



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO $F'C=175$ KG/CM² INCORPORANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VIRUTA DE ACERO ENSAYADAS A DIFERENTES EDADES, UPN - 2016”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Germán Agustín Pacheco Cruzado.

Asesor:

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Germán Agustín Pacheco Cruzado**, denominada:

**“RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO $F'C=175$ KG/CM²
INCORPORANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VIRUTA DE ACERO
ENSAYADAS A DIFERENTES EDADES, UPN - 2016”**

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
JURADO
PRESIDENTE

Ing Gerson Quispe Rodríguez
JURADO
SECRETARIO

Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán
JURADO
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios:

Primeramente por darme la vida, por guiar mis pasos, por haberme dado una familia hermosa y poner buenos amigos en mí camino y haberme permitido alcanzar esta meta.

A Mis Padres:

Por su amor incondicional, por sus consejos, por su apoyo, su disciplina y todo el sacrificio que realizaron para forjarme. Los amo y agradezco mucho.

A Mi Hermana y familia:

Por estar siempre conmigo en todo momento, gracias por estar ahí alegrando mi vida y llenando de felicidad cada momento y por todo su apoyo en mi carrera.

A mis Esposa e Hijas:

Bereniz Aguilar Núñez y a mis hijas Sofía y Anamilé, gracias por estar ahí alegrando mi vida y llenando de felicidad cada momento.

A mis Primos:

Virginia Guadalupe Quiroz Cruzado y Enrique Eduardo Moreno Vásquez, por sus sabios consejos, ejemplo y apoyo incondicional

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, por poner a disposición el laboratorio de tecnología de concreto para el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, director de la Carrera de Ing. Civil, por el apoyo y conocimientos brindados para la realización de esta investigación.

Al Sr. Víctor Cuzco Minchan, por el apoyo en el manejo de los Instrumentos y materiales del laboratorio de tecnología de concreto.

Al Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero, por haber dedicado parte de su valioso tiempo, resolver todas mis dudas, y haberme acompañado a lo largo de esta investigación

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-------------|
| APROBACION DE LA TESIS..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| INDICE DE CONTENIDOS | v |
| INDICE DE TABLAS..... | vii |
| INDICE DE FIGURAS | ix |
| INDICE DE FOTOGRAFIAS | xi |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT..... | iv |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| 1.1. Realidad problemática..... | 15 |
| 1.2. Formulación del problema | 16 |
| 1.3. Justificación..... | 16 |
| 1.4. Limitaciones | 16 |
| 1.5. Objetivos | 16 |
| 1.5.1. <i>Objetivo General</i> | 16 |
| 1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> | 17 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO..... | 18 |
| 2.1. Antecedentes | 18 |
| 2.2. Bases Teóricas..... | 19 |
| 2.2.1. <i>EL Concreto</i> | 19 |
| 2.2.2. <i>Incorporacion de Viruta de acero al Concreto</i> | 22 |
| 2.2.3. <i>Obtencion de Viruta de acero y Agregados</i> | 24 |
| 2.2.4. <i>Características físicas de los Agregados según la Norma ASTM /NTP</i> | 25 |
| 2.2.5. <i>Diseño de mezclas usando el metodo ACI 211</i> | 28 |
| 2.2.6. <i>Ensayos en el Concreto según Norma ASTM / NTP</i> | 32 |
| 2.2.7. <i>Desarrollo Experimental de la Investigación</i> | 38 |
| 2.3. Definición de términos básicos | 40 |
| CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS | 41 |
| 3.1. Formulación de la Hipótesis | 41 |
| 3.2. Operacionalización de Variables | 41 |
| CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 42 |
| 4.1. Tipo de diseño de investigación. | 42 |
| 4.2. Material de estudio. | 42 |
| 4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> | 42 |

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| 4.2.2. | <i>Población.</i> | 42 |
| 4.2.3. | <i>Muestra.</i> | 42 |
| 4.3. | Técnicas, procedimientos e instrumentos. | 43 |
| 4.3.1. | <i>Para recolectar datos.</i> | 43 |
| 4.3.2. | <i>Para analizar información.</i> | 50 |
| CAPÍTULO 5. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | 51 |
| 5.1. | Resultados de la Viruta de acero. | 51 |
| 5.2. | Resultados de las características físicas de los agregados. | 51 |
| 5.3. | Resultados de los diseños y las mezclas de concreto fresco. | 56 |
| 5.4. | Resultados del concreto endurecido. | 62 |
| | CONCLUSIONES | 82 |
| | RECOMENDACIONES | 83 |
| | REFERENCIAS | 84 |
| | ANEXOS | 86 |
| | ANEXO N° 01. Requisitos granulométricos del agregado Grueso. | 87 |
| | ANEXO N° 02. Diseño de mezclas. | 89 |
| | ANEXO N° 03. Gráficos Esfuerzo vs Deformación. | 98 |
| | ANEXO N° 04. Panel Fotográfico. | 117 |
| | ANEXO N° 06. Formato de los ensayos realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca. | 130 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|--|----|
| TABLA N° 1 | Graduación para el tipo de abrasión a realizar de agregado grueso..... | 27 |
| TABLA N° 2 | Resistencia a la compresión promedio..... | 28 |
| TABLA N° 3 | Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto..... | 29 |
| TABLA N° 4 | Cantidades aproximadas de agua para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire..... | 29 |
| TABLA N° 5 | Relación agua / cemento vs f'_c | 30 |
| TABLA N° 6 | Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto..... | 30 |
| TABLA N° 7 | Operacionalización de variable dependiente..... | 41 |
| TABLA N° 8 | Operacionalización de variable independiente..... | 41 |
| TABLA N° 9 | Instrumentos utilizados para la recolección de datos..... | 47 |
| TABLA N° 10 | Instrumentos utilizados para la elaboración del concreto..... | 48 |
| TABLA N° 11 | Instrumentos utilizados para concreto fresco..... | 49 |
| TABLA N° 12 | Pesos Utilizados de Viruta de acero..... | 51 |
| TABLA N° 13 | Granulometría del agregado grueso..... | 52 |
| TABLA N° 14 | Resumen de las características físicas del agregado grueso..... | 53 |
| TABLA N° 15 | Granulometría del agregado fino..... | 54 |
| TABLA N° 16 | Resumen de las características físicas del agregado fino | 55 |
| TABLA N° 17 | Cantidad de materiales para el diseño patrón ($f'_c = 175$ kg/cm ²)..... | 56 |
| TABLA N° 18 | Cantidad de materiales para el diseño 1 ($f'_c=175$ kg/cm ²) + 2% viruta de acero..... | 57 |
| TABLA N° 19 | Cantidad de materiales para el diseño 2 ($f'_c=175$ kg/cm ²) + 4% viruta de acero | 57 |
| TABLA N° 20 | Cantidad de materiales para el diseño 2 ($f'_c=175$ kg/cm ² + 6% viruta de acero | 57 |
| TABLA N° 21 | Resultado de los ensayos de concreto fresco..... | 58 |
| TABLA N° 22 | Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño Patrón ($f'_c = 175$ kg/cm ²)..... | 63 |
| TABLA N° 23 | Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño 1 ($f'_c = 175$ kg/cm ²) + 2% viruta de acero..... | 64 |
| TABLA N° 24 | Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño 2 ($f'_c = 175$ kg/cm ²) + 4% viruta de acero | 65 |

| | |
|--|----|
| TABLA N° 25 Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño 3 ($f_c = 175$ kg/cm ²) + 6% viruta de acero | 66 |
| TABLA N° 26 Resistencia promedio alcanzada de cada diseño..... | 70 |
| TABLA N° 27 Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso..... | 88 |
| TABLA N° 28 Resistencia a la compresión promedio..... | 91 |
| TABLA N° 29 Volumen Unitario de Agua y Contenido de Aire..... | 92 |
| TABLA N° 30 Relación agua-cemento vs f_c | 92 |
| TABLA N° 31 Volumen de Agregado Grueso por unidad de Volumen del Concreto..... | 93 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|--|-----|
| FIGURA N° 1 | Fractura Tipo I..... | 35 |
| FIGURA N° 2 | Fractura Tipo II..... | 36 |
| FIGURA N° 3 | Fractura Tipo III..... | 36 |
| FIGURA N° 4 | Fractura Tipo IV..... | 36 |
| FIGURA N° 5 | Fractura Tipo V..... | 36 |
| FIGURA N° 6 | Fractura Tipo VI..... | 37 |
| FIGURA N° 7 | Curva granulométrica del agregado grueso (Huso # 6)..... | 52 |
| FIGURA N° 8 | Curva granulométrica del agregado fino | 53 |
| FIGURA N° 9 | Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 7 días..... | 67 |
| FIGURA N° 10 | Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 14 días..... | 68 |
| FIGURA N° 11 | Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 28 días..... | 69 |
| FIGURA N° 12 | Resistencia promedio alcanzada de cada diseño de mezclas..... | 70 |
| FIGURA N° 13 | Grafico esfuerzo vs deformación P1 – 7 Días..... | 99 |
| FIGURA N° 14 | Grafico esfuerzo vs deformación P2 – 7 Días..... | 99 |
| FIGURA N° 15 | Grafico esfuerzo vs deformación P3 – 7 Días..... | 100 |
| FIGURA N° 16 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P1 Días..... | 100 |
| FIGURA N° 17 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P2 – 7 Días..... | 101 |
| FIGURA N° 18 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P3 – 7 Días..... | 101 |
| FIGURA N° 19 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P1 – 7 Días..... | 102 |
| FIGURA N° 20 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P2 – 7 Días..... | 103 |
| FIGURA N° 21 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P3 – 7 Días..... | 103 |
| FIGURA N° 22 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P1 – 7 Días..... | 103 |
| FIGURA N° 23 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P2 – 7 Días..... | 104 |
| FIGURA N° 24 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P3 – 7 Días..... | 104 |
| FIGURA N° 25 | Grafico esfuerzo vs deformación P1 – 14 Días..... | 105 |
| FIGURA N° 26 | Grafico esfuerzo vs deformación P2 – 14 Días..... | 105 |
| FIGURA N° 27 | Grafico esfuerzo vs deformación P3 – 14 Días..... | 106 |
| FIGURA N° 28 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P1 – 14 Días..... | 106 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| FIGURA N° 29 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P2 – 14 Días..... | 107 |
| FIGURA N° 30 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P3 – 14 Días..... | 107 |
| FIGURA N° 31 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P1 – 14 Días..... | 108 |
| FIGURA N° 32 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P2 – 14 Días..... | 108 |
| FIGURA N° 33 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P3 – 14 Días..... | 109 |
| FIGURA N° 34 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P1 – 14 Días..... | 109 |
| FIGURA N° 35 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P2 – 14 Días..... | 110 |
| FIGURA N° 36 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P3 – 14 Días..... | 110 |
| FIGURA N° 37 | Grafico esfuerzo vs deformación P1 – 28 Días..... | 111 |
| FIGURA N° 38 | Grafico esfuerzo vs deformación P2 – 28 Días..... | 111 |
| FIGURA N° 39 | Grafico esfuerzo vs deformación P3 – 28 Días..... | 112 |
| FIGURA N° 40 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P1 – 28 Días..... | 112 |
| FIGURA N° 41 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P2 – 28 Días..... | 113 |
| FIGURA N° 42 | Grafico esfuerzo vs deformación 2% Viruta de acero P3 – 28 Días..... | 113 |
| FIGURA N° 43 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P1 – 28 Días..... | 114 |
| FIGURA N° 44 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P2 – 28 Días..... | 114 |
| FIGURA N° 45 | Grafico esfuerzo vs deformación 4% Viruta de acero P3 – 28 Días..... | 115 |
| FIGURA N° 46 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P1 – 28 Días..... | 115 |
| FIGURA N° 47 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P2 – 28 Días..... | 116 |
| FIGURA N° 48 | Grafico esfuerzo vs deformación 6% Viruta de acero P3 – 28 Días..... | 116 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

| | |
|--|----|
| FOTOGRAFIA N° 1 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 2% de viruta de acero a los 7 días..... | 72 |
| FOTOGRAFIA N° 2 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 4% de viruta de acero a los 7 días | 72 |
| FOTOGRAFIA N° 3 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 4% de viruta de acero a los 7 días | 73 |
| FOTOGRAFIA N° 4 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 6% de viruta de acero a los 7 días | 73 |
| FOTOGRAFIA N° 5 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 6% de viruta de acero a los 7 días | 74 |
| FOTOGRAFIA N° 6 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 14 días..... | 74 |
| FOTOGRAFIA N° 7 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 14 días..... | 75 |
| FOTOGRAFIA N° 8 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 2% de viruta de acero a los 14 días..... | 75 |
| FOTOGRAFIA N° 9 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 4% de viruta de acero a los 14 días..... | 76 |
| FOTOGRAFIA N° 10 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 4% de viruta de acero a los 14 días..... | 76 |
| FOTOGRAFIA N° 11 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 6% de viruta de acero a los 14 días..... | 77 |
| FOTOGRAFIA N° 12 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 6% de viruta de acero a los 14 días..... | 77 |
| FOTOGRAFIA N° 13 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 28 días..... | 78 |
| FOTOGRAFIA N° 14 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 28 días..... | 78 |
| FOTOGRAFIA N° 15 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 2% de viruta de acero a los 28 días | 79 |
| FOTOGRAFIA N° 16 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 2% de viruta de acero a los 28 días | 79 |
| FOTOGRAFIA N° 17 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 4% de viruta de acero a los 28 días | 80 |

| | |
|---|-----|
| FOTOGRAFIA N° 18 Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 6% de viruta de acero a los 28 días..... | 80 |
| FOTOGRAFIA N° 19 Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 6% de viruta de acero a los 28 días..... | 81 |
| FOTOGRAFIA N° 20 Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 6% de viruta de acero a los 28 días..... | 81 |
| FOTOGRAFIA N° 21 Ensayos Granulométricos del agregado grueso y fino..... | 118 |
| FOTOGRAFIA N° 22 Ensayo del agregado fino y grueso para encontrar el contenido de humedad..... | 119 |
| FOTOGRAFIA N° 23 Ensayo del agregado fino para encontrar el peso específico..... | 120 |
| FOTOGRAFIA N° 24 Densidad Aparente y contenido de vacíos del agregado fino..... | 121 |
| FOTOGRAFIA N° 25 Densidad Aparente y contenido de vacíos del agregado grueso..... | 122 |
| FOTOGRAFIA N° 26 Ensayo peso específico del agregado grueso..... | 122 |
| FOTOGRAFIA N° 27 Ensayo de abrasión del agregado grueso..... | 123 |
| FOTOGRAFIA N° 28 Preparación de la Viruta de acero..... | 123 |
| FOTOGRAFIA N° 29 Materiales listos para realizar la mezcla de concreto..... | 124 |
| FOTOGRAFIA N° 30 Realización de la mezcla de concreto..... | 124 |
| FOTOGRAFIA N° 31 Ensayo para medir el asentamiento o Slump..... | 125 |
| FOTOGRAFIA N° 32 Ensayo para medir la temperatura del concreto fresco..... | 125 |
| FOTOGRAFIA N° 33 Realizando el llenado de probetas de concreto..... | 126 |
| FOTOGRAFIA N° 34 Desencofrado de las probetas a las 24 horas para ser sumergidas en la poza de curado..... | 126 |
| FOTOGRAFIA N° 35 Curado de las probetas en la poza de curado para luego ser ensayadas a compresión axial a diferentes edades..... | 127 |
| FOTOGRAFIA N° 36 Realización de mediciones y ensayo de las probetas..... | 127 |
| FOTOGRAFIA N° 37 Realización de los ensayos a compresión axial del concreto endurecido con la verificación del encargado de laboratorio..... | 128 |
| FOTOGRAFIA N° 38 Extracción de las probetas para analizar el tipo de falla..... | 129 |

RESUMEN

En la presente investigación determiné la influencia en la resistencia a compresión axial del concreto $f_c = 175$ kg/cm² con la incorporación de diferentes porcentajes de viruta de acero. La metodología de la investigación consistió en preparar mezclas de concreto de resistencia de 175 kg/cm² incorporando distintos porcentajes de viruta de acero (2%, 4% y 6%), para posteriormente ser ensayados a los 7, 14 y 28 días. Los resultados al incorporar el 2% de viruta de acero se obtuvo una resistencia $f_c = 190.79$ kg/cm² a los 28 días, a este porcentaje de incorporación corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 9.02%; al incorporar el 4% de viruta de acero se obtuvo una resistencia $f_c = 196.82$ kg/cm² a los 28 días, a este porcentaje de incorporación corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 12.47% y al incorporar del 6% de viruta metálica se obtiene una resistencia $f_c = 202.26$ kg/cm² a los 28 días, a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 15.58%. Concluyendo que los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero presentan una resistencia mayor a las del concreto convencional ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

ABSTRACT

In the present investigation to determine the influence on the resistance to axial compression of concrete $f_c = 175$ kg/cm² with the addition of different percentages of steel wool. The research methodology was to prepare concrete mixes strength of 175 kg/cm² chip incorporating different percentages of steel (2%, 4% and 6%) to subsequently test them for 7, 14 and 28 days. The results by incorporating 2% of steel wool resistance $f_c = 190.79$ one kg/cm² at 28 days was obtained, this percentage incorporation rate increased compressive strength of 9.02%; incorporating 4% of steel wool resistance $f_c = 196.82$ one kg/cm² at 28 days was obtained, this percentage incorporation rate increased compressive strength of 12.47% and 6% by incorporating chip metal resistance $f_c = 202.26$ one kg/cm² after 28 days, this corresponds addition rate increased compressive strength of 15.58% is obtained. Concluded that the results indicate that the concrete embedded with steel wool have a higher than that of conventional concrete tested at 7, 14 and 28 days resistance.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Ante el inminente crecimiento por parte de la industria de la construcción en el mundo, se evidencia un crecimiento directamente proporcional respecto a la demanda de recursos naturales no renovables. Para el caso de las mezclas de concreto en particular, se presenta una demanda elevada en cuanto a la disposición de agregados pétreos los cuales hacen parte fundamental de las mismas (Reyes y Rodríguez, 2010).

El concreto por su resistencia, es considerado como uno de los principales elementos para las construcciones a nivel mundial, el cual ha ido evolucionando, incorporando distintos elementos, uno de ellos es la viruta de acero, como refuerzo considerando la facilidad de trabajabilidad y durabilidad.

En la actualidad las virutas de acero todavía no se aplican en las construcciones. Pero debido a la demanda de calidad en las construcciones y mayor desempeño de las mismas este podría ser una de las soluciones a dicha demanda en la construcción (Gutiérrez, s.f.).

En la actualidad muchas veces se detiene el vaciado de concreto por diversos percances en obra, ya sea por motivos constructivos o por transporte del concreto en obra; por lo que el concreto en este tiempo va perdiendo trabajabilidad y lo que es más común se le adiciona agua para volverlo trabajable y usarlo, por lo que no tenemos la seguridad que el concreto conserve su calidad inicial de diseño (González, 2004).

En la presente investigación se realizara una serie de ensayos del concreto a la compresión haciendo uso de la viruta de acero como reemplazo del agregado fino (2%, 4% y 6%) frente al concreto normal, para así lograr un material que satisfaga eficientemente los requerimientos particulares de un proyecto.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la incorporación de distintos porcentajes de viruta de acero en la resistencia a compresión axial del concreto $f'c=175$ kg/cm² ensayadas a diferentes edades, UPN - 2016?

1.3. Justificación

En la actualidad las virutas de aceros todavía no se aplican en las construcciones. Pero debido a la demanda de calidad en las construcciones y mayor desempeño de las mismas este podría ser una de las soluciones a dicha demanda en la construcción.

Buscar mayor resistencia a compresión axial del concreto incorporando diferentes porcentajes de viruta de acero, de tal forma que al contar con este tipo de concreto se obtenga trabajabilidad, durabilidad y resistencia en el uso de la construcción.

Esta investigación proporcionara al estudiante datos con los cuales se puede trabajar y aplicar en un futuro a la carrera profesional.

Por medio de los datos adquiridos mediante ensayos realizados en la Universidad Privada del Norte, serán útiles ampliar los conocimientos adquiridos.

1.4. Limitaciones

No existen limitaciones

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la resistencia a compresión axial del concreto $f'c=175$ kg/cm² con la incorporación de diferentes porcentajes de viruta de acero ensayada a diferentes edades.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Diseñar las mezclas utilizando el método ACI (Comité 211)
2. Determinar la resistencia a compresión axial del concreto de $f_c=175$ kg/cm² convencional
3. Determinar la resistencia a compresión axial del concreto $f_c=175$ kg/cm² incorporando porcentajes de viruta de acero: 2%, 4% y 6%.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

García, 2008, en su estudio “Mejoramiento del Concreto con incorporación de viruta de acero a porcentajes de 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla” llegó a la conclusión que la incorporación de viruta de acero, aumentó la resistencia respecto al estándar, la muestra del 6% disminuyó en 1.46% a los siete días y aumentó 1.78% a los 28 días.

Delgado, Rafael y Edgar, en su estudio “Mejoramiento de la resistencia a la Flexión del Concreto con incorporación de viruta de acero a porcentajes de 6, 8, 10, 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla”, se concluyó que el porcentaje de aumento de la resistencia, en cada una de las edades de curado de las diferentes muestras con porcentajes de incorporación de viruta, se pudo observar que a edades tempranas se logra un aumento mayor que el que se presenta a 28 días, a los tres y siete días respectivamente se presenta un incremento del 39% y 40% y a los 28 días un 35%, por cuanto el cemento tipo III alcanza resistencias mayores a edades más tempranas.

Reyes y Rodríguez, 2010, en su estudio “Análisis de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de la mezcla” llegó a la conclusión que más del 90% de las mezclas adicionadas con limalla presentan un aumento de la resistencia a compresión respecto a las mezclas convencionales. Con la incorporación del 5% de limalla aumentó la resistencia a los 28 días un 37.41% con respecto a la mezcla convencional.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El Concreto.

A. Naturaleza del Concreto.

El concreto con Cemento Portland es uno de los más usados en la construcción ya que permite su utilización en todo tipo de formas estructurales, adaptándose a diversos climas y su variación, las principales limitaciones que se tiene están dadas por las personas que lo utilizan mas no por los materiales que lo conforman (Vásquez, 2016).

a. El Concreto

El concreto es un material heterogéneo, el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo (RNE, 2006).

b. El Cemento

Material pulverizado que por incorporación de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo del agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas las cales aéreas y los yesos (RNE, 2006).

c. El Agua

El agua deberá cumplir con la NTP 339.088. Será lo suficientemente limpia y libre de álcalis y todo lo que pueda se dañino al concreto y al acero. No contendrá concentraciones mayores de 500 ppm de ion cloro, ni de 1 000 ppm de ion sulfato (NTP, 2002).

d. Agregados

Son todos aquellos que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos de arrastres fluviales (arenas y gravas de río) o de glaciares (cantos rodados) y de canteras de diversas rocas y piedras naturales. Se puede aprovechar en su granulometría natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones requeridas (Guzmán, 2001).

B. Concreto recién Mezclado.

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida usualmente como diseño de mezcla, es el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuadas; y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y las especificaciones de obra (Vásquez, 2016).

a. Mezclado

La función del mezclado de concreto es revestir la superficie de los agregados con la pasta de cemento, la cual dará como resultado una masa homogénea. La secuencia de carga de los materiales en la mezcladora representa un papel importante en la uniformidad del producto terminado (Rivva, 2007).

b. Trabajabilidad

Es el trabajo interno utilizado en vencer la fricción interna o componentes del concreto para conseguir una compactación adecuada, es decir, la capacidad que tiene el concreto para ser colocado y compactado apropiadamente sin producir deficiencias de sus propiedades en estado fresco. “La manejabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y consistencia” (Reyes y Gutiérrez, 2010).

c. Sangrado

Sangrado o exudación es el desarrollo de una camada de agua en el tope o en la superficie del concreto recién colocado. Es causada por la sedimentación (asentamiento) de las partículas sólidas (cemento y agregados) y simultáneamente la subida del agua hacia la superficie (Jara, 2016).

d. Hidratación y curado del concreto

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia de agua. La hidratación requiere de presencia de humedad condiciones de curado favorables, y tiempo.

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia alcanzada (Rivva, 2000).

C. Concreto Endurecido.

a. Curado

El aumento de la resistencia con la edad continúa desde que el cemento no hidratado aún esté presente, el concreto permanezca húmedo o la humedad relativa del aire esté arriba de aproximadamente 80% la temperatura del concreto permanezca favorable y haya suficiente espacio para la formación de los productos de hidratación. Cuando la humedad relativa dentro del concreto baja cerca de 80% o la temperatura del concreto baja a menos del cero, la hidratación y el incremento de resistencia se interrumpen (Jara, 2016).

Curado Inicial, Inmediatamente después de moldeados y acabados, los especímenes deben ser almacenados por un periodo de hasta 48 horas en un rango de temperaturas entre 16 a 27 grados Centígrados, en un ambiente que prevenga la pérdida de humedad de los especímenes.

Curado Final, Luego de completar el curado inicial y dentro de los 30 minutos después de remover los moldes, los especímenes se deben curar manteniendo agua libre sobre sus superficies permanentemente, a una temperatura de 23 +/- 2 grados centígrados (NTP 339.033, 2009).

b. Resistencia a la Compresión

La resistencia del concreto está definida en la máxima carga que puede soportar, mediante un efecto de compresión, la resistencia a la compresión es calculada dividiendo la carga máxima por el área transversal original de la probeta que será ensayada.

La resistencia a la compresión, es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. Pero el ingeniero diseñador de la mezcla debe recordar que otras propiedades, tales como la durabilidad, permeabilidad, o

resistencia al desgaste, pueden ser tanto o más importantes que la resistencia, dependiendo de las características y ubicación de la obra (Vásquez, 2016).

c. Durabilidad

La habilidad del concreto para resistir la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión, o cualquier otro tipo de deterioro”. Algunos investigadores prefieren decir que “es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción del medio ambiente que lo rodea (ACI, 2007).

2.2.2. Incorporación de Viruta de Acero al Concreto

A. Viruta de Acero

La viruta es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre metales. Se suele considerar un residuo de las industrias de metal; no obstante tiene variadas aplicaciones (Gutiérrez, s.f).

B. Tipos de Viruta de acero

1. Viruta Descontinua

Son materiales frágiles como hierro fundido y el latón fundido que se cortan, y estos esfuerzos al cortarlos producen fractura, este material cuando se desprende sale en fragmentos muy pequeños (García, 2008).

2. Viruta Continua.

Son materiales dúctiles que al cortarlos no se fracturan y estas velocidades de corte son altas, son poco difíciles de cortar y es mejor hacerlos por tramos cortos (García, 2008).

3. Viruta Continua con Protuberancias

Son materiales dúctiles donde al cortarlos su velocidad es baja, esta viruta es un metal aglutinado soldado por su cara (García, 2008).

C. Usos

1. Mezclado

La fibra de acero se puede añadir antes, durante o después del mezclado del concreto. El concreto reforzado y el concreto lanzado (shotcrete) reforzado con fibra de acero cumplen con el estándar ASTM C94 que se refiere a los requerimientos de uniformidad de mezcla en concreto pre-mezclado (Gutiérrez, s.f).

2. Colocación

La fibra de acero puede bobearse, lanzarse o vaciarse, utilizando un equipo convencional. Se pueden utilizar reglas manuales, y vibradores para nivelar el hormigón (Gutiérrez, s.f).

3. Acabado

Se puede utilizar técnicas de acabado y equipo convencionales para acabar el hormigón con fibras de acero. En algunos casos se recomienda extender el proceso de flotado, para asegurar que no haya fibras en la superficie (Gutiérrez, s.f).

2.2.3. Obtención de Viruta de Acero y Agregados

A. Localización

La viruta de acero en forma de lámina curvada o espiral es extraída mediante brocas al realizar cepillados, desbastado o perforación de metales, se la puede encontrar en los talleres metálicos, fresadoras en la zona.

La materia prima (Viruta Metálica) fue adquirida de una empresa DEHAPY S.R.L. dedicada a la compra y venta de metales, ubicada en el Jr. Emancipación # 240 – A Barrio Aranjuez, Cajamarca.

El agregado se obtuvo de la Cantera Roca Fuerte del Río Chonta, Baños del Inca para posteriormente encontrar las características físicas mecánica de los agregados.

B. Descripción de la Muestra

Se realizó mezclas de concreto con $f_c=175$ kg/cm², cada uno de ellos contará con distintos porcentajes de viruta de acero el cual reemplazará el agregado fino de tal forma que existan probetas de 98% de agregado fino y 2% de viruta de acero, un 96% de agregado fino y 4% de viruta de acero, 94% de agregado fino y 6% de viruta de acero, la medición de la probetas serán las indicadas en la norma ASTM C-31, donde se indica las dimensiones de las probetas para ensayos a compresión del concreto, evaluándose a los 28 días.

a. **Equipo y Maquinaria.**

Se utilizó una máquina de sistema de compresión del concreto cerrada, con el fin de prevenir la dispersión de las partículas de concreto rotas. Que incluye el limitador de posicionamiento para el cilindro.

2.2.4. Características físicas de los Agregados según la Norma ASTM /NTP

1. Toma de muestras.

Para la presente investigación la muestra de agregado fino y grueso será obtenida de la cantera del “Rio Chonta”, por lo que se hará los estudios, para conocer las características de los materiales.

A. Agregado fino, ASTM C-33 / NTP 400.037:

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas que pasa al tamiz 4 (4.75 milímetros) es decir, un tamiz con cuatro aberturas por pulgadas lineales y que cumple con los límites establecidos (Rivva, 2007).

B. Granulometría, ASTM C-136 y NTP 400.012:

La granulometría es la distribución de partículas de un agregado. El tamaño de las partículas del agregado se determina por tamices con aberturas normadas.

C. Agregado Grueso, ASTM C-33 / NTP 400.037.

El agregado grueso está formado por gravas trituradas escorias de explosión de concreto, piedra triturada (Rivva, 2007).

La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla (Rivva, 2007).

D. Granulometría, ASTM C-136 / NTP 400.012

El agregado grueso a utilizar en el trabajo, basado en la severidad de la intemperización, abrasión y otros factores de exposición. Se espera que los límites para agregado grueso involucrado en la investigación, correspondientes a cada designación de clase aseguren su desempeño satisfactorio en el diseño del concreto.

El agregado grueso varían de 1.18 milímetros (0.046 pulgadas a 100 milímetros (4 pulgadas), dentro de los límites permitidos.

E. Absorción y contenido de humedad, ASTM C-566 / NTP 339.185

Incremento en la masa del agregado debido al agua en los oros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de masa seca.

- El agregado se considera seco cuando se ha mantenido a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por suficiente tiempo para remover el agua no combinada.

Para corregir el peso del material al hacer mezclas de concreto, es necesario obtener el porcentaje de humedad contenida además del porcentaje de absorción del agregado.

- Seco al horno, completamente seco y absorbente.
- Seco superficialmente, pero con un cierto porcentaje de humedad.
- Saturado y de superficie seca, para no absorber agua del concreto.

F. Densidad relativa (peso específico) para agregado grueso según la Norma ASTM C-127 / NTP 400.021, peso específico para agregado fino según Norma ASTM C-128 / NTP 400.022.

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente usada para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en mezclas de concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas en base a un volumen absoluto. También es utilizada en el cálculo de vacíos en los agregados en el método de ensayo C 29/C 29M. (Densidad, s.f.)

G. Densidad aparente (masa unitaria) de los agregados, ASTM C-29 / NTP 400.017

La densidad aparente la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas de agregado a granel, referido a determinar

- Masa unitaria compactada
- Masa unitaria suelta

H. Porcentaje de vacíos, ASTM C-29 / NTP 400.017.

El espacio entre vacíos está referido a los espacios entre partículas de la masa que se encuentran separados, o no están siendo ocupados por minerales sólidos.

El porcentaje de vacíos entre las partículas se calcula a partir de la densidad aparente y densidad relativa, que se determina para el agregado grueso y agregado fino.

I. Determinación de la resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles ASTM C-131 / NTP 400.019.

Este ensayo llamado también prueba de abrasión, es una propiedad mecánica que sirve para el control de calidad de los agregados de procedencia triturada o de canto rodado, siendo de diversas fuentes que tienen composiciones minerales similares. Los resultados sirven para la elaboración de concretos, debido a que en el procedimiento de mezclado son sometidos a las mismas cargas, ya sea con pala o con mezcladora.

El ensayo de abrasión dependerá de la granulometría realizada al agregado grueso, la cantidad inicial de la muestra es de 5 kg según la especificación, cantidad que será completada con agregado proveniente de la granulometría según el tipo de abrasión que se pueda realizar.

TABLA N° 1. Graduación para el tipo de abrasión a realizar de agregado grueso.

| Tipo | Tamices | Peso retenido (g) | No. de esferas | Revoluciones | Tiempo (min) |
|------|-----------------------|-------------------|----------------|--------------|--------------|
| A | 1", 3/4", 1/2" y 3/8" | 1 250 ± 10 | 12 | 500 | 17 |
| B | 1/2" y 3/8" | 2 500 ± 10 | 11 | 500 | 17 |
| C | 1/4" y No. 4 | 2 500 ± 10 | 8 | 500 | 17 |
| D | No. 8 | 5 000 | 6 | 500 | 17 |

Fuente: N.T.P 400.019, 2002

Según la especificación ASTM C33 / NTP 300.037, 2002; el límite máximo admisible en porcentaje de desgaste de agregado grueso depende de la región de intemperización y del tipo o ubicación de la construcción de concreto, por lo que el porcentaje de desgaste máximo es del 50%.

2.2.5. Diseño de mezclas usando el método ACI 211

La recomendación original del ACI data del año 1944, habiendo experimentado relativamente muy pocas variantes sustantivas hasta la última versión emitida por el Comité 212.1 el año 1991. Está basado en que los agregados cumplan con los requisitos físicos y granulométricos establecidos por ASTM C 33, define el agua de mezcla empíricamente en función del Tamaño Máximo del agregado y del slump (asentamiento) como medida de trabajabilidad (Tabla 6); asimismo, establece de manera empírica el volumen de agregado grueso compactado en seco en función del Tamaño Máximo de la piedra y el Módulo de Fineza de la arena exclusivamente (Tabla 8), y correlaciona la relación agua/cemento en peso con la resistencia en compresión (Tabla 7).

a. Procedimiento de diseño

1. Se determinaron las características y especificaciones, como son:
 - Resistencia requerida a los 28 días: $f'c=175$ kg/cm².
 - El tipo de cemento a usar: Cemento Pacasmayo Tipo I.
 - Selección del asentamiento: 3"-4", consistencia plástica.
 - Aire incorporado: NO.
2. Se seleccionó la resistencia promedio, a partir del tercer criterio, mediante la siguiente tabla.

TABLA N° 2. Resistencia a la compresión promedio.

| $f'c$ (kg / cm ²) | $f'cr$ (kg / cm ²) | $f'c$ (kg / cm ²) | $f'cr$ (kg / cm ²) |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Menor de 210 | $f'c + 70$ | 175 | 245 |
| 210 a 350 | $f'c + 84$ | 210 | 294 |
| Mayor de 350 | $f'c + 98$ | 350 | 448 |

Fuente: Rivva, 1992

3. Se determinó el tamaño máximo nominal del agregado (dato de las propiedades físicas de los agregados).
4. Se seleccionó el asentamiento por el tipo de consistencia del concreto mediante la siguiente tabla.

TABLA N° 3. Asentamiento por el tipo de Consistencia del Concreto.

| Consistencia del Concreto | Asentamiento | Trabajabilidad |
|---------------------------|--------------|----------------|
| Seca | 0 " a 2 " | Poca |
| Plástica | 3 " a 4 " | Buena |
| Húmeda | ≥ 5 " | Poco |

Fuente: Rivva, 1992

5. Se determinó la selección de volumen unitario de agua de diseño y selección de aire atrapado, usando la siguiente tabla.

TABLA N° 4. Cantidades aproximadas de agua para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire.

| Slump | Tamaño máximo de agregado | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|
| | 3/8 " | 1/2 " | 3/4 " | 1 " | 1 " | 2 " | 3 " | 4 " |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | ..... |
| % Aire atrapado | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | ..... |
| % de Aire incorporado en función del grado de exposición | | | | | | | | |
| Normal | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2. | 2 | 1.5 | 1 |
| Moderado | 8 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4. | 4 | 3.5 | 3 |
| Extrema | 7.5 | 7 | 6 | 6 | 5. | 5 | 4.5 | 4 |

Fuente: A.C.I, 1981.

6. Luego se seleccionó la relación Agua-Cemento por resistencia del concreto mediante la siguiente tabla.

TABLA N° 5. Relación agua / cemento vs f'_c .

| f'_c a 28 Días (Kg/cm ²) | Relación Agua/Cemento en peso | |
|--|-------------------------------|-------------------------|
| | Sin aire incorporado | Con aire incorporado |
| 450 | 0.38 | ..... |
| 400 | 0.43 | ..... |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

Fuente: A.C.I, 1981.

7. Luego se determinó el factor cemento que resulta de la división del volumen unitario de agua con la relación agua/cemento.
8. Luego se procedió a determinar el contenido de agregado grueso, utilizando la siguiente tabla, interpolando nuestro módulo de finura:

TABLA N° 6. Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cúbico de concreto.

| Tamaño Máximo Nominal del Agregado | Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de fineza del agregado fino | | | |
|--|---|------|------|------|
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3 / 8 " | 0.50 | 0.46 | 0.46 | 0.44 |
| 1 / 2 " | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3 / 4 " | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1 " | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2 " | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2 " | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3 " | 0.82 | 0.80 | 0.78 | 0.76 |
| 6 " | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Fuente: A.C.I, 1981.

Para determinar el contenido de agregado grueso, se multiplica el valor encontrado en la tabla con el peso seco compactado del agregado grueso.

9. Luego se determinó la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire, y agregado grueso; encontrados anteriormente.
10. Luego se determinó el volumen absoluto del agregado fino, restando 1 menos la suma de los volúmenes absolutos (cemento, agua, aire, y agregado grueso).
11. Luego se determinó el peso seco del agregado fino, multiplicando su volumen absoluto con el peso específico de la masa del agregado fino.
12. Luego se procedió a determinar los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino, y agregado grueso.
13. Luego se hizo la corrección de los valores de diseño por el contenido de humedad de los agregados.
14. Finalmente, se determinaron las proporciones en peso, de diseño y de obra.

2.2.6. Ensayos en el Concreto según Norma ASTM / NTP

A. Concreto fresco

El concreto deber de cumplir con las especificaciones técnicas para su fácil trabajabilidad, al momento del mezclado, los materiales involucrados deberán ser mezclados hasta contar con una mezcla homogénea.

1. Asentamiento ASTM C – 143 / NTP 339.035

Se buscó para todos los ensayos un asentamiento constante de 3” a 4”, consiguiendo una consistencia plástica y trabajable del concreto fresco referido al grado de fluidez

2. Peso unitario ASTM C-138 / NTP 339.046.

El peso unitario del concreto va en aumento desde que se ha desarrollado el patrón hasta la realización del concreto con la incorporación de viruta de acero con dosificaciones de 2%, 4% y 6%.

- Se determinó el peso del recipiente vacío.
- Se midió el recipiente, para conocer su volumen.
- Se llenó y compacto en tres capas de igual volumen.
- Se enraso la superficie del concreto, dando un acabado suave.
- Se determinó el peso del recipiente lleno con concreto.

3. Contenido de aire, ASTM C-138 / NTP 339.046.

Este ensayo determina la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados, el control del contenido del aire entrampado es importante, debido a que un incremento relevante del mismo se traduce en una disminución de la resistencia por el aumento de vacíos en el mortero.

- Se determinó el contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico.

4. Temperatura del Concreto, ASTM C-1064 / NTP 339.0184.

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado, puede usarse para verificar que dicho concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura; es importante realizar este control debido a que condiciona la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual

es influenciada por la temperatura ambiente y calor específico de los materiales constituyentes; a mayor temperatura durante el muestreo mayor será la resistencia inicial y también el efecto de contracción, disminuyendo posiblemente la resistencia a largo plazo. (Marrufo, 2015)

Se determinó la temperatura del concreto fresco para verificar el cumplimiento de los requerimientos especificados

- Se midió en un recipiente no absorbente mediante un termómetro.

B. Especímenes para la resistencia a compresión ASTM C-31 / NTP 339.033.

Las probetas realizadas han sido diseñadas de acuerdo al cumplimiento de las normas, se emplean cilindros de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, en la fabricación de los cilindros se sigue la norma NMX-C-160 y en el ensaye de los cilindros se sigue la norma NMX-C-083 (CIVIL, 2011)

El ensayo de resistencia se desarrollara cumplido los 7,14 y 28 días de curado, como mínimo con 3 probetas para obtener en promedio.

C. Ensayos en el concreto endurecido

1. Control de calidad del concreto endurecido.

Se desarrolla la comprobación de la resistencia del concreto endurecido a los 7,14 y 28 días, para verificar la resistencia a compresión Axial para la cual fue diseñada cada uno de los concretos patrones y concreto con la incorporación de viruta de acero, la resistencia del concreto aumenta con la edad, resultando de una forma favorable.

2. Ensayos de cilindro de concreto a compresión ASTM C-39 / NTP 339.034

Normas:

Definición:

Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) o en megapascales (MPa).

Equipo:

La máquina de ensayo deberá tener capacidad conveniente, debe ser operada por energía (no manual) y debe permitir una velocidad de carga sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, de forma continua sin intermitencia ni detenimiento. (Marrufo, 2015).

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, uno de los cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la parte superior de la probeta, y el otro se apoya sobre una sólida base en el que se asienta la parte inferior de la misma. Las caras de los bloques serán paralelas durante el ensayo y deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.

Especímenes para ensayo:

El ensayo se puede realizar con especímenes obtenidos en cualquiera de las siguientes condiciones:

- Especímenes curados y moldeados, de acuerdo con la ASTM C31, de una muestra de concreto fresco.
- Especímenes extraídos o aserrados de una estructura de concreto endurecido, de acuerdo con la ASTM C42.
- Especímenes producidos con moldes de cilindros colocados in situ (embebidos en la estructura), de acuerdo con la ASTM C873.

Para esta investigación se realizara teniendo en cuenta la norma ASTM C31.

Procedimiento de ensayo:

En el caso de probetas cilíndricas, curadas y moldeadas, se pueden tener dimensiones de 6" x 12" o 4" x 8", las probetas más pequeñas suelen ser más fáciles de manipular en el campo y en laboratorio, el diámetro de la probeta a utilizar debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado utilizado en la preparación del concreto. Según la ASTM C39 y la NTP 339.034 las probetas deben ser ensayadas tan pronto como sea práctico luego de ser

retiradas de la condición de curado, es decir, se ensayarán en condiciones húmedas superficialmente secas.

Medir el diámetro de la probeta con el micrómetro en dos posiciones que estén en ángulo recto entre sí, a la altura media de la misma, estos diámetros deben promediarse para poder calcular el área de la sección (Marrufo, 2015).

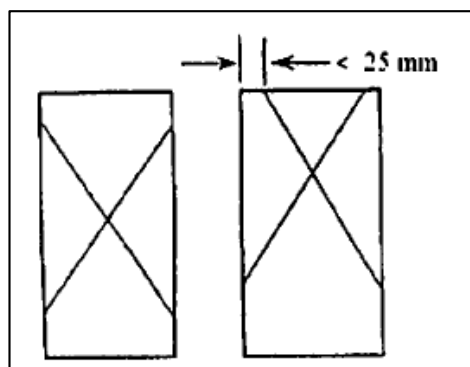
Antes de colocar la probeta entre los cabezales de la máquina de ensayo, se limpiarán las caras de contacto de los bloques de acero, superior e inferior, y las de la probeta, evaluar si es conveniente aplicar capping, refrentado o usar pads de neopreno. Se alinearán los ejes de la probeta a ensayar con el centro de empuje de la máquina a manera de evitar excentricidades.

Verificar que el indicador de carga de la máquina esté en cero, de no ser así se deberá ajustar. Luego aplicar la carga de manera continua y uniforme, hasta el momento de la falla de la probeta, por último registrar el tipo de falla y la carga máxima soportada por la probeta antes de fracturarse. Calcular la Resistencia a Compresión, dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección.

Tipo de fracturas en los cilindros de concreto ASTM C-39 / NTP 339. 034.

- a. **Fractura tipo I:** Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales de menos de 1 in (25mm).

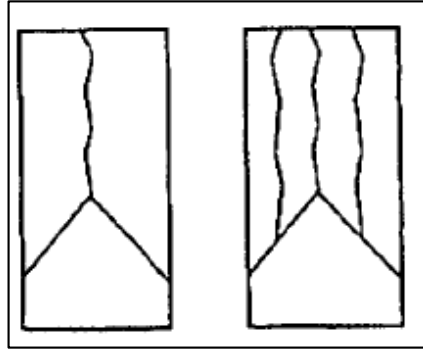
FIGURA N° 1. Fractura tipo I.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39, 1981

- b. **Fractura tipo II:** Conos bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de los cabezales, como no bien definido en el otro extremo.

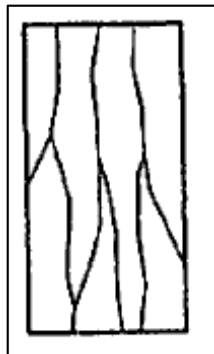
FIGURA N° 2. Fractura tipo II.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39, 1981

- c. Fractura tipo III:** Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, como no bien formados.

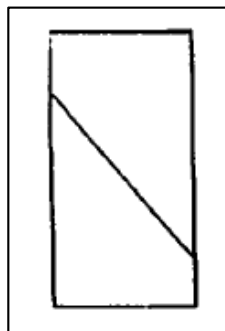
FIGURA N° 3. Fractura tipo III.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39, 1981

- d. Fractura tipo IV:** Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos; golpes suavemente con un martillo para distinguirla del tipo 1.

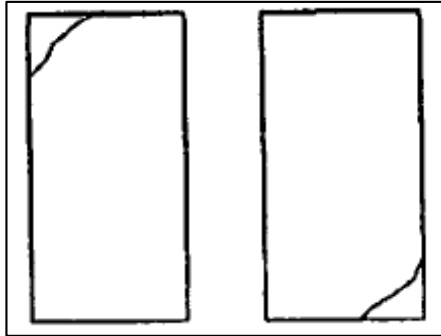
FIGURA N° 4. Fractura tipo IV.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39, 1981

- e. **Fractura tipo V:** Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre comúnmente con cabezales no adheridos).

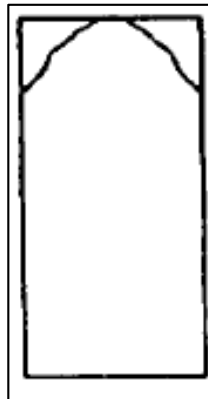
FIGURA N° 5. Fractura tipo V.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39, 1981

- f. **Fractura tipo VI:** Similar a tipo 5 pero el extremo del cilindro es puntiagudo.

FIGURA N° 6. Fractura tipo VI.



Fuente. NTP 339.034 / ASTM C-39, 1981

2.2.7. Desarrollo Experimental de la Investigación

A. Mezcla de concreto

Se realizarán mezclas de concreto para un diseño de patrón de 175 kg/cm^2 , y para los concretos con 2%, 4%, 6% de viruta de acero que reemplazara el árido fino, posteriormente se muestra los diseños de mezclas. **(Ver anexo N°2: Diseño de Mezcla)**

B. Diseño de mezcla.

Es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cubica de concreto, conocida usualmente como diseño de mezclas, puede ser definida como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuados y que endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador. (Arana, s.f.)

La dosificación de las mezclas para concreto de peso normal es la determinación más económica y práctica de los componentes para concreto. De tal forma que tenga manejabilidad en su estado plástico y que desarrolle las propiedades requeridas en su estado endurecido. Así, una mezcla para concreto correctamente dosificada debe lograr fundamentalmente tres objetivos:

- La manejabilidad del concreto recién mezclado.
- Las propiedades que se requieren en el concreto endurecido.
- Ser económica.

Uno de los diseños más utilizados para elaborar diseños de mezclas es el contemplado en el ACI 211. Este documento nos da un alcance para comenzar a trabajar y encontrar proporciones aproximadas en el diseño de un concreto nuevo. (Rivva, 2007).

Utilizando el método ACI 211 y realizando las mezclas de prueba se consiguió un diseño de mezclas patrón, posteriormente se pudo obtener los diseños de mezcla con la incorporación de viruta de acero. Posteriormente se realizó la corrección debido a la humedad de los agregados al momento de realizar la mezcla del

concreto, así mismo la incorporación del agua según su consistencia adquirida en el instante.

Se realizó el diseño de mezcla para un concreto convencional con una resistencia de 175 kg/cm^2 , Utilizando agregado fino, agregado grueso, cemento, agua, posteriormente se realizó el diseño de mezcla de concreto con la incorporación de distintos porcentajes de viruta de acero.

- 98% de agregado fino y 2% de viruta de acero.
- 96% de agregado fino y 4% de viruta de acero.
- 94% de agregado fino y 6% de viruta de acero.

C. Plan de trabajo

Se realizó un diseño de concreto convencional de 175 kg/cm^2 , posteriormente se realizaron diseños de mezclas para cada porcentaje de viruta de acero incorporando (2%, 4% y 6%), se dejó curando a 7, 14 y 28 días para luego ser evaluadas a la resistencia a compresión axial.

2.3. Definición de términos básicos

1. Agregados:

Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico (NTE, 2009).

2. Cemento:

Material pulverizado que por incorporación de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo del agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos (RNE, 2006).

3. Concreto:

El concreto es un material heterogéneo, el cual está compuesto principalmente de la combinación de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso. El concreto contiene un pequeño volumen de aire atrapado, y puede contener también aire intencionalmente incorporado mediante el empleo de un aditivo (RNE, 2006).

4. Viruta de acero:

La viruta es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre metales (Gutiérrez, s.f).

5. Resistencia a la Compresión Axial:

Se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Torre, 2004).

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la Hipótesis

La incorporación de diferentes porcentajes de viruta de acero incrementa hasta en 5% la resistencia a la compresión axial del concreto $f_c=175$ kg/cm².

3.2. Operacionalización de Variables

➤ **Variable Dependiente:**

Resistencia a Compresión Axial.

➤ **Variable Independiente:**

Incorporación de Viruta de acero en diferentes porcentajes.

TABLA N° 7. Operacionalización de Variable dependiente.

| Variable dependiente | Definición | Indicadores | Unidad |
|---------------------------|---|-------------------------------------|------------------------|
| Resistencia del concreto. | La resistencia del concreto está definida en la máxima carga que puede soportar, mediante un efecto de compresión | - Resistencia a la Compresión Axial | - Kg-f/cm ² |

Fuente: Elaboración Propia, 2016

TABLA N° 8. Operacionalización de Variable Independiente.

| Variable Independiente | Definición | Indicadores | Unidad |
|---|---|--|----------------------|
| Incorporación de Viruta de acero en diferentes porcentajes. | Referido a que se podrá incrementar la resistencia incorporando viruta de acero en distintos porcentajes, que reemplazara el agregado fino . | - Resistencia a la Compresión Axial (2% Viruta de acero) | - kg/cm ² |
| | | - Resistencia a la Compresión Axial (4% Viruta de acero) | - kg/cm ² |
| | | - Resistencia a la Compresión Axial (6% Viruta de acero) | - kg/cm ² |

Fuente: Elaboración Propia, 2016

CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

El tipo de investigación es de carácter Experimental.

4.2. Material de estudio.

4.2.1. Unidad de estudio.

Probetas de Concreto $f_c = 175$ kg/cm² Patrón y Probetas de concreto con la incorporación de diferentes porcentajes de viruta de acero (2%, 4% y 6%).

4.2.2. Población.

La población son las 36 probetas de concreto (diseño patrón y con la incorporación de Viruta de acero (2%, 4% y 6%).

4.2.3. Muestra.

Para poder recopilar los datos, se realizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia de los concretos de resistencia $f_c = 175$ kg/cm², donde varía el porcentaje de viruta de acero.

- Probetas de concreto con resistencia de 175 kg/cm²
- Probetas de concreto con 2% de Viruta de acero.
- Probetas de concreto con 4% de Viruta de acero.
- Probetas de concreto con 6% de Viruta de acero.

Lo cual nos da un total de 36 Especímenes que son la muestra usada en la investigación.

4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

4.3.1. Para recolectar datos.

Para determinar la influencia de la resistencia a Compresión Axial del concreto al incorporar diferentes porcentajes de viruta de acero, consistió en determinar las características del material a incorporar y las propiedades físico mecánicas de los agregados para poder realizar los diseños de mezcla usando el método ACI 211.

Una vez diseñado la muestra patrón y las muestras con diferentes incorporaciones de porcentaje de viruta de acero (2%, 4% y 6%), se procede a ensayarlos a compresión axial a los 7, 14 y 28 días de curado, donde se registran los datos a comparar.

A. Características del material a Incorporación

A.1. Limpieza de la viruta de acero

Una vez obtenida la materia prima, se procedió a limpiar la viruta de acero con trapos industriales para quitar el aceite que utiliza la empresa para realizar el corte, y así no pueda traer dificultades a la hora de realizar el concreto.

A.2. Cortado y preparado de la Viruta de acero

Una vez obtenida la materia prima (viruta de acero), se procedió a cortarlas en tamaños menores a 3 cm, para que no puedan quedar fragmentos mucho mayores y dificulten el trabajo a la hora de elaborar el concreto.

A.3. Instrumentos

Para determinar las características de la materia prima a incorporación (viruta de acero), se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Guantes y lentes de seguridad.
- Alicates.
- Recipientes.
- Balanza electrónica.

B. Características de los agregados

B.1. Granulometría de los Agregados (ASTM C136 / NTP 400.012)

Agregado fino:

Se tomó 1503.70 gr de la muestra por cuarteo, la cual se pasó por el juego de tamices según la Norma ASTM C136, posteriormente se registró los pesos retenido en cada malla, para finalmente los datos sean procesados.

Agregado grueso:

Se tomó 4801.00 gr de la muestra por cuarteo, la cual se pasó por el juego de tamices según la Norma ASTM C136, posteriormente se registró los pesos retenido en cada malla, para finalmente los datos sean procesados.

B.2. Peso Unitario y contenido de vacíos de los Agregados (ASTM C29 / NTP 400.017)

Se preparó muestras tanto para el agregado grueso y fino, para luego calcular el peso unitario suelto y compactado.

Peso Unitario Suelto:

Se llenó el recipiente el cual se le conoce el volumen hasta rebosar, descargando el material a una altura no mayor de 5 cm, y se registró su peso.

Peso Unitario Compactado:

Se llenó 1/3 del recipiente con la muestra, se compacto con 25 golpes y se repitió el procedimiento a los 2/3 y al tope del recipiente, enrasándolo; luego se procedió a registrar el peso de la muestra compactada.

B.3. Peso Específico y Absorción de los Agregados

Agregado Fino (ASTM C128 / NTP 400.022):

Se toma una muestra de material, y se la deja sumergida en agua durante 24 horas a una temperatura ambiente con el objetivo de saturar los poros. Pasado ese tiempo se escurre teniendo cuidado de no perder material y se deja secar hasta que el material este suelto. Luego se toma el molde cónico, el cual se llenó del material y se aprisiono con 25 caídas del compactador desde una altura aproximada de 5mm, luego se alzó el molde verticalmente y se verifico si el cono se mantiene firme; si esto ocurre se continua con la operación de

secado hasta que el cono se derrumbe ligeramente al retirar el molde, lo que indicará que la muestra ha alcanzado la condición de superficie seca. Posteriormente se llenó un picnómetro con agua, se pesó, se le boto un poco de agua, se introdujo la muestra, y se le añadirá agua gradualmente hasta llenar la totalidad del picnómetro, removiendo la muestra para eliminar las burbujas.

Se pesó el picnómetro con la muestra y el agua. Posteriormente se sacó la muestra del instrumento y se dejó secar a una temperatura entre 100 y 110°C para luego registrar su peso.

Agregado Grueso (ASTM C127 / NTP 400.021):

Se tomó una muestra de agregado, la cual se sumergió en agua durante 24h a una temperatura ambiente. Pasa este tiempo se deja escurrir el material durante unos minutos, se seca superficialmente con una toalla y se toma el peso de la muestra saturada con superficie seca. Luego se prepara la balanza mecánica con la canastilla y se coloca la muestra en la canastilla, se sumerge en agua y se toma el peso de la muestra.

Finalmente se seca la muestra en el horno a una temperatura de 100°C, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente para registrar su peso. Con esos datos se determinó la densidad aparente y el porcentaje de absorción del agregado grueso.

B.4. Contenido de Humedad de los Agregados (ASTM C566 / NTP 339.185)

El ensayo consiste en determinar la humedad que tiene en ese momento los agregados, la cual comienza en pesa la tara y luego se le agrega una proporción de agregado (fino o grueso). A continuación se lleva la muestra a una estufa eléctrica por 24h. Una vez seco el agregado, se retira y se deja enfriar para después tomar el peso de la tara con el material seco.

B.5. Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200 por lavado de agregados (ASTM C117 / NTP400.018)

Se toma una muestra de agregado seca y se la pesa, luego se coloca en el recipiente y se agrega la cantidad suficiente de agua para cubrir el material. El contenido del recipiente se agitará vigorosamente y el agua de lavado se vaciara inmediatamente sobre la serie de dos tamices (N° 16 y N° 200), la agitación deberá ser lo suficiente vigorosa para obtener una completa separación de las partículas gruesas de aquellas que son más finas que el tamiz N° 200 y traer el material fino en suspensión de modo que sea removido por decantación del agua de lavado. Debe evitarse, tanto como sea posible, la decantación de las partículas gruesas de la muestra. La operación se repetirá hasta que el agua de lavado se vea clara.

B.6. Resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles (ASTM C131 / NTP400.019)

En este ensayo se determinó la resistencia al desgaste del agregado grueso a través de la máquina de los ángeles y una carga abrasiva de esferas de acero.

Basados en los resultados de la granulometría se determinó que el material presentaba una gradación Tipo B (Pesos Retenidos en los tamices 1/2" y 3/8").

Se tomó una muestra de 5000 gr. Divididos equitativamente entre el material retenido por los tamices 1/2" y 3/8". La muestra se introdujo en la máquina de Los Ángeles con 11 esferas de acero y se le dio 500 revoluciones.

Por último se sacó el material de la máquina, se pasó por el tamiz N°12 y se pesó el material retenido en dicho tamiz. La diferencia del peso final e inicial fue expresada en porcentaje e indica el valor de desgaste del material.

B.7. Instrumentos

Para determinar las características físicas mecánicas de los agregados se utilizaron los siguientes instrumentos:

TABLA N° 9. Instrumentos utilizados para la recolección de datos.

| Instrumentos de estudio de la investigación (Equipos y Materiales) |
|---|
| Balanza Analítica |
| Envases graduadas. |
| Horno 110°C |
| Máquina de los ángeles. |
| Molde cónico metálico 30 cm x 60 cm |
| Recipientes metálicos. |
| Taras |
| Tamices |
| Cesta malla de alambre |
| Mezcladora |
| Picnómetro |
| Máquina de ensayo para compresión axial. |

Fuente: Elaboración propia, 2016

C. Diseño y elaboración de mezclas de concreto patrón y modificado

C.1. Diseño Patrón: Método ACI 211

Se realizó diseños patrones de concreto con una resistencia de $f_c = 175$ kg/cm², utilizando el método ACI 211.

Para el concreto modificado se realizó diseños con la incorporación de diferentes porcentajes de viruta de acero (2%, 4% y 6%) en reemplazo del agregado fino.

C.2. Elaboración de mezclas de concreto patrón y modificado

Para la preparación de la mezcla del concreto patrón y modificado se utilizó una mezcladora mecánica, donde se colocan todos los componentes de la mezcla para un volumen de 0.050 m³ (9 especímenes), este concreto fue mezclado hasta homogenizarlo con todos sus materiales igualmente distribuidos.

Se realizaron tres testigos por cada diseño según la norma ASTM C31 / NTP 339.033.

C.3. Instrumentos

Para la elaboración de las mezclas de concreto convencional y modificado se utilizaron los siguientes instrumentos:

TABLA N° 10. Instrumento utilizados para la elaboración de concreto.

| Instrumentos de estudio de la investigación (Equipos y Materiales) |
|---|
| Balanza Analítica |
| Envases graduados |
| Mezcladora |
| Recipientes |
| Máquina de los ángeles. |

Fuente: Elaboración propia, 2016

D. Ensayos en el concreto fresco

Después de realizado la mezcla de concreto se realizó los siguientes ensayos:

D.1. Slump (ASTM C143 / NTP 339.035)

La muestra de concreto recién mezclado se coloca y compacta con una varilla metálica (chuceo) en un molde con forma de cono trunco (con medidas normalizadas). Se coloca en tres capas cada una con 25 golpes.

El molde se levanta y el concreto fluye. La distancia vertical entre la posición original (el tamaño del molde) y la desplazada producto del asentamiento del centro de la superficie superior del concreto es medida y registrada como el asentamiento del concreto.

D.2. Peso Unitario y contenido de aire (ASTM C138 / NTP 339.046)

Se tomó una muestra representativa de concreto recién mezclado con una cuchara metálica y se llenó un recipiente cilindro metálico con tres capas de igual espesor, sobrellenado ligeramente la última capa. Cada capa se compacto con 25 golpes de varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección del molde. Se compacto la capa inferior en todo su espesor, sin compactar en el fondo del recipiente con la barra compactadora. De igual forma se compactó la segunda y tercera capa penetrando una pulgada aproximadamente (25 mm) en la capa anterior.

Para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra, se golpeó firmemente los lados del molde de 10 a 15 veces con un mazo de caucho después de compactar cada capa y se enraso el concreto sobrante utilizando la varilla metálica apoyada sobre el borde superior del recipiente, limpiando a su vez el exceso de mortero en dicho borde.

Finalmente se pesó el molde lleno de concreto para los cálculos respectivos.

D.3. Temperatura (ASTM C1064 / NTP 339.184)

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado. El ensayo consiste en colocar un dispositivo de medición de temperatura en la muestra de concreto de tal modo que este rodeado de mezcla por todos sus lados y lejos del recipiente que lo contiene, el tiempo promedio que estuvo introducido fue de 2 a 2.5 minutos o hasta que la lectura se estabilice.

D.4. Instrumentos

Los instrumentos necesarios para realizar los ensayos de concreto fresco fueron los siguientes:

TABLA N° 11. Instrumentos utilizados para concreto fresco.

| Instrumentos de estudio de la investigación (Equipos y Materiales) |
|---|
| Balanza Analítica |
| Barra compactadora de 5/8" |
| Wincha |
| Cucharón |
| Mazo con cabeza de caucho |
| Cono de Abrams |
| Termómetro para concreto |
| Recipiente metálico |

Fuente: Elaboración propia, 2016

E. Desencofrado y curado de cilindros de concreto

Se han utilizado probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, los moldes se limpiaron y se les colocó petróleo para su mejor manejo al momento de desencofrar.

Para cada ensayo se elaboraron 3 testigos por cada diseño según la norma ASTM C31 / NTP 339.033.

Una vez realizada la mezcla, se procedió a vaciarla en los moldes con las dimensiones antes indicadas, este vaciado se hizo en tres capas; la primera se vació hasta llegar a 1/3 del molde y se compactó con 25 golpes, posteriormente se vació la siguiente capa y se compactó asegurándose que los golpes no llegaran a la primera capa, finalmente se añadió la tercera capa hasta rebosar el molde y se repitió el proceso de compactación para posteriormente enrasarlo.

Se desencofro a las 24 horas de realizados los especímenes de concreto, los cuales fueron curados en una poza a temperatura $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ según norma ASTM C31 / NTP 339.183.

4.3.2. Para analizar información.

Para analizar la información primeramente se determinó las características físico mecánicas de los agregados fino y grueso, estos deberán cumplir con los parámetros de las norma ASTM C33 / NTP 400.037, para poder ser utilizados en los diseños de mezclas.

Se analizó los ensayos en el concreto fresco tales como la consistencia, el cual nos arrojó entre 3” a 4”.

Los ensayos realizados en laboratorio fueron satisfactorios en todos los diseños cumpliendo con los previstos.

Los resultados de los ensayos a la resistencia a compresión axial de los diferentes diseños de concreto evaluados a los 7, 14 y 28 días. También se analizó el tipo de falla de todas las probetas de concreto.

La información obtenida se analizó mediante hojas de cálculo en Microsoft Office Excel 2010, para un mejor análisis y proceso de información.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestra y analizan los resultados adquiridos durante los ensayos realizados a los agregados finos y gruesos, así como también los resultados del concreto convencional y modificado tanto en estado fresco como endurecido, esto se realizó en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca.

5.1. Resultados de la Viruta de acero.

A. Cortado y preparado de la Viruta de acero

Una vez obtenida la materia prima (viruta de acero), se procedió a cortarlas en tamaños menores a 3 cm, para que no puedan quedar fragmentos mucho mayores y dificulten el trabajo a la hora de elaborar el concreto.

Los pesos utilizados de viruta de acero para la realización de los diferentes diseños fueron los siguientes:

TABLA N° 12. Pesos Utilizados de Viruta de acero.

| PESOS UTILIZADOS DE VIRUTA ACERO | | |
|------------------------------------|----------------------|-----------|
| Diseños | Peso para 9 Probetas | |
| Concreto con 2% de Viruta de acero | 0.370 | kg |
| Concreto con 4% de Viruta de acero | 0.740 | kg |
| Concreto con 6% de Viruta de acero | 1.110 | kg |
| Total | 2.220 | kg |

Fuente: Elaboración propia, 2016

La viruta total utilizada para los diseños de esta investigación es de: 2.220 kg

5.2. Resultados de las características físicas de los agregados.

Según la especificación de la norma ASTM C-33 /NTP 300.037, se presentan los siguientes resultados obtenidos.

A. Agregado Grueso

En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtuvo de la granulometría:

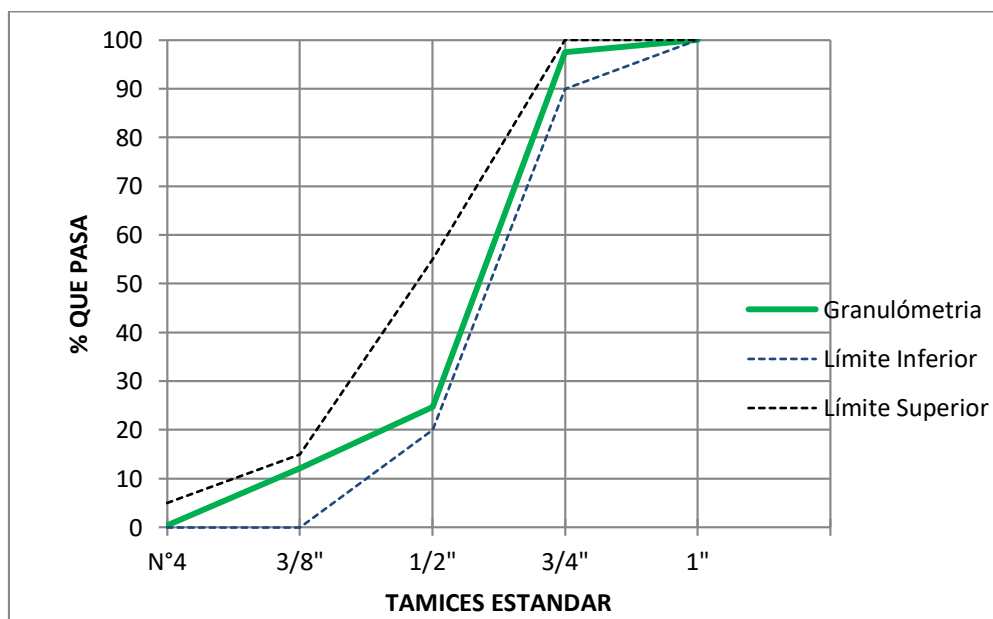
TABLA N° 13. Granulometría del Agregado Grueso.

| Muestra | | 4801.00 | gr | | |
|----------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| TAMIZ | | Peso Retenido (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que Pasa |
| N° | Abertura (mm) | | | | |
| 1 1/2" | 38.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4" | 19.00 | 117.00 | 2.44 | 2.44 | 97.56 |
| 1/2" | 12.50 | 3523.00 | 73.38 | 75.82 | 24.18 |
| 3/8" | 9.50 | 632.00 | 13.16 | 88.98 | 11.02 |
| N°4 | 4.75 | 506.00 | 10.54 | 99.52 | 0.48 |
| CAZOLETA | | 23.00 | 0.48 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 4801.00 | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2016

Para clasificar el agregado grueso se realizara mediante el huso granulométrico, y se muestra en la siguiente figura.

FIGURA N° 7. Curva Granulométrica del agregado grueso (Huso # 6).



Fuente: Elaboración propia, 2016

La granulometría del agregado grueso cumple con los límites del huso granulométrico # 6, el TMN es 3/4". Según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037. (Ver Anexo N° 01).

TABLA N° 14. Resumen de las características físicas del agregado grueso.

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO | | | | |
|--|----------|---------------------|-------------------------------------|-----------|
| ENSAYO | VALOR | UNIDAD | PARÁMETROS (ASTM C33 / NTP 400.037) | OBS |
| Módulo de Finura (MF) | 6.91 | ----- | - | ----- |
| Contenido de Humedad | 4.95 | % | - | ----- |
| Peso Específico de Masa (Pem) | 2.468 | gr/c m ³ | - | ----- |
| Peso Específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) | 2.411 | gr/c m ³ | - | ----- |
| Peso Específico aparente (Pea) | 2.509 | gr/cm ³ | - | ----- |
| Absorción (Ab) | 1.667 | % | - | ----- |
| Peso unitario suelto | 1271.034 | kg/ m ³ | - | ----- |
| Peso unitario compactado | 1421.437 | kg/ m ³ | - | ----- |
| Porcentaje de Vacíos | 44.55 | % | 40% - 50% | Verdadero |
| Porcentaje que Pasa el tamiz N°200 | 0.806 | % | 1 (máximo) | Verdadero |
| Resistencia a la Degradación | 28.240 | % | 50 (máximo) | Verdadero |

Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación de Resultados del Agregado Grueso:

1. Granulometría:

Respecto a la granulometría obtenida se puede determinar que el material puede ser utilizado para la elaboración de concreto.

Con respecto al módulo de finura se puede concluir que el agregado grueso es bien gradado.

La granulometría del agregado grueso cumple con los límites del Huso Granulométrico #6 de la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

El Tamaño Máximo Nominal (TMN) del agregado es de 3/4".

2. Porcentaje de Vacíos:

Respecto al porcentaje de vacíos se obtuvo 45.55 %, el cual es correcto debido a que se encuentra dentro del rango permisible de 40 – 50% según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

3. Porcentaje que pasa el tamiz N° 200:

Se obtuvo 0.806 %, el cual está por debajo del límite permisible de 1 % según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037. Con el cual concluimos que el agregado no necesita ser lavado para utilizarlo.

4. Resistencia a la degradación:

Respecto a la resistencia a la degradación se obtuvo 28.240%, el cual es correcto debido a que se encuentra por debajo del límite permisible de 50% según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

Las propiedades del agregado grueso antes mostradas en la tabla N° 14, servirán para el diseño de mezclas de concreto

B. Agregado Fino

En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtuvo de la granulometría:

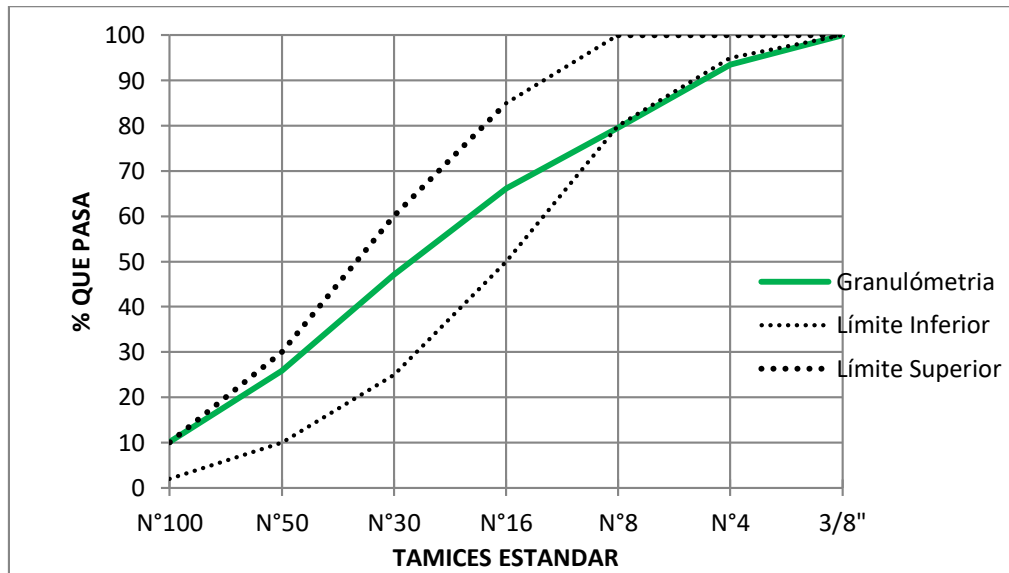
TABLA N° 15. Granulometría del Agregado Fino.

| Muestra | | 1503.70 | gr | | |
|----------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| TAMIZ | | Peso Retenido (gr) | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que Pasa |
| N° | Abertura (mm) | | | | |
| 3/8" | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N°4 | 4.75 | 72.10 | 4.79 | 4.79 | 95.21 |
| N°8 | 2.36 | 210.70 | 14.01 | 18.81 | 81.19 |
| N°16 | 1.18 | 250.50 | 16.66 | 35.47 | 64.53 |
| N°30 | 0.60 | 286.40 | 19.05 | 54.51 | 45.49 |
| N°50 | 0.36 | 330.50 | 21.98 | 76.49 | 23.51 |
| N°100 | 0.15 | 234.10 | 15.57 | 92.06 | 7.94 |
| N°200 | 0.08 | 89.60 | 5.96 | 98.02 | 1.98 |
| CAZOLETA | | 29.80 | 1.98 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 1503.70 | | | |

Fuente: Elaboración propia, 2016

.Para clasificar el agregado grueso se realizara mediante el huso granulométrico, y se muestra en la siguiente figura.

FIGURA N° 8. Curva Granulométrica del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 16. Resumen de las características físicas del agregado fino.

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGREGADO FINO | | | | |
|--|----------|--------------------|-------------------------------------|-----------|
| ENSAYO | VALOR | UNIDAD | PARÁMETROS (ASTM C33 / NTP 400.037) | OBS |
| Módulo de Finura (MF) | 2.82 | ----- | - | ----- |
| Contenido de Humedad | 4.96 | % | - | ----- |
| Peso Específico de Masa (Pem) | 2.789 | gr/cm ³ | - | ----- |
| Peso Específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS) | 2.854 | gr/cm ³ | - | ----- |
| Peso Específico aparente (Pea) | 2.982 | gr/cm ³ | - | ----- |
| Absorción (Ab) | 2.312 | % | - | ----- |
| Peso unitario suelto | 1570.140 | kg/m ³ | - | ----- |
| Peso unitario compactado | 1731.013 | kg/m ³ | - | ----- |
| Porcentaje de Vacíos | 36.20 | % | - | ----- |
| Porcentaje que Pasa el tamiz N°200 | 3.84 | % | 5 (máximo) | Verdadero |

Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación de Resultados del Agregado Grueso:

1. Granulometría:

De acuerdo con la granulometría obtenida se puede determinar que el material puede ser utilizado para la elaboración de concreto.

El módulo de finura obtenida es de 2.82 cumple con el rango permisible de 2.3 a 3.1 según la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

La granulometría del agregado grueso cumple con los límites del Huso Granulométrico # 6 de la Norma ASTM C33 / NTP 300.037.

5.3. Resultados de los diseños y las mezclas de concreto fresco

A. Diseño de Mezclas

Se realizó diseños de mezcla de concreto convencional con un resistencia deseada de 175 kg/cm^2 , a los 7, 14 y 28 días. El cual se muestra a continuación:

TABLA N° 17. Cantidad de materiales para el diseño Patrón ($f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$).

| CANTIDAD DE MATERIAL PARA 1 m ³ DE CONCRETO | | | | | |
|--|-------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------|
| MATERIAL | PESO POR M3 | | PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD | | PROPORCIÓN |
| Cemento | 310.61 | kg/m ³ | 310.61 | kg/m ³ | 1 |
| Agua | 205.00 | lt/m ³ | 152.49 | lt/m ³ | 20.87 |
| Agregado Grueso | 878.45 | kg/m ³ | 938.09 | kg/m ³ | 2.97 |
| Agregado Fino | 893.76 | kg/m ³ | 921.93 | kg/m ³ | 3.02 |

Fuente: Elaboración propia, 2016

De igual manera se diseñaron concretos con diferentes porcentajes de viruta de acero (2%, 4% y 6%) con una resistencia deseada $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, a los 7, 14 y 28 días. Los cuales se muestran a continuación:

TABLA N° 18. Cantidad de materiales para el diseño 1 ($f'_c = 175$ kg/cm²) + 2% Viruta de acero.

| CANTIDAD DE MATERIAL PARA 1 m ³ DE CONCRETO (2 % VIRUTA DE ACERO) | | | | |
|--|-------------|-------------------|------------------------------|------------|
| MATERIAL | PESO POR M3 | | PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD | PROPORCIÓN |
| Cemento | 310.61 | kg/m ³ | 310.61 kg/m ³ | 1 |
| Agua | 205.00 | lt/m ³ | 152.49 lt/m ³ | 20.87 |
| Viruta de acero | 17.88 | kg/m ³ | 17.88 kg/m ³ | 0.02 |
| Agregado Grueso | 878.45 | kg/m ³ | 921.93 kg/m ³ | 2.97 |
| Agregado Fino | 875.89 | kg/m ³ | 920.22 kg/m ³ | 3.02 |

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 19. Cantidad de materiales para el diseño 2 ($f'_c = 175$ kg/cm²) + 4% Viruta de acero.

| CANTIDAD DE MATERIAL PARA 1 m ³ DE CONCRETO (4% VIRUTA DE ACERO) | | | | |
|---|-------------|-------------------|------------------------------|------------|
| MATERIAL | PESO POR M3 | | PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD | PROPORCIÓN |
| Cemento | 310.61 | kg/m ³ | 310.61 kg/m ³ | 1 |
| Agua | 205.00 | lt/m ³ | 152.49 lt/m ³ | 20.87 |
| Viruta de acero | 35.75 | kg/m ³ | 35.75 kg/m ³ | 0.04 |
| Agregado Grueso | 878.45 | kg/m ³ | 921.93 kg/m ³ | 2.97 |
| Agregado Fino | 858.01 | kg/m ³ | 902.34 kg/m ³ | 3.02 |

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 20. Cantidad de materiales para el diseño 3 ($f'_c = 175$ kg/cm²) + 6% Viruta de acero.

| CANTIDAD DE MATERIAL PARA 1 m ³ DE CONCRETO (6% VIRUTA DE ACERO) | | | | |
|---|-------------|-------------------|------------------------------|------------|
| MATERIAL | PESO POR M3 | | PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD | PROPORCIÓN |
| Cemento | 310.61 | kg/m ³ | 310.61 kg/m ³ | 1 |
| Agua | 205.00 | lt/m ³ | 152.49 lt/m ³ | 20.87 |
| Viruta de acero | 53.63 | kg/m ³ | 53.63 kg/m ³ | 0.06 |
| Agregado Grueso | 878.45 | kg/m ³ | 921.93 kg/m ³ | 2.97 |
| Agregado Fino | 840.14 | kg/m ³ | 884.47 kg/m ³ | 3.02 |

Fuente: Elaboración propia, 2016

B. Concreto Fresco

Se realizó los ensayos al concreto fresco, siguiendo los procedimientos que están establecidos en las normas correspondientes. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 21. Resultado de los ensayos de concreto fresco.

| ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO | | | | | |
|--|------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------|
| DISEÑOS | PROBETA PROMEDIO | ASENTAMIENTO (pulg) | PESO UNITARIO (kg/m ³) | CONTENIDO DE AIRE (%) | TEMPERATURA (°C) |
| DISEÑO PATRON $f'_c=175$ (kg/cm ²) | P1 | 3 1/2 " | 2313.84 | 0.69 | 21.17 |
| | P2 | 3 1/2 " | 2315.16 | 0.74 | 21.67 |
| | P3 | 3 1/2 " | 2317.80 | 0.86 | 21.33 |
| DISEÑO $f'_c=175$ (kg/cm ²) + 2 % VIRUTA ACERO | P1 | 3 1/2 " | 2352.32 | 1.87 | 21.00 |
| | P2 | 3 1/2 " | 2355.59 | 2.01 | 21.33 |
| | P3 | 3 1/2 " | 2355.40 | 2.00 | 20.83 |
| DISEÑO $f'_c=175$ (kg/cm ²) + 4 % VIRUTA ACERO | P1 | 3 1/2 " | 2345.90 | 1.11 | 21.33 |
| | P2 | 3 1/2 " | 2345.59 | 1.10 | 21.33 |
| | P3 | 3 1/2 " | 2342.57 | 0.97 | 21.33 |
| DISEÑO $f'_c=175$ (kg/cm ²) + 6 % VIRUTA ACERO | P1 | 3 1/2 " | 2331.76 | 0.01 | 21.00 |
| | P2 | 3 1/2 " | 2331.44 | 0.00 | 21.33 |
| | P3 | 3 1/2 " | 2335.40 | 0.17 | 21.50 |

Fuente: Elaboración propia, 2016

Interpretación de Resultados del Concreto Fresco:

A. Concreto Patrón: ($f'_c = 175$ kg/cm²)

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): El asentamiento del concreto patrón fue el diseñado inicialmente, para el cual se le consideró un asentamiento plástico (3 a 4 pulg.), cumpliendo con nuestro diseño planteado inicialmente.

Peso Unitario (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, el valor del peso unitario del concreto patrón es de $P1 = 2313.84$ kg/m³, $P2 = 2315.16$ kg/m³, y $P3 = 2317.80$ kg/m³, los cuales están entre el rango 2240 kg/m³ a 2460 kg/m³ de un peso unitario de un concreto normal.

Contenido de Aire (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, el valor del contenido de aire del concreto patrón es de $P1 = 0.69\%$, $P2 = 0.74\%$ y $P3 = 0.86\%$, al ser estos valores menores a 2.0%, estos cumple con el de nuestro diseño teórico de mezcla por el ACI 211.

Temperatura (ASTM 1064 / NTP 339.184): En la tabla 21, la temperatura del concreto patrón es de $P1 = 21.17^\circ\text{C}$, $P2 = 21.67^\circ\text{C}$ y $P3 = 21.33^\circ\text{C}$, el cual se encuentra en un rango promedio de 15 a 25 °C. La temperatura del concreto puede variar por el clima del lugar.

B. Concreto ($f'_c = 175$ kg/cm²) con incorporación del 2% de Viruta de acero:

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): En la tabla 21, se observa que: los diseños P1, P2 y P3 del diseño con la incorporación del 2% de viruta de acero, presentan un asentamiento de 3 ½”, respecto al del diseño patrón que es de 3 ½”. Sin embargo los asentamientos obtenidos son aceptables, ya que cumplen con el diseño de concreto planteado.

Peso Unitario (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, se observa que a medida que se incorpora viruta de acero al concreto patrón (P1, P2 y P3) el peso unitario aumenta, esto es debido a que el peso específico de la viruta de acero es mayor a la del cemento. Cuyos valores son $P1 = 2352.32$ kg/m³, $P2 = 2355.59$ kg/m³, y $P3 = 2355.40$ kg/m³.

Contenido de Aire (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, se observa que el contenido de aire de todos los diseños de concreto con la incorporación del 2% de viruta de acero está por debajo del valor de diseño teórico de 2.0%, estos valores son aceptables ya que cumple con nuestro diseño de concreto planteado.

Temperatura (ASTM 1064 / NTP 339.184): En la tabla 21, la temperatura del concreto con la incorporación del 2% de viruta de acero es de P1 = 21.0°C, P2 = 21.33°C y P3 = 20.83°C, el cual se encuentra en un rango promedio de 15 a 25 °C. La temperatura del concreto puede variar por el clima del lugar.

C. Concreto ($f'_c = 175$ kg/cm²) con incorporación del 4% de Viruta de acero:

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): En la tabla 21, se observa que: los diseños P1, P2 y P3 del diseño con la incorporación del 4% de viruta de acero, presentan un asentamiento de 3 ¼ “, respecto al del diseño patrón que es de 3 ½”. Sin embargo los asentamientos obtenidos son aceptables, ya que cumplen con el diseño de concreto planteado.

Peso Unitario (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, se observa que a medida que se incorpora Viruta de acero al concreto patrón (P1, P2 y P3) el peso unitario aumenta, esto es debe a que el pesos específicos de la Viruta de acero es mayor a la del cemento. Cuyos valores son P1 = 2345.90 kg/m³, P2 = 2345.59 kg/m³, y P3 = 2342.57 kg/m³.

Contenido de Aire (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, se observa que el contenido de aire de todos los diseños de concreto con la incorporación del 4% de viruta de acero está por debajo del valor de diseño teórico de 2.0%, estos valores son aceptables ya que cumple con nuestro diseño de concreto planteado.

Temperatura (ASTM 1064 / NTP 339.184): En la tabla 21, la temperatura del concreto con la incorporación del 4% de viruta de acero es de P1 = 21.33°C, P2 = 21.33°C y P3 = 21.33°C, el cual se encuentra en un rango promedio de 15 a 25 °C. La temperatura del concreto puede variar por el clima del lugar.

D. Concreto ($f'_c = 175$ kg/cm²) con incorporación del 6% de Viruta de acero:

Asentamiento (ASTM 143 / NTP 339.035): En la tabla 21, se observa que: los diseños P1, P2 y P3 del diseño con la incorporación del 6% de viruta de acero, presentan un asentamiento de $3 \frac{1}{2}$. Los asentamientos obtenidos son aceptables, ya que cumplen con el diseño de concreto planteado.

Peso Unitario (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, se observa que a medida que se incorpora Viruta de acero al concreto patrón (P1, P2 y P3) el peso unitario aumenta, esto es debe a que el pesos específicos de la Viruta de acero es mayor a la del cemento. Cuyos valores son P1 = 2331.76 kg/m³, P2 = 2331.44 kg/m³, y P3 = 2335.40 kg/m³.

Contenido de Aire (ASTM 138 / NTP 339.046): En la tabla 21, se observa que el contenido de aire de todos los diseños de concreto con la incorporación del 6% de viruta de acero está por debajo del valor de diseño teórico de 2.0%, estos valores son aceptables ya que cumple con nuestro diseño de concreto planteado.

Temperatura (ASTM 1064 / NTP 339.184): En la tabla 21, la temperatura del concreto con incorporación del 6% de viruta de acero es de P1 = 21.0°C, P2 = 21.33°C y P3 = 21.50°C, el cual se encuentra en un rango promedio de 15 a 25 °C. La temperatura del concreto puede variar por el clima del lugar.

5.4. Resultados del concreto endurecido

La Tabla 22, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto patrón. Las probetas fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días

La Tabla 23, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto con el 2% de viruta de acero. Las probetas fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días

La Tabla 24, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto con el 4% de viruta de acero. Las probetas fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

La tabla 25, presenta los resultados de los ensayos a compresión axial para el concreto con el 6% de viruta de acero. Las probetas fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

TABLA N° 22. Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño Patrón ($f'_c = 175$ kg/cm²).

| DISEÑO PATRON $f'_c=175$ (kg / cm ²) | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---------|------------------|----------------|----------------------------|-----------------|------------------------------------|---|---|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| EDAD | DISEÑO | PROBETA | PROMEDIO | | AREA (cm ²) | Carga Max kg | σ (kg/ cm ²) | σ prom (kg/ cm ²) | Resistencia Requerida 28 dias (kg-/ cm ²) | Resistencia σ (%) | σ (%) Promedio | Resistencia Mínima (ACI) (%) |
| | | | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | | | | | | | | |
| 07 días | PATRON | P - 01 | 14.94 | 29.94 | 175.30 | 23009 | 131.25 | 133.21 | 175 | 75.00 | 76.6% | 70% |
| | | P - 02 | 14.93 | 29.85 | 174.95 | 23512 | 134.39 | | | 76.80 | | |
| | | P - 03 | 14.96 | 29.89 | 175.77 | 23553 | 134.00 | | | 76.57 | | |
| 14 días | PATRON | P - 01 | 14.90 | 29.80 | 174.37 | 26512 | 152.05 | 154.21 | 175 | 86.88 | 88.6% | 86% |
| | | P - 02 | 14.93 | 29.82 | 175.07 | 27022 | 154.35 | | | 88.20 | | |
| | | P - 03 | 14.91 | 29.88 | 174.60 | 27276 | 156.22 | | | 89.27 | | |
| 28 días | PATRON | P - 01 | 14.92 | 29.90 | 174.83 | 31263 | 178.81 | 178.37 | 175 | 102.18 | 101.93% | 100% |
| | | P - 02 | 14.94 | 29.82 | 175.30 | 31252 | 178.27 | | | 101.87 | | |
| | | P - 03 | 14.95 | 29.92 | 175.54 | 31252 | 178.04 | | | 101.73 | | |

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 23. Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño 1 ($f'c = 175$ kg/cm²) + 2% Viruta de acero.

| DISEÑO $f'c=175$ (kg / cm ²) + 2 % VIRUTA ACERO | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---------|------------------|----------------|----------------------------|-----------------|------------------------------------|--|--|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| EDAD | DISEÑO | PROBETA | PROMEDIO | | AREA (cm ²) | Carga Max kg | σ (kg/ cm ²) | σ prom (kg/ cm ²) | Resistencia Requerida 28 dias (kg-/cm ²) | Resistencia σ (%) | σ (%) Promedio | Resistencia Mínima (ACI) (%) |
| | | | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | | | | | | | | |
| 07 días | 2 % VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.92 | 29.95 | 174.83 | 26443 | 151.25 | 149.68 | 175 | 86.43 | 85.53% | 70% |
| | | P - 02 | 14.95 | 29.92 | 175.54 | 26587 | 151.46 | | | 86.55 | | |
| | | P - 03 | 14.92 | 29.95 | 174.83 | 25585 | 146.34 | | | 83.62 | | |
| 14 días | 2 % VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.93 | 29.87 | 175.07 | 29232 | 166.97 | 169.18 | 175 | 95.41 | 96.68% | 86% |
| | | P - 02 | 14.91 | 29.88 | 174.60 | 29523 | 169.09 | | | 96.62 | | |
| | | P - 03 | 14.93 | 29.92 | 175.07 | 30022 | 171.49 | | | 97.99 | | |
| 28 días | 2 % VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.94 | 29.89 | 175.30 | 33156 | 189.13 | 190.79 | 175 | 108.08 | 109.02% | 100% |
| | | P - 02 | 14.91 | 29.88 | 174.60 | 34111 | 195.37 | | | 111.64 | | |
| | | P - 03 | 14.97 | 29.97 | 176.01 | 33064 | 187.85 | | | 107.35 | | |

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 24. Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño 2 ($f'_c = 175$ kg/cm²) + 4% Viruta de acero.

| DISEÑO $f'_c=175$ (kg /cm ²) + 4% VIRUTA ACERO | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------|---------------|-------------|-------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|-----------------------|------------------------------|
| EDAD | DISEÑO | PROBETA | PROMEDIO | | AREA (cm ²) | Carga Max kg | σ (kg/cm ²) | σ prom (kg/cm ²) | Resistencia Requerida 28 días (kg-/ cm ²) | Resistencia σ (%) | σ (%) Promedio | Resistencia Mínima (ACI) (%) |
| | | | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | | | | | | | | |
| 07 días | 4% VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.93 | 29.94 | 175.07 | 29576 | 168.94 | 165.93 | 175 | 96.54 | 94.82% | 70% |
| | | P - 02 | 14.95 | 29.95 | 175.54 | 29122 | 165.90 | | | 94.80 | | |
| | | P - 03 | 14.94 | 29.96 | 175.30 | 28566 | 162.95 | | | 93.12 | | |
| 14 días | 4% VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.95 | 29.98 | 175.54 | 31132 | 177.35 | 176.95 | 175 | 101.34 | 101.11% | 86% |
| | | P - 02 | 14.85 | 29.85 | 173.20 | 30354 | 175.26 | | | 100.15 | | |
| | | P - 03 | 14.90 | 29.87 | 174.37 | 31077 | 178.23 | | | 101.84 | | |
| 28 días | 4% VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.94 | 29.92 | 175.30 | 34324 | 195.80 | 196.82 | 175 | 111.88 | 112.47% | 100% |
| | | P - 02 | 14.95 | 29.91 | 175.54 | 35211 | 200.59 | | | 114.62 | | |
| | | P - 03 | 14.95 | 29.92 | 175.54 | 34066 | 194.07 | | | 110.89 | | |

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 25. Resultados del ensayo a compresión del concreto endurecido Diseño 3 ($f'_c = 175$ kg/cm²) + 6% Viruta de acero.

| DISEÑO $f'_c=175$ (kg / cm ²) + 6% VIRUTA ACERO | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|---------|------------------|----------------|----------------------------|-----------------|------------------------------------|--|--|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| EDAD | DISEÑO | PROBETA | PROMEDIO | | AREA (cm ²) | Carga Max kg | σ (kg/ cm ²) | σ prom (kg/ cm ²) | Resistencia Requerida 28 dias (kg- / cm ²) | Resistencia σ (%) | σ (%) Promedio | Resistencia Mínima (ACI) (%) |
| | | | DIAMETRO (cm) | ALTURA (cm) | | | | | | | | |
| 07 dias | 6% VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.95 | 29.96 | 175.54 | 30043 | 171.15 | 169.12 | 175 | 97.80 | 96.64% | 70% |
| | | P - 02 | 14.95 | 29.93 | 175.54 | 29648 | 168.90 | | | 96.51 | | |
| | | P - 03 | 14.94 | 29.94 | 175.30 | 29333 | 167.33 | | | 95.62 | | |
| 14 dias | 6% VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.89 | 29.70 | 174.13 | 31222 | 179.30 | 181.80 | 175 | 102.46 | 103.89% | 86% |
| | | P - 02 | 14.92 | 29.95 | 174.83 | 31522 | 180.30 | | | 103.03 | | |
| | | P - 03 | 14.90 | 29.92 | 174.37 | 32399 | 185.81 | | | 106.18 | | |
| 28 dias | 6% VIRUTA ACERO | P - 01 | 14.94 | 30.00 | 175.30 | 36004 | 205.38 | 202.26 | 175 | 117.36 | 115.58% | 100% |
| | | P - 02 | 15.00 | 29.91 | 176.71 | 35678 | 201.90 | | | 115.37 | | |
| | | P - 03 | 14.95 | 29.80 | 175.54 | 35023 | 199.52 | | | 114.01 | | |

Fuente: Elaboración propia, 2016

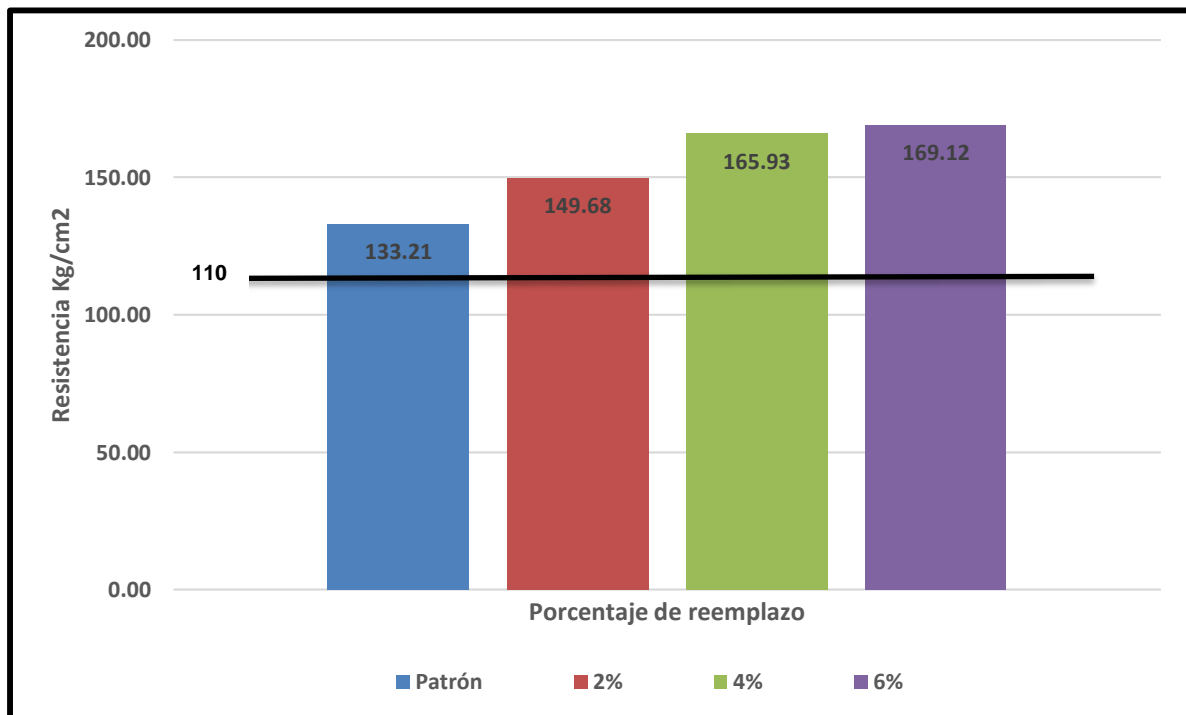
Interpretación de Resultados:

A. Concreto ($f'c = 175$ kg/cm²) a los 7 días

En la figura 9 los resultados demuestran como la incorporación de viruta de acero provoca un incremento de la resistencia a la compresión axial de los especímenes a los 7 días.

Se aprecia que al incorporar el 6% de viruta de acero se obtienen los mayores incrementos de la resistencia a los 7 días, a este porcentaje de incorporar corresponde una resistencia a compresión axial del 169.12 kg/cm², asimismo al incorporar el 2% de viruta de acero se obtiene una resistencia de 149.68 kg/cm² y al incorporación el 4% la resistencia a compresión axial alcanzada es 165.93 kg/cm².

FIGURA N° 9. Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 7 días.



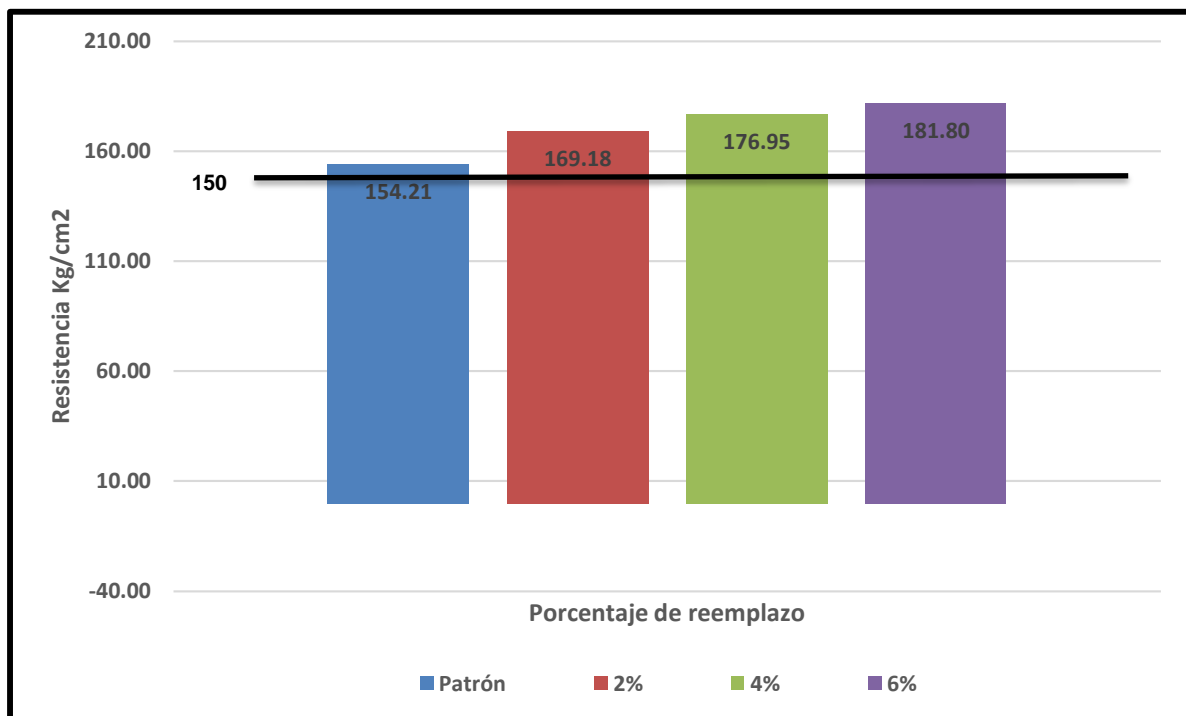
Fuente: Elaboración propia, 2016

B. Concreto ($f'_c = 175$ kg/cm²) a los 14 días

En la figura 10 los resultados demuestran como la incorporación de viruta de acero provoca un incremento de la resistencia a la compresión axial de los especímenes a los 14 días.

Se aprecia que al incorporar el 6% de viruta de acero se obtienen los mayores incrementos de la resistencia a los 14 días, a este porcentaje de incorporación corresponde una resistencia a compresión axial del 181.80 kg/cm², asimismo al incorporar el 2% de viruta de acero se obtiene una resistencia de 169.18 kg/cm² y al incorporar el 4% la resistencia a compresión axial alcanzada es 176.95 kg/cm².

FIGURA N° 10. Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 14 días.



Fuente: Elaboración propia, 2016

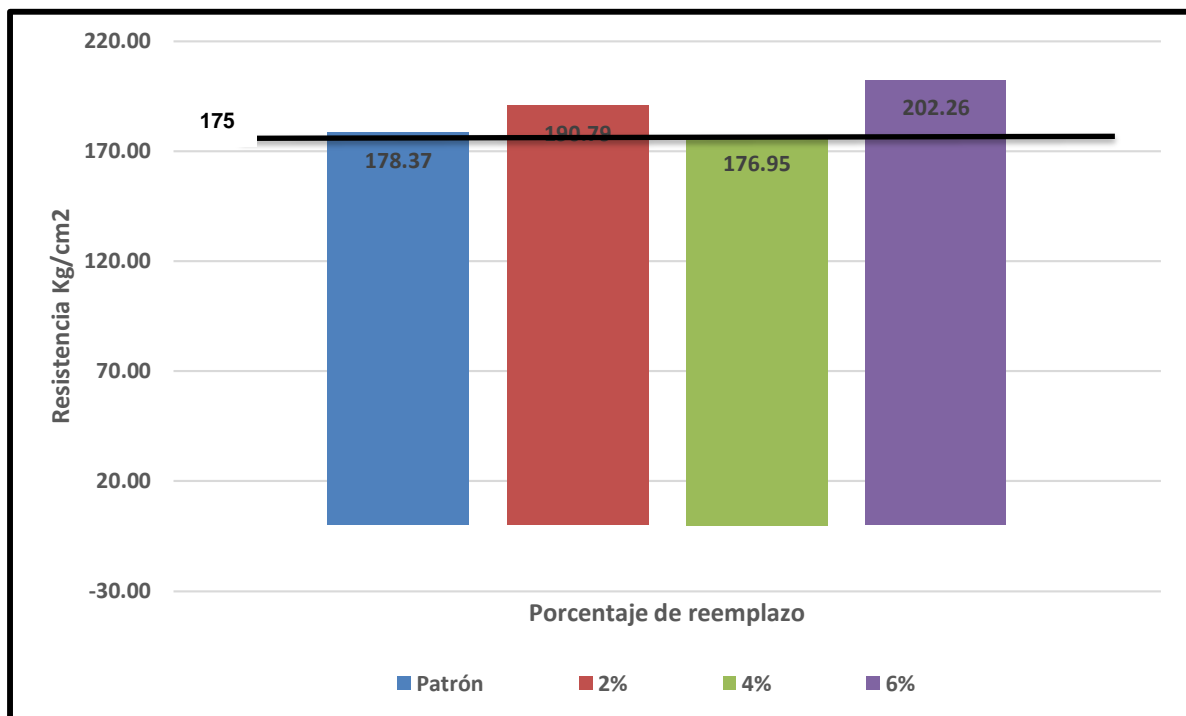
Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero presentan una resistencia mayor a las del concreto convencional ensayada a los 14 días.

C. Concreto ($f'_c = 175$ kg/cm²) a los 28 días

En la figura 11 los resultados demuestran como la incorporación de viruta de acero provoca un incremento de la resistencia a la compresión axial de los especímenes a los 28 días.

Se aprecia que al incorporar el 6% de viruta de acero se obtienen los mayores incrementos de la resistencia a los 28 días, a este porcentaje de incorporación corresponde una resistencia a compresión axial del 202.26 kg/cm², asimismo al incorporar el 2% de viruta de acero se obtiene una resistencia de 190.79 kg/cm² y al incorporar el 4% la resistencia a compresión axial alcanzada es 176.95 kg/cm².

FIGURA N° 11. Resistencia alcanzada en porcentajes de cada diseño a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero presentan una mayor resistencia al las del concreto convencional ensayado a diferentes edades.

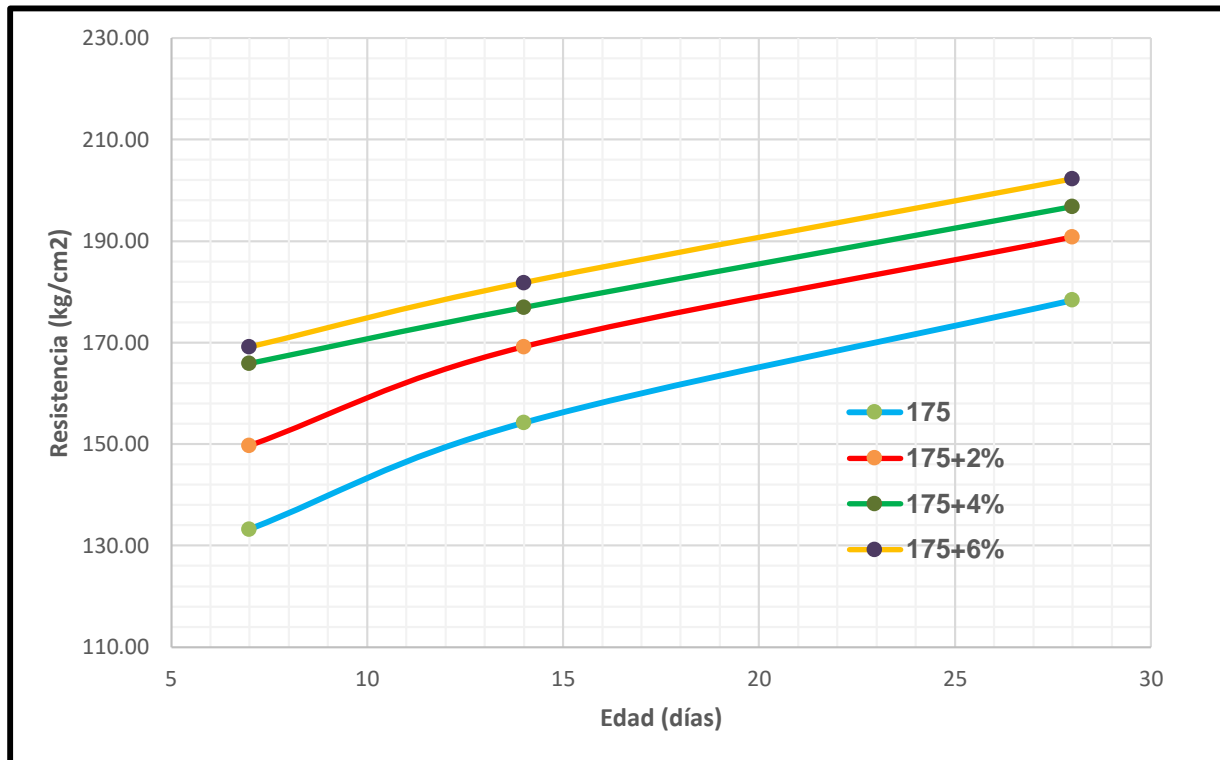
D. Comparación de las resistencias alcanzadas en diferentes edades

TABLA N° 26. Resistencia promedio alcanzada de cada diseño.

| DISEÑO | σ prom (kg/cm ²) | | |
|---|-------------------------------------|---------|---------|
| | 7 Días | 14 Días | 28 Días |
| DISEÑO PATRON $f'_c=175$ (kg / cm ²) | 133.21 | 154.21 | 178.37 |
| DISEÑO $f'_c=175$ (kg / cm ²) + 2% VIRUTA ACERO | 149.68 | 169.18 | 190.79 |
| DISEÑO $f'_c=175$ (kg / cm ²) + 4% VIRUTA ACERO | 165.93 | 176.95 | 196.82 |
| DISEÑO $f'_c=175$ (kg / cm ²) + 6% VIRUTA ACERO | 169.12 | 181.80 | 202.26 |

Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 12. Resistencia promedio alcanzada de cada diseño de mezclas.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Los resultados obtenidos en la FIGURA N° 12 Indican que los concretos incorporados con viruta de acero presentan una mayor resistencia al las del concreto convencional ensayado a diferentes edades.

E. Comparación de los resultados con los antecedentes

Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero a los 28 días presentan un incremento de la resistencia a compresión axial respecto a los resultados en la investigación "Mejoramiento del Concreto con incorporación de viruta de acero a porcentajes de 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla".

Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero a los 28 días presentan una menor de la resistencia a compresión axial respecto a los resultados de la investigación "Mejoramiento de la resistencia a la Flexión del Concreto con incorporación de viruta de acero a porcentajes de 6, 8, 10, 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla".

Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero a los 28 días presentan una menor de la resistencia a compresión axial a edades tempranas respecto a los resultados de la investigación "Análisis de la resistencia a la compresión del concreto al incorporación limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de la mezcla"

Se recomienda el uso de viruta de acero con la finalidad de incrementar la resistencia a la compresión axial del concreto a edades tempranas.

F. Tipos de fracturas en cada especie de concreto

FOTOGRAFIA N° 1. Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 2% de viruta de acero a los 7 días (Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 2. Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 4% de viruta de acero a los 7 días (Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 3. Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 4% de viruta de acero a los 7 días (Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 4. Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 6% de viruta de acero a los 7 días (Fractura tipo IV).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 5. Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 6% de viruta de acero a los 7 días (Fractura tipo I).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 6. Fractura presentada en la probeta 1 del diseño patrón a los 14 días (Fractura tipo IV).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 7. Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 14 días
(Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 8. Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 2% de viruta de
acero a los 14 días (Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 9. Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 4% de viruta de acero a los 14 días (Fractura tipo IV).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 10. Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 4% de viruta de acero a los 14 días (Fractura tipo V).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 11. Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 6% de viruta de acero a los 14 días (Fractura tipo V).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 12. Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 6% de viruta de acero a los 14 días (Fractura tipo III).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 13. Fractura presentada en la probeta 2 del diseño patrón a los 28 días
(Fractura tipo IV).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 14. Fractura presentada en la probeta 3 del diseño patrón a los 28 días
(Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 15. Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 2% de viruta de acero a los 28 días (Fractura tipo I).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 16. Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 2% de viruta de acero a los 28 días (Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 17. Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 4% de viruta de acero a los 28 días (Fractura tipo I).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 18. Fractura presentada en la probeta 1 del diseño con 6% de viruta de acero a los 28 días (Fractura tipo III).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 19. Fractura presentada en la probeta 2 del diseño con 6% de viruta de acero a los 28 días (Fractura tipo I).



Fuente: Elaboración propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 20. Fractura presentada en la probeta 3 del diseño con 6% de viruta de acero a los 28 días (Fractura tipo II).



Fuente: Elaboración propia, 2016

CONCLUSIONES

1. Se cumple parcialmente con la hipótesis planteada, es decir la adición de diferentes porcentajes de viruta de acero incrementa hasta en 5% la resistencia a compresión axial del concreto $f_c=175$ kg/cm².
2. Al incorporar el 2% de viruta de acero se obtienen una resistencia a los 28 días de 190.79 kg/cm², a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 9.02%,
3. Al incorporar el 4% de viruta de acero se obtienen una resistencia a los 28 días de 176.95 kg/cm², a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 12.47%,
4. Al incorporar el 6% de viruta de acero se obtienen una resistencia a los 28 días de 202.26 kg/cm², a este porcentaje de adición corresponde un incremento de la resistencia a compresión del 15.58%,
5. Los resultados obtenidos nos indican que los concretos incorporados con viruta de acero presentan una resistencia mayor a las del concreto convencional ensayadas a los 7, 14 y 28 días.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un costo unitario para analizar el incremento en el costo del diseño de concreto.

REFERENCIAS

1. **Delgado Rugeles, Rafael Andrés y Edgar Darío.** Mejoramiento de la resistencia a la Flexión del Concreto con incorporación de viruta de acero a porcentajes de 6, 8, 10, 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla, Bucaramanga 2008.
2. **Heyner Andrés García Córdoba, Jhon Edison Sarmiento Gutiérrez** “Mejoramiento de un Concreto de 3000 PSI con incorporación de viruta de acero con porcentajes de 6%, 8% y 10% respecto al agregado fino de la mezcla” Bucaramanga 2008.
3. **Reyes Bautista Juan Sebastián, Rodríguez Pineda Yamid Alonso.** “Análisis de la resistencia a la compresión del concreto con la incorporación limalla fina en un 3%, 4% y 5% respecto al peso de la mezcla” Bucaramanga 2010.
4. **Gaitán Orozco, Luis.** Análisis mineralógico y examen petrográfico de agregado fino para concreto de tres bancos de la región central del país. pag. 25.
5. **Díaz Coronel, Cesar.** Consulta el 11/11/15 – Publicación electrónica <http://ingciviljcody.jimdo.com/cursos-ing-civil/tecnolog%C3%ADa-del-concreto/>
6. **Rivva López, E. 2007.** Diseño de Mezclas (Segunda Edición). Lima, Perú: Williams.
7. **Huerta, Campos Carlos. 2013.** Diseño de Mezclas de Concreto. Lima - Perú
8. **Civil Constructor.** Consulta el 13/11/15 – Publicación electrónica <http://www.elconstructorcivil.com/2011/01/resistencia-del-concreto.html>
9. **Alfonso García Badillo.** Mejoramiento del Concreto con incorporación de viruta de acero a porcentajes de 12 y 14% respecto al agregado fino de la mezcla, Bucaramanga 2008
10. **Gonzales Sandoval, Federico.** Manual de Supervisión de Obras de Concreto 2004.
11. **Jara Marrufo, Jorge.** Influencia en la resistencia del concreto al incorporar parcialmente ceniza de cascara de arroz por cemento portland.
12. **Vásquez Borda, Víctor A.** Comparación de la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² patrón y concreto con adición de agua en diferentes porcentajes, año 2015.
13. **Torre A. 2004.** Curso Básico de tecnología del concreto. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.
14. **Gutiérrez Medina Cristian.** Evaluación del comportamiento del concreto al que se ha reemplazado el agregado fino por viruta de acero
15. Standard Specification for steel Fiber – Reinforced Concrete. ASTM A 820 International.

16. Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete. C 143 – 90 a - ASTM International.
17. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. C 127- 93 - ASTM International.
18. Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. C 128- 93 - ASTM International.
19. Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic -cement concrete C 1064- 93 - ASTM International.
20. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate. C 29/C 29 M - 91- ASTM International.
21. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens C 39 – 94 - ASTM International.
22. Standard Specification for Concrete Aggregates C 33 - 07- ASTM International.
23. Standard Test Method for Density (unit weight), Yield and Air Content (gravimetric) of Concrete C 138 – 92 - ASTM International.
24. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates. C 40 – 92 - ASTM International.
25. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. C 131 - 97- ASTM International.
26. Standard Test Method for sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. C 136 – 93 - ASTM International.
27. NTP 339.183 Practica Normalizada para Elaboración y curado de especímenes de concreto en Laboratorio
28. NTE 2009. Norma Técnica de Edificación. Lima Perú.
29. Reglamento Nacional de Edificaciones 2006

ANEXOS

ANEXO N° 01. REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO

TABLA N° 27. Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso.

| Grading Requirements for Coarse Aggregates | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|------------------|------------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| Size Number | Nominal Size (Sieves with Square Openings) | Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings), Mass Percent | | | | | | | | | | | | | |
| | | 100 mm (4 in) | 90 mm (3 1/2 in) | 75 mm (3 in) | 63 mm (2 1/2 in) | 50 mm (2 in) | 37.5 mm (1 1/2 in) | 25 mm (1 in) | 19 mm (3/4 in) | 12.5 mm (1/2 in) | 9.5 mm (3/8 in) | 4.75mm (N° 4) | 2.36 mm (N° 8) | 1.18 mm (N° 16) | 300 um (N° 50) |
| 1 | 90 to 37.5 mm (3 1/2 to 1 1/2 in) | 100 | 90 to 100 | ..... | 25 to 60 | ..... | 0 to 15 | ..... | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 2 | 63 to 37.5 mm (2 1/2 to 1 1/2 in) | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 35 to 70 | 0 to 15 | ..... | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 3 | 50 to 25 mm (2 to 1 in) | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 35 to 70 | 0 to 15 | ..... | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 357 | 50 to 4.75 mm (2 in to N° 4) | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | ..... | 35 to 70 | ..... | 10 to 30 | ..... | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... |
| 4 | 37.5 to 19 mm (1 1/2 to 3/4 in) | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 20 to 55 | 0 to 15 | ..... | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 467 | 37.5 to 4.75 mm (1 1/2 in to N° 4) | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | ..... | 35 to 70 | ..... | 10 to 30 | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... |
| 5 | 25.0 to 12.5 mm (1 to 1/2 in) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 20 to 55 | 0 to 10 | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 56 | 25.0 to 9.5 mm (1 to 3/8 in) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 40 to 85 | 10 to 40 | 0 to 15 | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... |
| 57 | 25.0 to 4.75 mm (1 in to N° 4) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 95 to 100 | ..... | 25 to 60 | ..... | 0 to 10 | 0 to 5 | ..... | ..... |
| 6 | 19.0 to 9.5 mm (3/4 to 3/8 in) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 20 to 55 | 0 to 15 | 0 to 5 | ..... | ..... | ..... |
| 67 | 19.0 to 4.75 mm (3/4 in to N° 4) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | ..... | 20 to 55 | 0 to 10 | 0 to 5 | ..... | ..... |
| 7 | 12.5 to 4.75 mm (1/2 in to N° 4) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 40 to 70 | 0 to 15 | 0 to 5 | ..... | ..... |
| 8 | 9.5 to 2.36 mm (3/8 in to N° 8) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 85 to 100 | 10 to 30 | 0 to 10 | 0 to 5 | ..... |
| 89 | 9.5 to 1.18 mm (3/8 in to N° 16) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 90 to 100 | 20 to 55 | 5 to 30 | 0 to 10 | 0 to 5 |
| 9A | 4.75 to 1.18 mm (N° 4 to N° 16) | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | ..... | 100 | 95 to 100 | 10 to 40 | 0 to 10 | 0 to 5 |

C 33 - 07

A Size Number 9 aggregate is defined in terminology C 125 as a fine aggregate. It is included as a coarse aggregate when it is combined with a size number 8 material to create a size number 89, which is a coarse aggregate as defined by Terminology C 125.

Fuente. Norma ASTM C33. Especificación para los Agregados del Concreto

ANEXO N° 02. DISEÑO DE MEZCLAS

DISEÑO DE MEZCLA POR EL METODO DEL ACI 211 PARA UNA RESISTENCIA $f_c=175$ kg/cm²

1. Especificaciones:

- Resistencia requerida a los 28 días: $f_c=175$ kg/cm²
- El tipo de cemento a usar: Cemento Pacasmayo Tipo I.
- Selección del asentamiento (Slump): 3"- 4", consistencia plástica.
- Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso: 3/4"
- Aire incorporado: Sin aire incorporado

2. Características de los materiales:

Con los datos obtenidos en laboratorio, y presentados en el capítulo 6, se presentan los siguientes resultados:

Agregado Fino:

- Peso específico de masa.....2.789 gr/cm³
- Absorción.....2.312 %
- Contenido de Humedad.....4.96 %
- Módulo de Fineza.....2.82

Agregado Grueso:

- Peso Seco Compactado.....1421.437 kg/m³
- Peso Específico de masa.....2.468 gr/cm³
- Absorción.....1.667 %
- Contenido de Humedad.....4.95 %

El agua y el cemento tienen características ya definidas las cuales son:

Agua:

- Potable, de la red de servicio pública de Cajamarca.

Cemento:

- Portland ASMT Tipo I "Pacasmayo"
- Peso Específico.....3.15 gr/cm³

3. Diseño del Concreto Patrón

a. Determinación de la resistencia Promedio

Al no contar con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de la desviación estándar, la resistencia promedio requerida deberá ser determinar empleando los valores que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA N° 28. Resistencia a la compresión promedio.

| f_c | f_{cr} |
|---------------------|------------------------------|
| Menos de 210 | $f_c + 70$ |
| 210 a 350 | $f_c + 84$ |
| Sobre 350 | $f_c + 98$ |

Fuente: A.C.I., 1981.

De donde la resistencia promedio es:

$$f_{cr} = 175 + 70 = 245 \text{ kg/cm}^2$$

b. Volumen Unitario de Agua y Contenido de aire

Entrando a la tabla N° 29 se determina el volumen unitario de agua, o agua de diseño, necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", es de 205 lt/ m³.

Entrando a la tabla N°14 también se determinó el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de 1", el cual fue de 2%

TABLA N° 29. Volumen Unitario de Agua y Contenido de Aire.

| Slump | Tamaño máximo de agregado | | | | | | | |
|--|---------------------------|-------|------------|-----|---------|-----|-----|-------|
| | 3/8 " | 1/2 " | 3/4" | 1" | 1 1/2 " | 2 " | 3 " | 4 " |
| Concreto sin aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4" | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7" | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | ..... |
| % Aire atrapado | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Concreto con aire incorporado | | | | | | | | |
| 1" a 2" | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4" | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7" | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | ..... |
| % de Aire incorporado en función del grado de exposición | | | | | | | | |
| Normal | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 |
| Moderado | 8 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 |
| Extrema | 7.5 | 7 | 6 | 6 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4 |

Fuente: A.C.I., 1981.

c. Relación de Agua – Cemento

No presentándose en este caso problemas de intemperismo ni de ataques por sulfatos, u otro tipo de acciones que pudieran dañar el concreto, se seleccionará la relación agua-cemento únicamente por resistencia.

TABLA N° 30. Relación agua-cemento vs f'_c .

| f'_c a 28 Días (Kg/cm ²) | Relación Agua/Cemento en peso | |
|--|-------------------------------|----------------------|
| | Sin aire incorporado | Con aire incorporado |
| 450 | 0.38 | ..... |
| 400 | 0.43 | ..... |
| 350 | 0.48 | 0.40 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.70 | 0.61 |
| 150 | 0.80 | 0.71 |

Fuente: A.C.I., 1981.

Entrando a la tabla N°30 para una resistencia promedio correspondiente a 245 kg/cm² en un concreto sin aire incorporado, se encuentra interpolando una relación agua- cemento por resistencia de 0.66

d. Factor Cemento

El factor cemento se determinar dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua-cemento:

$$\text{Factor Cemento: } 193/0.66 = 310.61 \text{ kg/ m}^3 = 7.31 \text{ bolsas/ m}^3$$

e. Contenido de Agregado Grueso

Para determinar el contenido de agregado grueso, se debe entrar a la tabla N°31 con un Módulo de fineza de 2.82 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" encontrándose mediante una interpolación un valor de $b/b_0 = 0.62$ m³ de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen del concreto.

TABLA N° 31. Volumen de Agregado Grueso por unidad de Volumen del Concreto.

| Tamaño Máximo Nominal del Agregado | Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diferentes módulos de fineza del agregado fino | | | |
|------------------------------------|---|------|-------------|-------------|
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 3 / 8 " | 0.50 | 0.46 | 0.46 | 0.44 |
| 1 / 2 " | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3 / 4 " | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1 " | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2 " | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |
| 2 " | 0.78 | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3 " | 0.82 | 0.80 | 0.78 | 0.76 |
| 6 " | 0.87 | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

Fuente: A.C.I., 1981.

$$\text{Peso del Agregado grueso} = 0.62 \times 1421.437 = 878.45 \text{ kg/ m}^3$$

f. Calculo de volúmenes absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes. Volumen absoluto de:

| | | |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Cemento..... | 310.61 / (3.15*1000) | = 0.10 m ³ |
| Agua..... | 205 / (1.00*1000) | = 0.205 m ³ |
| Aire..... | 2.0 % | = 0.020 m ³ |
| Agregado Grueso..... | 878.45 / (2.468*1000) | = 0.356 m ³ |
| Suma de volúmenes conocidos..... | | = 0.680 m ³ |

g. Contenido de Agregado Fino

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

$$\text{Volumen absoluto de Agregado Fino} = 1 - 0.680 = 0.320 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 0.320 \times 2.789 \times 1000 = 893.76 \text{ kg/ m}^3$$

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

| | | |
|-----------------|---|---------------------------|
| Cemento | : | 310.61 kg/m ³ |
| Agua | : | 205 lt/m ³ |
| Agregado Grueso | : | 878.45 kg/ m ³ |
| Agregado Fino | : | 893.76 kg/m ³ |

h. Cantidad de materiales ajustados por humedad y absorción

Se hizo la corrección de los valores de diseño por el contenido de humedad de los agregados:

| | | |
|-----------------|---|---------------------------|
| Cemento | : | 310.61 kg/m ³ |
| Agua efectiva | : | 152.49 lt/m ³ |
| Agregado Grueso | : | 921.93 kg/ m ³ |
| Agregado Fino | : | 938.09 kg/ m ³ |

Nota:

- Todos los diseños son para volumen de 1 m³ de concreto.
- Para realizar la mezcla del concreto en el laboratorio, se consideró 10% de desperdicio para cada material.

4. Diseño del Concreto + 2%de Viruta de acero

Para poder incorporación la viruta de acero en el diseño y encontrar las cantidades de los materiales se realiza lo siguiente:

1. Una vez ajustados los pesos por corrección por humedad se descuenta el 2% en peso del agregado fino.
2. Finalmente el 2% en peso descontado va a ser sustituido por la viruta de acero.
3. Después de haber hecho los cálculos se obtiene las siguientes cantidades:

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Cemento | : | 310.61 kg/m ³ |
| Agua efectiva | : | 152.49 lt/m ³ |
| Viruta de acero | : | 17.88 kg/m ³ |
| Agregado Grueso | : | 921.93 kg/m ³ |
| Agregado Fino | : | 920.22 kg/m ³ |

Nota:

- Todos los diseños son para volumen de 1 m³ de concreto.
- Para realizar la mezcla del concreto en el laboratorio, se consideró 10% de desperdicio para cada material.

5. Diseño del Concreto + 4% de Viruta de acero

Para poder incorporación la viruta de acero en el diseño y encontrar las cantidades de los materiales se realiza lo siguiente:

1. Una vez ajustados los pesos por corrección por humedad se descuenta el 4% en peso del agregado fino.
2. Finalmente el 4% en peso descontado va a ser sustituido por la viruta de acero.
3. Después de haber hecho los cálculos se obtiene las siguientes cantidades:

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Cemento | : | 310.61 kg/m ³ |
| Agua efectiva | : | 152.49 lt/m ³ |
| Viruta de acero | : | 35.75 kg/m ³ |
| Agregado Grueso | : | 921.93 kg/m ³ |
| Agregado Fino | : | 902.34 kg/m ³ |

Nota:

- Todos los diseños son para volumen de 1 m³de concreto.
- Para realizar la mezcla del concreto en el laboratorio, se consideró 10% de desperdicio para cada material.

6. Diseño del Concreto + 6% de Viruta de acero

Para poder incorporación la viruta de acero en el diseño y encontrar las cantidades de los materiales se realiza lo siguiente:

1. Una vez ajustados los pesos por corrección por humedad se descuenta el 6% en peso del agregado fino.
2. Finalmente el 6% en peso descontado va a ser sustituido por la viruta de acero.
3. Después de haber hecho los cálculos se obtiene las siguientes cantidades:

| | | |
|-----------------|---|--------------------------|
| Cemento | : | 310.61 kg/m ³ |
| Agua efectiva | : | 152.49 lt/m ³ |
| Viruta de acero | : | 53.63 kg/m ³ |
| Agregado Grueso | : | 921.93 kg/m ³ |
| Agregado Fino | : | 884.47 kg/m ³ |

Nota:

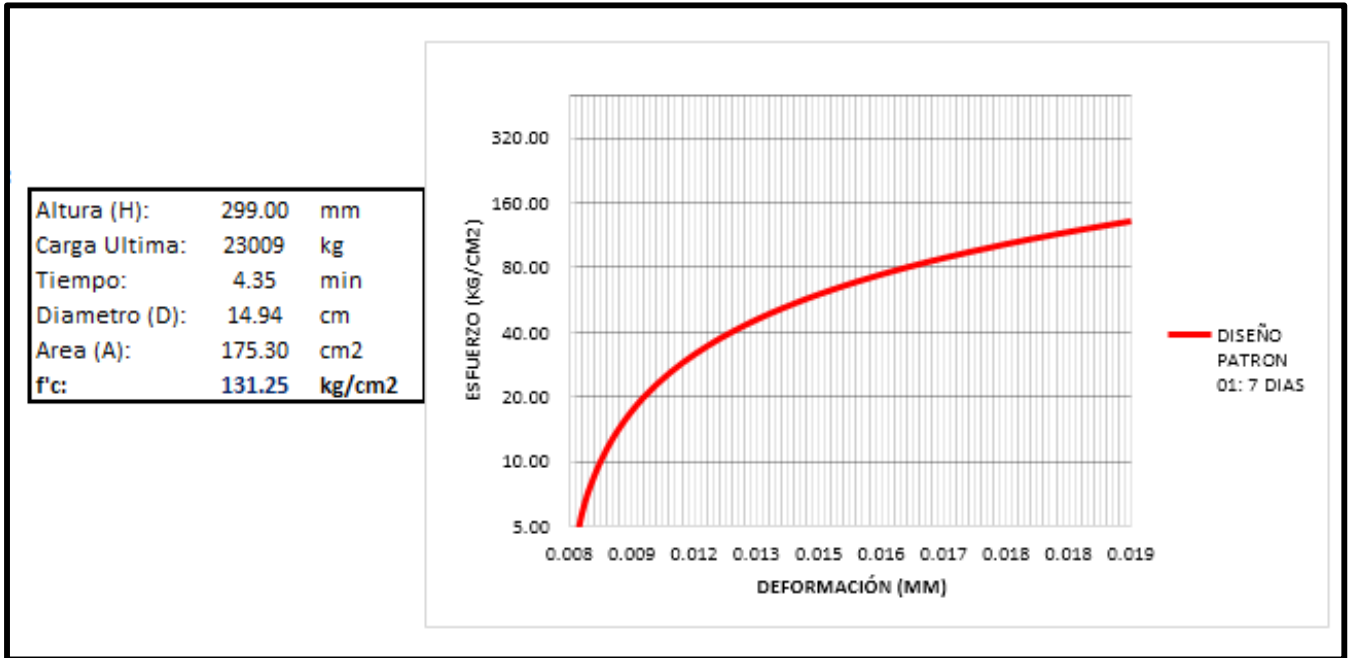
- Todos los diseños son para volumen de 1 m³ de concreto.
- Para realizar la mezcla del concreto en el laboratorio, se consideró 10% de desperdicio para cada material.

ANEXO N° 03.

GRÁFICOS ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

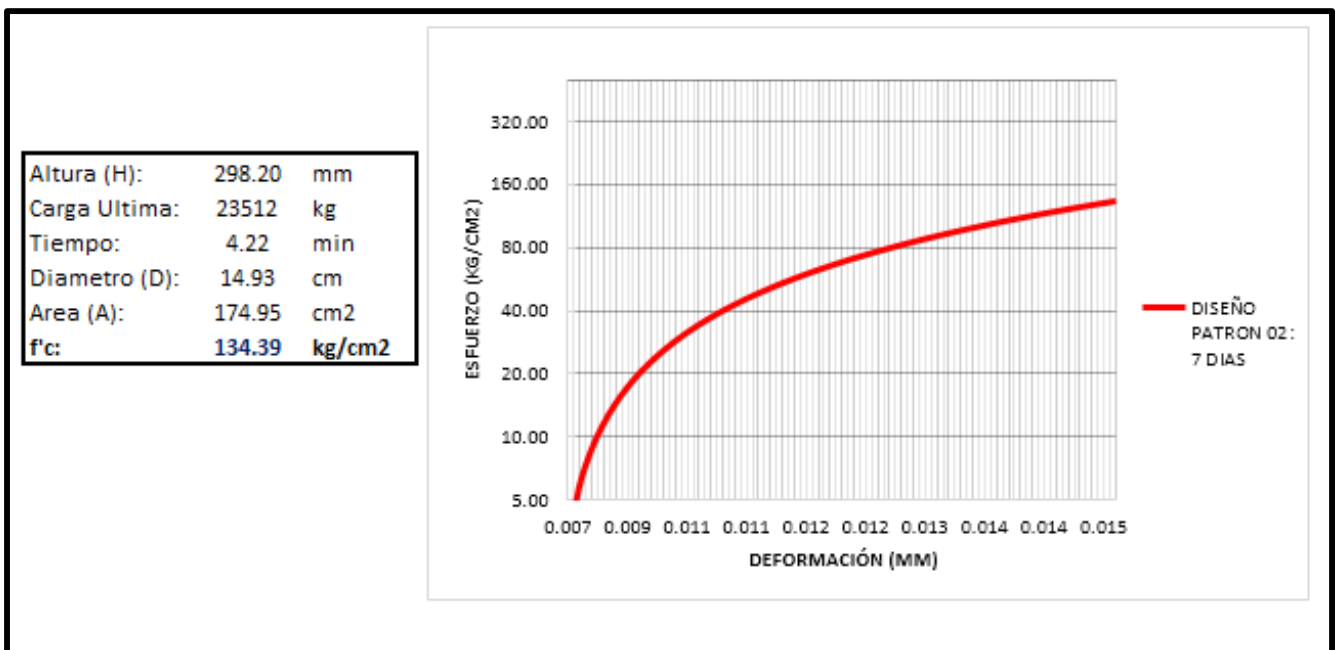
GRAFICOS ESFUERZO VS DEFORMACION

FIGURA N° 13. Grafico Esfuerzo vs Deformación P1 – 7 Días.



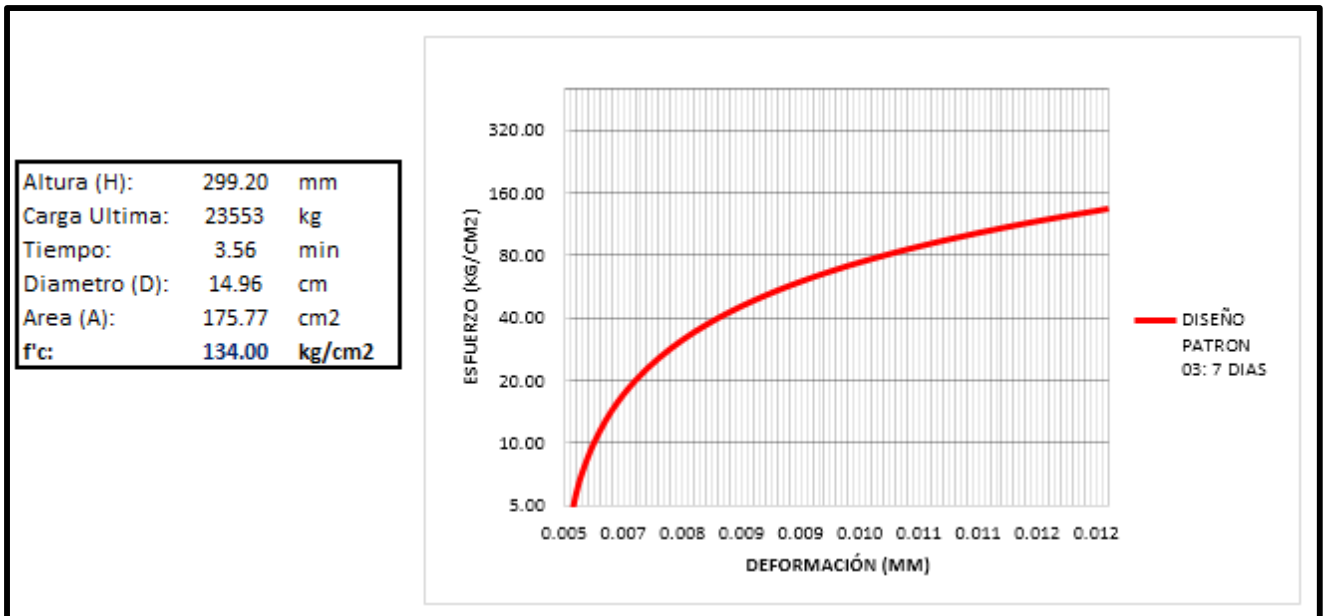
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 14. Grafico Esfuerzo vs Deformación P2 – 7 Días.



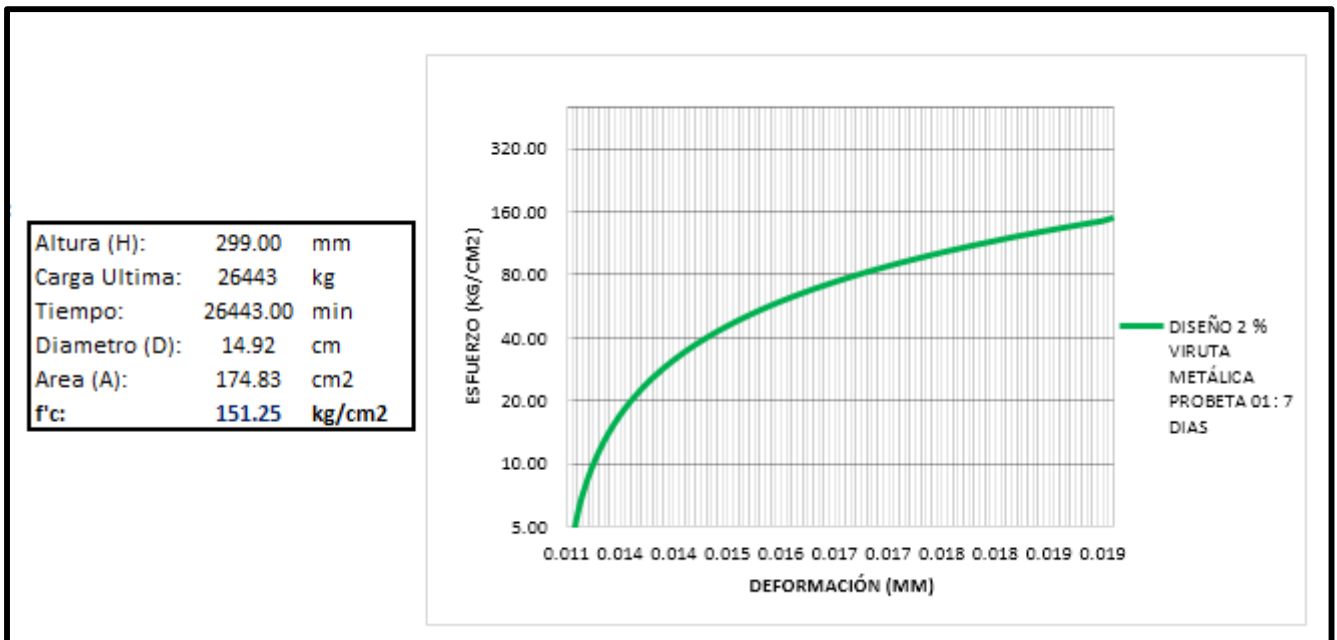
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 15. Grafico Esfuerzo vs Deformación P3 – 7 Días.



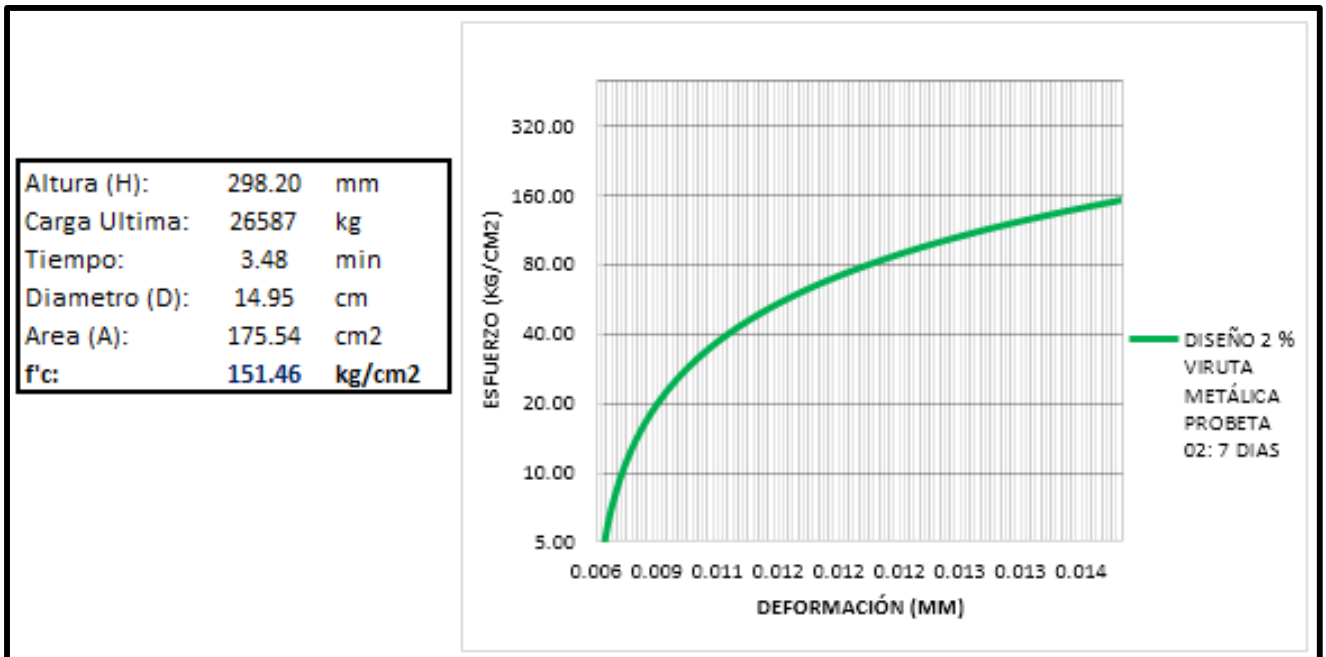
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 16. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P1 – 7 Días.



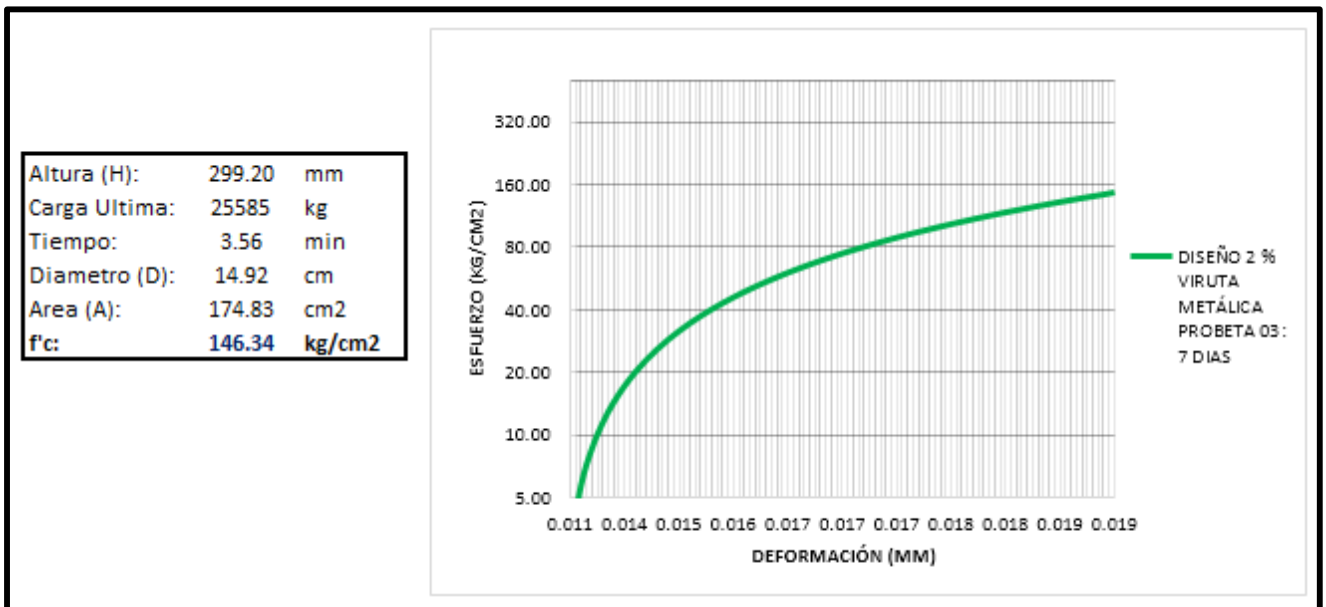
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 17. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2% Viruta de acero P2 – 7 Días.



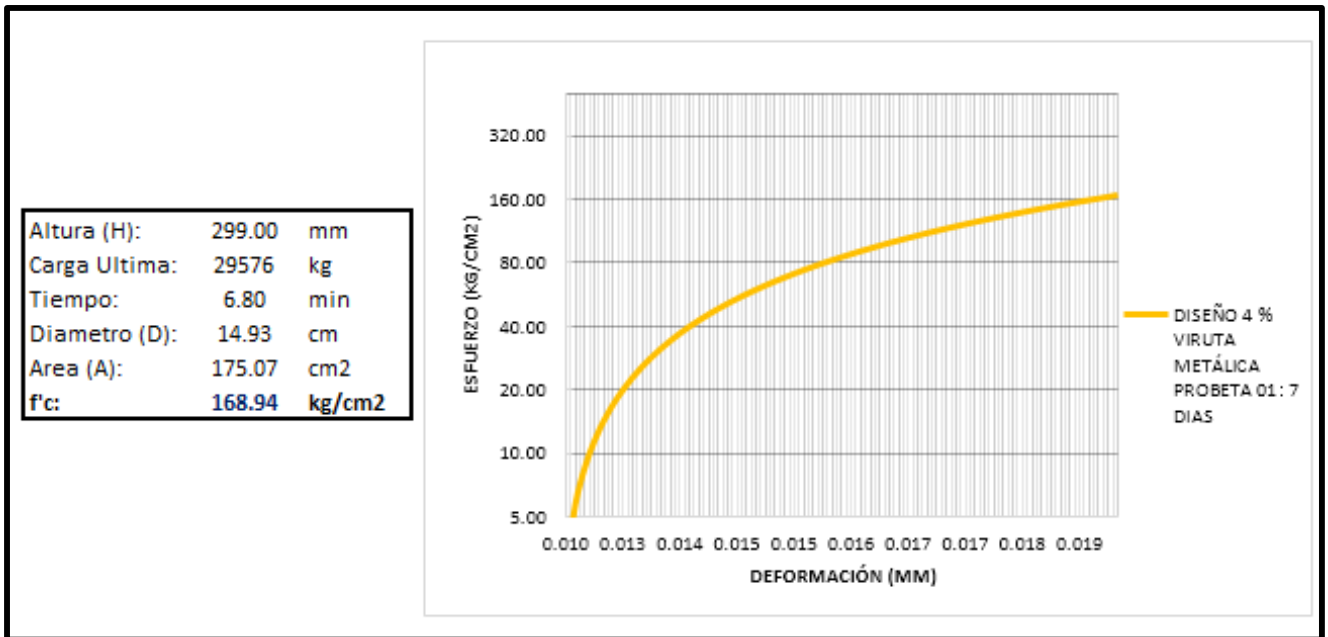
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 18. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P3 – 7 Días.



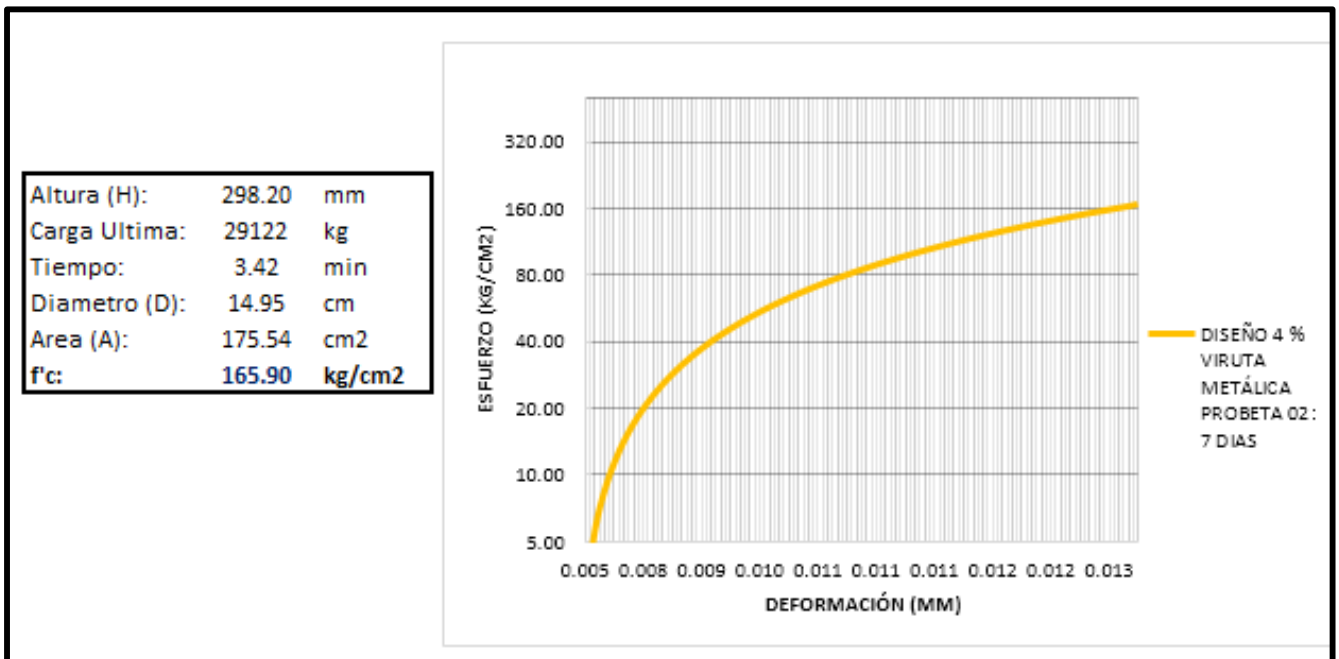
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 19. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P1 – 7 Días.



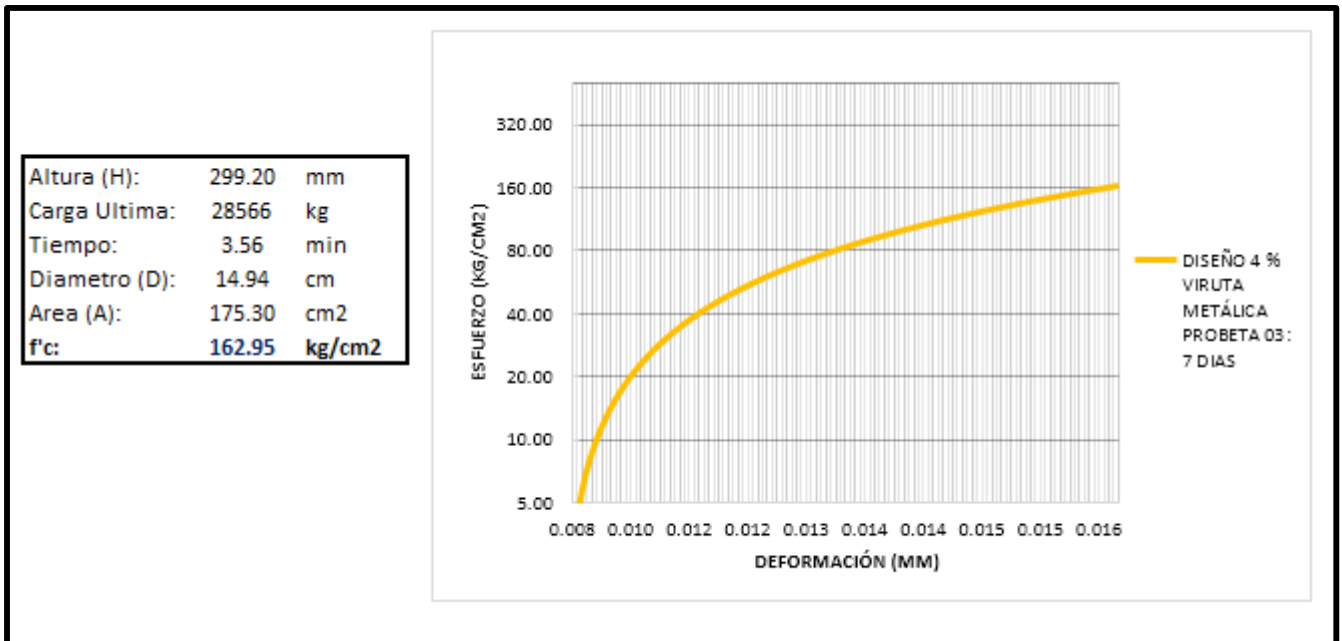
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 20. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P2 – 7 Días.



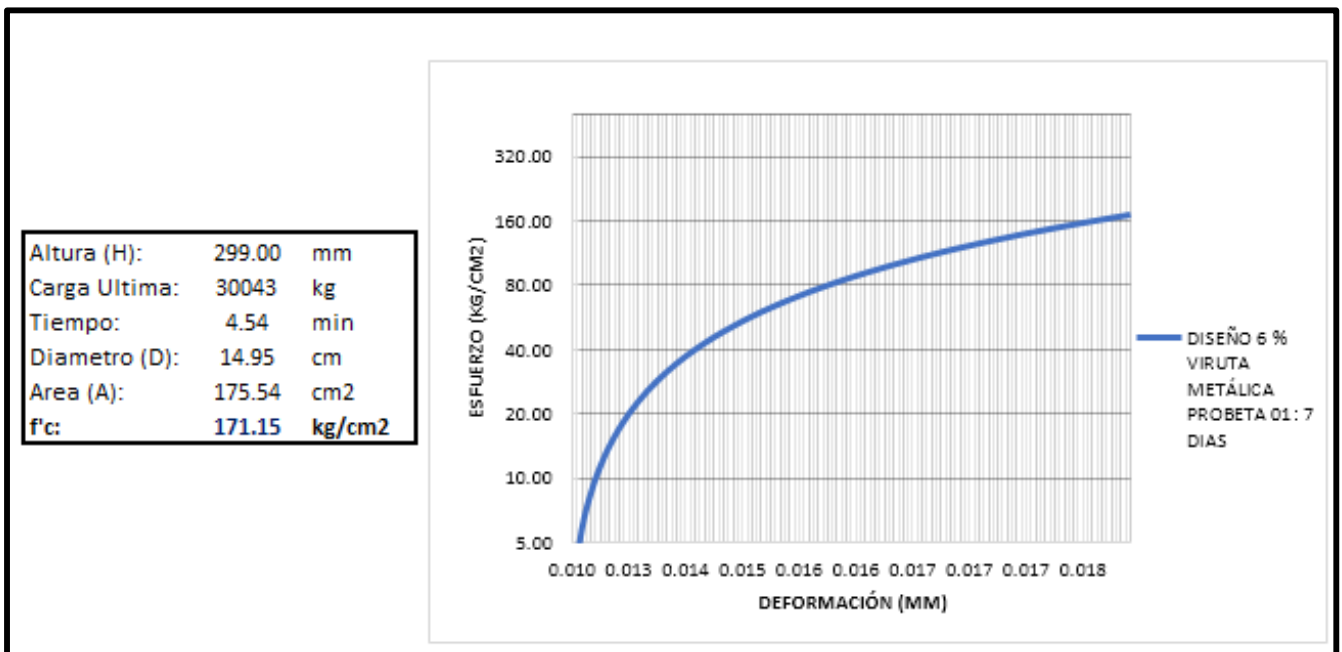
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 21. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P3 – 7 Días.



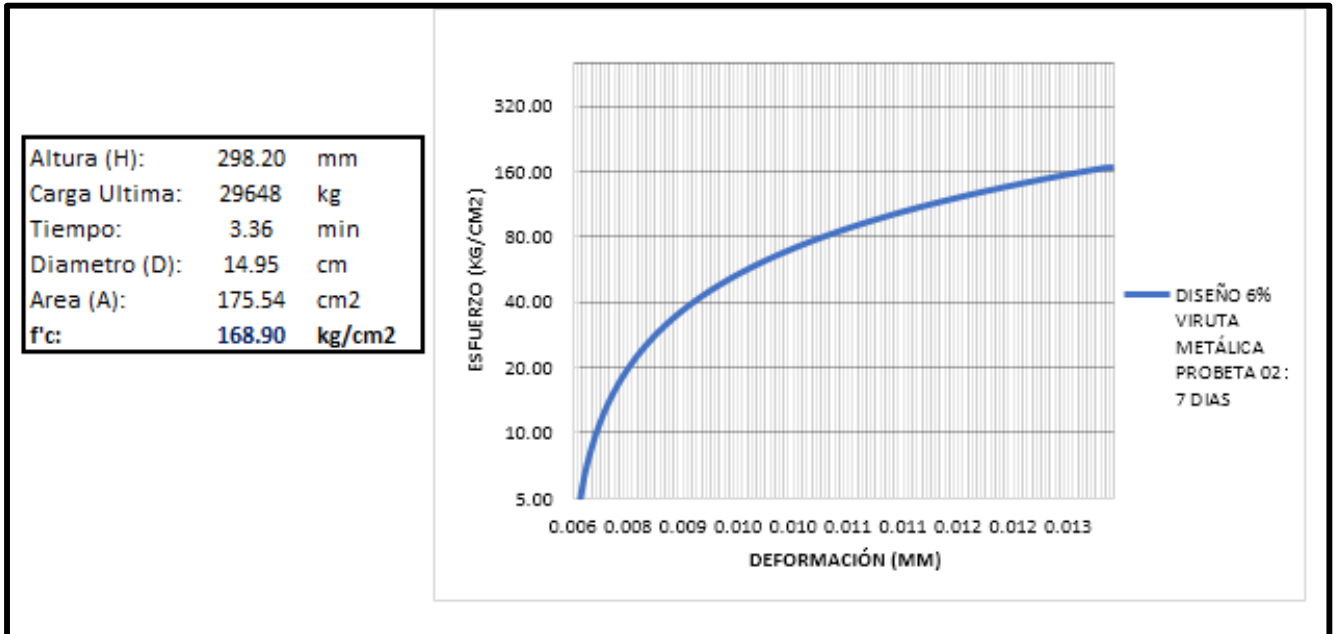
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 22. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P1 – 7 Días.



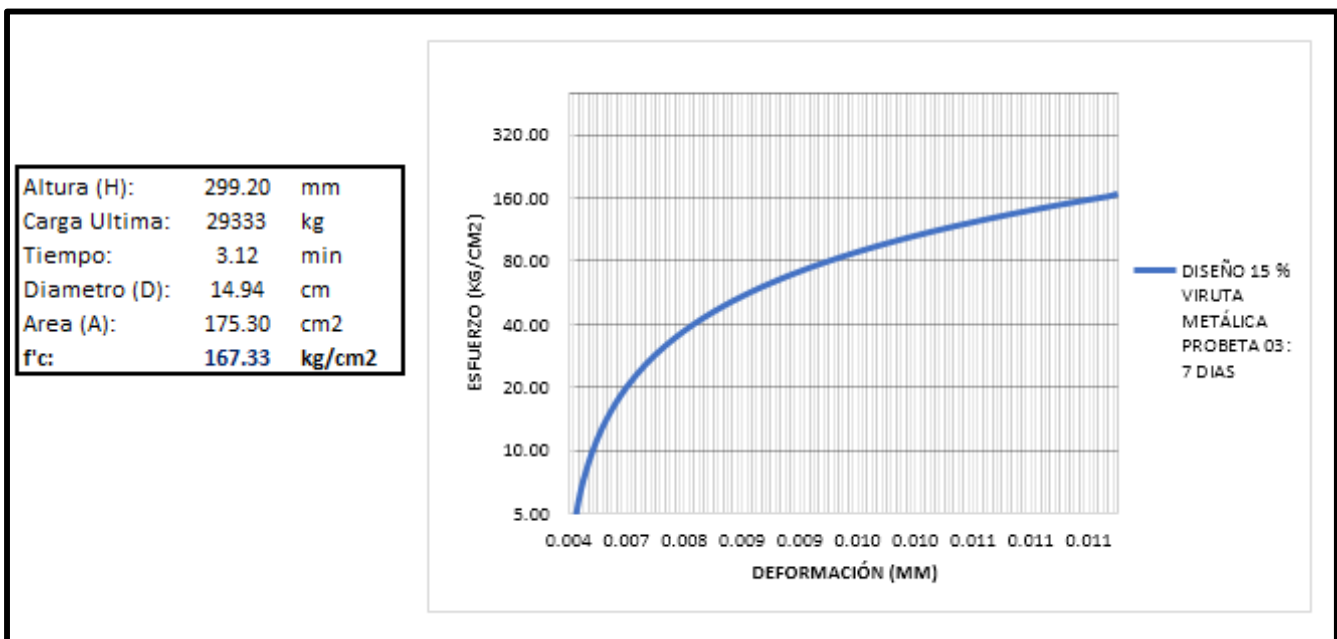
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 23. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P2 – 7 Días.



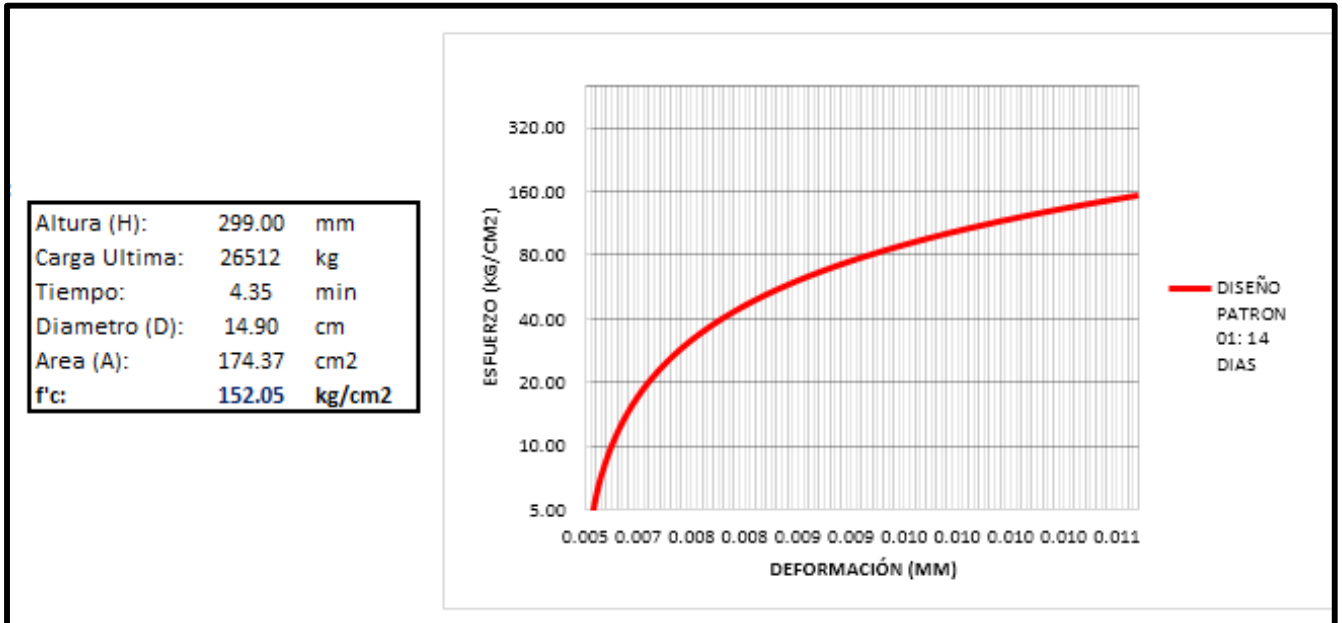
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 24. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P3 – 7 Días.



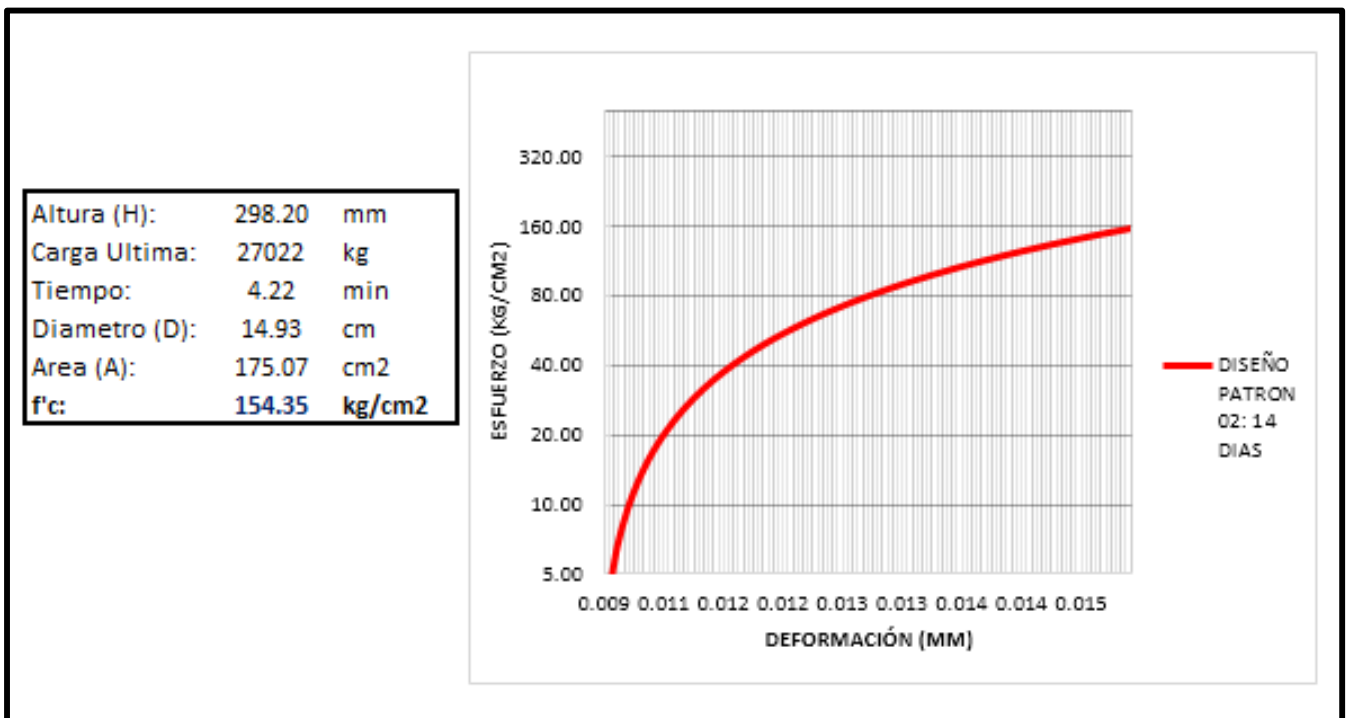
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 25. Grafico Esfuerzo vs Deformación P1 – 14 Días.



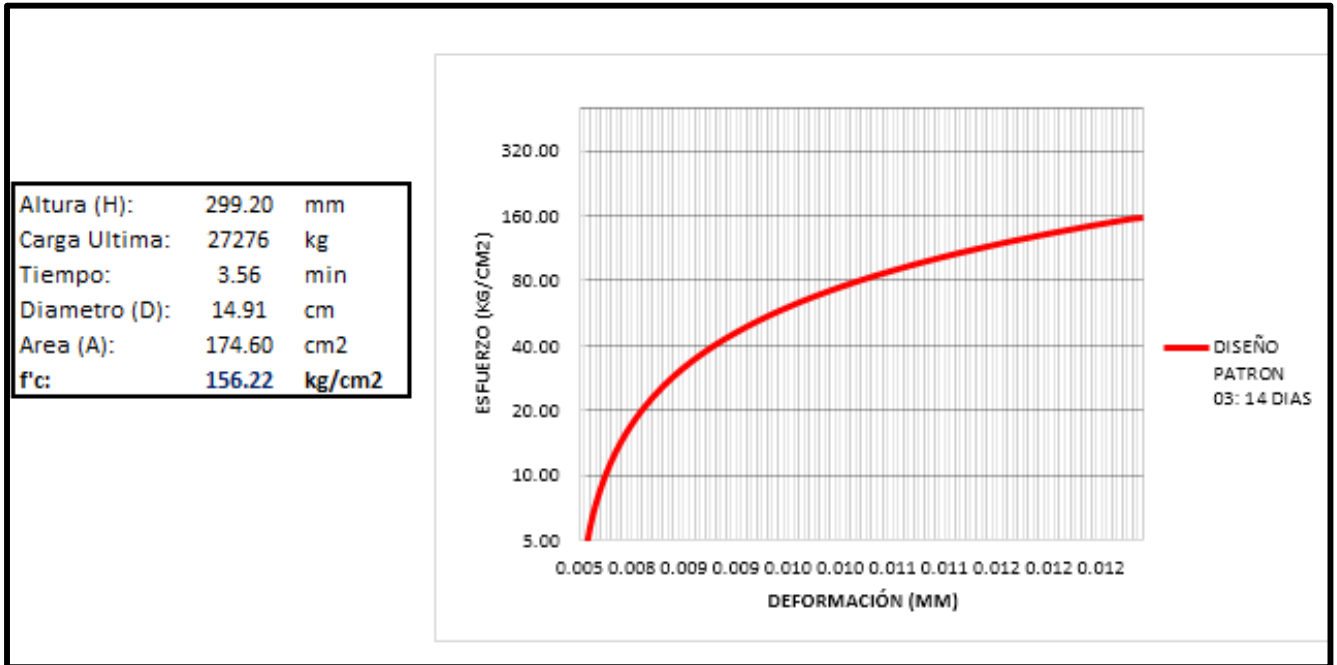
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 26. Grafico Esfuerzo vs Deformación P2 – 14 Días.



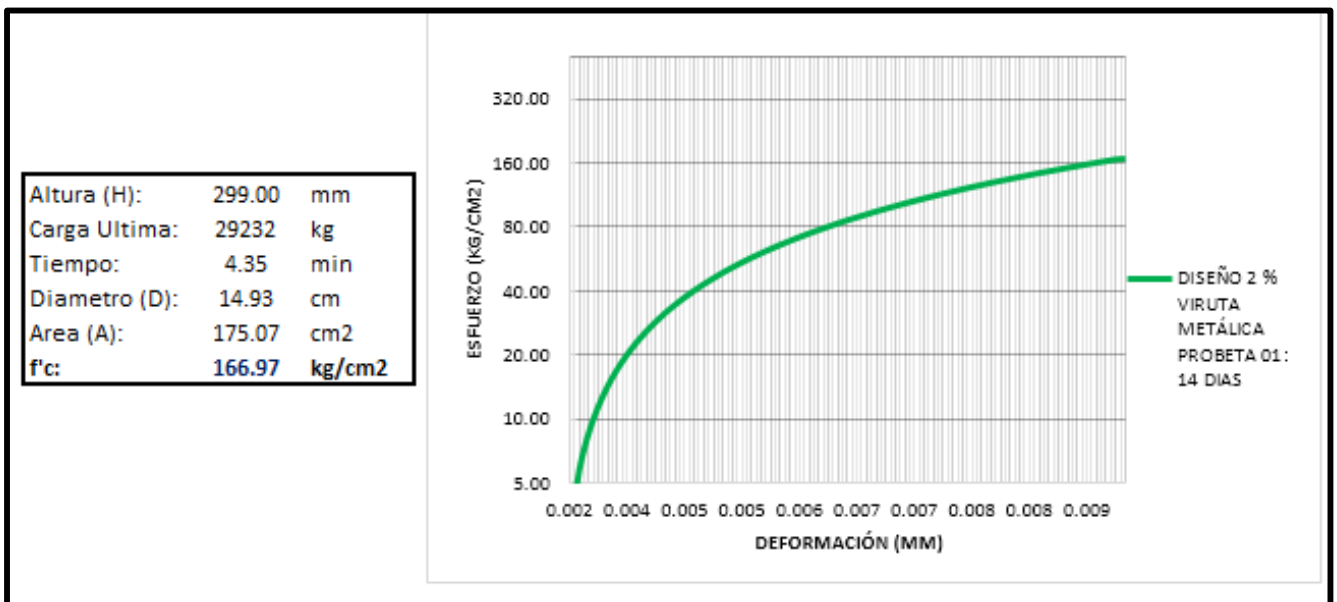
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 27. Grafico Esfuerzo vs Deformación P3 – 14 Días.



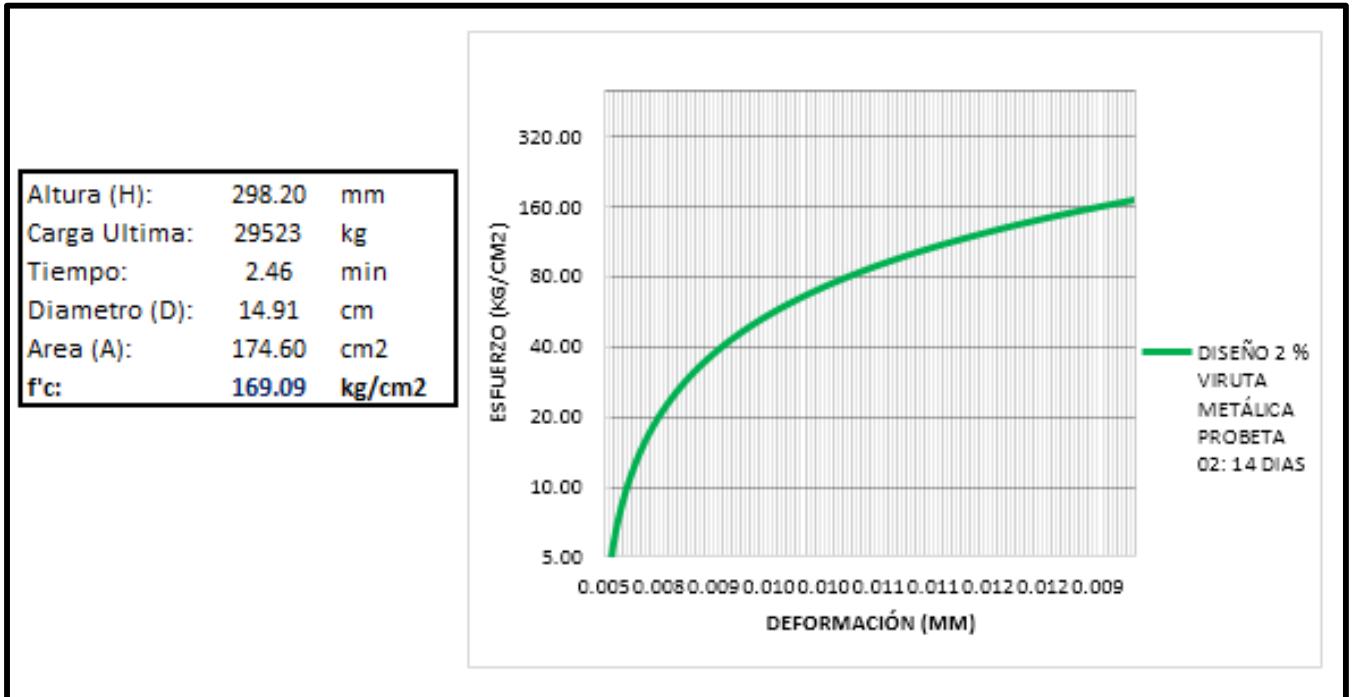
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 28. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P1 – 14 Días.



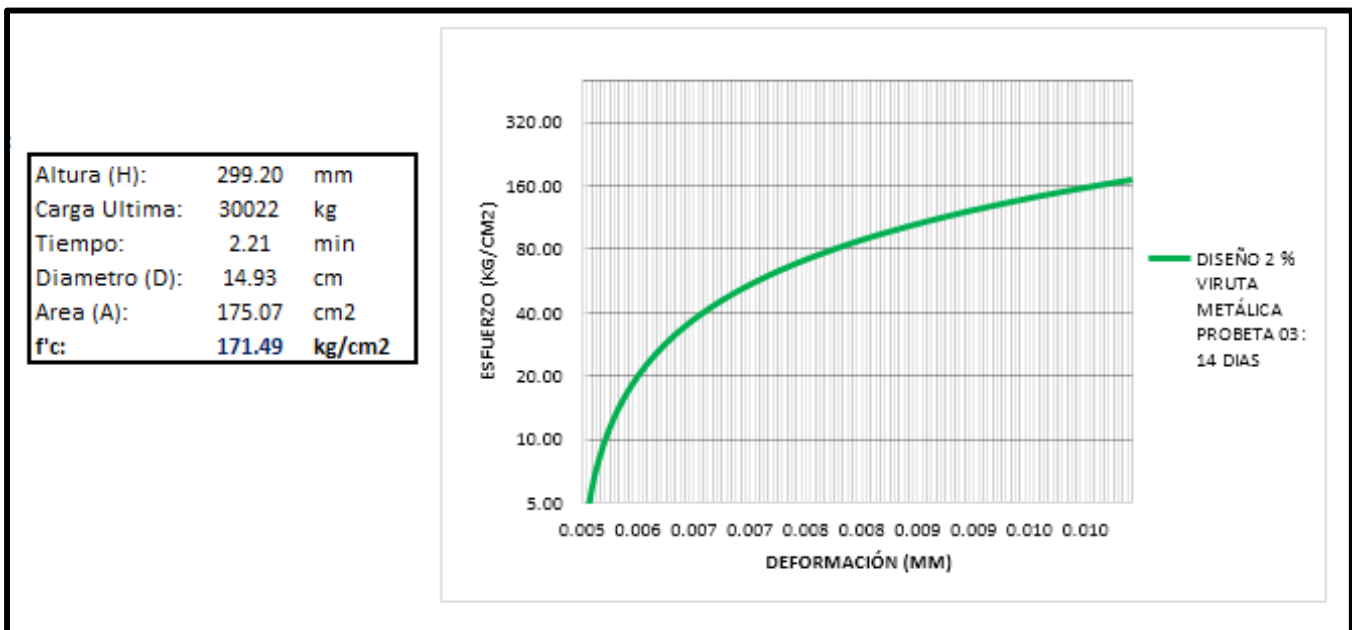
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 29. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P2 – 14 Días.



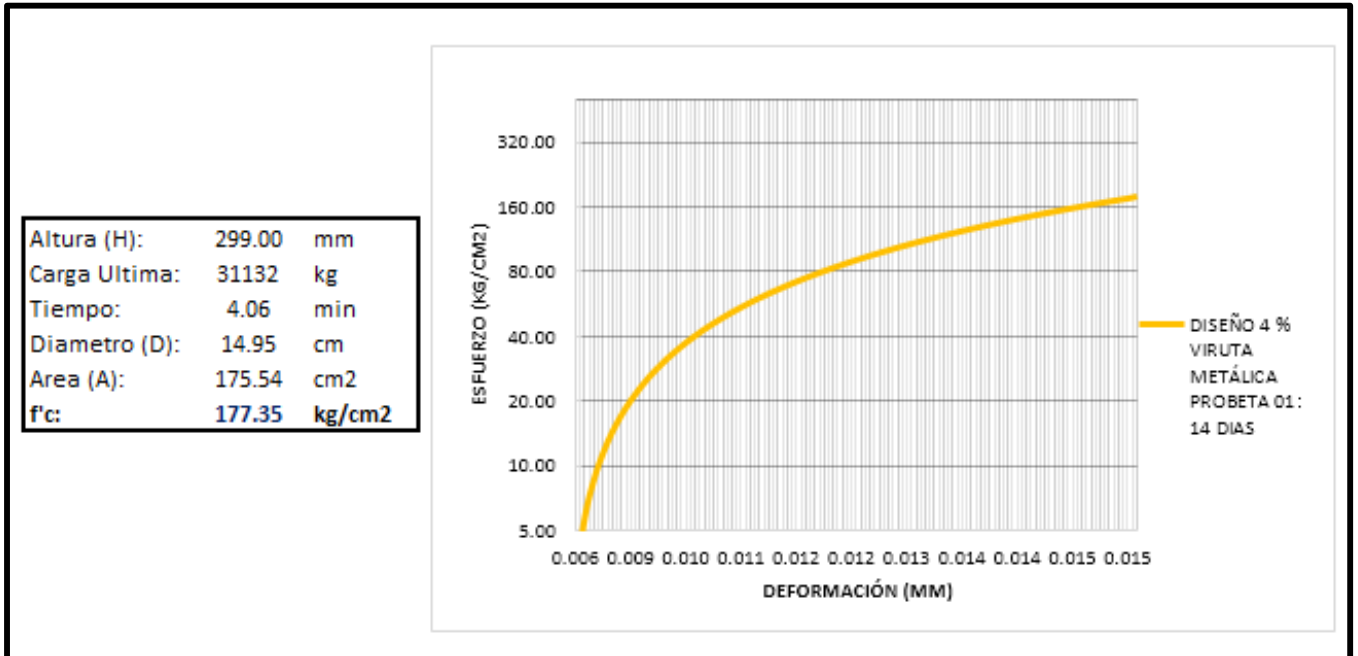
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 30. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P3 – 14 Días.



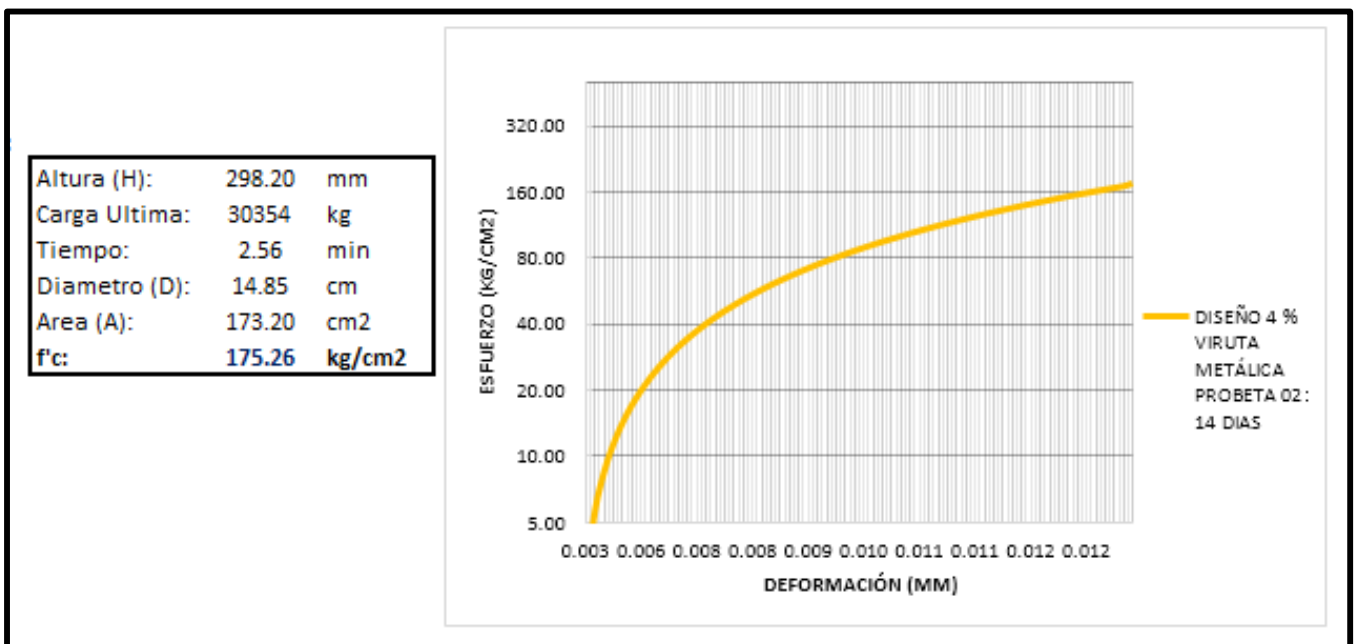
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 31. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P1 – 14 Días.



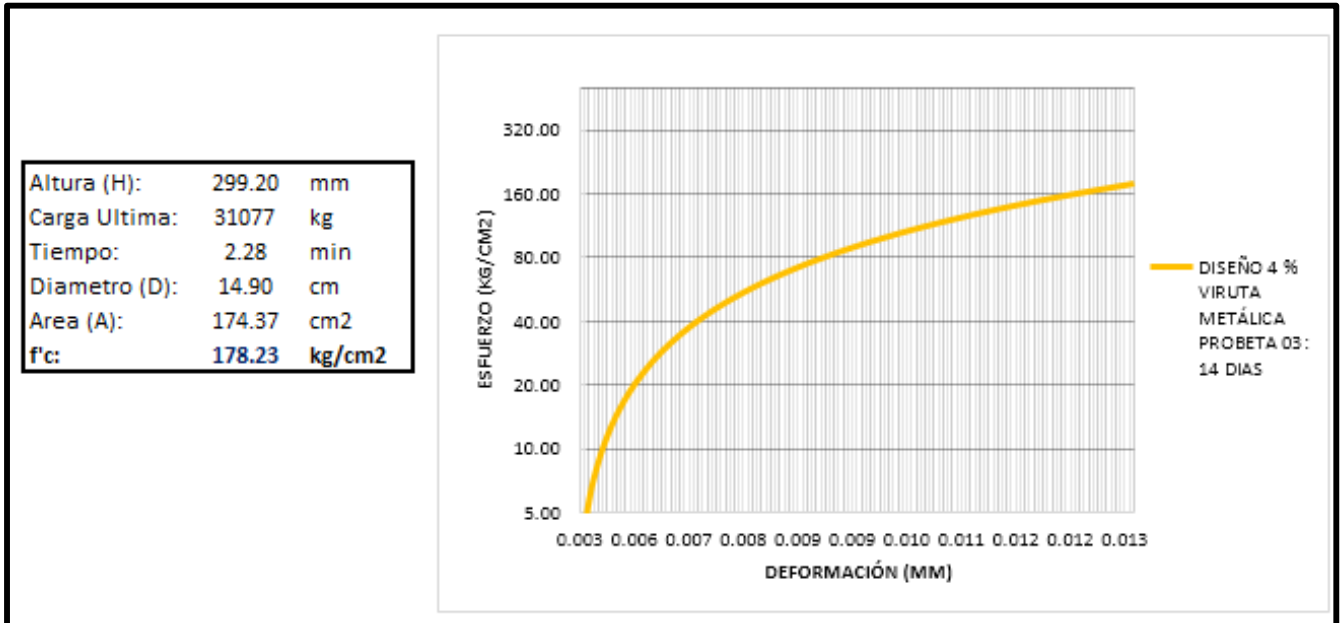
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 32. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P2 – 14 Días.



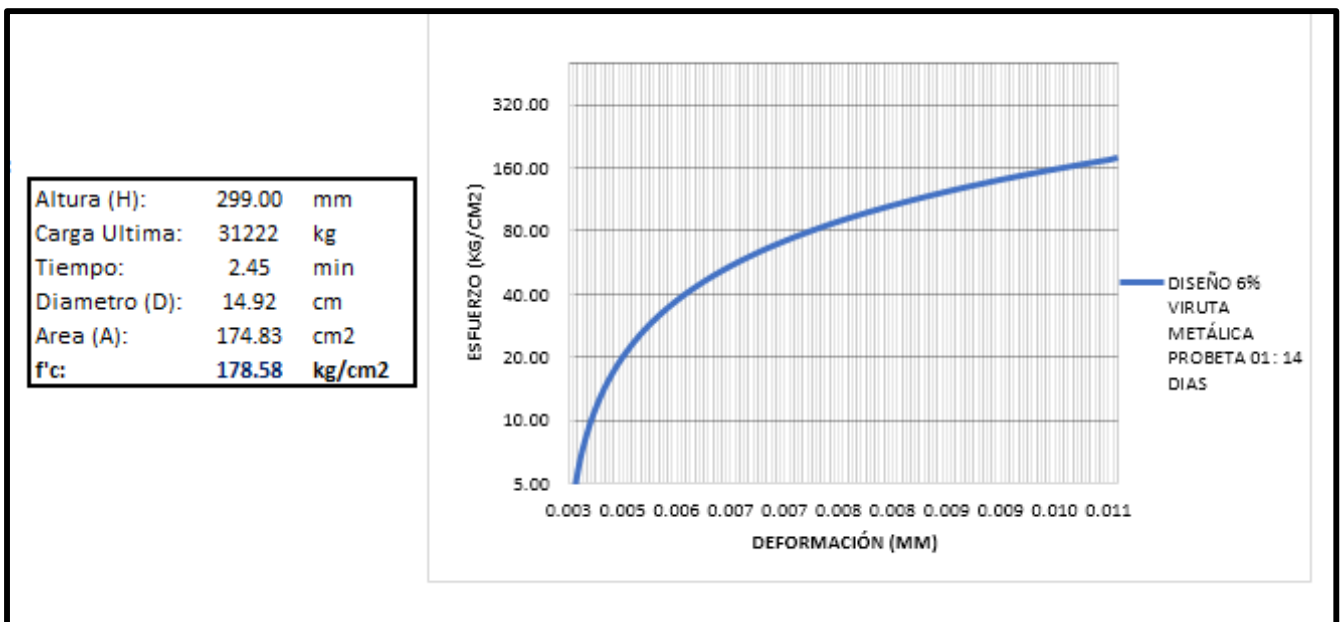
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 33. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P3 – 14 Días.



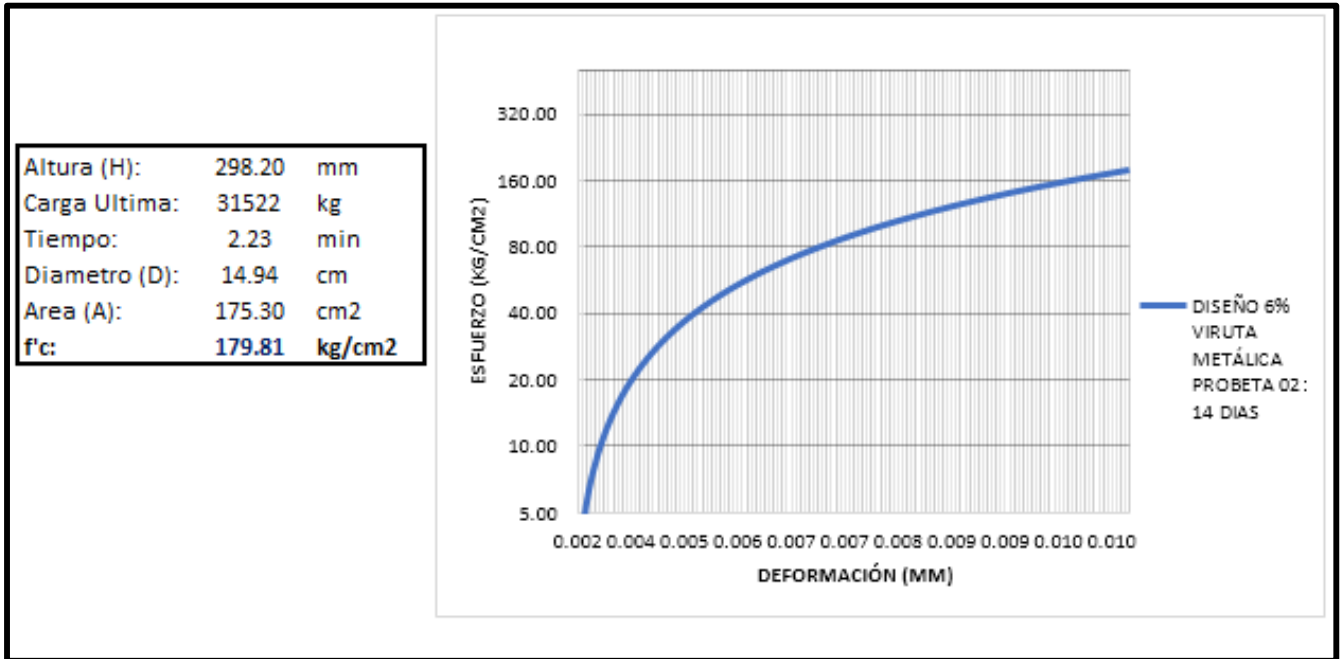
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 34. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P1 – 14 Días.



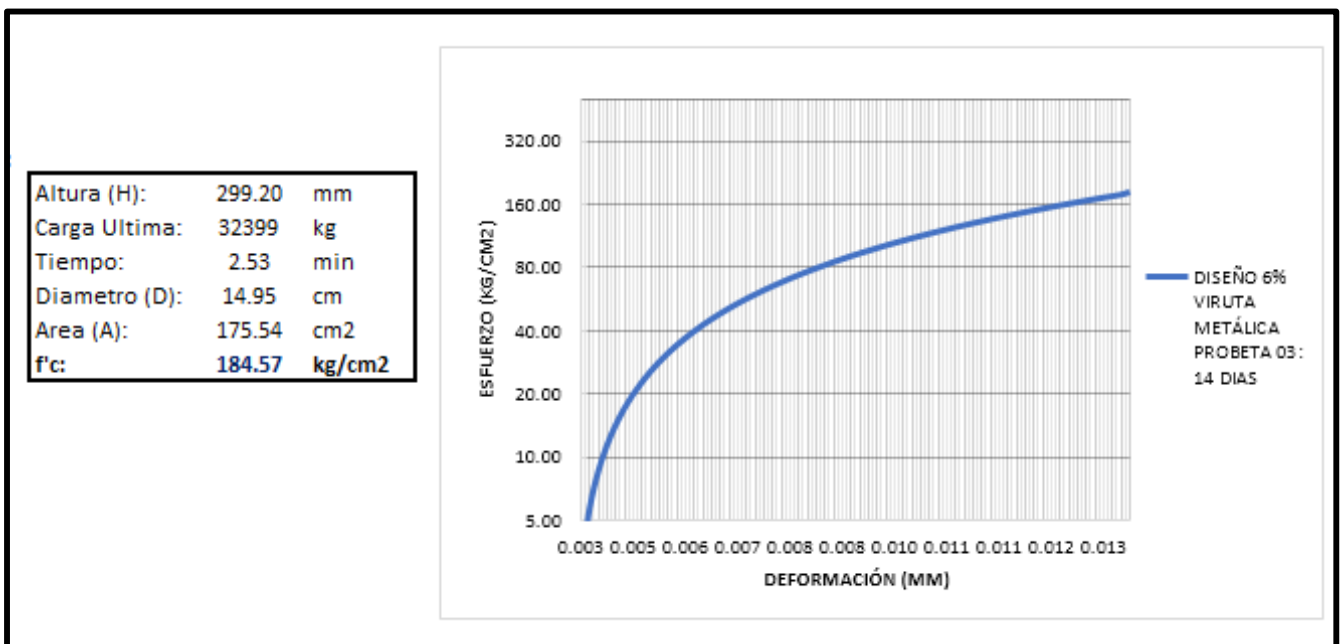
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 35. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P2 – 14 Días.



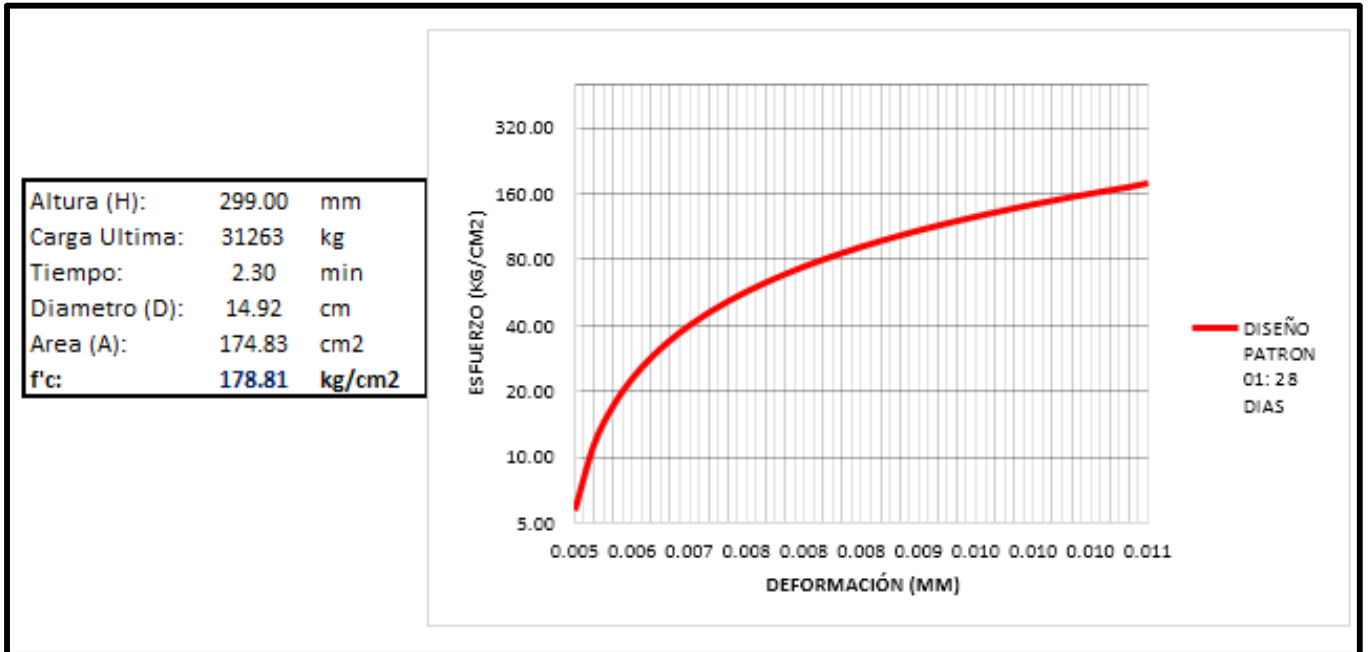
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 36. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P3 – 14 Días.



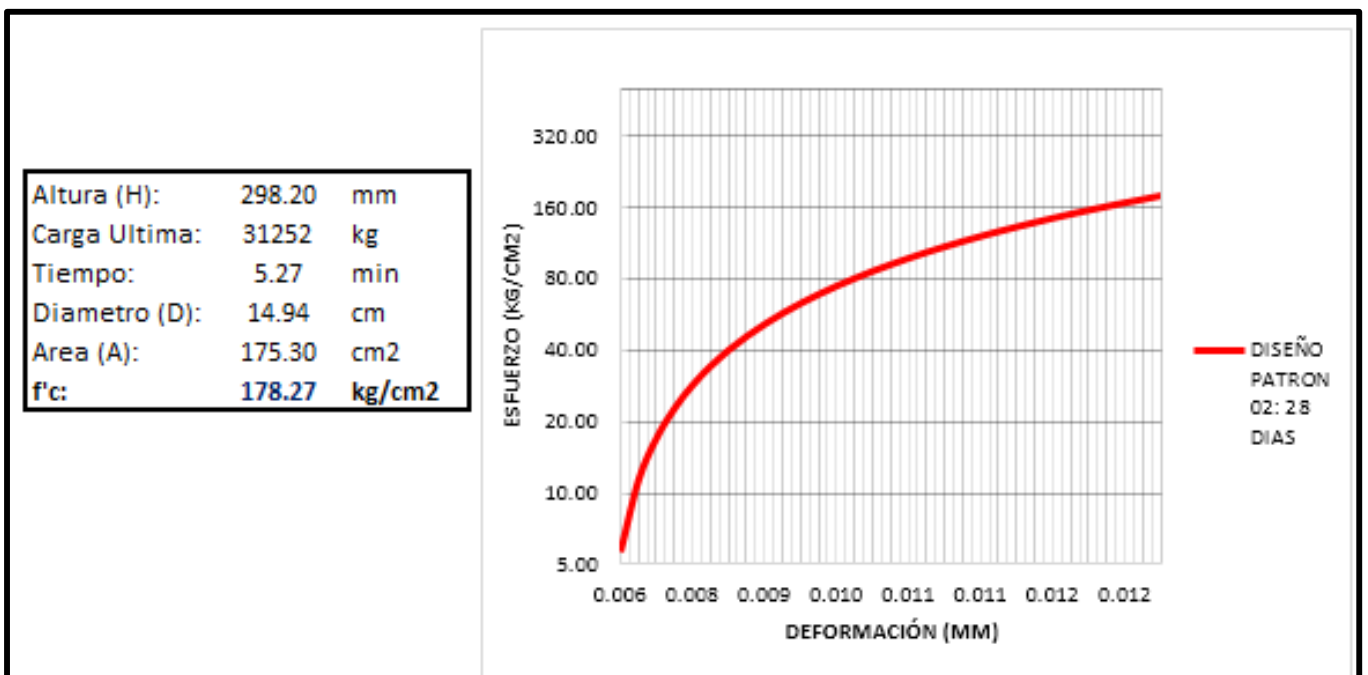
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 37. Grafico Esfuerzo vs Deformación P1 – 28 Días.



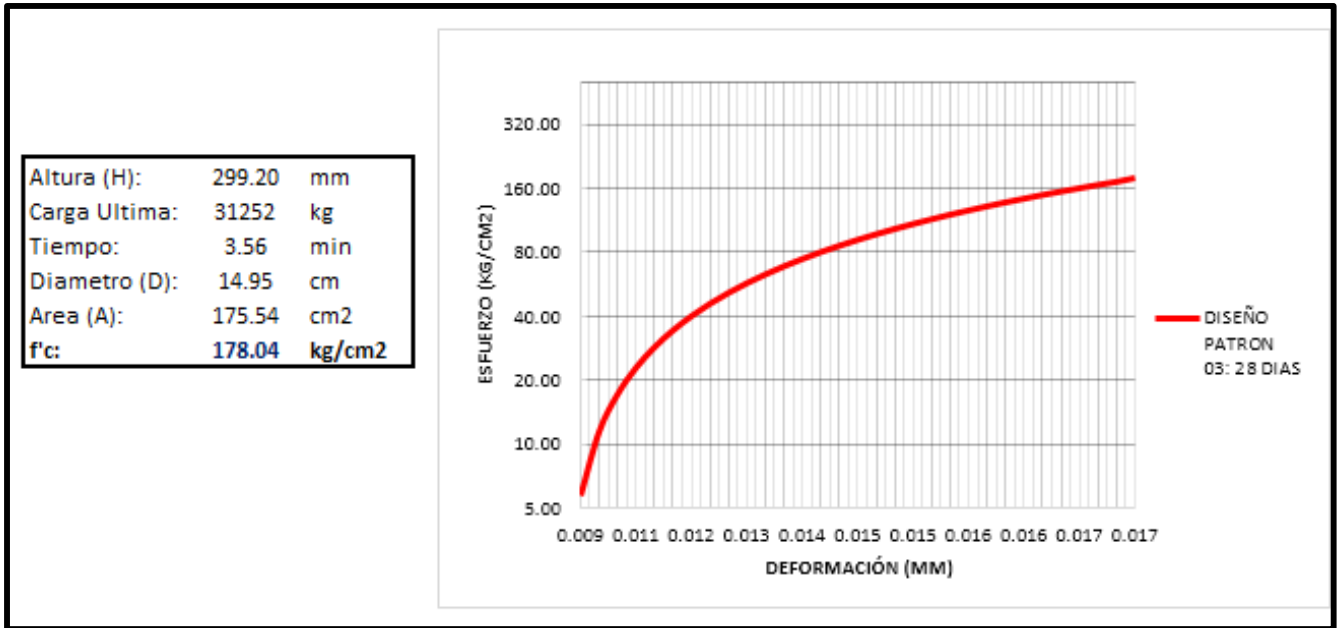
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 38. Grafico Esfuerzo vs Deformación P2 – 28 Días.



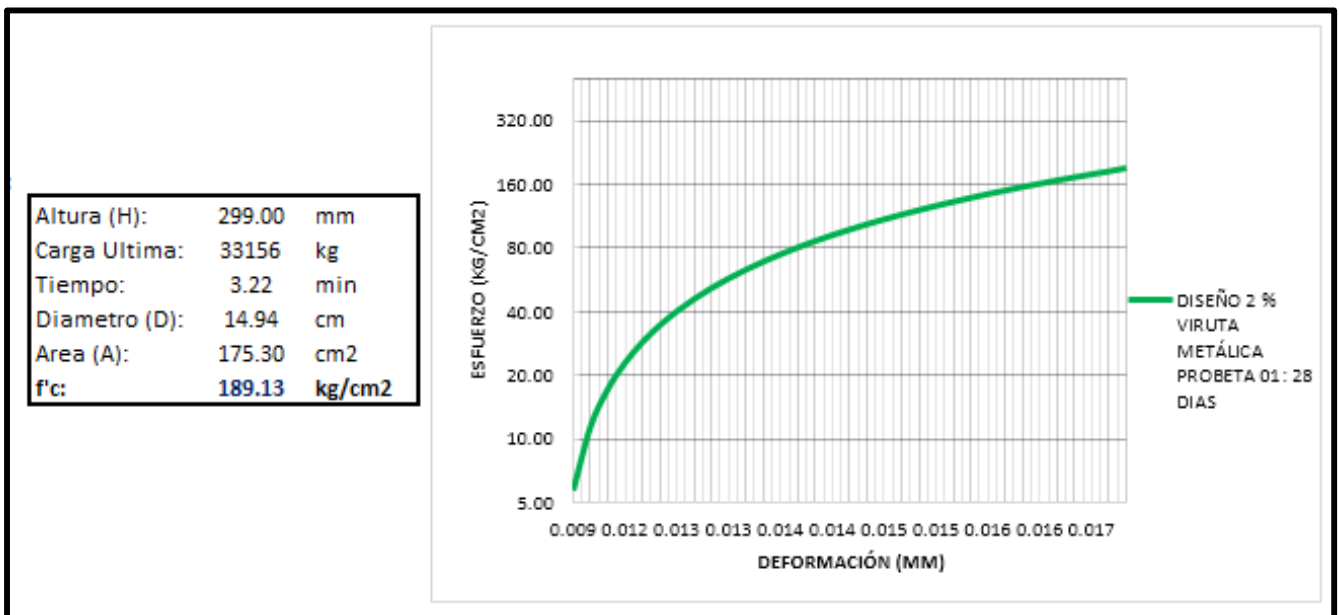
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 39. Grafico Esfuerzo vs Deformación P3 – 28 Días.



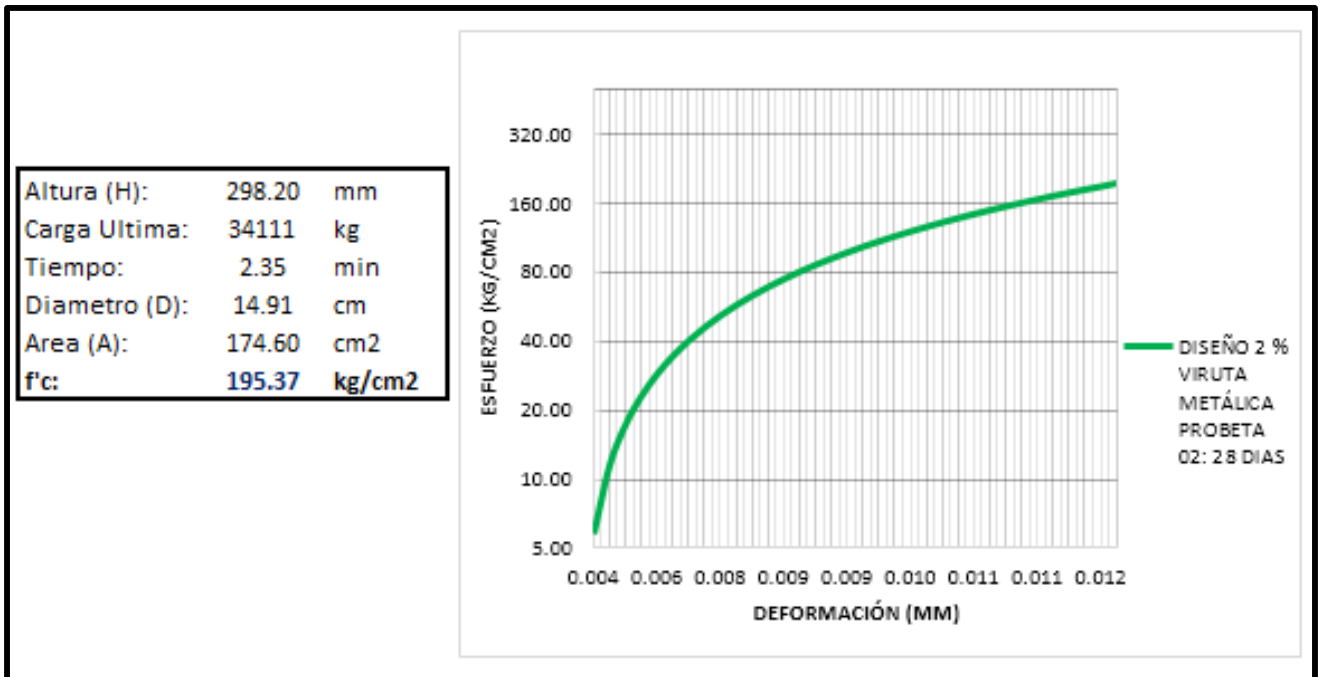
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 40. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P1 – 28 Días.



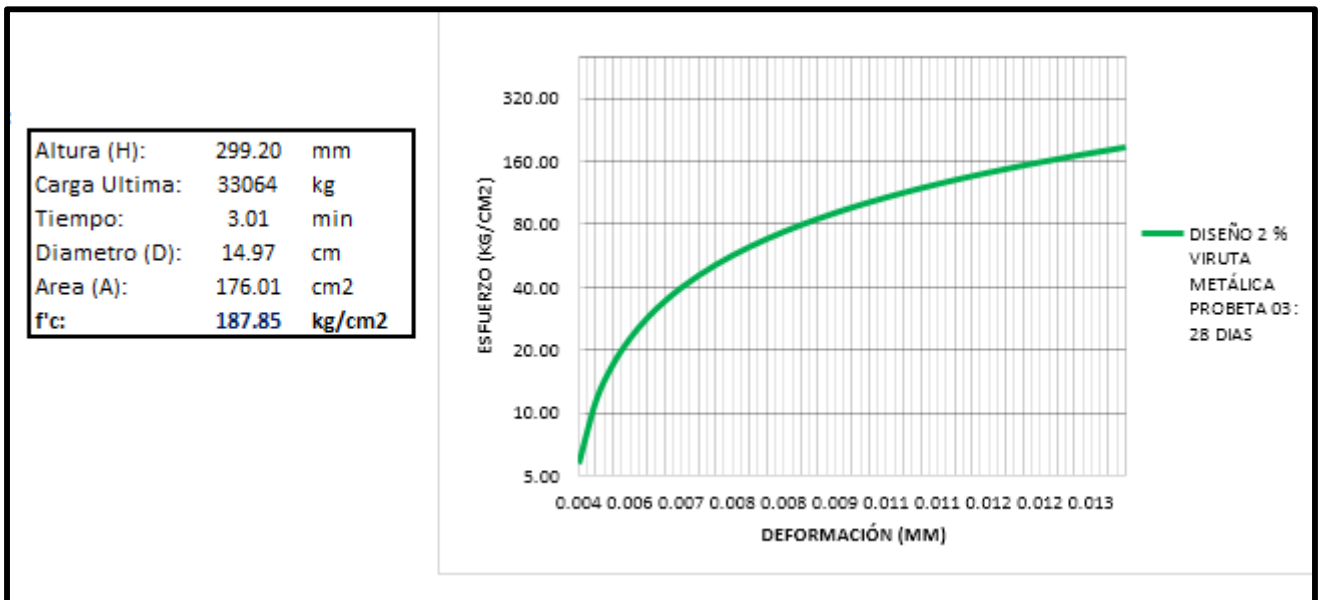
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 41. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P2 – 28 Días.



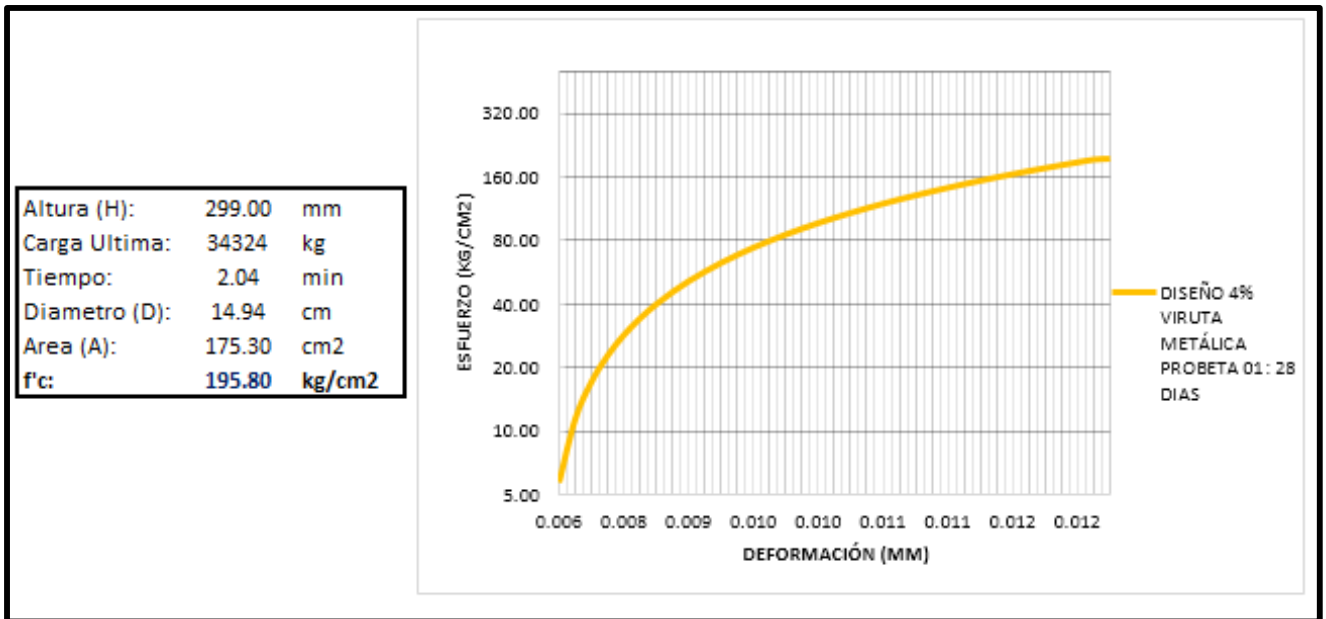
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 42. Grafico Esfuerzo vs Deformación 2%Viruta de acero P3 – 28 Días.



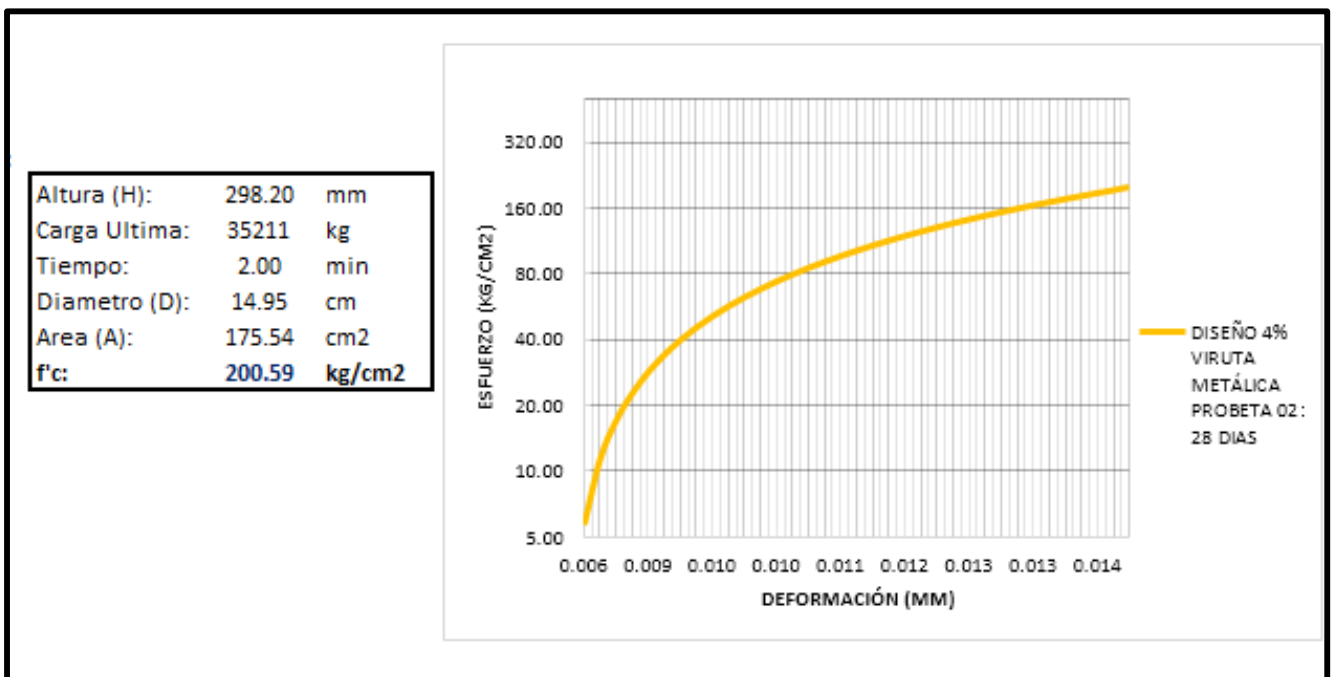
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 43. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P1 – 28 Días.



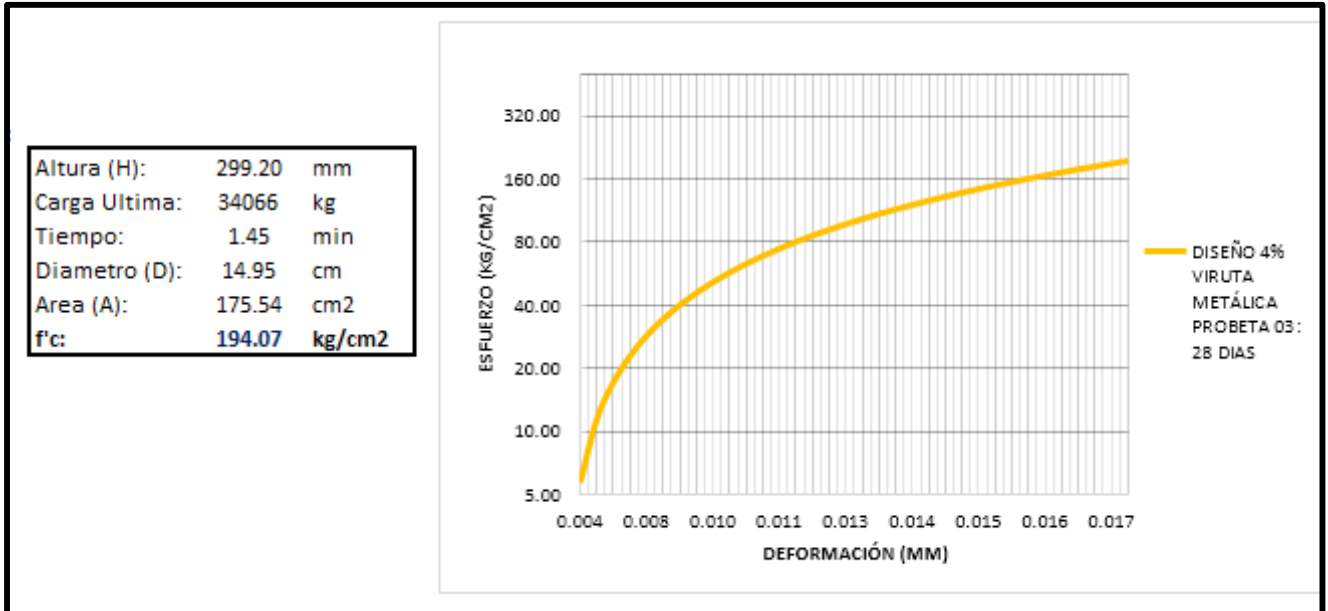
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 44. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P2 – 28 Días.



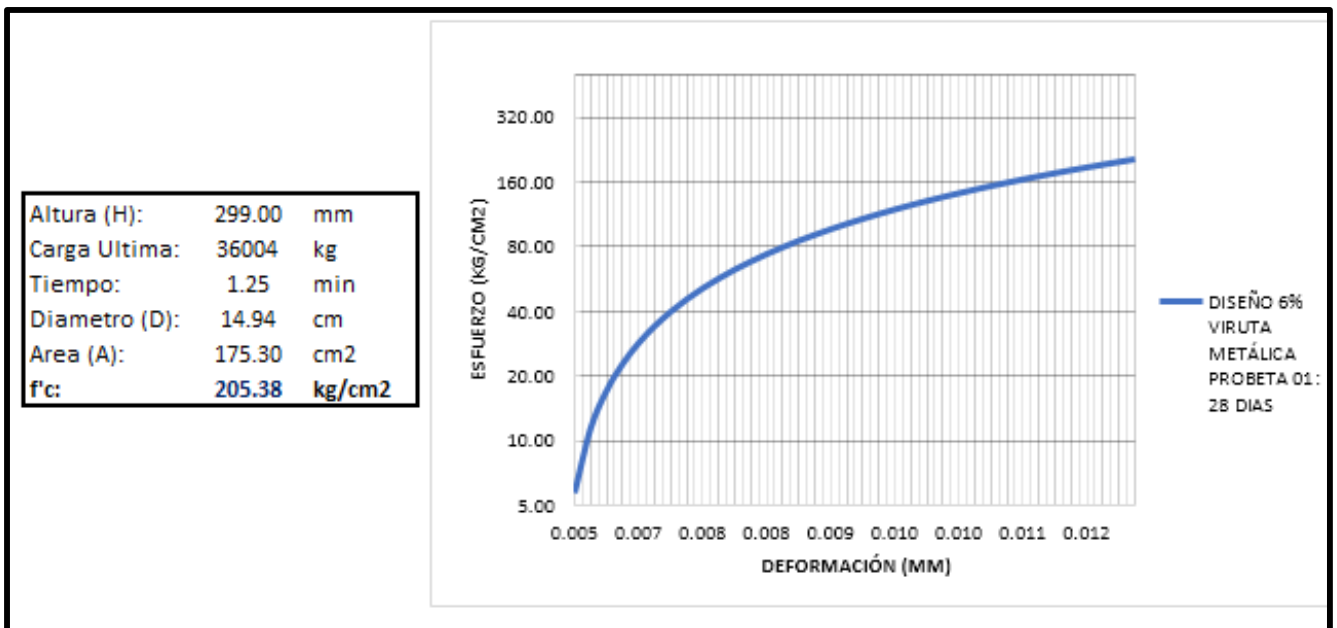
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 45. Grafico Esfuerzo vs Deformación 4%Viruta de acero P3 – 28 Días.



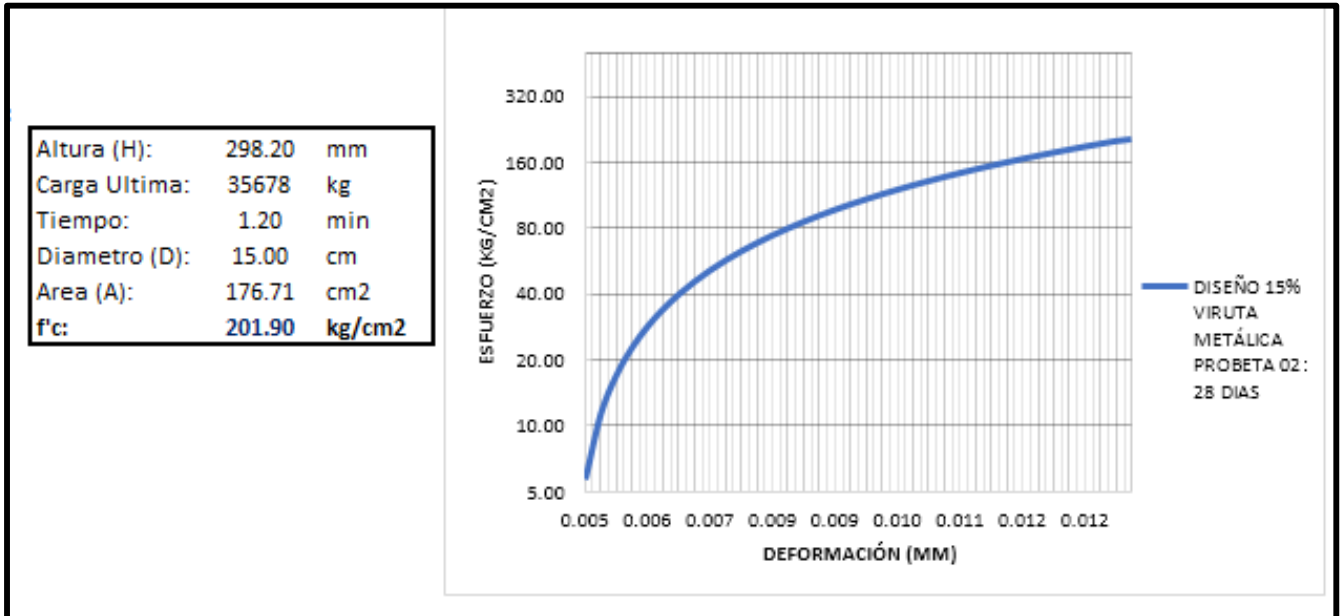
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 46. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P1 – 28 Días.



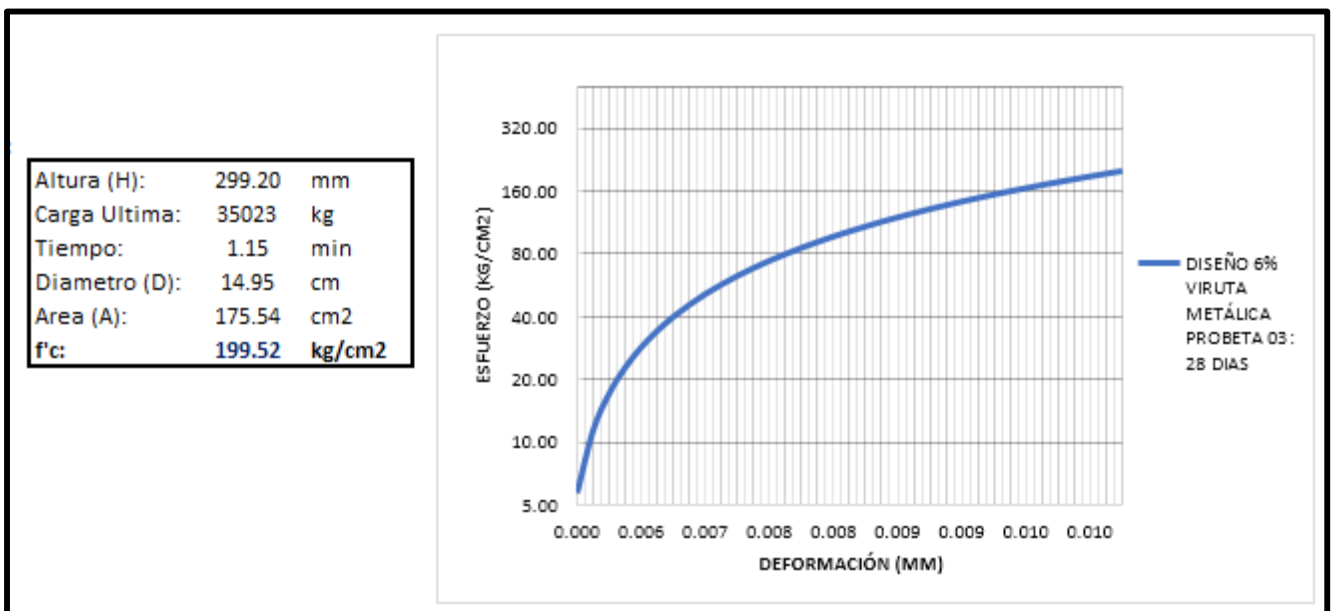
Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 47. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P2 – 28 Días.



Fuente: Elaboración propia, 2016

FIGURA N° 48. Grafico Esfuerzo vs Deformación 6%Viruta de acero P3 – 28 Días.



Fuente: Elaboración propia, 2016

ANEXO N°4

PANEL FOTOGRAFICO

PANEL FOTOGRAFICO

**Determinar la granulometría de los agregados finos y gruesos según la norma ASTM
C 136: NPT 400.012.**

FOTOGRAFIA N° 21. Ensayos Granulométricos del agregado grueso y fino.



Fuente: Elaboración propia, 2016

**Absorción y contenido de humedad de los agregados fino y grueso según Norma
ASTM C-556 / NTP 339.185.**

FOTOGRAFIA N° 22. Ensayo del agregado fino y grueso, para encontrar el contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Determinar las características de los agregados fino y grueso, especificadas según la norma ASTM C33/ NPT 400.037

Agregado fino:

Peso específico y absorción según Norma ASTM C-128 / NTP 400.022.

FOTOGRAFIA N° 23. Ensayo del agregado fino, para encontrar el peso específico.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Densidad aparente y contenido de vacíos según norma ASTM C-29 / NTP 400.017.

FOTOGRAFIA N° 24. Densidad Aparente y contenido de vacíos del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Agregado grueso

Densidad aparente y contenido de vacíos según norma ASTM C-29 / NTP 400.017.

FOTOGRAFIA N° 25. Densidad Aparente y contenido de vacíos del agregado grueso.



Elaboración: Propia, 2016

Peso específico y absorción según Norma ASTM C-127 / NTP 400.021.

FOTOGRAFIA N° 26. Ensayo peso específico del agregado grueso.



Elaboración: Propia, 2016

**Resistencia a la degradación por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles
según Norma ASTM C-131 / NTP 400.019.**

FOTOGRAFIA N° 27. Ensayo de abrasión del agregado grueso.



Elaboración: Propia, 2016

Preparación de la Viruta de acero según Norma ASTM A-820

FOTOGRAFIA N° 28. Preparación de la Viruta de acero.



Elaboración: Propia, 2016

Elaboración de mezclas de concreto y Resistencia del concreto

FOTOGRAFIA N° 29. Materiales listos para realizar la mezcla de concreto.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 30. Realización de la mezcla de concreto.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 31. Ensayo para medir el asentamiento o Slump.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 32. Ensayo para medir la temperatura del concreto fresco.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 33. Realizando el llenado de probetas de concreto fresco.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 34. Desencofrado de las probetas a las 24 horas para ser sumergidas en la poza de curado.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 35. Curado de las probetas en la poza de curado para luego ser ensayadas a compresión axial a diferentes edades.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 36. Realización de mediciones y ensayo de las probetas.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 37. Realización de los ensayos a compresión axial del concreto endurecido con la verificación del encargado de Laboratorio.



Elaboración: Propia, 2016

FOTOGRAFIA N° 38. Extracción de las probetas para analizar el tipo de falla.



Elaboración: Propia, 2016

ANEXO N°5
FORMATOS DE ENSAYOS REALIZADOS EN EL
LABORATORIO DE CONCRETO DE LA
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE -
CAJAMARCA