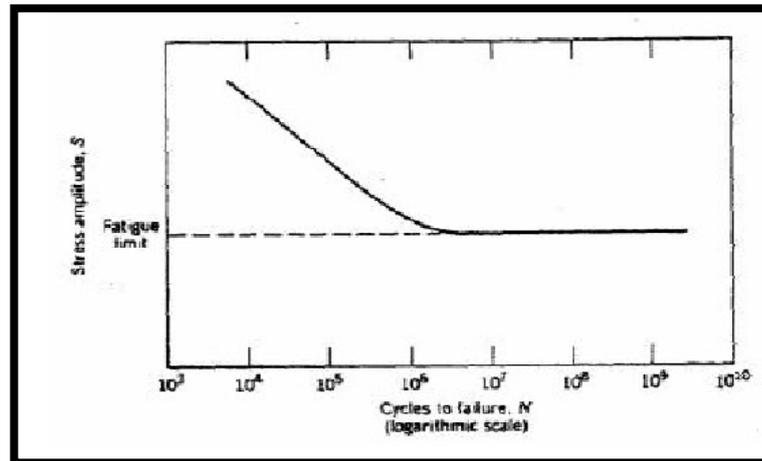


Figura 2: Material que muestra un límite a la fatiga

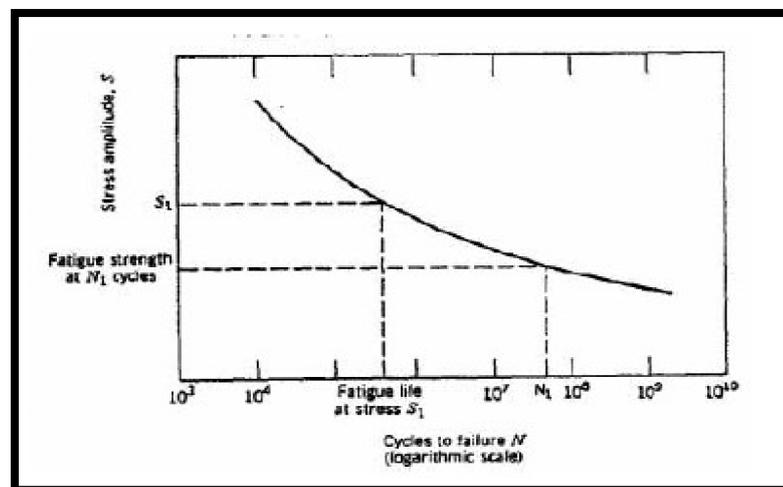
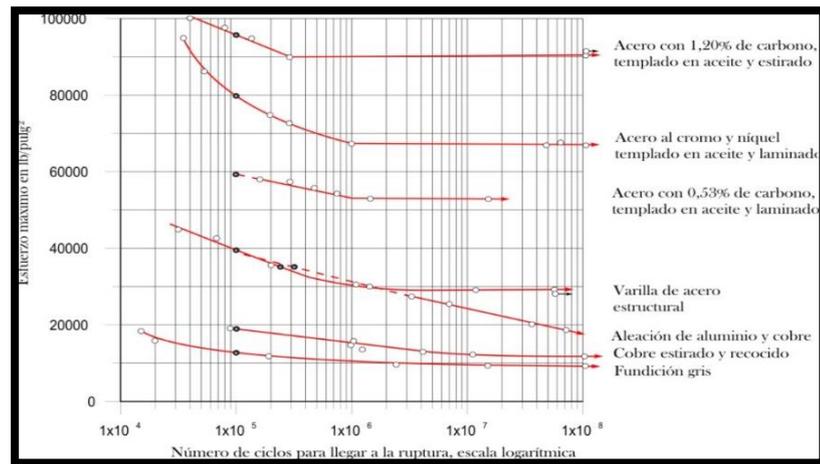


Figura 3: Material que no muestra un límite a la fatiga.



**Figura 4: Fatiga de algunos metales.**

Hay que destacar que el concreto es un material no homogéneo y su resistencia a la fatiga está influenciada por muchos factores diferentes, por ejemplo: contenido de humedad, relación agua/cemento, existencia de vibraciones, entre otros.

En esta investigación uno de los factores de mayor influencia para la evaluación de la resistencia a la fatiga, es la relación agua/cemento, la cual constituye un parámetro importante y variable a usar.

Existe un fenómeno que va de la mano con la fatiga: la microfisuración, que es definido por un proceso físico consistente en la aparición de microfisuras de pocas décimas de milímetro.

Al darse el proceso de fatiga, las cargas cíclicas que se presentaran provocarán en el concreto la disminución progresiva de su resistencia y será beneficioso un refuerzo para disipar los esfuerzos dentro de su masa, reducir las fisuras y la filtración de agua.

En beneficio de esto, existe un aditivo de reforzamiento del concreto a que se encargaría de mejorar su resistencia y por consecuencia evitar la microfisuración que produce el proceso de fatiga.

Las fibras de polipropileno hacen poco para aumentar la resistencia a compresión, con incrementos del orden del 25%, incluso en elementos estructurales con reforzamiento convencional, por el contrario las fibras hacen sustancialmente un incremento en la resistencia a la flexión.

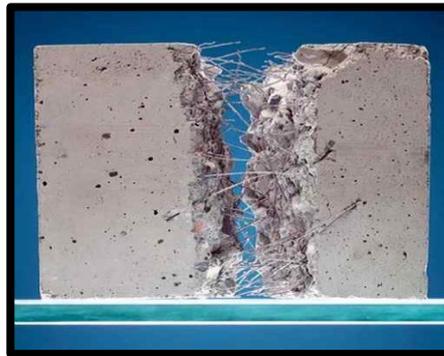


Figura 5: Mecanismo de Punteo

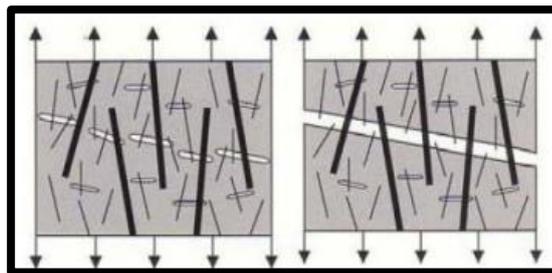


Figura 6: Control de la microfisuras y la macrofisuras.

Muy por el contrario, con respecto a las resistencias de flexión, ésta se incrementa con el incremento de la cantidad de fibra. Diversas investigaciones reportan que altas relaciones de cantidad, proporcionan altos incrementos de las resistencias (*Figura 7*).

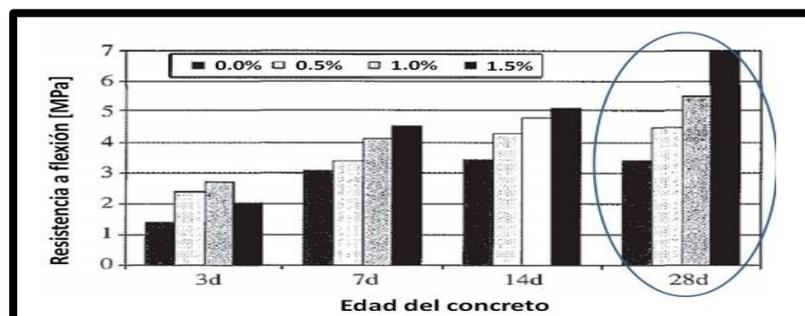


Figura7: Comportamiento de la resistencia a flexión del concreto, para diferentes volúmenes de fibra usadas en la mezcla, para un mismo tipo de fibra y relación agua/cementante.

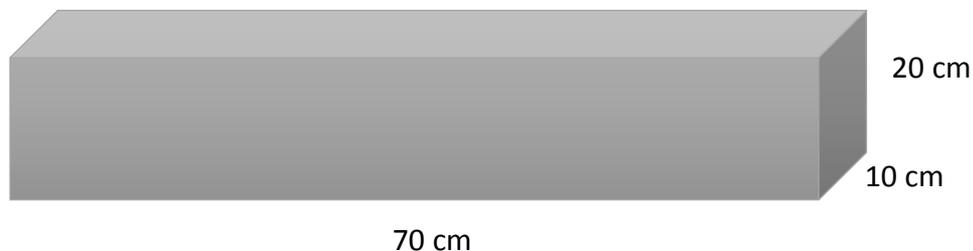
## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### **Materiales:**

##### ✓ **Probetas**

Para realizar los ensayos necesarios en la investigación, se fabricaron cuatro probetas de sección rectangular con medidas de 0.10 cm de ancho por 0.20 cm de alto y 0.70 cm de longitud, según el ACI para ensayos a flexión el peralte mínimo  $h=20\text{cm}$ .



**Figura 8 : Probeta Prismática**

Se elaboraron cuatro probetas prismáticas de concreto siguiendo el diseño de mezclas según el ACI 211 (una viga con fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.40$ , una viga sin fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.40$ , una viga con fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.50$  y una viga sin fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.50$ ).

Las vigas de prueba de cada serie tienen que ser vaciadas a la vez, para que todas cuenten con la misma edad.

##### ✓ **MÁQUINA UNIVERSAL DE CARGA**

Se utilizó una Máquina Universal de Carga, para someter a flexión a las vigas fabricadas.

Esta máquina fue diseñada en referencia al ASTM C78 “Resistencia a la flexión de las vigas de concreto”, adicionándole ideas propias y recursos al alcance del tesista.



Esta máquina está formada por un pórtico con una placa soldada en la parte superior donde ira ubicada la gata hidráulica, una base rectangular , sujeta por dos espárragos de acero inoxidable de 1” movibles y ajustables a la altura que sea necesario, donde irán ubicados dos cilindros móviles de manera transversal que simularan ser apoyos durante el ensayo.

Para el armado de la Maquina, se utilizaron los siguientes equipos:

- Gata Hidráulica de 2 toneladas unida a un Manómetro de 100 BARES c/Glicerina
- 02 Prensas Sargentas de 50 cm
- 01 Repartidor de Cargas Longitud= L/3
- 01 Deformimetro – Precisión 0.0001”
- 02 Resortes

**Método:****ENSAYO DE LABORATORIO**

El ensayo consiste en someter a flexión una viga rectangular de concreto, cargando la viga con dos cargas puntuales en los tercios de la luz (ASTM C78), desde los extremos, de forma que el tramo central de la misma quede sometido a flexión pura, logrando así la sollicitación buscada.

-Se habilitaron los materiales necesarios para la realización del ensayo de resistencia a la flexión de las vigas, mencionados anteriormente.

-Se adaptó la maquina universal, colocando el repartidor de cargas sobre la viga, con el fin de distribuir la fuerza que aplica la gata hidráulica. Además, se colocó 1 deformímetro **de  $\pm 0.0001$** ” de precisión en el punto central de la viga.

-Se colocó un taco de madera en el punto central donde se colocó el deformímetro con el fin de poder medir las deformaciones de la viga en el punto central de la luz de la viga.

-Se colocaron las vigas de concreto, una a una en la máquina ya adaptada para nuestro ensayo. Las vigas se apoyaron sobre una estructura metálica, con cilindros que se comportaron como apoyos simples.

-Se procedió a nivelar el ángulo que sostiene el deformímetro con el fin de verificar que se encuentre recta y poder así medir la deformación en aquel punto.

-Se aplicó la carga progresivamente con la ayuda de la gata hidráulica, para de esta manera determinar la carga máxima que soportó y registrar las deflexiones en cada viga (una viga con fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.40$ , una viga sin fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.40$ , una viga con fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.50$  y una viga sin fibras de polipropileno con relación  $a/c = 0.50$ ).



Consideramos esta relación para nuestro procesamiento de datos:

### **1 ciclo: 5 aplicaciones de carga**

-Se realizaron ensayos previos de 4 vigas con las mismas características mencionadas anteriormente, donde buscamos saber que inconvenientes podíamos encontrar en el desarrollo de los ensayos.

-El principal inconveniente que surgió fue la gata inicial que era de 32Tn que estaba instalada en la Maquina Universal de Carga, ya que excedía la presión que necesitábamos como máximo para las dimensiones de nuestras vigas modelo.

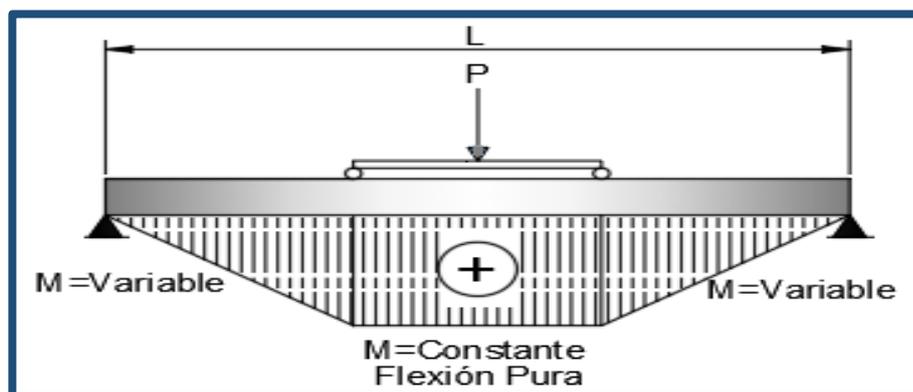
-Otro inconveniente fue el manómetro existente, ya que servía para medir presiones hasta un rango de 5800PSI.

-La solución que planteamos fue la de calcular una carga crítica que nos permita trabajar en el régimen elástico de nuestras probetas, cuyos resultados explicamos a continuación.

## **METODOLOGIA PARA EL ENSAYO DE CARGAS CICLICAS**

El proceso de fatiga al que sometimos las vigas rectangulares de concreto fue controlado con tal de que los esfuerzos de tensión generados por la carga aplicada no superen la resistencia máxima de tracción por flexión y así evitar salir del rango elástico del material.

Se determinó un sistema donde la viga tenga una zona netamente sometida a flexión pura, y es en esta zona donde se presentan los esfuerzos de tracción que generen la microfisuración del concreto.



**Figura 9: Diagrama de Momento para la Probeta**

Como se muestra en la figura, quedan 3 zonas perfectamente diferenciables donde en la zona central la viga estará sometida a flexión pura.

Para evitar salir del rango elástico del concreto se calculó la carga necesaria para dicho procedimiento la cual no deberá superar la resistencia máxima de tracción del concreto por flexión, que según la Norma E.060 Concreto Armado es:

$$f_r = 0.62\sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (1)$$

Como muestra la ecuación, la resistencia a la tracción depende de la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de edad.

Los esfuerzos internos que se presentan en la sección de la viga obedecen a la fórmula de la flexión:

$$\delta = \frac{Mc}{I} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- δ<sub>máx</sub>**: Esfuerzo máximo en la probeta que ocurre en el punto de la sección transversal más alejado del eje neutro.
- M**: Momento interno resultante, que se calcula con respecto al eje neutro de la sección transversal.
- I**: Momento de inercia de la sección transversal calculado respecto al eje neutro.
- c**: Distancia perpendicular del eje neutro al punto más alejado de este eje y sobre el cual actúa **δ<sub>máx</sub>**

Al someter a la viga a una carga P se generará un momento crítico en la sección, con lo cual  $M=M_{cr}$  y  $\delta = f_r$

Reemplazando (1) en (2) se obtiene:

$$M_{cr} = \frac{f_r I}{c} \dots\dots\dots (3)$$

$$M_{cr} = \frac{0.62\sqrt{f'_c} * I}{c} \dots\dots\dots (4)$$

Del análisis estático el Momento máximo es:  $M_{cr}=PL/6$

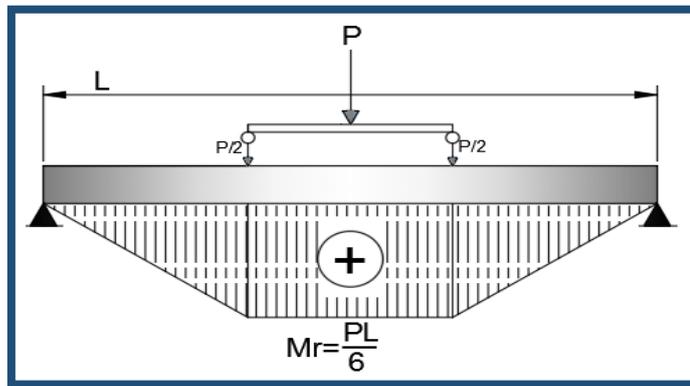


Figura 10: Momento crítico para la probeta

$$M_{cr} = \frac{P_{cr}L}{6} \quad (5)$$

>>

$$P_{cr} = \frac{0.62\sqrt{f'_c} * 6I}{cL} \quad (6)$$

$$P_{cr} = \frac{3.72\sqrt{f'_c} * I}{cL} \quad (7)$$

**P<sub>cr</sub>**: Carga máxima para no rebasar la resistencia a la tracción del concreto en flexión y el rango elástico del concreto.

De los ensayos de compresión realizados se obtuvieron las siguientes resistencias a los 28 días de edad del concreto:

Probeta	d (cm)	area (cm <sup>2</sup> )	Carga(Kg)	f'c(kg/cm <sup>2</sup> )	f correc	F'c(kg/cm <sup>2</sup> )
<b>0.40 CF</b>	10.8	91.6088418	32,480.00	354.55	0.99	351.01
<b>0.40 SF</b>	10.8	91.6088418	31,540.00	344.29	0.99	340.85
<b>0.50 CF</b>	10.8	91.6088418	30,260.00	330.32	0.99	327.01
<b>0.50 SF</b>	10.8	91.6088418	29,840.00	325.73	0.99	322.48

**Tabla 3: Ensayos de compresión realizados en el laboratorio Huertas Ingenieros SAC.**

Se eligió el  $f'c=322.48\text{kg/cm}^2$  por ser la que tiene menor resistencia por lo tanto la más propensa a que la carga aplicada supere su rango elástico.

Presión (PSI)	Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	Presión Acum (kg/cm <sup>2</sup> )	Área Émbolo (cm <sup>2</sup> )	Carga P (kg)
<b>80</b>	5.625	5.625	3.142	17.670
<b>170</b>	11.952	17.577	3.142	37.549
<b>260</b>	18.280	35.857	3.142	57.428
<b>350</b>	24.607	60.464	3.142	77.307
<b>460</b>	32.341	92.805	3.142	101.603
<b>580</b>	40.778	133.583	3.142	128.108
<b>610</b>	42.887	176.471	3.142	134.734
<b>790</b>	55.543	232.013	3.142	174.492
<b>850</b>	59.761	291.774	3.142	187.745
<b>920</b>	64.682	356.457	3.142	203.206
<b>1000</b>	70.307	426.764	3.142	220.876
<b>1200</b>	84.368	511.132	3.142	265.051
<b>1400</b>	98.430	609.562	3.142	309.227

**Tabla 4: Carga Máxima aplicada en la probeta**

Se eligió un manómetro de 100 Bares = 1400PSI para poder medir la carga que se estará aplicando a la probeta, obteniéndose como máximo una carga de 309.227 Kg que se aplicará.

<b>P<sub>máx</sub></b>	<b>309.227</b>	<b>kg</b>
<b>f'<sub>c</sub></b>	322.48	kg/cm <sup>2</sup>
<b>I</b>	6666.66	cm <sup>4</sup>
<b>C=h/2</b>	10	cm
<b>h</b>	20	cm
<b>b</b>	10	cm
<b>L</b>	70	cm

Tabla 5: F'<sub>c</sub> y dimensiones para el cálculo de la carga crítica para el ensayo

Entonces de la ecuación (7) obtenemos:

$$P_{cr} = \frac{3.72\sqrt{f'_c} * I}{cL}$$
$$P_{cr} = \frac{(3.72)(\sqrt{322.48})(6666.66)}{(10)(70)}$$
$$P_{cr} = 636.21 \text{ Kg}$$

En base a esta carga se eligió una gata hidráulica de 2Tn la cual no generó esfuerzos muy grandes al momento de hacer los ensayos para no rebasar el régimen elástico de nuestras probetas.

Entonces el esfuerzo máximo que se aplicará con la gata de 2Tn será de 1400PSI que será medido en el manómetro, cuyo esfuerzo genera una carga de 309.227 Kg la cual es menor que  $P_{cr} = 636.21 \text{ Kg}$

$$P(\text{Gata}) = 309.227 \text{ kg} < P_{cr} = 636.21 \text{ Kg}$$

Con esto podemos controlar el ensayo y así lograr no pasar el rango elástico del material en teoría.

### Procesamiento de Datos:

Los esfuerzos internos que se presentan en la sección de la viga obedecen a la fórmula de la flexión:

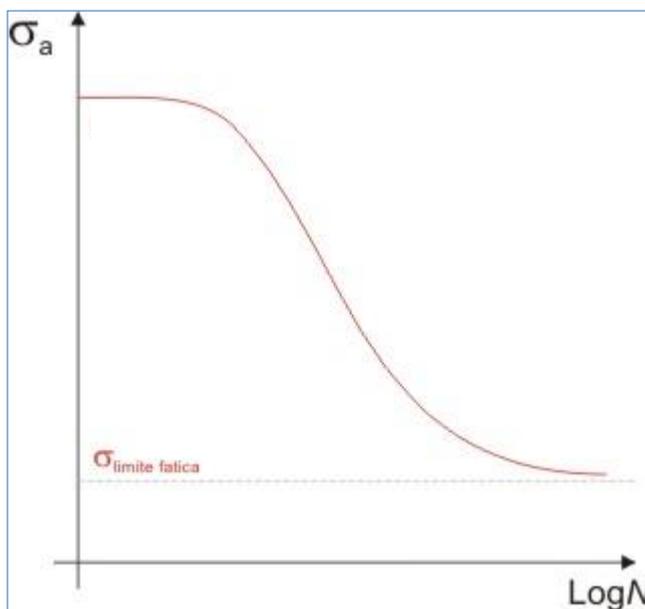
$$\delta = \frac{Mc}{I} \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- $\delta_{\text{máx}}$ :** Esfuerzo máximo en la probeta que ocurre en el punto de la sección transversal más alejado del eje neutro.
- M:** Momento interno resultante, que se calcula con respecto al eje neutro de la sección transversal.
- I:** Momento de inercia de la sección transversal calculado respecto al eje neutro.
- C:** Distancia perpendicular del eje neutro al punto más alejado de este eje y sobre el cual actúa  **$\delta_{\text{máx}}$**

La curva S-N o curva de Wöhler, se obtienen a través de una serie de ensayos donde una probeta del material se somete a tensiones cíclicas con una amplitud máxima y una mínima. Se cuentan los ciclos hasta la fisuración. Este procedimiento se repite para cada una de las probetas.

La gráfica se obtiene al comparar la amplitud de tensión versus el número de ciclos hasta la fisuración en escala logarítmica.



**Figura 11: Curva S-N o curva de Wöhler**

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}}{2}$$



CAPITULO IV

RESULTADOS

ENSAYO VIGA SF 0.40												
n° Ciclos	Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Carga (kg)	desplazamiento (mm)-Carga			Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Carga (kg)	desplazamiento (mm)-Descarga		
				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)
0	0	0	0.00	2500	0	0.0000	1200	84.3684	265.05	2345	155	0.3937
1	400	28.1228	88.35	2491	9	0.0229	900	63.2763	198.79	2395	105	0.2667
2	700	49.2149	154.61	2483	17	0.0432	700	49.2149	154.61	2412	88	0.2235
3	800	56.2456	176.70	2420	80	0.2032	600	42.1842	132.53	2454	46	0.1168
4	1000	70.307	220.88	2387	113	0.2870	200	14.0614	44.18	2484	16	0.0406
5	1200	84.3684	265.05	2345	155	0.3937	0	0	0.00	2500	0	0.0000
6	500	35.1535	110.44	2488	12	0.0305	1200	84.3684	265.05	2348	152	0.3861
7	700	49.2149	154.61	2454	46	0.1168	1000	70.307	220.88	2411	89	0.2261
8	900	63.2763	198.79	2430	70	0.1778	850	59.76095	187.74	2456	44	0.1118
9	1100	77.3377	242.96	2386	114	0.2896	500	35.1535	110.44	2495	5	0.0127
10	1200	84.3684	265.05	2348	152	0.3861	0	0	0.00	2500	0	0.0000
11	400	28.1228	88.35	2489	11	0.0279	1200	84.3684	265.05	2315	185	0.4699
12	600	42.1842	132.53	2464	36	0.0914	950	66.79165	209.83	2387	113	0.2870
13	800	56.2456	176.70	2421	79	0.2007	650	45.69955	143.57	2422	78	0.1981
14	1100	77.3377	242.96	2376	124	0.3150	300	21.0921	66.26	2493	7	0.0178
15	1200	84.3684	265.05	2315	185	0.4699	0	0	0.00	2500	0	0.0000
16	300	21.0921	66.26	2490	10	0.0254	1200	84.3684	265.05	2337	163	0.4140
17	400	28.1228	88.35	2448	52	0.1321	800	56.2456	176.70	2379	121	0.3073
18	700	49.2149	154.61	2415	85	0.2159	600	42.1842	132.53	2415	85	0.2159
19	900	63.2763	198.79	2379	121	0.3073	200	14.0614	44.18	2477	23	0.0584
20	1200	84.3684	265.05	2337	163	0.4140	0	0	0.00	2500	0	0.0000
21	300	21.0921	66.26	2489	11	0.0279	1200	84.3684	265.05	2348	152	0.3861
22	500	35.1535	110.44	2454	46	0.1168	850	59.76095	187.74	2401	99	0.2515
23	800	56.2456	176.70	2423	77	0.1956	650	45.69955	143.57	2446	54	0.1372
24	1000	70.307	220.88	2384	116	0.2946	350	24.60745	77.31	2489	11	0.0279
25	1200	84.3684	265.05	2348	152	0.3861	0	0	0.00	2500	0	0.0000
26	400	28.1228	88.35	2487	13	0.0330	1300	91.3991	287.14	2314	186	0.4724
27	700	49.2149	154.61	2446	54	0.1372	1150	80.85305	254.01	2389	111	0.2819
28	1000	70.307	220.88	2415	85	0.2159	900	63.2763	198.79	2435	65	0.1651
29	1200	84.3684	265.05	2379	121	0.3073	450	31.63815	99.39	2491	9	0.0229
30	1300	91.3991	287.14	2314	186	0.4724	0	0	0.00	2500	0	0.0000
31	350	24.60745	77.31	2490	10	0.0254	1250	87.88375	276.09	2341	159	0.4039
32	500	35.1535	110.44	2467	33	0.0838	1000	70.307	220.88	2389	111	0.2819
33	750	52.73025	165.66	2405	95	0.2413	750	52.73025	165.66	2408	92	0.2337
34	900	63.2763	198.79	2379	121	0.3073	300	21.0921	66.26	2467	33	0.0838
35	1250	87.88375	276.09	2341	159	0.4039	0	0	0.00	2500	0	0.0000
36	450	31.63815	99.39	2479	21	0.0533	1200	84.3684	265.05	2371	129	0.3277
37	700	49.2149	154.61	2437	63	0.1600	900	63.2763	198.79	2397	103	0.2616
38	950	66.79165	209.83	2403	97	0.2464	850	59.76095	187.74	2442	58	0.1473
39	1000	70.307	220.88	2386	114	0.2896	400	28.1228	88.35	2481	19	0.0483
40	1200	84.3684	265.05	2371	129	0.3277	0	0	0.00	2500	0	0.0000
41	400	28.1228	88.35	2492	8	0.0203	1250	87.88375	276.09	2348	152	0.3861
42	700	49.2149	154.61	2458	42	0.1067	950	66.79165	209.83	2397	103	0.2616
43	950	66.79165	209.83	2418	82	0.2083	680	47.80876	150.20	2421	79	0.2007
44	1100	77.3377	242.96	2392	108	0.2743	340	23.90438	75.10	2492	8	0.0203
45	1250	87.88375	276.09	2348	152	0.3861	0	0	0.00	2500	0	0.0000
46	500	35.1535	110.44	2484	16	0.0406	1200	84.3684	265.05	2314	186	0.4724
47	700	49.2149	154.61	2426	74	0.1880	980	68.90086	216.46	2351	149	0.3785
48	900	63.2763	198.79	2393	107	0.2718	800	56.2456	176.70	2398	102	0.2591
49	1100	77.3377	242.96	2361	139	0.3531	380	26.71666	83.93	2454	46	0.1168
50	1200	84.3684	265.05	2314	186	0.4724	0	0	0.00	2500	0	0.0000
51	500	35.1535	110.44	2472	28	0.0711	1250	87.88375	276.09	2284	216	0.5486
52	700	49.2149	154.61	2401	99	0.2515	900	63.2763	198.79	2323	177	0.4496
53	900	63.2763	198.79	2368	132	0.3353	650	45.69955	143.57	2381	119	0.3023
54	1100	77.3377	242.96	2321	179	0.4547	320	22.49824	70.68	2421	79	0.2007
55	1250	87.88375	276.09	2284	216	0.5486	0	0	0.00	2500	0	0.0000

Tabla 6: Resultados del ensayo para la Viga SF 0.40



<b>n° Ciclos</b>	<b>M (kg.cm)</b>	<b>δ (kg/cm2)</b>	<b>δ PSI</b>
0	0.000	0.000	0.00
1	1030.754	1.546	21.99
2	1803.820	2.706	38.48
3	2061.509	3.092	43.98
4	2576.886	3.865	54.98
5	3092.263	4.638	65.97
6	1288.443	1.933	27.49
7	1803.820	2.706	38.48
8	2319.198	3.479	49.48
9	2834.575	4.252	60.48
10	3092.263	4.638	65.97
11	1030.754	1.546	21.99
12	1546.132	2.319	32.99
13	2061.509	3.092	43.98
14	2834.575	4.252	60.48
15	3092.263	4.638	65.97
16	773.066	1.160	16.49
17	1030.754	1.546	21.99
18	1803.820	2.706	38.48
19	2319.198	3.479	49.48
20	3092.263	4.638	65.97
21	773.066	1.160	16.49
22	1288.443	1.933	27.49
23	2061.509	3.092	43.98
24	2576.886	3.865	54.98
25	3092.263	4.638	65.97
26	1030.754	1.546	21.99
27	1803.820	2.706	38.48
28	2576.886	3.865	54.98
29	3092.263	4.638	65.97
30	3349.952	5.025	71.47
31	901.910	1.353	19.24
32	1288.443	1.933	27.49
33	1932.665	2.899	41.23
34	2319.198	3.479	49.48
35	3221.108	4.832	68.72
36	1159.599	1.739	24.74
37	1803.820	2.706	38.48
38	2448.042	3.672	52.23
39	2576.886	3.865	54.98
40	3092.263	4.638	65.97
41	1030.754	1.546	21.99
42	1803.820	2.706	38.48
43	2448.042	3.672	52.23
44	2834.575	4.252	60.48
45	3221.108	4.832	68.72
46	1288.443	1.933	27.49
47	1803.820	2.706	38.48
48	2319.198	3.479	49.48
49	2834.575	4.252	60.48
50	3092.263	4.638	65.97
51	1288.443	1.933	27.49
52	1803.820	2.706	38.48
53	2319.198	3.479	49.48
54	2834.575	4.252	60.48
55	3221.108	4.832	68.72

**Tabla 7: Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento Viga SF 0.40**



ENSAYO VIGA CF 0.40												
n° Ciclos	Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Carga (kg)	desplazamiento (mm)-Carga			Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Des.carga (kg)	desplazamiento (mm)-Descarga		
				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)
0	0	0	0.00	2500	0	0.0000	1400	98.4298	309.23	2330	170	0.4318
1	350	24.60745	77.31	2492	8	0.0203	950	66.79165	209.83	2381	119	0.3023
2	500	35.1535	110.44	2486	14	0.0356	600	42.1842	132.53	2421	79	0.2007
3	850	59.76095	187.74	2415	85	0.2159	450	31.63815	99.39	2481	19	0.0483
4	1100	77.3377	242.96	2390	110	0.2794	150	10.54605	33.13	2495	5	0.0127
5	1400	98.4298	309.23	2330	170	0.4318	0	0	0.00	2500	0	0.0000
6	450	31.63815	99.39	2493	7	0.0178	1300	91.3991	287.14	2280	220	0.5588
7	800	56.2456	176.70	2440	60	0.1524	950	66.79165	209.83	2354	146	0.3708
8	900	63.2763	198.79	2395	105	0.2667	600	42.1842	132.53	2391	109	0.2769
9	1100	77.3377	242.96	2310	190	0.4826	250	17.57675	55.22	2476	24	0.0610
10	1300	91.3991	287.14	2280	220	0.5588	0	0	0.00	2500	0	0.0000
11	400	28.1228	88.35	2487	13	0.0330	1400	98.4298	309.23	2293	207	0.5258
12	600	42.1842	132.53	2453	47	0.1194	1000	70.307	220.88	2354	146	0.3708
13	800	56.2456	176.70	2410	90	0.2286	750	52.73025	165.66	2402	98	0.2489
14	1100	77.3377	242.96	2361	139	0.3531	300	21.0921	66.26	2487	13	0.0330
15	1400	98.4298	309.23	2293	207	0.5258	0	0	0.00	2500	0	0.0000
16	400	28.1228	88.35	2481	19	0.0483	1400	98.4298	309.23	2215	285	0.7239
17	650	45.69955	143.57	2410	90	0.2286	850	59.76095	187.74	2297	203	0.5156
18	850	59.76095	187.74	2354	146	0.3708	500	35.1535	110.44	2344	156	0.3962
19	1000	70.307	220.88	2291	209	0.5309	150	10.54605	33.13	2481	19	0.0483
20	1400	98.4298	309.23	2215	285	0.7239	0	0	0.00	2500	0	0.0000
21	450	31.63815	99.39	2477	23	0.0584	1400	98.4298	309.23	2235	265	0.6731
22	600	42.1842	132.53	2405	95	0.2413	900	63.2763	198.79	2293	207	0.5258
23	900	63.2763	198.79	2368	132	0.3353	500	35.1535	110.44	2341	159	0.4039
24	1100	77.3377	242.96	2291	209	0.5309	250	17.57675	55.22	2424	76	0.1930
25	1400	98.4298	309.23	2235	265	0.6731	0	0	0.00	2500	0	0.0000
26	400	28.1228	88.35	2480	20	0.0508	1400	98.4298	309.23	2231	269	0.6833
27	800	56.2456	176.70	2421	79	0.2007	950	66.79165	209.83	2305	195	0.4953
28	1000	70.307	220.88	2377	123	0.3124	700	49.2149	154.61	2384	116	0.2946
29	1200	84.3684	265.05	2305	195	0.4953	250	17.57675	55.22	2456	44	0.1118
30	1400	98.4298	309.23	2231	269	0.6833	0	0	0.00	2500	0	0.0000
31	350	24.60745	77.31	2491	9	0.0229	1300	91.3991	287.14	2293	207	0.5258
32	500	35.1535	110.44	2451	49	0.1245	900	63.2763	198.79	2369	131	0.3327
33	800	56.2456	176.70	2402	98	0.2489	600	42.1842	132.53	2413	87	0.2210
34	950	66.79165	209.83	2361	139	0.3531	200	14.0614	44.18	2480	20	0.0508
35	1300	91.3991	287.14	2293	207	0.5258	0	0	0.00	2500	0	0.0000
36	400	28.1228	88.35	2485	15	0.0381	1400	98.4298	309.23	2203	297	0.7544
37	650	45.69955	143.57	2410	90	0.2286	1050	73.82235	231.92	2295	205	0.5207
38	800	56.2456	176.70	2324	176	0.4470	700	49.2149	154.61	2334	166	0.4216
39	1150	80.85305	254.01	2291	209	0.5309	200	14.0614	44.18	2456	44	0.1118
40	1400	98.4298	309.23	2203	297	0.7544	0	0	0.00	2500	0	0.0000
41	350	24.60745	77.31	2479	21	0.0533	1350	94.91445	298.18	2201	299	0.7595
42	600	42.1842	132.53	2411	89	0.2261	900	63.2763	198.79	2290	210	0.5334
43	850	59.76095	187.74	2331	169	0.4293	650	45.69955	143.57	2341	159	0.4039
44	1150	80.85305	254.01	2291	209	0.5309	200	14.0614	44.18	2466	34	0.0864
45	1350	94.91445	298.18	2201	299	0.7595	0	0	0.00	2500	0	0.0000
46	450	31.63815	99.39	2486	14	0.0356	1400	98.4298	309.23	2286	214	0.5436
47	650	45.69955	143.57	2417	83	0.2108	950	66.79165	209.83	2347	153	0.3886
48	900	63.2763	198.79	2391	109	0.2769	400	28.1228	88.35	2415	85	0.2159
49	1200	84.3684	265.05	2334	166	0.4216	150	10.54605	33.13	2491	9	0.0229
50	1400	98.4298	309.23	2286	214	0.5436	0	0	0.00	2500	0	0.0000
51	300	21.0921	66.26	2482	18	0.0457	1400	98.4298	309.23	2215	285	0.7239
52	600	42.1842	132.53	2409	91	0.2311	1100	77.3377	242.96	2289	211	0.5359
53	850	59.76095	187.74	2375	125	0.3175	700	49.2149	154.61	2365	135	0.3429
54	1250	87.88375	276.09	2298	202	0.5131	350	24.60745	77.31	2442	58	0.1473
55	1400	98.4298	309.23	2215	285	0.7239	0	0	0.00	2500	0	0.0000
56	450	31.63815	99.39	2479	21	0.0533	1400	98.4298	309.23	2269	231	0.5867
57	750	52.73025	165.66	2421	79	0.2007	950	66.79165	209.83	2356	144	0.3658
58	950	66.79165	209.83	2378	122	0.3099	600	42.1842	132.53	2421	79	0.2007
59	1100	77.3377	242.96	2305	195	0.4953	100	7.0307	22.09	2488	12	0.0305
60	1400	98.4298	309.23	2269	231	0.5867	0	0	0.00	2500	0	0.0000
61	450	31.63815	99.39	2477	23	0.0584	1400	98.4298	309.23	2203	297	0.7544
62	600	42.1842	132.53	2404	96	0.2438	900	63.2763	198.79	2303	197	0.5004
63	950	66.79165	209.83	2341	159	0.4039	550	38.66885	121.48	2387	113	0.2870
64	1150	80.85305	254.01	2293	207	0.5258	200	14.0614	44.18	2477	23	0.0584
65	1400	98.4298	309.23	2203	297	0.7544	0	0	0.00	2500	0	0.0000
66	350	24.60745	77.31	2487	13	0.0330	1200	84.3684	265.05	2266	234	0.5944
67	600	42.1842	132.53	2410	90	0.2286	1000	70.307	220.88	2322	178	0.4521
68	850	59.76095	187.74	2354	146	0.3708	850	59.76095	187.74	2390	110	0.2794
69	1150	80.85305	254.01	2301	199	0.5055	500	35.1535	110.44	2466	34	0.0864
70	1400	98.4298	309.23	2266	234	0.5944	0	0	0.00	2500	0	0.0000
71	450	31.63815	99.39	2479	21	0.0533	1000	70.307	220.88	2315	185	0.4699
72	850	59.76095	187.74	2394	106	0.2692	600	42.1842	132.53	2415	85	0.2159
73	1000	70.307	220.88	2315	185	0.4699	350	24.60745	77.31	2500	0	0.0000

Tabla 8: Resultados del ensayo para la Viga CF 0.40



<b>n° Ciclos</b>	<b>M (kg.cm)</b>	<b>δ (kg/cm2)</b>	<b>δ PSI</b>
0	0.000	0.000	0.00
1	901.910	1.353	19.24
2	1288.443	1.933	27.49
3	2190.353	3.286	46.73
4	2834.575	4.252	60.48
5	3607.641	5.411	76.97
6	1159.599	1.739	24.74
7	2061.509	3.092	43.98
8	2319.198	3.479	49.48
9	2834.575	4.252	60.48
10	3349.952	5.025	71.47
11	1030.754	1.546	21.99
12	1546.132	2.319	32.99
13	2061.509	3.092	43.98
14	2834.575	4.252	60.48
15	3607.641	5.411	76.97
16	1030.754	1.546	21.99
17	1674.976	2.512	35.74
18	2190.353	3.286	46.73
19	2576.886	3.865	54.98
20	3607.641	5.411	76.97
21	1159.599	1.739	24.74
22	1546.132	2.319	32.99
23	2319.198	3.479	49.48
24	2834.575	4.252	60.48
25	3607.641	5.411	76.97
26	1030.754	1.546	21.99
27	2061.509	3.092	43.98
28	2576.886	3.865	54.98
29	3092.263	4.638	65.97
30	3607.641	5.411	76.97
31	901.910	1.353	19.24
32	1288.443	1.933	27.49
33	2061.509	3.092	43.98
34	2448.042	3.672	52.23
35	3349.952	5.025	71.47
36	1030.754	1.546	21.99
37	1674.976	2.512	35.74
38	2061.509	3.092	43.98
39	2963.419	4.445	63.22
40	3607.641	5.411	76.97
41	901.910	1.353	19.24
42	1546.132	2.319	32.99
43	2190.353	3.286	46.73
44	2963.419	4.445	63.22
45	3478.796	5.218	74.22
46	1159.599	1.739	24.74
47	1674.976	2.512	35.74
48	2319.198	3.479	49.48
49	3092.263	4.638	65.97
50	3607.641	5.411	76.97
51	773.066	1.160	16.49
52	1546.132	2.319	32.99
53	2190.353	3.286	46.73
54	3221.108	4.832	68.72
55	3607.641	5.411	76.97
56	1159.599	1.739	24.74
57	1932.665	2.899	41.23
58	2448.042	3.672	52.23
59	2834.575	4.252	60.48
60	3607.641	5.411	76.97
61	1159.599	1.739	24.74
62	1546.132	2.319	32.99
63	2448.042	3.672	52.23
64	2963.419	4.445	63.22
65	3607.641	5.411	76.97
66	901.910	1.353	19.24
67	1546.132	2.319	32.99
68	2190.353	3.286	46.73
69	2963.419	4.445	63.22
70	3607.641	5.411	76.97
71	1159.599	1.739	24.74
72	2190.353	3.286	46.73
73	2576.886	3.865	54.98

**Tabla 9: Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento CF 0.40**



ENSAYO VIGA SF 0.50												
n° Ciclos	Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Carga (kg)	desplazamiento (mm)-Carga			Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Descarga (kg)	desplazamiento (mm)-Descarga		
				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)
0	0	0	0.00	2500	0	0.0000	1400	98.4298	309.23	2210	290	0.7366
1	300	21.0921	66.26	2482	18	0.0457	1000	70.307	220.88	2290	210	0.5334
2	600	42.1842	132.53	2405	95	0.2413	750	52.73025	165.66	2345	155	0.3937
3	950	66.79165	209.83	2355	145	0.3683	400	28.1228	88.35	2417	83	0.2108
4	1100	77.3377	242.96	2291	209	0.5309	150	10.54605	33.13	2490	10	0.0254
5	1400	98.4298	309.23	2210	290	0.7366	0	0	0.00	2500	0	0.0000
6	300	21.0921	66.26	2491	9	0.0229	1350	94.91445	298.18	2201	299	0.7595
7	650	45.69955	143.57	2416	84	0.2134	950	66.79165	209.83	2276	224	0.5690
8	850	59.76095	187.74	2324	176	0.4470	600	42.1842	132.53	2356	144	0.3658
9	1000	70.307	220.88	2264	236	0.5994	350	24.60745	77.31	2475	25	0.0635
10	1350	94.91445	298.18	2201	299	0.7595	0	0	0.00	2500	0	0.0000
11	300	21.0921	66.26	2477	23	0.0584	1400	98.4298	309.23	2251	249	0.6325
12	650	45.69955	143.57	2411	89	0.2261	1000	70.307	220.88	2315	185	0.4699
13	950	66.79165	209.83	2348	152	0.3861	650	45.69955	143.57	2402	98	0.2489
14	1100	77.3377	242.96	2303	197	0.5004	250	17.57675	55.22	2481	19	0.0483
15	1400	98.4298	309.23	2251	249	0.6325	0	0	0.00	2500	0	0.0000
16	400	28.1228	88.35	2477	23	0.0584	1400	98.4298	309.23	2277	223	0.5664
17	750	52.73025	165.66	2411	89	0.2261	950	66.79165	209.83	2355	145	0.3683
18	900	63.2763	198.79	2384	116	0.2946	650	45.69955	143.57	2421	79	0.2007
19	1150	80.85305	254.01	2301	199	0.5055	300	21.0921	66.26	2491	9	0.0229
20	1400	98.4298	309.23	2277	223	0.5664	0	0	0.00	2500	0	0.0000
21	400	28.1228	88.35	2485	15	0.0381	1400	98.4298	309.23	2279	221	0.5613
22	600	42.1842	132.53	2415	85	0.2159	1100	77.3377	242.96	2344	156	0.3962
23	850	59.76095	187.74	2369	131	0.3327	850	59.76095	187.74	2398	102	0.2591
24	1150	80.85305	254.01	2302	198	0.5029	400	28.1228	88.35	2451	49	0.1245
25	1400	98.4298	309.23	2279	221	0.5613	0	0	0.00	2500	0	0.0000
26	350	24.60745	77.31	2478	22	0.0559	1350	94.91445	298.18	2214	286	0.7264
27	600	42.1842	132.53	2406	94	0.2388	1000	70.307	220.88	2302	198	0.5029
28	850	59.76095	187.74	2367	133	0.3378	650	45.69955	143.57	2381	119	0.3023
29	1000	70.307	220.88	2296	204	0.5182	250	17.57675	55.22	2466	34	0.0864
30	1350	94.91445	298.18	2214	286	0.7264	0	0	0.00	2500	0	0.0000
31	350	24.60745	77.31	2482	18	0.0457	1000	70.307	220.88	2302	198	0.5029
32	600	42.1842	132.53	2411	89	0.2261	700	49.2149	154.61	2379	121	0.3073
33	900	63.2763	198.79	2371	129	0.3277	350	24.60745	77.31	2439	61	0.1549
34	1000	70.307	220.88	2302	198	0.5029	0	0	0.00	2500	0	0.0000

Tabla 10: Resultados del ensayo para la Viga SF 0.50



<b>n° Ciclos</b>	<b>M (kg.cm)</b>	<b><math>\delta</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\delta</math> PSI</b>
0	0.000	0.000	0.00
1	773.066	1.160	16.49
2	1546.132	2.319	32.99
3	2448.042	3.672	52.23
4	2834.575	4.252	60.48
5	3607.641	5.411	76.97
6	773.066	1.160	16.49
7	1674.976	2.512	35.74
8	2190.353	3.286	46.73
9	2576.886	3.865	54.98
10	3478.796	5.218	74.22
11	773.066	1.160	16.49
12	1674.976	2.512	35.74
13	2448.042	3.672	52.23
14	2834.575	4.252	60.48
15	3607.641	5.411	76.97
16	1030.754	1.546	21.99
17	1932.665	2.899	41.23
18	2319.198	3.479	49.48
19	2963.419	4.445	63.22
20	3607.641	5.411	76.97
21	1030.754	1.546	21.99
22	1546.132	2.319	32.99
23	2190.353	3.286	46.73
24	2963.419	4.445	63.22
25	3607.641	5.411	76.97
26	901.910	1.353	19.24
27	1546.132	2.319	32.99
28	2190.353	3.286	46.73
29	2576.886	3.865	54.98
30	3478.796	5.218	74.22
31	901.910	1.353	19.24
32	1546.132	2.319	32.99
33	2319.198	3.479	49.48
34	2576.886	3.865	54.98

**Tabla 11: Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento Viga SF 0.50**



<b>ENSAYO VIGA CF 0.50</b>												
n° Ciclos	Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Carga (kg)	desplazamiento (mm)-Carga			Esfuerzo (psi)	Esfuerzo (kg/cm2)	Descarga (kg)	desplazamiento (mm)-Descarga		
				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)				Des. Defor	Des. Abs	Δ (mm)
0	0	0	0.00	2500	0	0.0000	1400	98.4298	309.23	2203	297	0.7544
1	450	31.63815	99.39	2485	15	0.0381	1000	70.307	220.88	2290	210	0.5334
2	700	49.2149	154.61	2406	94	0.2388	800	56.2456	176.70	2356	144	0.3658
3	950	66.79165	209.83	2349	151	0.3835	650	45.69955	143.57	2415	85	0.2159
4	1150	80.85305	254.01	2272	228	0.5791	200	14.0614	44.18	2492	8	0.0203
5	1400	98.4298	309.23	2203	297	0.7544	0	0	0.00	2500	0	0.0000
6	350	24.60745	77.31	2490	10	0.0254	1400	98.4298	309.23	2201	299	0.7595
7	700	49.2149	154.61	2421	79	0.2007	1100	77.3377	242.96	2284	216	0.5486
8	900	63.2763	198.79	2346	154	0.3912	750	52.73025	165.66	2346	154	0.3912
9	1200	84.3684	265.05	2293	207	0.5258	300	21.0921	66.26	2379	121	0.3073
10	1400	98.4298	309.23	2201	299	0.7595	0	0	0.00	2500	0	0.0000
11	350	24.60745	77.31	2487	13	0.0330	1400	98.4298	309.23	2187	313	0.7950
12	500	35.1535	110.44	2432	68	0.1727	950	66.79165	209.83	2244	256	0.6502
13	850	59.76095	187.74	2266	234	0.5944	550	38.66885	121.48	2305	195	0.4953
14	1150	80.85305	254.01	2202	298	0.7569	350	24.60745	77.31	2469	31	0.0787
15	1400	98.4298	309.23	2187	313	0.7950	0	0	0.00	2500	0	0.0000
16	350	24.60745	77.31	2481	19	0.0483	1400	98.4298	309.23	2200	300	0.7620
17	600	42.1842	132.53	2391	109	0.2769	900	63.2763	198.79	2287	213	0.5410
18	850	59.76095	187.74	2309	191	0.4851	550	38.66885	121.48	2366	134	0.3404
19	950	66.79165	209.83	2244	256	0.6502	200	14.0614	44.18	2477	23	0.0584
20	1300	91.3991	287.14	2200	300	0.7620	0	0	0.00	2500	0	0.0000
21	350	24.60745	77.31	2491	9	0.0229	1400	98.4298	309.23	2289	211	0.5359
22	550	38.66885	121.48	2425	75	0.1905	950	66.79165	209.83	2347	153	0.3886
23	900	63.2763	198.79	2387	113	0.2870	650	45.69955	143.57	2456	44	0.1118
24	1200	84.3684	265.05	2337	163	0.4140	300	21.0921	66.26	2497	3	0.0076
25	1400	98.4298	309.23	2289	211	0.5359	0	0	0.00	2500	0	0.0000
26	300	21.0921	66.26	2487	13	0.0330	1400	98.4298	309.23	2289	211	0.5359
27	650	45.69955	143.57	2434	66	0.1676	1000	70.307	220.88	2329	171	0.4343
28	850	59.76095	187.74	2379	121	0.3073	700	49.2149	154.61	2391	109	0.2769
29	1050	73.82235	231.92	2304	196	0.4978	350	24.60745	77.31	2477	23	0.0584
30	1400	98.4298	309.23	2289	211	0.5359	0	0	0.00	2500	0	0.0000
31	250	17.57675	55.22	2490	10	0.0254	1400	98.4298	309.23	2215	285	0.7239
32	500	35.1535	110.44	2410	90	0.2286	1050	73.82235	231.92	2298	202	0.5131
33	800	56.2456	176.70	2355	145	0.3683	750	52.73025	165.66	2350	150	0.3810
34	1000	70.307	220.88	2298	202	0.5131	500	35.1535	110.44	2468	32	0.0813
35	1400	98.4298	309.23	2215	285	0.7239	0	0	0.00	2500	0	0.0000
36	350	24.60745	77.31	2482	18	0.0457	1400	98.4298	309.23	2206	294	0.7468
37	600	42.1842	132.53	2414	86	0.2184	1150	80.85305	254.01	2278	222	0.5639
38	900	63.2763	198.79	2344	156	0.3962	750	52.73025	165.66	2359	141	0.3581
39	1100	77.3377	242.96	2291	209	0.5309	450	31.63815	99.39	2417	83	0.2108
40	1400	98.4298	309.23	2206	294	0.7468	0	0	0.00	2500	0	0.0000
41	400	28.1228	88.35	2468	32	0.0813	1100	77.3377	242.96	2278	222	0.5639
42	750	52.73025	165.66	2389	111	0.2819	650	45.69955	143.57	2338	162	0.4115
43	900	63.2763	198.79	2306	194	0.4928	250	17.57675	55.22	2390	110	0.2794
44	1100	77.3377	242.96	2278	222	0.5639	0	0	0.00	2500	0	0.0000

Tabla 12: Resultados del ensayo para la Viga CF 0.50



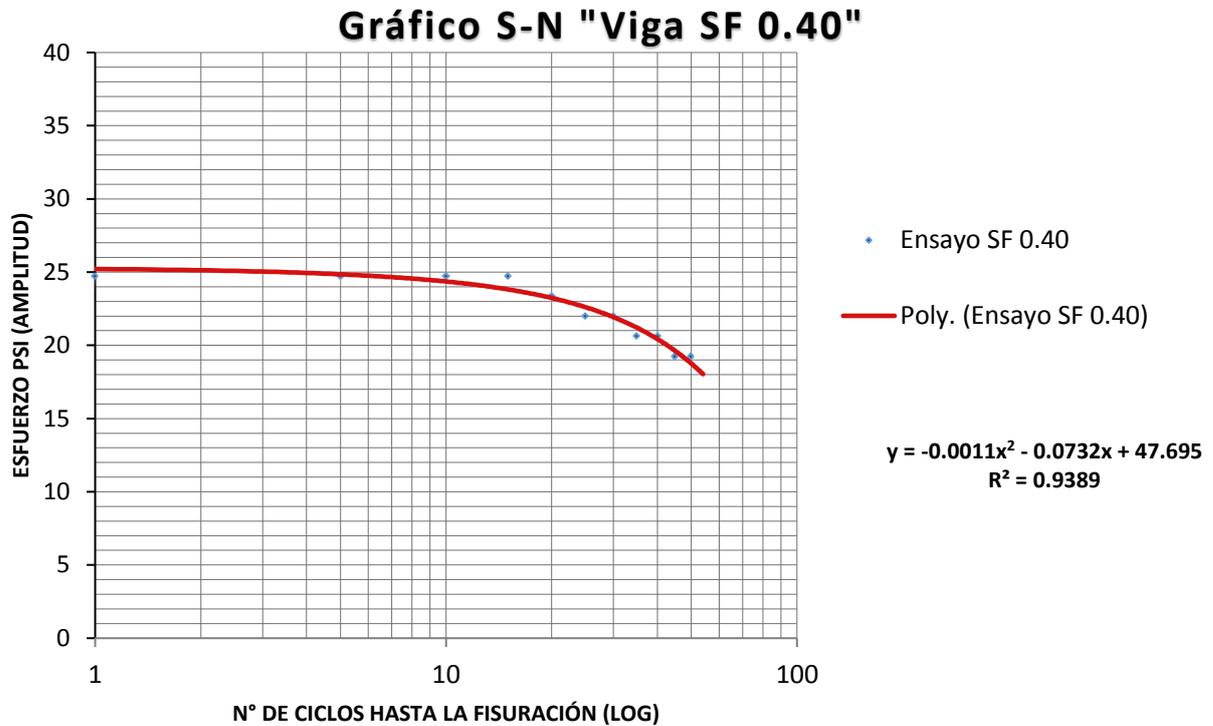
n° Ciclos	M (kg.cm)	$\delta$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\delta$ PSI
0	0.000	0.000	0.00
1	1159.599	1.739	24.74
2	1803.820	2.706	38.48
3	2448.042	3.672	52.23
4	2963.419	4.445	63.22
5	3607.641	5.411	76.97
6	901.910	1.353	19.24
7	1803.820	2.706	38.48
8	2319.198	3.479	49.48
9	3092.263	4.638	65.97
10	3607.641	5.411	76.97
11	901.910	1.353	19.24
12	1288.443	1.933	27.49
13	2190.353	3.286	46.73
14	2963.419	4.445	63.22
15	3607.641	5.411	76.97
16	901.910	1.353	19.24
17	1546.132	2.319	32.99
18	2190.353	3.286	46.73
19	2448.042	3.672	52.23
20	3349.952	5.025	71.47
21	901.910	1.353	19.24
22	1417.287	2.126	30.24
23	2319.198	3.479	49.48
24	3092.263	4.638	65.97
25	3607.641	5.411	76.97
26	773.066	1.160	16.49
27	1674.976	2.512	35.74
28	2190.353	3.286	46.73
29	2705.730	4.059	57.73
30	3607.641	5.411	76.97
31	644.222	0.966	13.74
32	1288.443	1.933	27.49
33	2061.509	3.092	43.98
34	2576.886	3.865	54.98
35	3607.641	5.411	76.97
36	901.910	1.353	19.24
37	1546.132	2.319	32.99
38	2319.198	3.479	49.48
39	2834.575	4.252	60.48
40	3607.641	5.411	76.97
41	1030.754	1.546	21.99
42	1932.665	2.899	41.23
43	2319.198	3.479	49.48
44	2834.575	4.252	60.48

**Tabla 13: Número de Ciclos hasta la microfisuración y Momento Viga CF 0.50**

## CAPITULO V

### ANALISIS DE RESULTADOS

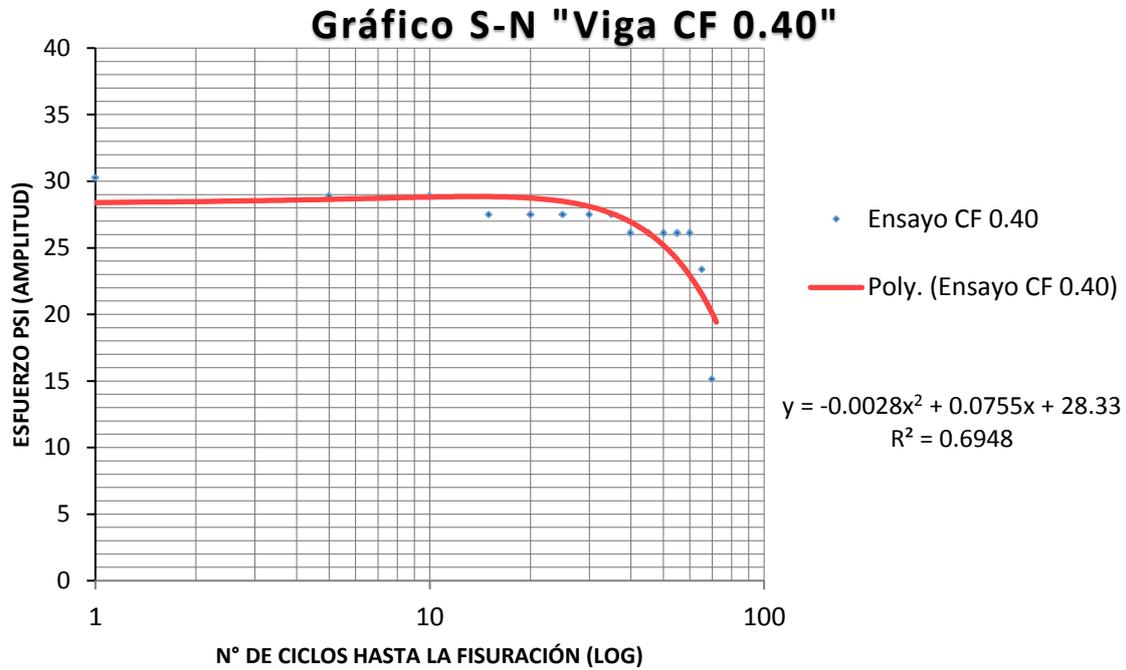
#### ENSAYO VIGA **SF 0.40**



**Gráfico 1: Curva S-N Fatiga  
VIGA SIN FIBRAS DE POLIPROPILENO (VIGA SF 0.40)  
RELACION AGUA- CEMENTO 0.40**

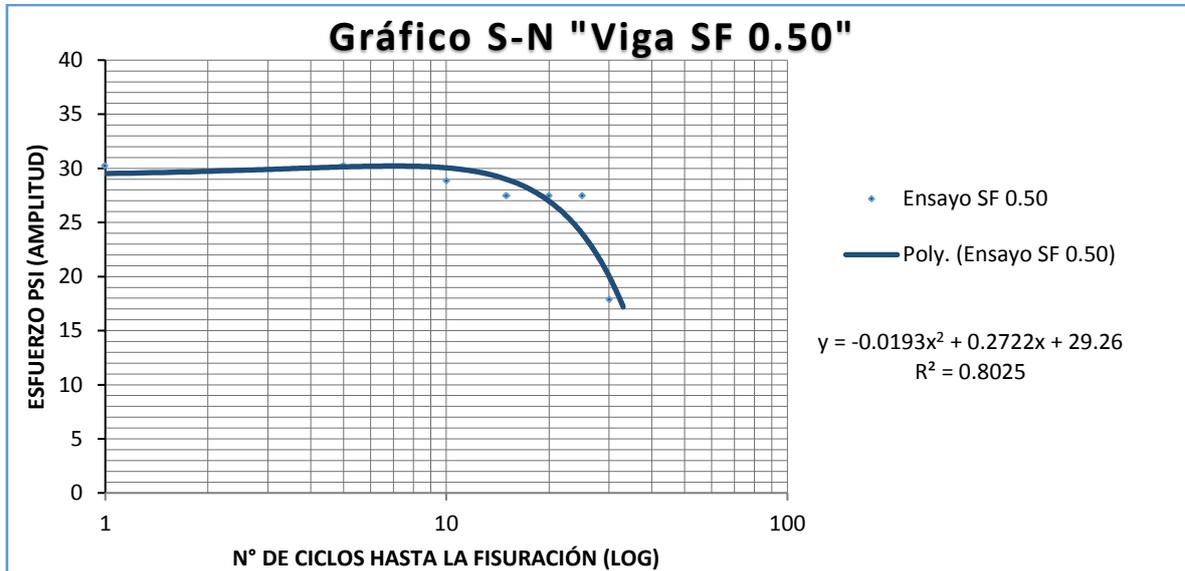
El número de ciclos hasta la microfisuración de esta probeta SF 0.40 fue de 55 ciclos. El gráfico muestra una tendencia polinómica decreciente, que se puede interpretar como la pérdida simultánea de resistencia del concreto y que estas fisuras pueden llegar a crecer conforme va aumentando el número de ciclos de carga.

En comparación con otros modelos de fatiga, nuestra investigación obtuvo valores de ciclos de carga muy bajos hasta llegar a la microfisuración, no obstante, la tendencia muestra una aproximación cercana a modelos computarizados más exactos.

**ENSAYO VIGA CF 0.40**

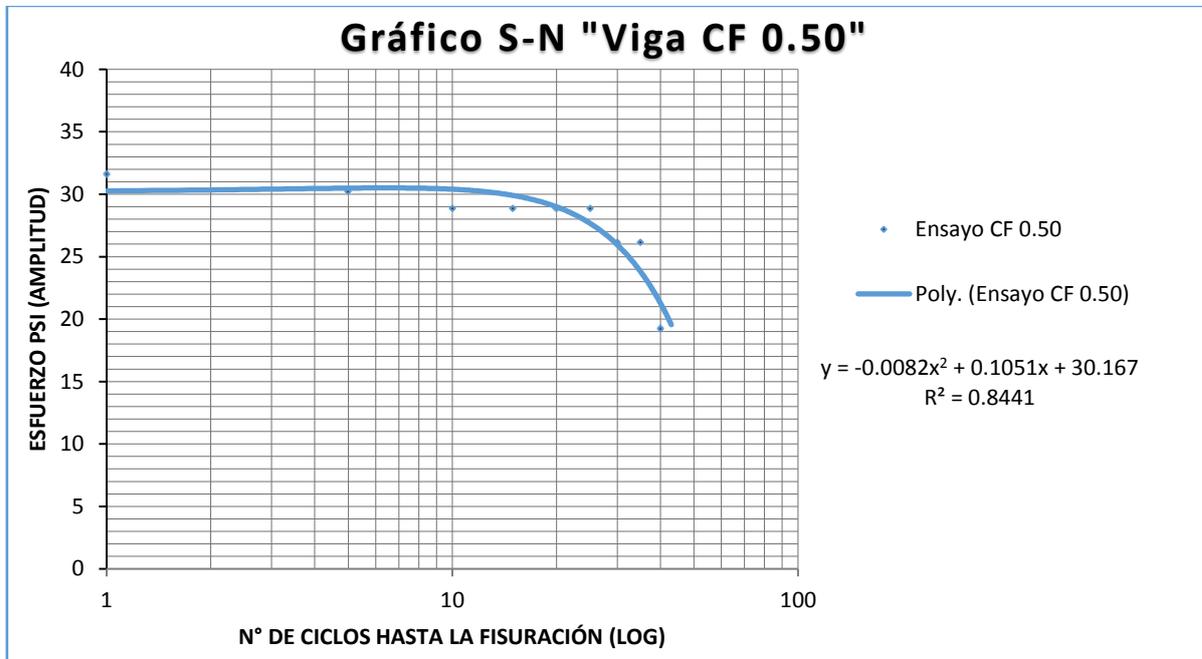
**Gráfico 2: Curva S-N Fatiga  
VIGA CON FIBRAS DE POLIPROPILENO (VIGA CF 0.40)  
RELACION AGUA- CEMENTO 0.40**

El gráfico S-N de ésta probeta con fibras de polipropileno (CF 0.40) muestra que el número de ciclos hasta la fisuración se incrementó a 73 ciclos con respecto de la probeta sin fibras de polipropileno (SF 0.40), mostrando así que dichas fibras influyen positivamente en el proceso de microfisuración al soportar mayor número de ciclos.

**ENSAYO VIGA SF 0.50**

**Gráfico 3: Curva S-N Fatiga  
VIGA SIN FIBRAS DE POLIPROPILENO (VIGA SF 0.50)  
RELACION AGUA- CEMENTO 0.50**

El gráfico S-N para ésta probeta sin fibras de polipropileno (SF 0.50) obtuvo 34 ciclos de aplicaciones de carga, se ve un descenso en el número de ciclos hasta la fisuración con respecto de las probetas preparadas con relación agua cemento  $a/c=0.40$ .

**ENSAYO VIGA *CF 0.50***

**Gráfico 4: Curva S-N Fatiga  
VIGA CON FIBRAS DE POLIPROPILENO (VIGA CF 0.50)  
RELACION AGUA- CEMENTO 0.50**

Para esta probeta con fibras de polipropileno y relación agua- cemento a/c=0.50 (CF 0.50) se obtuvo un número de ciclos de 44, hubo un incremento respecto de la probeta SF 0.50, con lo que podemos decir que al utilizar fibras la vida a la fatiga aumenta y se reduce el riesgo de aparición de fisuras en el concreto.

### Gráfico S-N Comparativo

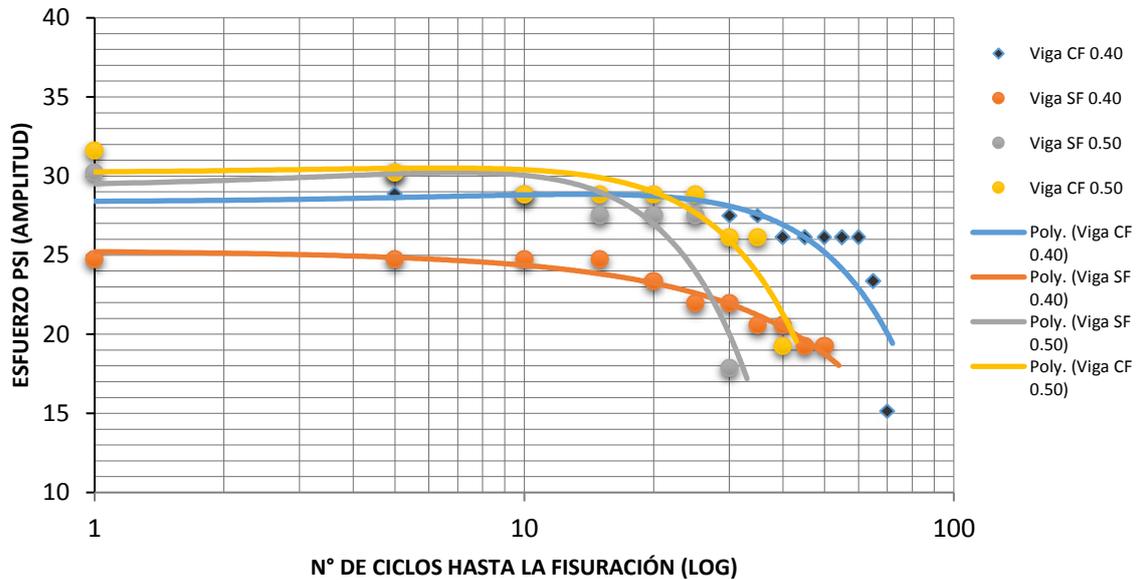


Gráfico 5: Curva S-N Comparativa de los 4 ensayos

Del gráfico comparativo podemos observar que el número de ciclos hasta la fisuración para las probetas preparadas con fibras de polipropileno CF 0.40 y CF 0.50 aumentaron por lo que resistencia a la fatiga aumenta con el uso de estas fibras.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

- Con la cantidad de 1000gr/m<sup>3</sup> de fibras de polipropileno en la preparación de concreto con relación agua-cemento 0.40 y ensayadas a los 28 días de edad resistió 73 ciclos presentando un aumento en el número de ciclos de 32.73% con respecto a un concreto sin fibras de polipropileno, el cual resistió 55 ciclos permitiendo que la resistencia del concreto a la fatiga se incremente.
- Con la cantidad de 1000gr/m<sup>3</sup> de fibras de polipropileno en la preparación de concreto con relación agua-cemento 0.50 y ensayadas a los 28 días de edad resistió 44 ciclos presentando un aumento en el número de ciclos de 29.41% con respecto a un concreto sin fibras de polipropileno, el cual resistió 34 ciclos hasta la fisuración.
- Las curvas S-N (Esfuerzo – N° de ciclos) muestran una línea de tendencia decreciente para las 4 probetas ensayadas, lo cual muestra una pérdida simultánea de la resistencia a la fatiga y además la propagación de las fisuras conforme aumenta el número de ciclos de carga.
- El número de ciclos de carga y descarga que un concreto es capaz de resistir antes de fisurarse depende directamente del nivel de esfuerzos de tensión máximo aplicado, de manera que conforme disminuyen los esfuerzos se incrementa el número de ciclos de carga aplicados que el concreto puede soportar.



## **CAPITULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Es necesario que se realice una adecuada dosificación de mezclas, para que de esta manera el concreto tenga una óptima resistencia y no se presenten futuros problemas.
- Se recomienda agregar la fibra en planta o a pie de obra directamente a la mezcla de concreto, no disolver en el agua. Una vez añadido la fibra basta con prolongar el mezclado unos minutos para que la fibra se distribuya de manera uniforme en la matriz.
- Para dosis de fibra de polipropileno mayores a la que se empleó de 1000gr/m<sup>3</sup> en la investigación se recomienda el uso de aditivo plastificante, para poder mejorar su consistencia.
- Revisar constantemente la hidrolina de la gata hidráulica para asegurar que la medición de la presión sea más precisa y no varíen mucho dichas mediciones
- Se recomienda realizar ensayos previos a fin de prever todo tipo de inconvenientes.
- Continuar la línea de investigación, mejorando lo realizado y dando propuestas innovadoras con la finalidad de ampliar el conocimiento.



## **CAPITULO VIII**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- ✓ ABANTO CASTILLO, F. Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas), Primera Edición. Lima, Marcos Editorial.
  
- ✓ ALBIOL, J. Investigación de Hormigones de Alta Resistencia y Prestaciones. Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil. Valencia, pp. 30 -70.
  
- ✓ MEDINA, H. Concreto reforzado con fibras de polipropileno y la influencia de la ductilidad de la fibra sobre la fragilidad y el efecto tamaño de la fibra, grupo de Estructuras y Escuela Superior de Ingenieros, Sevilla, 2007, pp.215-220.
  
- ✓ IMCEC, El concreto en la obra: problemas, causas y soluciones, Revista Mensual del Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, México DF, 2007, PP.60-68
  
- ✓ BELTRAN, L. Concreto reforzado con fibras de polipropileno, Tesis de Grado de la Escuela Politécnica Nacional, Quito, 1986, pp.6-62.



# CAPITULO IX

## ANEXOS

- FICHA TECNICA DEL CEMENTO USADO “PORTLAND TIPO MS”



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro.160 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 8000



SGC-REG-06-G0062  
Versión 01

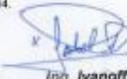
**CEMENTO ANTISALITRE** NUEVA FÓRMULA *FORTIMAX3*

**Cemento Portland Tipo MS(MH)(R)**

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157  
Pacasmayo, 13 de febrero 2015.

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	5	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	4800	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	5.5	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.94	NO ESPECIFICA
<b>Resistencia Compresión :</b>			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	23.2 (237)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	32.2 (328)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm <sup>2</sup> )	43.2 (440)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat :</b>			
Fraguado Inicial	min	174	Mínimo 45
Fraguado Final	min	329	Máximo 420
<b>Expansión Barra de Mortero a 14 días</b>			
Expansión Barra de Mortero a 14 días	%	0.004	Máximo 0.020
<b>Expansión por Sulfato a 6 meses</b>			
Expansión por Sulfato a 6 meses	%	0.04	Máximo 0.10
<b>Calor de Hidratación a 7 días</b>			
Calor de Hidratación a 7 días	kcal/kg	67	Máximo 70
<b>Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-silíceo reactivos</b>			
Expansión a 14 días	%	0.005	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.016	Máximo 0.060

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-01-2015 al 31-01-2015.  
La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de diciembre 2014.  
La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de diciembre 2014.  
La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de julio 2014.  
El calor de hidratación corresponde al mes de diciembre 2014.  
Opción R corresponden al mes de noviembre 2014.  
(\*) Requisito opcional.



**Ing. Ivanoff Rojas**  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : **Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

**• FICHA TECNICA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO SIKA**

  
**BUILDING TRUST**

## HOJA TÉCNICA

# Sika® Fiber Force PP-65

---

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

---

<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	<p>Sika® Fiber Force PP 65, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada para el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a permitir un área de contacto de mayor superficie dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP 65 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.</p>
---------------------------------	---

<b>USOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Losas industriales sobre el piso, trafico ligero, medio o pesado.</li><li>▪ Áreas para estacionamiento.</li><li>▪ Elementos Pre fabricados.</li><li>▪ Pavimentos de concreto trafico ligero, medio o pesado.</li><li>▪ Plataformas compuestas de metal y concreto.</li><li>▪ Aceras y entradas de automóviles.</li><li>▪ Capas superpuestas y coberturas.</li><li>▪ Aplicaciones no magnéticas.</li><li>▪ Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.</li></ul>
-------------	--

<b>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.</li><li>▪ No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.</li><li>▪ Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.</li></ul>
-----------------------------------	---

---

Hoja Técnica  
Sika® Fiber Force PP-65  
21.11.14, Edición 1



- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

**DATOS BÁSICOS**

<b>FORMA</b>	<b>ASPECTO</b> Fibra monofilamento deformada mecánicamente. <b>COLORES</b> Blanco <b>PRESENTACIÓN</b> Caja x 5 kg
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.
<b>NORMAS</b>	Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado.</li> <li>▪ ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.</li> <li>▪ ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras.</li> <li>▪ ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete.</li> <li>▪ ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018.</li> <li>▪ ASTM C 1550 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.)</li> <li>▪ JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14.</li> <li>▪ EFNARC panel cuadrado-2005</li> <li>▪ ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto.</li> <li>▪ ACI 506 Guía para Shotcrete.</li> <li>▪ EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.</li> </ul>

Hoja Técnica  
Sika® Fiber Force PP-65  
21.11.14, Edición 1



**DATOS TÉCNICOS****ABSORCIÓN DE AGUA**

0%

**GRAVEDAD ESPECÍFICA**

0.92

**LARGO DE LA FIBRA**

65 mm

**ANCHO DE LA FIBRA**

1.2855 mm

**ESPESOR DE LA FIBRA**

0.3325 mm

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN**

620 Mpa

**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

Baja

**FIBRAS POR KILO**

26,000 unidades +/- 3%

**PUNTO DE FUSIÓN**

440 °C

**PUNTO DE ABLANDAMIENTO**

170 °C

**RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS**

Alta.

**COMPATIBILIDAD**

Sika® Fiber Force PP-65 es compatible con todos los aditivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP 65 para reemplazar refuerzos estructurales.

**PRECAUCIONES**

No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP- 65 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.

**INFORMACIÓN DEL SISTEMA****METODO DE APLICACION****MODO DE EMPLEO**

Se agrega, en planta o a pie de obra, directamente a la mezcla de concreto o mortero. Una vez añadido el SikaFiber® PE, basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. No disolver en el agua de amasado.

**DOSIFICACIÓN**

El SikaFiber® PE se empleará para todo tipo de concretos:

- Hasta  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ , utilizar 600 g de SikaFiber® PE por m3 de concreto.
- Para concretos de alta resistencia, mayores a  $f'c = 300 \text{ kg/m}^2$ , utilizar 1 kg de SikaFiber® PE por m3 de concreto.
- Para mezclas de shotcrete, utilizar de 2 a 8 kg de SikaFiber® PE por m3 de concreto.





	<b>ACABADO</b> Se puede dar un acabado al concreto reforzado con Sika® Fiber Force PP 65 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.
<b>BASES</b>	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.
<b>RESTRICCIONES LOCALES</b>	Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.
<b>INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE</b>	Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.
<b>NOTAS LEGALES</b>	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a> .

Hoja Técnica  
Sika® Fiber Force PP-65  
21.11.14, Edición 1

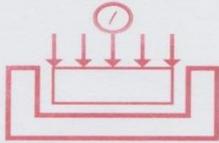
5/5

BUILDING TRUST





- ENSAYO DE LABORATORIO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO PARA LAS PROBETAS SF0.40, CF0.40, SF0.50 Y CF0.50.



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

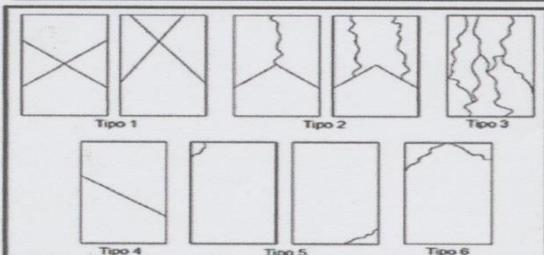
## ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO (f'c) (NTP 339.034)

TESIS: INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LA MICROFISURACION POR FATIGA DEL CONCRETO FABRICADO CON RELACION AGUA - CEMENTO 0.40 Y 0.50 Y CEMENTO PORTLAND TIPO MS  
 SOLICITA: ANA MENDO TISNADO / CRISTIAN ROJAS CUEVA  
 UBICACIÓN: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 FECHA: TRUJILLO, 16 DE MAYO DEL 2017

Numero de Testigo	1	2	3	4
Estructura o Identificación	Probetas a/c=0.40 con fibra	Probetas a/c=0.40 sin fibra	Probetas a/c=0.50 con fibra	Probetas a/c=0.50 sin fibra
Fecha de Vaciado	12/04/2017	12/04/2017	12/04/2017	12/04/2017
Fecha de Rotura	16/05/2017	16/05/2017	16/05/2017	16/05/2017
Edad (días)	34	34	34	34
Diámetro (cm)	10.80	10.80	10.80	10.80
Altura (cm)	20.20	20.30	20.10	20.30
Peso (kg)	4.36	4.33	4.28	4.28
Volumen (cm³)	1850.50	1859.66	1841.34	1859.66
Esbeltez	1.87	1.88	1.86	1.88
Factor de Corrección	0.99	0.99	0.99	0.99
Tipo de Falla	3	5	6	5
Peso Específico Concreto (kg/m³)	2355	2326	2327	2304
Carga Máxima (kg)	32,480.00	31,540.00	30,260.00	29,840.00
Sección Transversal (cm²)	91.61	91.61	91.61	91.61
Resistencia Diseño (kg/cm²)	-	-	-	-
Resistencia Obtenida (kg/cm²)	351.01	340.85	327.01	322.48
Resistencia Obtenida (MPa)	34.43	33.44	32.08	31.64
Porcentaje Obtenido (%)	-	-	-	-

NOTA:

LOS TESTIGOS SE ENSAYARON CON ALMOHADILLAS ELASTOMETRICAS, TANTO EN LA PARTE SUPERIOR COMO EN LA PARTE INFERIOR. (ASTM C 1231)  
 EL LABORATORIO NO HA INTERVENIDO EN LA ELABORACION NI MUESTREO DE LAS PROBETAS, SOLO SE LIMITO A REALIZAR LA ROTURA DEL TESTIGO  
 PRENSA DE CONCRETO MODELO TM12 N° SERIE: 119. LA CARGA SE APLICO A UNA VELOCIDAD CONTINUA DE: 0.25 ± 0.05 MPa/s  
 TIPOS DE FALLA (FUENTE ASTM C39):  
 TIPO 1: SE OBSERVA CUANDO SE LOGRA UNA CARGA DE COMPRESION BIEN APLICADA SOBRE UN ESPECIMEN DE PRUEBA BIEN PREPARADO.  
 TIPO 2: SE OBSERVA EN ESPECIMENES QUE PRESENTAN UNA CARA DE APLICACIÓN DE CARGA CONVEXA Y/O POR DEFICIENCIAS DEL MATERIAL DE CABECEO, RUGOSIDADES EN EL PLATO CABECEADOR O PLACAS DE CARGA.  
 TIPO 3: SE OBSERVA EN ESPECIMENES QUE PRESENTAN UNA SUPERFICIE DE CARGA CONVEXA Y/O DEFICIENCIA DEL MATERIAL DE CABECEO, TAMBIEN POR CONCAVIDAD DEL PLATO DE CABECEO O CONVEXIDAD EN UNA DE LAS PLACAS DE CARGA.  
 TIPO 4: SE OBSERVA COMUNMENTE CUANDO LAS CARAS DE APLICACIÓN DE CARGA SE ENCUENTRAN EN LIMITE DE TOLERANCIA ESPECIFICADA O EXCEDIENDO ESTA.  
 TIPO 5: SE OBSERVA CUANDO SE PRODUCEN CONCENTRACIONES DE ESFUERZOS EN PUNTOS SOBRESALIENTES DE LAS CARAS DE APLICACIÓN DE CARGA, POR DEFICIENCIAS EN EL MATERIAL DE CABECEO, RUGOSIDADES EN EL PLATO CABECEADOR O PLACAS DE CARGA.  
 TIPO 6: SE OBSERVA EN ESPECIMENES QUE PRESENTAN UNA CARA DE APLICACIÓN CONCAVA Y/O POR DEFICIENCIAS EN EL MATERIAL DE CABECEO O TAMBIEN POR CONCAVIDAD EN UNA DE LAS PLACAS DE CARGA.



Resistencia Promedio del Concreto en Funcion del dia: (Valores Referenciales)

Edad (dias)	Resistencia (%)	
	Minimo	Ideal
7	55	70
14	70	85
21	80	95
28	100	115

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
 Ing. José Antonio Huertas Martell  
 CIP. 148106

Valor Ideal con Formula del ACI-208 (A-17):

$$f_{cmi} = \left[ \frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Para Cemento Tipo I:  
 a = 4.0  
 b = 0.85  
 t = Edad (dias)

Valor Minimo con Criterio del ACI:

Ninguna muestra debe tener menos de 3.5 MPa del valor característico de f'c.



• DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Diseño de Mezcla de Concreto		
Informacion Inicial		
Relación AGUA/CEMENTO	a/c=	0.40
Datos de Cantera		
Agregados		
Agregado Grueso		
Peso Especifico	2.64	
Peso Unitario Suelto	1759	kg/m3
Peso Unitario Compactado	1883	kg/m3
Contenido de Humedad	0.3	%
Porcentaje de Absorcion	2	%
Modulo de Fineza	6.06	

Agregado Fino		
Peso Especifico	2.63	
Peso Unitario Suelto	1680	kg/m3
Peso Unitario Compactado	1880	kg/m3
Contenido de Humedad	0.6	%
Porcentaje de Absorcion	3	%
Modulo de Fineza	2.9	
Cemento		
Portland Tipo Ms	ASTM	
Peso Especifico	3.15	gr/cm3
Peso /Bolsa	42.5	kg

Valores de Diseño (Según ACI)	
1. Asentamiento Maximo	4"
2. Tamaño Maximo	1/2"
3. Aire Incorporado	NO
4. Relacion a/c	0.40
5. Estimacion del Agua de Mezclado	215 lt/m3
6. Volumen Estimado del Agregado Grueso	0.54
7. Total de Aire	1%



<b>Diseño</b>			
<b>1. Factor Cemento</b>			
	F.C=	537.5	kg/m <sup>3</sup>
	Bolsas =	12.65	
<b>2. Contenido de Agregado Grueso</b>			
	Peso del A.G. seco =	1016.82	kg/m <sup>3</sup>
<b>3. Volumen Absoluto del Cemento</b>			
	V. Abs(Cemento) =	0.17	m <sup>3</sup>
<b>4. Volumen Absoluto de Agua</b>			
	V.Abs(Agua)=	0.215	m <sup>3</sup>

<b>5. Volumen Absoluto del Agregado Grueso</b>			
	V.Abs(A.G.)=	0.39	M <sup>3</sup>
<b>6. Volumen Absoluto del Aire</b>			
	V.Abs(Aire)=	0.01	
<b>Σ Volúmenes Absolutos=</b>		0.78	m <sup>3</sup>

<b>6. Contenido Agregado Fino</b>			
	V.Abs(A.F.)=	0.22	
	Peso del Agregado Fino Seco =	576.51	
<b>7. Cantidad de Materiales por m<sup>3</sup></b>			
	Cemento	537.5	kg
	Agua	215	lt
	Agregado Fino	576.51	kg
	Agregado Grueso	1016.82	kg



<b>8. Correccion por Humedad del Agregado</b>			
8.1 Peso Humedo del Agregado Fino			
	Peso Humedo (A.F.)	579.97	
8.2 Peso Humedo del Agregado Grueso			
	Peso Humedo (A.G.)	1019.87	

<b>9. Contribucion de Agua de los Agregados</b>			
9.1 Humedad Superficial de los Agregados			
Agregado Fino =	-2.4 %	-0.024	
Agregado Grueso=	-1.7 %	-0.017	
9.2 Aporte de Humedad de los Agregados			
Agregado Fino=	-13.84		
Agregado Grueso=	-17.29		
	Σ	-31.12	lt/m3
AGUA EFECTIVA	246.12		

<b>10. Cantidad de Materiales x m3</b>			
Cemento	537.5		
Agua	246.12		
Agregado Fino	579.97		
Agregado Grueso	1019.87		
<b>11. Proporciones</b>			
Cemento	1		
Agua	0.46		
Agregado Fino	1.08		
Agregado Grueso	1.90		
		Cemento	Agua
		A.F	A.G
		1	0.50
		2	1.10



<b>Diseño de Mezcla de Concreto</b>			
<b>Informacion Inicial</b>			
Relación AGUA/CEMENTO	a/c=	0.50	
<b>Datos de Cantera</b>			
<b>Agregados</b>			
<b>Agregado Grueso</b>			
Peso Especifico			2.64
Peso Unitario Suelto			1759 kg/m3
Peso Unitario Compactado			1883 kg/m3
Contenido de Humedad			0.3 %
Porcentaje de Absorcion			2 %
Modulo de Fineza			6.06

<b>Agregado Fino</b>			
Peso Especifico			2.63
Peso Unitario Suelto			1680 kg/m3
Peso Unitario Compactado			1880 kg/m3
Contenido de Humedad			0.6 %
Porcentaje de Absorcion			3 %
Modulo de Fineza			2.9
<b>Cemento</b>			
Portland Tipo Ms			ASTM
Peso Especifico			3.15 gr/cm3
Peso /Bolsa			42.5 kg

<b>Valores de Diseño (Según ACI)</b>		
1. Asentamiento Maximo	4"	
2. Tamaño Maximo	1/2"	
3. Aire Incorporado	NO	
4. Relacion a/c	0.50	
5. Estimacion del Agua de Mezclado	215 lt/m3	
6. Volumen Estimado del Agregado Grueso	0.54	
7. Total de Aire	1%	



<b>Diseño</b>			
<b>1. Factor Cemento</b>			
	F.C=		430 kg/m <sup>3</sup>
	Bolsas =		10.12
<b>2. Contenido de Agregado Grueso</b>			
	Peso del A.G. seco =		1016.82 kg/m <sup>3</sup>
<b>3. Volumen Absoluto del Cemento</b>			
	V. Abs(Cemento) =		0.14 m <sup>3</sup>

<b>4. Volumen Absoluto de Agua</b>			
	V.Abs(Agua)=		0.215 m <sup>3</sup>
<b>5. Volumen Absoluto del Agregado Grueso</b>			
	V.Abs(A.G)=		0.39 M <sup>3</sup>
<b>6. Volumen Absoluto del Aire</b>			
	V.Abs(Aire)=		0.01
<b>Σ Volúmenes Absolutos=</b>			0.75 m <sup>3</sup>

<b>6. Contenido Agregado Fino</b>			
	V.Abs(A.F)=		0.25
	Peso del Agregado Fino Seco =		666.27
<b>7. Cantidad de Materiales por m<sup>3</sup></b>			
	Cemento		430 kg
	Agua		215 lt
	Agregado Fino		666.27 kg
	Agregado Grueso		1016.82 kg



<b>8. Correccion por Humedad del Agregado</b>			
8.1 Peso Humedo del Agregado Fino			
		Peso Humedo (A.F.)	670.26
8.2 Peso Humedo del Agregado Grueso			
		Peso Humedo (A.G.)	1019.87

<b>9. Contribucion de Agua de los Agregados</b>			
9.1 Humedad Superficial de los Agregados			
	Agregado Fino =	2.4 %	-0.024
	Agregado Grueso=	1.7 %	-0.017
9.2 Aporte de Humedad de los Agregados			
	Agregado Fino=	-15.99	
	Agregado Grueso=	-17.29	
	$\Sigma$	-33.28	lt/m3
	AGUA EFECTIVA	248.28	

<b>10. Cantidad de Materiales x m3</b>											
	Cemento	430									
	Agua	248.28									
	Agregado Fino	670.26									
	Agregado Grueso	1019.87									
<b>11. Proporciones</b>											
	Cemento	1									
	Agua	0.58									
	Agregado Fino	1.56									
	Agregado Grueso	2.37									
			<table border="1"> <tr> <th>Cemento</th> <th>Agua</th> <th>A.F</th> <th>A.G</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.58</td> <td>1.56</td> <td>2.37</td> </tr> </table>	Cemento	Agua	A.F	A.G	1	0.58	1.56	2.37
Cemento	Agua	A.F	A.G								
1	0.58	1.56	2.37								

- FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO, MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

FIGURA 12: Máquina para ensayos



FIGURA 13: Manómetro de 100Bares/1400PSI unido a la Gata Hidráulica de 2Tn



**FIGURA 14:** Prensas Sargentas 50cm



**FIGURA 15:** Resortes



**FIGURA 16:** Deformímetro con precisión de 0.0001”



**FIGURA 17:** Repartidor de Carga L/3



**FIGURA 18:** Balanza Electrónica y Fibras de Polipropileno



**FIGURA 19:** Mezclado de agregados y el cemento



**FIGURA 20:** Mezcla de concreto con adición de 1000gr de Polipropileno por metro cúbico



**FIGURA 21:** Preparación de encofrado para las probetas prismáticas de concreto



**FIGURA 22:** Probetas prismáticas Proceso de vibrado



**FIGURA 23:** Probetas SF 0.40 , CF 0.40 , SF 0.50 y CF 0.50



**FIGURA 24:** Proceso de curado en el Pozo de Curado de la Universidad Nacional de Trujillo



**FIGURA 25:** Adición de Cal y protección de las probetas prismáticas**FIGURA 26:** Probetas Cilíndricas para Ensayo de Compresión

**FIGURA 27:** Ensayo de Compresión en el Laboratorio Huertas Ingenieros SAC



**FIGURA 28:** Probetas ensayadas



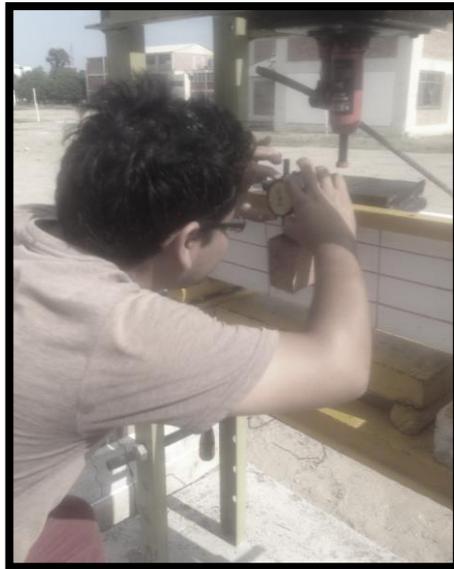
FFIGURA 29: Pre-Ensayos con viga de Madera



FIGURA 30: Sistema para ensayo de Fatiga



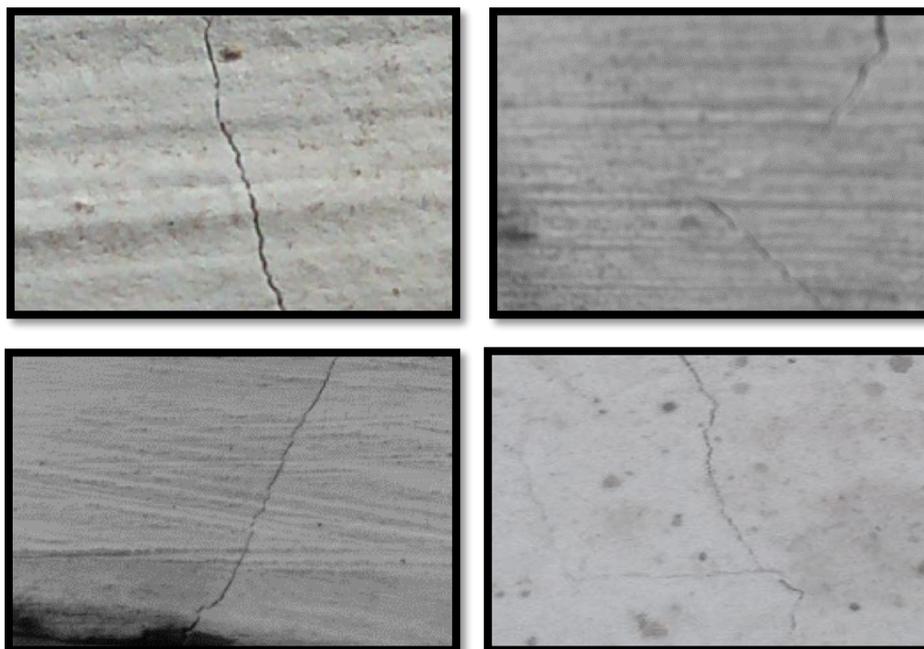
**FIGURA 31:** Nivelación del Deformímetro



**FIGURA 32:** Ensayo



**FIGURA 33:** Fisuras en las probetas ensayadas



**FIGURA 34:** Mecanismo de Puenteo de las Fibras de Polipropileno en el Concreto

(Vista de probeta rota)

