



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“RELACIÓN PROFUNDIDAD DE ANCLAJE QUÍMICO EN CONCRETO VS DIÁMETRO DE LA VARILLA DE ACERO CORRUGADO QUE GENERA MÁXIMA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, TRUJILLO-2017”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Br. Giorgio Enrique Ojeda Rivera

Br. Juan Carlos Ponte Bejarano

**Asesor:**

Mg. Ing. Julio Valeriano Murga

Trujillo – Perú

2017

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Giorgio Enrique Ojeda Rivera y Juan Carlos Ponte Bejarano**, denominada:

**“RELACIÓN PROFUNDIDAD DE ANCLAJE QUÍMICO EN CONCRETO VS  
DIÁMETRO DE LA VARILLA DE ACERO CORRUGADO QUE GENERA MÁXIMA  
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, TRUJILLO-2017”**

---

Ing. Julio Valeriano Murga  
**ASESOR**

---

Ing. Gonzalo Díaz García  
**JURADO  
PRESIDENTE**

---

Ing. Juan Agreda Barbarán  
**JURADO**

---

Ing. Jorge Valderrama Fernández  
**JURADO**

## DEDICATORIA

A mis padres Luis y Beatriz por su amor, sus  
Sabios consejos y gran apoyo incondicional.  
A mis hermanos por su constante cariño y aliento.  
A mi abuelito Chicho por su grandeza y cariño.

Giorgio Enrique Ojeda Rivera.

A Ti, mi Sol  
Que con luz propia iluminó mi vida,  
y la transformó.  
A ti, mi Sol  
que me enseñaste el amor puro,  
limpio y verdadero.  
A ti mi Sol,  
de ojos bellos, tiernos y puros;  
aquellos que contemplo en mis tardes  
cuando te imagino frente a mí.  
A ti, mi Sol  
dulce estrella que ahora ilumina mi camino  
y espero siempre este a mi lado.  
A ti mi Sol,  
razón de mi vida

Juan Carlos Ponte Bejarano

## AGRADECIMIENTO

A mis familiares por su apoyo incansable  
Y comprensión durante mi vida.

A mi asesor externo el Ing. Juan Manuel  
Urteaga García, por su apoyo en la  
realización de esta investigación.

A mi asesor el Ing. Julio Valeriano  
Murga por su apoyo en la realización de  
esta tesis.

A mis profesores por sus enseñanzas y  
dedicación.

Giorgio Enrique Ojeda Rivera

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1 Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Justificación.....	13
1.4. Limitaciones.....	14
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo general.....	14
1.5.2. Objetivos específicos.....	14
<b>CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
a) Antecedentes.....	15
b) Bases teóricas.....	17
1) Anclajes.....	17
2) Como trabajan los anclajes.....	18
a) Fricción/Rozamiento.....	18
b) Por forma.....	19
c) Por adherencia.....	20
3) Factores que influyen en el cálculo.....	21
a) Características del material base.....	21
b) Geometría del material.....	21
c) Distancia entre anclajes.....	21
4) Modos de rotura.....	22
5) Métodos de aplicación en concreto.....	25
6) Adhesivo epóxico.....	25
• Sikadur 32 Gel.....	25
7) Concreto.....	25

•	Cemento.....	25
•	Agregados.....	26
•	Agua.....	27
8)	Refuerzo corrugado.....	28
c)	Hipótesis.....	28
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>		<b>29</b>
1.1.	Operacionalización de las variables.....	29
1.2.	Diseño de investigación.....	29
1.3.	Unidad de estudio.....	29
1.4.	Población.....	29
1.5.	Muestra.....	29
1.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	30
1.6.1.	Circuito experimental.....	30
1.6.2.	Materia prima.....	32
1.6.3.	Diseño de mezcla.....	32
1.6.4.	Probetas cilíndricas y cuadradas.....	33
1.6.5.	Curado de probetas.....	34
1.6.6.	Ensayo a compresión.....	34
1.6.7.	Aditivo epóxico.....	35
1.6.8.	Anclajes.....	37
1.6.9.	Ensayo a tracción.....	37
1.6.10.	Lectura de datos.....	38
1.6.11.	Análisis de resultados.....	38
1.7.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	38
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....</b>		<b>39</b>
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....</b>		<b>45</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>54</b>
<b>REFERENCIAS... ..</b>		<b>55</b>
<b>APENDICE.....</b>		<b>56</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>82</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla n.º 1.</b> Operacionalización de variables. ....	29
<b>Tabla n.º 2.</b> Circuito experimental. ....	31
<b>Tabla n.º 3.</b> Profundidad de anclaje en probeta de altura H=120mm. ....	35
<b>Tabla n.º 4.</b> Profundidad de anclaje en probeta de altura H=150mm.....	35
<b>Tabla n.º 5.</b> Profundidad de anclaje en probeta de altura H=200mm.....	35
<b>Tabla n.º 6.</b> Etiquetado de probetas. ....	36
<b>Tabla n.º 7.</b> Resultado de ensayos a tracción.....	39
<b>Tabla n.º 8.</b> Promedios de ensayos a tracción. ....	44
<b>Tabla n.º 9.</b> Esfuerzos de adhesivo y acero. ....	44
<b>Tabla n.º 10.</b> Resultados de ensayos a tracción-carga máxima.....	45
<b>Tabla n.º 11.</b> Promedios de ensayos a tracción-carga máxima.....	50
<b>Tabla n.º 12.</b> Relación profundidad vs diámetro de varilla de acero que genera máxima resistencia a la tracción.....	51
<b>Tabla n.º 13.</b> Relación profundidad vs diámetro de varilla de acero corrugado que genera máxima resistencia a la tracción.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura n.º 1.</b> Distribución de tensiones en el concreto cuando el anclaje trabaja a fricción.....	18
<b>Figura n.º 2.</b> Distribución de tensiones en el concreto cuando el anclaje trabaja por forma.....	19
<b>Figura n.º 3.</b> Distribución de tensiones en el concreto cuando el anclaje trabaja por adherencia.....	20
<b>Figura n.º 4.</b> Dimensionado del anclaje (factores de influencia).....	21
<b>Figura n.º 5.</b> Dimensionado del anclaje (Distancia entre anclajes).....	22
<b>Figura n.º 6.</b> Modo de rotura por tracción.....	23
<b>Figura n.º 7.</b> Modo de rotura por cortante.....	24
<b>Figura n.º 8.</b> Carga Vs deformación de probeta C1M02.....	41
<b>Figura n.º 9.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M07.....	42
<b>Figura n.º 10.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M08.....	43
<b>Figura n.º 11.</b> Curva: carga Vs deformación de probeta C1M02.....	47
<b>Figura n.º 12.</b> Curva: carga Vs deformación de probeta C2M07.....	48
<b>Figura n.º 13.</b> Curva: carga Vs deformación de probeta C3M08.....	49
<b>Figura n.º 14.</b> Carga Vs deformación de probeta C1M02.....	56
<b>Figura n.º 15.</b> Carga Vs deformación de probeta C1M03.....	57
<b>Figura n.º 16.</b> Carga Vs deformación de probeta C1M04.....	58
<b>Figura n.º 17.</b> Carga Vs deformación de probeta C1M05.....	59
<b>Figura n.º 18.</b> Carga Vs deformación de probeta C1M06.....	60
<b>Figura n.º 19.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M01.....	61
<b>Figura n.º 20.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M02.....	62
<b>Figura n.º 21.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M03.....	63
<b>Figura n.º 22.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M04.....	64
<b>Figura n.º 23.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M05.....	65
<b>Figura n.º 24.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M06.....	66
<b>Figura n.º 25.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M07.....	67
<b>Figura n.º 26.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M08.....	68
<b>Figura n.º 27.</b> Carga Vs deformación de probeta C2M09.....	69
<b>Figura n.º 28.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M01.....	70
<b>Figura n.º 29.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M02.....	71
<b>Figura n.º 30.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M03.....	72
<b>Figura n.º 31.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M04.....	73
<b>Figura n.º 32.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M05.....	74
<b>Figura n.º 33.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M06.....	75
<b>Figura n.º 34.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M07.....	76
<b>Figura n.º 35.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M08.....	77



<b>Figura n.º 36.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M09.....	78
<b>Figura n.º 37.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M10.....	79
<b>Figura n.º 38.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M11.....	80
<b>Figura n.º 39.</b> Carga Vs deformación de probeta C3M12.....	81

## RESUMEN

Actualmente, la industria de la construcción en la ciudad de Trujillo, es cada vez más exigente en prestaciones y desempeños de los materiales para sus proyectos; por lo mismo, los anclajes químicos van evolucionando y día a día han ido ganando espacio dentro de esta área debido a su versatilidad y performance en sus aplicaciones. Los espacios ganados por los anclajes químicos se basan principalmente en que entregan una solución rápida y confiable, con una mayor capacidad de soporte y sujeción, además de una reducida área de tensión en el material base, soluciones bajo agua y hasta anclajes sísmicamente aprobados.

Los “Anclajes con Adhesivo Químico”, comúnmente llamados “Anclajes Químicos”; que corresponde a un sistema formado por dos elementos: pieza metálica y adhesivo. Este término genérico se utiliza para describir la unión de varillas metálicas a un sustrato de hormigón o albañilería mediante un puente de adherencia (resina).

Este trabajo de investigación se enfocó en determinar la carga máxima que soporta el anclaje, para lo cual se desarrollaron programas de pruebas, para tener un mejor entendimiento acerca de los anclajes químicos entre el concreto y la varilla de acero corrugada anclada a diferentes profundidades, usando como puente de adherencia el aditivo epóxico Sikadur 32 Gel; y sus efectos cuando éstas son sometidas a la fuerza de tracción. Las pruebas se hicieron para diámetros de varilla corrugada de 6, 8 y 9.5 mm. La profundidad de anclaje para la varilla de 6 mm, fue de 10, 15 y 20 veces el diámetro de la varilla. Para la varilla de 8 mm fue de 10, 15 y 20 veces el diámetro de la varilla. Para la varilla de 9.5 mm, fue de 10, 15, 18 veces el diámetro de la varilla. El concreto se estandarizó para todas las probetas, con un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Después de someter las probetas a fuerza de tracción en la máquina universal de ensayos de la Universidad Nacional de Trujillo, se obtuvieron los resultados siguientes: los promedios para varilla de 6 mm anclada a 60 mm la carga máxima fue de 18.50 KN; anclada a 90 mm la carga máxima fue de 19.11 KN; anclada a 120 mm la carga máxima fue de 17.76 KN, los promedios para la varilla de 8 mm anclada a 80 mm la carga máxima fue de 32.33 KN; anclada a 120 mm la carga máxima fue de 33.55 KN; anclada a 160 mm la carga máxima fue 33.77 KN, los promedios para la varilla de 9.5 mm anclada a 95 mm la carga máxima fue de 41.36 KN; anclada a 140 mm la carga máxima fue de 48.09 KN; anclada a 180 mm la carga máxima fue de 47.36 KN.

Se determinó, que a mayor diámetro de varilla y mayor profundidad de anclaje la resistencia máxima a tracción aumenta considerablemente. Estos resultados nos proporcionan ciertos parámetros en cuanto la profundidad mínima a la que se deben anclar las varillas, para obtener una mayor respuesta ante la solicitación al esfuerzo de tracción.

## ABSTRACT

Currently, the construction industry in the city of Trujillo, is increasingly demanding in performance and performance of the materials for its projects; therefore, the chemical anchors are evolving and day by day have been gaining space within this area due to its versatility and performance in their applications. The spaces gained by chemical anchors are mainly based on providing a fast and reliable solution, with a greater capacity of support and subjection, as well as a reduced area of tension in the base material, solutions under water and even seismically approved anchors. The "Chemical Adhesive Anchors", commonly called "Chemical Anchors"; which corresponds to a system formed by two elements: metal part and adhesive. This generic term is used to describe the attachment of metal rods to a concrete or masonry substrate by means of an adhesion bridge (resin).

This research work focused on determining the maximum load anchor supports, for which test programs were developed to have a better understanding of the chemical anchors between the concrete and the corrugated steel rod anchored at different depths using as an adhesion bridge the epoxy additive Sikadur 32 Gel; and their effects when they are subjected to tensile force. Tests were made for corrugated rod diameters of 6, 8 and 9.5 mm. The anchoring depth for the 6 mm rod was 10, 15 and 20 times the rod diameter. For the 8 mm rod was 10, 15 and 20 times the diameter of the rod. For the 9.5 mm rod, it was 10, 15, and 18 times the diameter of the rod. The concrete was standardized for all specimens, with an  $f'c$  of 210 kg / cm<sup>2</sup>. After subjecting the test specimens to traction force in the universal test machine of the National University of Trujillo, the following results were obtained: The averages for 6 mm rod anchored at 60 mm the maximum load was 18.50 KN; anchored at 90 mm the maximum load was 19.11 KN; anchored at 120 mm the maximum load was 17.76 KN. The averages for the 8 mm rod anchored at 80 mm the maximum load was 32.33 KN; anchored at 120 mm the maximum load was 33.55 KN; anchored at 160 mm the maximum load was 33.77 KN. The averages for the 9.5 mm rod anchored to 95 mm the maximum load was 41.36 KN; anchored at 140 mm the maximum load was 48.09 KN; anchored at 180 mm the maximum load was 47.36 KN.

It was determined that at higher rod diameter and greater anchor depth the maximum tensile strength increases considerably. These results give us certain parameters as to the minimum depth at which the rods must be anchored, in order to obtain a greater response to the tensile stress.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El desarrollo de la teoría de anclaje, en la actualidad está bien desarrollada en muchos países, como por ejemplo: España, Francia, Alemania, Canadá, EEUU entre otros; sin embargo en el Perú no existen estudios que proporcionen de una manera científica las bondades de un anclaje químico, sólo se cuentan con ciertos datos en las hojas técnicas que proporcionan las diferentes empresas como Sika, Química Suiza, etc., respecto a los adhesivos epóxicos que se usan en este tipo de anclajes; así como las indicaciones para la puesta de un anclaje químico que proporciona Hilti; es por ello que se nota un vacío en el Reglamento Nacional de edificaciones respecto a este tema.

El estudio de la teoría de anclaje en España, a diferencia de nuestra realidad, está ampliamente desarrollada y validada para anclajes mecánicos en presencia de armaduras. Con anclajes químicos, a priori, se asume que el cono de fallo posee una geometría similar a la de anclajes mecánicos. Y actualmente se están realizando investigaciones para comprobar la veracidad de esta suposición, considerando para ello la norma ETAG 001, TR 029. (Román, 2014)

La Universidad Estatal Politécnica de San Luis Obispo, desarrolló un programa de pruebas para comprender mejor los efectos de la instalación de los anclajes sumergidos bajo el agua sobre la resistencia a tracción del anclaje químico. Se hicieron pruebas a dos diferentes aditivos epóxicos y a distintas profundidades de empotramiento, de dos, cuatro y seis diámetros de varillas de acero corrugado. Estas pruebas de tracción se hicieron a 24 anclajes en condiciones seca y sumergida. Las pruebas mostraron que, en condiciones seca o sumergida en agua, tanto la perforación del agujero, como al momento de aplicar el aditivo epóxico, no influenciaron o afectaron la unión del anclaje de la varilla de acero con el epóxico. Pero si tuvo un impacto significativo en la habilidad al momento de limpiar el agujero de forma consistente en la condición sumergida, teniendo como consecuencia la disminución de la resistencia (Lee, 2012)

Es de conocimiento universal, que el Perú se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica, debido a su localización sobre dos placas tectónicas. Además, en el Perú existen numerosas edificaciones cuyas fachadas presentan parapetos que al carecer de arriostres, podrían volcar ante cargas sísmicas perpendiculares a su plano, causando severos daños materiales e incluso causando la muerte a seres humanos. Por lo que en la investigación de que realizó Saincas, R. se planteó buscar y elegir técnicas de arriostramientos económicas y

sencillas, que permitan evitar estas fallas. Para ello se analizaron 4 parapetos de albañilería, en uno de ellos se simuló el reforzamiento de un parapeto real con la metodología tradicional que consiste en construir primero la albañilería dejando dientes en sus extremos para luego colocar el acero vertical y vaciar posteriormente el concreto; en los otros 3, el reforzamiento se realizó usando anclajes para el refuerzo vertical, mostrando este último un mejor comportamiento a cargas sísmicas perpendiculares al plano del parapeto. (Siancas, 2013)

Actualmente en el Perú y en particular, en la construcción de los edificios de vivienda en Lima, se utiliza en gran cantidad tabiquería construida con la placa P-7, el cual es un bloque sílico calcáreo de 7cm de espesor, 50cm de longitud y 25cm de altura. Estos bloques se asientan usando mortero y sus alveolos se rellenan con grout, para de este modo formar el tabique, cuyo refuerzo vertical y horizontal (varillas de 6 mm de diámetro) es especificado por el fabricante de la Placa P-7. Para el refuerzo vertical, estas se anclan químicamente haciendo perforaciones hechas en las vigas y rellenándolo con un aditivo epóxico. Si bien es cierto no ha habido sismos severos para determinar la resistencia de este tipo de anclajes, se han realizado ensayos experimentales en donde se pretende determinar el comportamiento sísmico perpendicular al plano de un tabique de placa P-7 anclada químicamente. (Sulca, 2011)

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la relación profundidad de anclaje químico en concreto vs diámetro de varilla de acero corrugado que genera la máxima resistencia a la tracción?

## 1.3. Justificación

Los anclajes químicos son una solución invisible en las obras, ya que se utilizan en concreto, tabiquería, reparaciones, muros cortinas, iluminación pública y barandas, entre otras aplicaciones en edificación. También se utiliza en proyectos industriales, civiles y mineros como, por ejemplo, en soporte e instalación de equipos, tuberías (piping), racks, ascensores, escaleras mecánicas, puentes, túneles, barreras de contención, molinos chancadoras y correas transportadoras.

Como se puede apreciar, los usos y aplicaciones de estas soluciones son variados y se pueden clasificar como estructurales o no estructurales, entregando monolitismo a algún elemento soportante dañado, fijación de estructuras metálicas o como método de fijación. Es por ello la importancia de realizar un estudio acerca de estos anclajes químicos, en particular en concreto, buscando la relación que existe entre profundidad de anclaje y diámetro de varilla de acero, lo cual permitirá realizar un trabajo en menor tiempo, con mayor precisión y con un menor coste beneficiando de esta manera al ejecutor como al inversionista.

Por otro lado, el trabajo es muy importante desde el punto de vista científico, ya que actualmente no hay, y si las hay son muy pocos, estudios realizados con anclajes químicos en Perú y la información disponible por lo general es a nivel industrial, por ejemplo la que proporciona Hilti, y el Reglamento Nacional de Edificaciones muestra este vacío al no considerar ninguna norma para los anclajes químicos dentro de él.

#### **1.4. Limitaciones**

- La poca disponibilidad de laboratorios adecuados e implementados para realizar los ensayos pertinentes.
- Falta de equipos e instrumentos necesarios para el óptimo desarrollo de éstos.
- Limitado material de información disponible referencial sobre el tema de investigación.
- Presupuesto limitado.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

Determinar la relación profundidad vs diámetro con la que se consigue la máxima resistencia a la tracción del sistema de anclaje de varillas de acero corrugado.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Realizar los ensayos a compresión para determinar la resistencia del concreto a usar en la elaboración de los testigos de concreto.
- Realizar los ensayos a tracción de las probetas de concreto ancladas químicamente con el aditivo epóxico Sikadur 32 Gel, considerando varillas de acero de diámetro de 6mm y tomando profundidades de anclaje de 60mm, 90mm y 120mm.
- Realizar los ensayos a tracción de las probetas de concreto ancladas químicamente con el aditivo epóxico Sikadur 32 Gel, considerando varillas de acero de diámetro de 8mm y tomando profundidades de anclaje de 80mm, 120mm y 160mm.
- Realizar los ensayos a tracción de las probetas de concreto ancladas químicamente con el aditivo epóxico Sikadur 32 Gel, considerando varillas de acero de diámetro de 9.5mm y tomando profundidades de anclaje de 95mm, 140mm y 180mm.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### a) Antecedentes

En la investigación realizada por Lee Blanchette, (2012), denominada “Pullout Strength of Epoxy Anchors Installed Underwater”, tiene como objetivo principal evaluar si la resistencia a tracción de los anclajes químicos es afectada por la instalación bajo el agua. Las pruebas que se realizaron determinarán si la presencia de agua o la dificultad de limpiar el agujero bajo el agua interfiere con la adherencia del aditivo. El acero que se utilizó para la realización de las distintas pruebas, es la varilla corrugada ASTM E488 de ½”. En esta investigación sólo se hicieron las pruebas a anclajes verticales. Las pruebas se realizaron a temperaturas moderadas y los anclajes sumergidos se hicieron con agua fresca, por otro lado todas las pruebas de los anclajes para el análisis final, fueron instaladas en concreto de un mismo lote. Los resultados de los ensayos mostraron, que al comparar la instalación del anclaje químico en condiciones seca y sumergida, estos retienen el total de su capacidad de carga a tracción. Sin embargo, se tiene que establecer un método efectivo de limpieza del agujero sumergido bajo el agua, pues la pérdida de la resistencia en algunas pruebas sumergidas bajo el agua, no se debe a la presencia de agua cuando el epóxico fue inyectado en el agujero de anclaje o cuando la varilla fue insertada, sino a la dificultad para limpiar el agujero de anclaje después que fue perforado bajo el agua o por la ineficacia del proceso de limpieza, la que permitió dejar material sobrante en las paredes del agujero ocasionando de esta manera una menor resistencia a la tracción.

Según la investigación de Román Ramos (2014), nombrada “Influencia del refuerzo en el hormigón en la resistencia a la tracción de los anclajes químicos” tiene como objetivo, conocer cómo se comportan los anclajes mecánicos y químicos en el material base, para determinar un modelo acerca del comportamiento del anclaje a carga axial, para concluir si la resistencia a la tracción y el modo de rotura, en qué manera, es debido a la armadura dentro del material base. También en esta investigación, se desea determinar si el cono de fallo de los anclajes químicos es igual a los anclajes mecánicos, como se mencionan en teorías de anclajes.

En esta investigación, se demuestra que, la resistencia a la tracción del anclaje, es superior a la que brinda la normativa TR 029 (Technical Report), por lo que dicha norma no arroja resultados reales.

En la tesis de investigación de Sulca Soto (2014), con nombre “Comportamiento sísmico fuera del plano de tabiques hechos con placa P-7”, tiene como objetivo principal, analizar experimentalmente el comportamiento sísmico perpendicular al plano de un tabique de placa P-7 asentadas en aparejo en soga y en pilares, así como también estudiar la efectividad del anclaje químico y el traslape de las barras verticales. Para desarrollar esta investigación se utilizó un pórtico de concreto armado en el que se construyeron en simultáneo dos tabiques de placa P-7, ambos con las mismas dimensiones, pero con diferentes tipos de aparejo propuestos. Con el propósito de conocer el comportamiento sísmico, el espécimen se ensayó en la mesa vibradora del Laboratorio de Estructuras (LEDI), ante sismos de diferente intensidad, los resultados obtenidos se procesaron mostrándose en forma gráfica para cada una de las fases de ensayo. Puesto que ambos subsistieron a todas las fases del ensayo sísmico, para determinar su forma de falla, estos fueron sometidos a un ensayo estático, consistente en una prueba de carga vertical perpendicular a su plano, girando al conjunto 90° en su plano. Se concluyó que, el anclaje químico en los extremos de las barras verticales funcionó adecuadamente, la falla se concentró en la zona de traslape. Al haberse empleado distinta cuantía de refuerzo vertical, no se pudo establecer qué tipo de aparejo era mejor. Ante sismos severos, la región central de ambos tabiques tuvo grandes desplazamientos laterales, por lo que para evitar el pánico de los habitantes y evitar daño de los conductos internos alojados en el tabique, se sugiere fijar una deriva máxima de 0.01 para la zona central.

En la investigación de Siancas, Manrique (2013), nombrada “Arriostramiento de parapetos de albañilería existentes en fachadas de edificios”, comprobaron experimentalmente la efectividad de tres tipos de arriostramientos, simples y económicos, que permitan dar estabilidad a los parapetos de baja altura ante sollicitaciones sísmicas perpendiculares a su plano. Además, que sea económicamente viable, eficiente y sencilla de ejecutar. Para realizar esta investigación, se analizaron 4 parapetos de albañilería, en uno de ellos se simuló el reforzamiento de un parapeto real con la metodología tradicional que consiste en construir primero la albañilería dejando dientes en sus extremos para luego colocar el acero vertical y vaciar posteriormente el concreto; en los otros 3, el reforzamiento se realizó usando anclajes químicos para el refuerzo vertical, mostrando este último un mejor comportamiento a cargas sísmicas perpendiculares al plano del parapeto.



Según la investigación de San Bartolomé, Icochea, Fernández (2013), nombrada “Comportamiento de alfeizares construidos con la placa P-10 ante cargas sísmicas perpendiculares a su plano” tiene como objetivo principal, comprobar mediante ensayos de simulación sísmica, el comportamiento de los alféizares, hechos con la Placa P-10 ante solicitaciones perpendiculares a su plano. Para dicha investigación, se construyeron 4 muretes, usando diferentes metodologías de construcción, de acuerdo a como se construyen en obra y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Como el sistema no estuvo reglamentado se siguió las especificaciones técnicas del fabricante de la Placa P-10. Las varillas verticales de acero corrugado fueron de 8mm y se colocaron empezando por el primer y último alvéolo del muro, distribuyendo las demás hacia el centro del mismo cada 51 cm. Así mismo, la profundidad de la perforación del anclaje fue de 10cm. Después de realizar los ensayos respectivos, se concluyó que, en el ensayo de anclaje la fuerza de tracción aplicada fue directa y el refuerzo vertical entró en fluencia para fallar finalmente por anclaje. Esto no ocurrió en el ensayo estático de los muretes, que fallaron por anclaje del refuerzo vertical sin que éste llegue a fluir, esto se debió a que en el ensayo de simulación sísmica el refuerzo vertical trabaja a tracción por flexión.

## b) Bases teóricas

### 1) Anclajes

En multitud de ocasiones en los trabajos de edificación o de obra civil, es necesario sustentar o apoyar diversas construcciones (forjados, escaleras, etc), en otros elementos resistentes (pilares, vigas, etc). Esta unión se puede realizar dejando elementos embebidos en el hormigón o colocándolos a posteriori.

Estos elementos a posteriori, se denominan comúnmente ANCLAJES. Procedemos a la elección de uno u otro en función de nuestras necesidades, siempre tras un cálculo riguroso que nos permita asegurar que los esfuerzos se transmiten correctamente.

**El anclaje químico** es un anclaje post instalado que se inserta en una perforación hecha en concreto curado, mampostería o roca. Las cargas se transfieren al material base a través de la unión entre el anclaje y el adhesivo y el adhesivo con el material de base.

## 2) Como trabajan los anclajes

A continuación, definimos las tres maneras en las que los anclajes pueden trabajar:

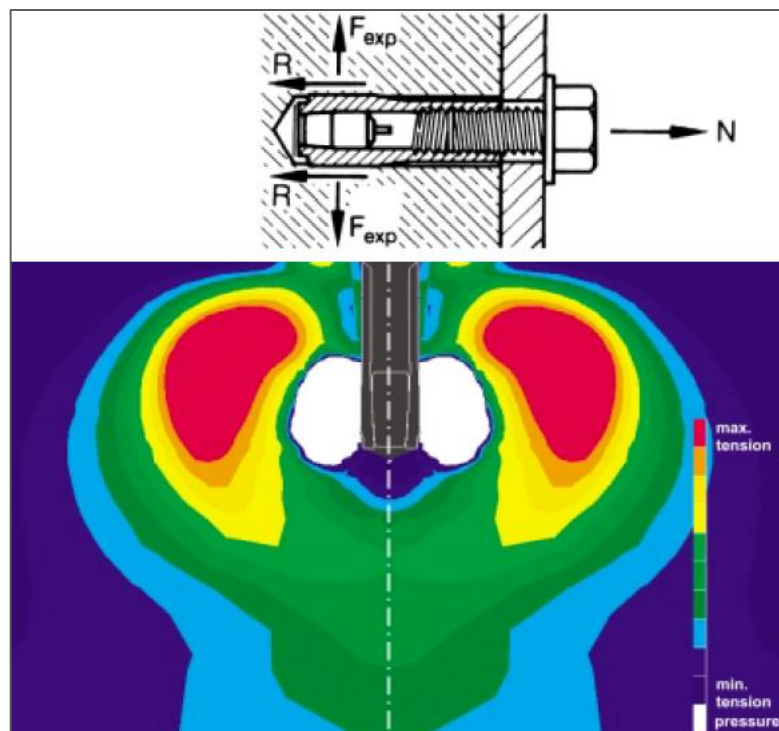
### a) Fricción/Rozamiento

La fuerza de tracción  $N$ , se transfiere al material base por fricción  $R$ . Debido a su forma de trabajo mediante expansión mecánica, es muy importante respetar las separaciones entre anclajes y a bordes de material base.

La forma que adquiere la zona afectada se asimila un poco a un bulbo, estando la zona de contacto en el centro de ésta.

En la figura se muestra la distribución de tensiones generadas por un anclaje mecánico que trabaja por rozamiento, bajo la sollicitación de tracción. Las zonas más oscuras en el interior del bulbo corresponden a las más cargadas.

*Figura n.º 01. Distribución de tensiones en el hormigón cuando el anclaje trabaja a fricción, modelación por elementos finitos.*



*Fuente: Hilti-sistema de fijación de anclajes, 2014*

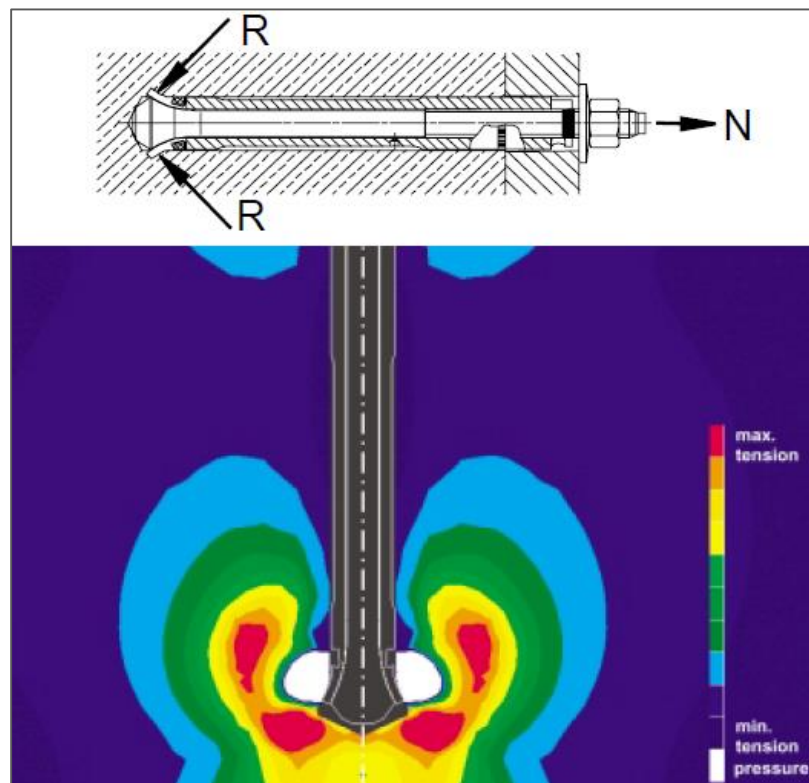
Dado que la expansión de este tipo de anclajes introduce mucha presión en el material base es muy importante no usarlos en materiales poco resistentes, como pueda ser el ladrillo o los bloques de hormigón aireado. Con solo expansionar el anclaje corremos el riesgo de romper el material base. Por este mismo motivo, en materiales resistentes, es muy importante respetar las separaciones entre anclajes y a borde.

El cálculo de estos anclajes tiene en cuenta la creación de este bulbo antes descrito y el elevado grado de tensión que este tipo de anclaje introduce en el material base. La proximidad de estos “bulbos” hará que existan zonas todavía más presionadas, por lo que es importante tener en cuenta la separación entre anclajes para el correcto cálculo de la fijación.

**b) Por forma**

Se adaptan al material base de diferentes modos. En este caso, la fuerza de tracción  $N$  aplicada al anclaje se transmite mediante unos esfuerzos perpendiculares al cono del anclaje, haciendo que el hormigón trabaje a compresión a través de la reacción  $R$ . De este modo se logra que el anclaje tenga un excelente comportamiento en cuanto a cargas, similar al que tendría un perno embebido colocado en el hormigón fresco. Aunque distribuye mejor la presión sobre el hormigón que los anteriores no debemos olvidarnos de las distancias a borde y entre anclajes recomendadas en los manuales.

*Figura n.º 02. Distribución de tensiones en el hormigón cuando el anclaje trabaja por forma, modelación por elementos finitos.*



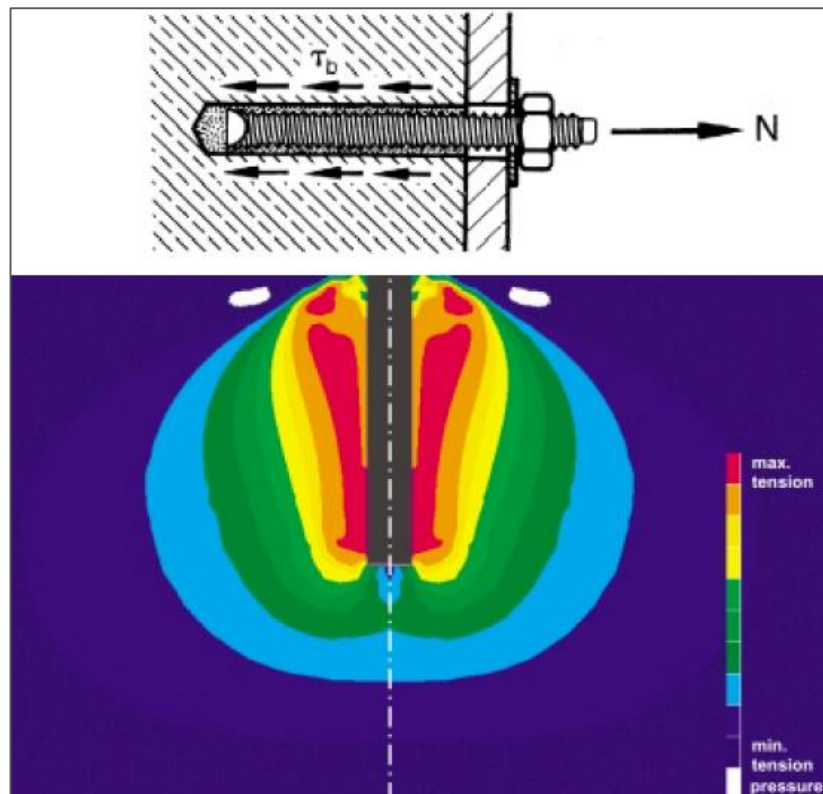
*Fuente: Hilti-sistema de fijación de anclajes, 2014*

**c) Por adherencia**

La varilla del anclaje y la pared taladrada están unidas mediante la adherencia de la resina. Gracias a la mayor superficie de transmisión de cargas, esta se distribuye a lo largo de la varilla del anclaje, lográndose de este modo que la presión sobre el material sea menor, (a igualdad de cargas cuanto mayor sea la superficie menor es la tensión).

La forma de transmisión de la carga se produce por tanto a lo largo de la varilla, gracias a la adherencia que se produce entre acero-resina y resina-hormigón. Estos anclajes distribuyen la carga en una superficie más o menos cilíndrica alrededor de la varilla mientras que los mecánicos presentan una zona de afección sensiblemente cónica, ver figuras anteriores. Por su forma de trabajo los anclajes químicos que trabajan por adherencia permiten unas separaciones entre anclajes y distancias a borde, por lo general, menores que los mecánicos. Son ideales por tanto en casos en los que existen bordes próximos tales como: pilares, cantos de forjado, etc.

**Figura n.º 03.** Distribución de tensiones en el hormigón cuando el anclaje trabaja por forma, modelación por elementos finitos.



**Fuente:** Hilti-sistema de fijación de anclajes, 2014

### 3) Factores que influyen en el cálculo

#### a) Características del material base

En función del tipo de material tendremos que recurrir a unos anclajes u otros. El material base es el que va a recibir las cargas, por tanto, su caracterización mecánica es fundamental, cuanto mejor sea el material mayores tensiones podrá soportar.

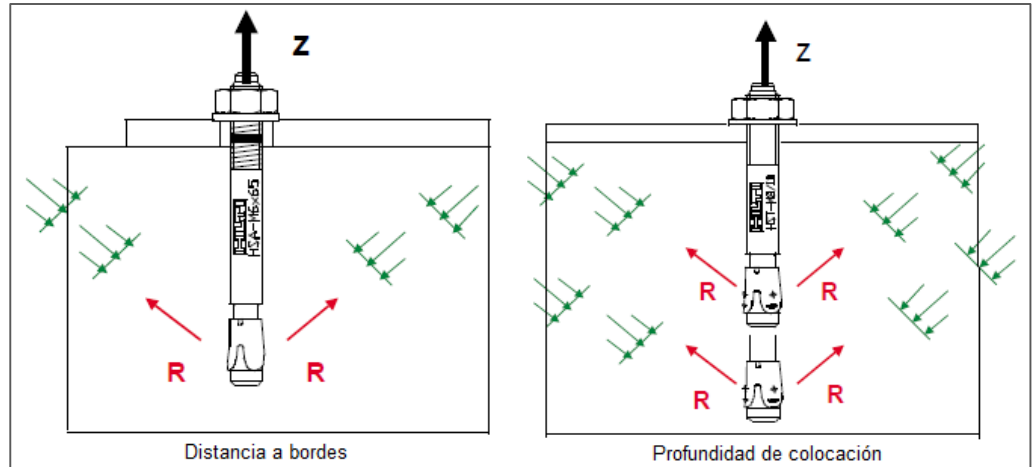
En construcción, el material habitual de trabajo es el hormigón. En este caso el parámetro necesario para conocerlo es la llamada resistencia a la compresión.

#### b) Geometría del material

Cuanto mayor sea la cantidad de material que rodea al anclaje mayor será la carga que este pueda transmitir. La falta de material se puede producir por varios motivos:

- ✓ Cercanía del anclaje a un borde libre de hormigón.
- ✓ Profundidad de la zona donde anclamos.
- ✓ Discontinuidades en el material base.

**Figura n.º 04. Dimensionado del anclaje (factores de influencia)**

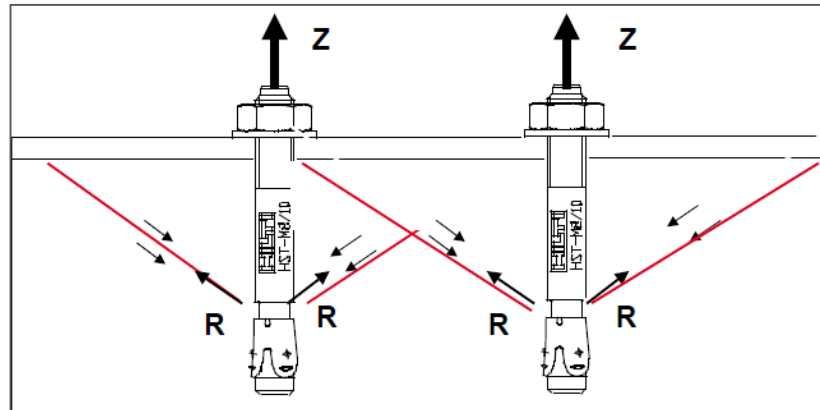


**Fuente:** Hilti-sistema de fijación de anclajes, 2014

#### c) Distancia entre anclajes

A medida que los anclajes se van cargando vamos aumentando la presión sobre la zona de material base afectada. En el caso de tener anclajes próximos, estas zonas se solapan, provocando una mayor sobrecarga sobre el material base. De esta forma en función de la distancia, la carga que puede transmitir el anclaje se reduce en una proporción mayor cuanto menor sea ésta.

**Figura n.º 05.** Dimensionado del anclaje (distancia entre anclajes)



*Fuente: Hilti-sistema de fijación de anclajes, 2014*

#### 4) Modos de rotura

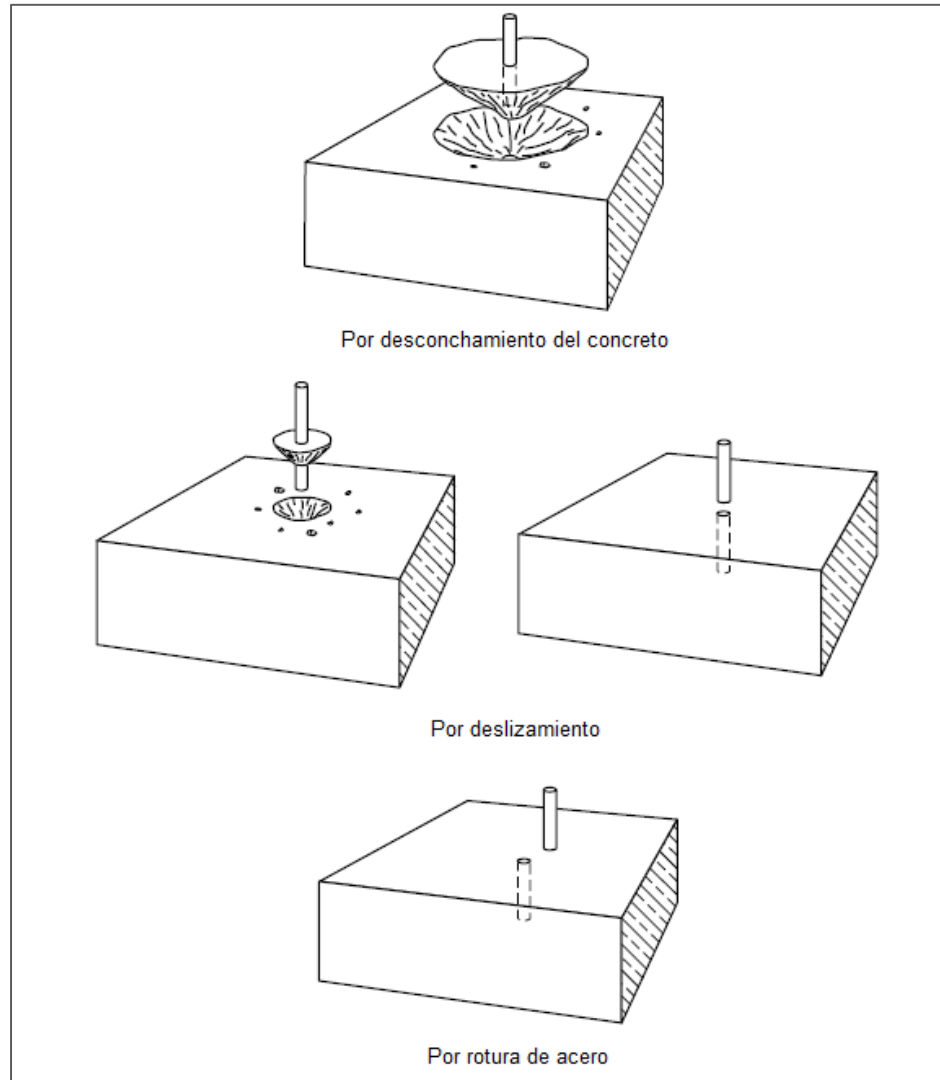
La filosofía del cálculo de una fijación es sencilla. Consiste en analizar para la situación en la que esté nuestro anclaje (según distancias a borde, tipo y profundidad del material base, separación entre anclajes) y para las diferentes cargas que actúan sobre él (Cortante, Tracción, combinada), cual es la resistencia que podemos esperar de él. Es decir, hay que comparar:

##### **Carga que solicita al anclaje < Carga que resiste el anclaje**

Las solicitaciones que actúan pueden estar mayoradas (aumentadas por unos coeficientes de seguridad que aumentan su valor) o sin mayorar. A las primeras se les denomina cargas de diseño y a las segundas cargas de servicio. La resistencia que se compara con la carga mayorada se llama Resistencia de Diseño, y la que se compara con la carga de servicio se denomina Resistencia Recomendada.

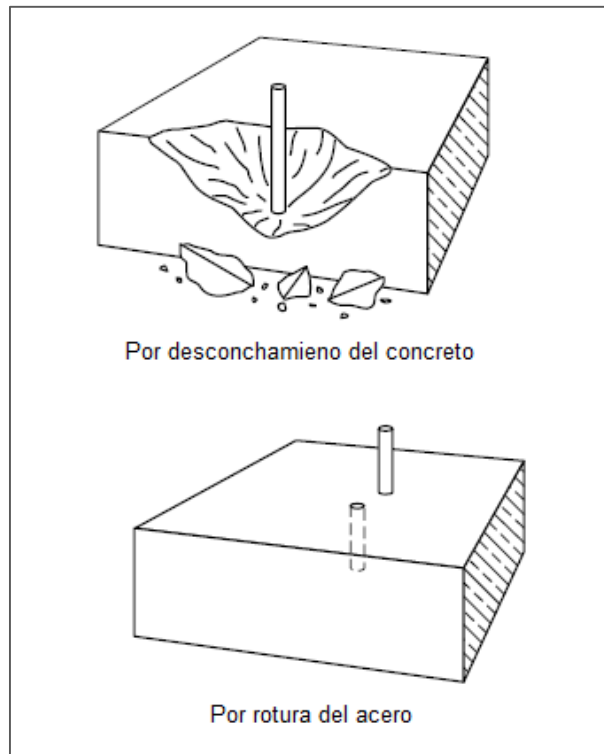
Estos valores se realizan estudiando los posibles modos de rotura de los anclajes, para la carga de cortante y tracción, seleccionando el menor de cada uno de ellos. En las siguientes figuras se ven los diferentes modos de rotura de un anclaje:

**Figura n.º 06.** Modo de rotura por tracción



**Fuente:** Hilti-sistema de fijación de anclajes, 2014

**Figura n.º 07.** Modo de rotura por cortante



**Fuente:** Hilti-sistema de fijación de anclajes, 2014

Una de las causas principales que influye en el modo de rotura es la esbeltez, es decir la relación entre la profundidad y el diámetro del anclaje.

- En un caso intermedio, si la fuerza de arrancamiento sobrepasa la resistencia del material base, genera un fallo por extracción en la que la parte metálica sale de la masa de concreto adherido al cono de extracción limitado por la superficie de fallo.
- Cuando el anclaje es poco profundo, generalmente no se alcanza a desarrollar toda la resistencia al arrancamiento que se requiere, y se presenta un fallo por deslizamiento, en la que el fuste metálico sale de la masa del concreto, sin arrastrar consigo mayor parte del material de la base. Este fenómeno también se puede presentar cuando no se tienen los cuidados necesarios en el proceso de anclaje y se dejan películas de grasa o impurezas en la superficie del material base que impiden la adherencia.
- Si las solicitaciones del anclaje superan la resistencia de la parte metálica, se presenta un fallo por rotura o cortante o a carga axial. Esto ocurre generalmente en anclajes profundos en materiales base de alta resistencia.



### 5) Métodos de aplicación en concreto

- Perforar el concreto respetando el diámetro y la profundidad requeridos
- Quitar el polvo del agujero con una escobilla y aire a presión
- Verificar que la barra de acero tiene que estar limpio, sin grasas o aceite.
- Preparar el aditivo epóxico y verter sobre los agujeros perforados  $\frac{3}{4}$  de su capacidad o profundidad de perforación.
- Colocar el acero dentro del agujero que contiene el aditivo de manera lenta y girando la varilla hasta alcanzar el fondo perforado.
- Dejar secar dicho anclaje como mínimo 24 horas sin ser molestadas o movidas

### 6) Adhesivo epóxico

Es un material tixotrópico de dos componentes a base de resinas epóxicas y cargas inactivas, exento de solventes. El adhesivo que se usa en esta investigación es:

- **Sikadur 32-Gel**

Sikadur 32-Gel es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas, libre de solventes, el cual cumple con la norma ASTM C-881: Standard Specification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete.

#### Usos

Adhesivo para la unión de concreto o mortero fresco con concreto o mortero endurecido, piedra, acero, fierro, asbesto - cemento y madera.

#### Ventajas

- ✓ Excelente adherencia aún en superficies húmedas.
- ✓ Elevadas resistencias mecánicas.
- ✓ Tiempo de aplicación prolongado.

### 7) Concreto

Es la unión de cemento, agua, aditivos, grava y arena lo que nos da una mezcla llamada concreto. El cemento representa sólo el 15% en la mezcla del concreto por lo que es el que ocupa menor cantidad en volumen; sin embargo, su presencia en la mezcla es esencial. Al concreto se le agrega un aditivo el cual tiene diferentes funciones tales como reducir el agua, acelerar la resistencia e incrementar su trabajabilidad.

- **Cemento**

- ✓ Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas. Esta categoría tecnológicamente importante de materiales incluye no sólo el cemento sino también limos, asfaltos y alquitranes, tal como se usan en la construcción de carreteras y otros. Para la

fabricación del concreto estructural se utilizan exclusivamente los llamados cementos hidráulicos. Para completar el proceso químico (hidratación) mediante el cual el polvo de cemento fragua y endurece para convertirse en una masa sólida se requiere la adición de agua. De los diferentes cementos hidráulicos desarrollados, el cemento Portland, patentado por primera vez en Inglaterra en 1824, es el más común de todos.

- ✓ Cuando el cemento se mezcla con el agua para conformar una pasta suave, ésta se rigidiza gradualmente hasta conformar una masa sólida. Este proceso se conoce como fraguado y endurecimiento. Se dice que el cemento ha fraguado cuando ha ganado suficiente rigidez para resistir una presión arbitrariamente definida, punto a partir del cual continúa endureciendo durante un largo tiempo, o sea que sigue ganando resistencia. El agua en la pasta disuelve el material en la superficie de los granos de cemento y forma un gel que aumenta gradualmente en volumen y rigidez, lo que lleva a una rigidización rápida de la pasta entre dos y cuatro horas después de agregada el agua al cemento. La hidratación continúa avanzando dentro de los granos de cemento a velocidad decreciente con rigidización y endurecimiento continuo de la masa. En concretos comunes, el cemento probablemente nunca termina el proceso de hidratación. La estructura de gel de la pasta endurecida parece ser la razón principal para los cambios de volumen que se producen en el concreto ante variaciones de la humedad, como la retracción que ocurre en los concretos cuando se secan.
- ✓ El proceso químico involucrado en el fraguado y en el endurecimiento libera calor, el cual es conocido como calor de hidratación. Cuando se funden grandes masas de concreto, como en el caso de las presas, este calor se disipa muy lentamente, lo cual lleva a un incremento de la temperatura y a una expansión del volumen de concreto durante el proceso de hidratación con el enfriamiento y contracción posteriores. Para evitar el intenso agrietamiento y el consecuente debilitamiento que puede resultar de este proceso deben tomarse medidas especiales de control.

- **Agregados**

- ✓ Para concretos estructurales comunes, los agregados ocupan aproximadamente entre el 70 y el 75 por ciento del volumen de la masa endurecida. El resto está conformado por la pasta de cemento endurecida, agua no combinada (es decir, agua no utilizada en la hidratación del cemento) y vacíos de aire. Evidentemente, los últimos dos no contribuyen a la resistencia del concreto. En general, mientras más densamente pueda empaquetarse el

agregado, mejor será el refuerzo, la resistencia a la intemperie y la economía del concreto. Por esta razón, resulta de fundamental importancia la gradación del tamaño de las partículas en los agregados, con el fin de producir este empaquetamiento compacto. También es importante que el agregado tenga buena resistencia, durabilidad y resistencia a la intemperie; que su superficie esté libre de impurezas como arcillas, limos o materia orgánica las cuales pueden debilitar la unión con la pasta de cemento; y que no se produzca una reacción química desfavorable entre éste y el cemento.

- ✓ Los agregados naturales se clasifican generalmente en finos y gruesos. Un agregado fino o arena es cualquier material que pasa el tamiz N<sup>o</sup>. 4, es decir, un tamiz con cuatro aberturas por pulgada lineal. El material más grueso que éste se clasifica como agregado grueso o grava. Cuando se desea una gradación óptima, los agregados se separan mediante tamizado, en dos o tres grupos de diferente tamaño para las arenas y en varios grupos de diferente tamaño para las gravas. Con posterioridad éstos pueden combinarse de acuerdo con tablas de gradación que permiten obtener un agregado densamente empaquetado. El tamaño máximo de agregado grueso para concreto reforzado está controlado por la facilidad con que éste debe entrar en las formaletas y en los espacios entre barras de refuerzo. Con este fin el agregado no debe ser mayor que un quinto de la dimensión más pequeña de las formaletas o un tercio del espesor de la losa, ni tres cuartos de la distancia mínima entre barras de refuerzo

- **Agua**

- ✓ El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable. Se podrán utilizar aguas no potables sólo si:
  - Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.
  - La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.
  - Los cubos de mortero para ensayos, hechos con agua no potable, deben tener resistencias a los 7 y 28 días, de por lo menos 90% de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de los ensayos de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la NTP 334.051.

### 8) Refuerzo corrugado

El tipo más común de acero de refuerzo (distinguiéndolo de los aceros de pre esfuerzo) viene en forma de barras circulares llamadas por lo general varillas y disponibles en un amplio intervalo de diámetros aproximadamente de  $3/8$  hasta  $1\frac{3}{8}$  de pulgada para aplicaciones normales. Estas barras vienen corrugadas para aumentar la resistencia al deslizamiento entre el acero y el concreto. Los requisitos mínimos para los resaltes superficiales (espaciamiento, proyección, etc.). Se han determinado mediante investigación experimental. Diferentes fabricantes de barras utilizan diversos patrones, todos los cuales satisfacen estos requisitos

### c) Hipótesis

A partir de ensayos a tracción, se determina que la relación profundidad de anclaje químico en concreto vs diámetro de la varilla de acero corrugado que genera la máxima resistencia a la tracción es veinte veces el diámetro de la varilla (20db).

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 1.1 Operacionalización de variables

*Tabla 01: Operacionalización de variables*

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Resistencia a la tracción	Fuerza necesaria para producir la falla (Extracción) de la varilla de acero corrugado	Oposición a la fuerza	Cuantos KN (Kilo Newton) soportara antes de producirse la falla	Ensayo a tracción en la Maquina Universal de ensayos

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

### 1.2 Diseño de investigación

Experimental.

- ✓ Experimental puro, porque se manipularán las variables, profundidad y diámetro de varilla, es decir para cada diámetro de varilla se variará 3 veces la profundidad de anclaje en repeticiones de 3. Para determinar la máxima resistencia, se ha evaluado la combinación de diámetro y profundidad obteniéndose resistencias promedios, de las cuales se escoge la máxima resistencia para responder a la hipótesis propuesta. Para evaluar si existe relación entre diámetro, profundidad y resistencia se utilizó el r de pearson (coeficiente de correlación múltiple)

### 1.3 Unidad de estudio

03 tipos probetas

### 1.4 Población

Probetas de concreto estructural

### 1.5 Muestra (muestreo o selección)

Se usaron 27 probetas en total, de las cuales, en las primeras 9 probetas la varilla usada fue de 6mm y considerando una profundidad de 60mm, 90mm y 120mm, en las 9 probetas siguientes, la varilla usada fue de 8mm y las profundidades de 80mm, 120mm y 160mm, y en las ultimas 9 probetas, la varilla usada fue de 9.5mm y las profundidades de anclaje 95mm, 140mm y 180mm.

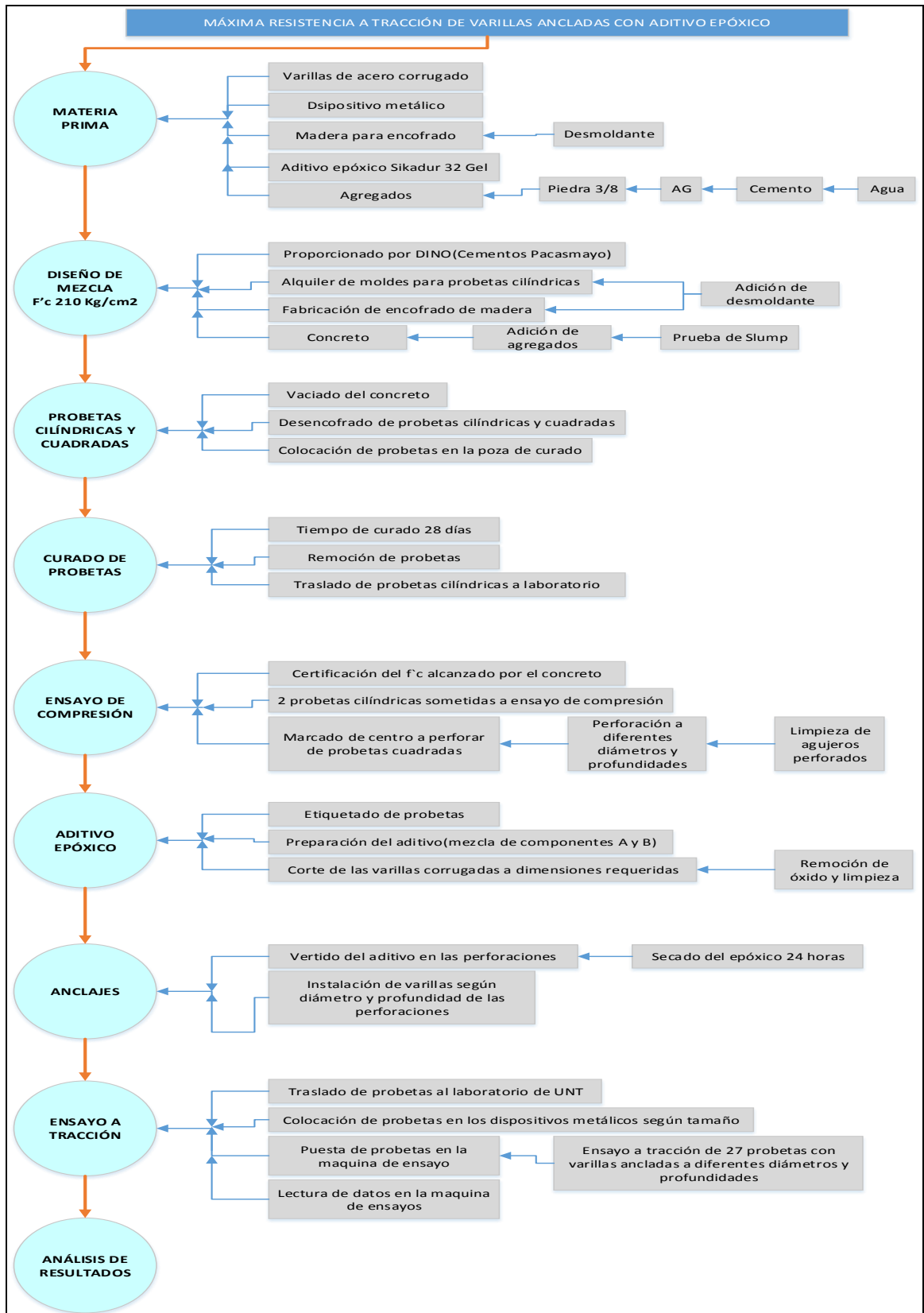
## **1.6 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos**

- La técnica será la de observación.
- El instrumento será: la guía de observación

### **1.6.1 Circuito experimental**

La siguiente tabla presenta el circuito experimental realizado para esta investigación:

**Tabla 02: Circuito experimental**



Fuente: Elaboración propia, 2017.

### 1.6.2 Materia Prima

Constituida por los materiales e insumos usados en la presente investigación, las cuales se detallan a continuación: el agregado grueso y piedra de 3/8" se compró en la cantera "Loma Linda", ubicada en la Quebrada El León Dormido, El Milagro. El cemento portland utilizado fue tipo I de Cementos Pacasmayo. El agua potable de la localidad de Trujillo. Las varillas de acero corrugado de 6mm, 8 mm, y 3/8" empleadas de Siderperu. La madera MDF para el encofrado y la confección de este fue proporcionada por una maderera del medio. Para el desmoldante se compró petróleo y aceite lubricante en un grifo de la localidad. La fabricación del dispositivo metálico fue realizada por una empresa de metal-mecánica de la localidad. El aditivo epóxico Sikadur 32 Gel fue obtenido de una ferretería local.

### 1.6.3 Diseño de mezcla

El diseño de mezcla para una resistencia deseada de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , fue proporcionado por Cementos Pacasmayo (ver anexos), teniendo a la cantera "Loma Linda", ubicada en la Quebrada El León dormido, como proveedora de piedra de 3/8" entre otros.

La fabricación del encofrado de madera para las probetas cuadradas fue realizada por un carpintero encofrador. Se compraron 2 planchas de MDF con dimensiones comerciales de 2.14 metros x 2.44 metros. Se cortaron las piezas de acuerdo a las dimensiones de las probetas de concreto, para luego ser armadas en forma de cajones. Se utilizó clavos de 3/4" sin cabeza, silicona transparente 1 tubo, y cola para madera 1/4" de kilo, para unir las piezas entre sí. Se hicieron unos refuerzos adicionales al encofrado mayor y mediano para evitar la abertura de las maderas o que se deformaran (pandearan) por el peso de la mezcla del concreto. Se unieron al encofrado con clavos de 1 1/2" sin cabeza.

Para la preparación del desmoldante se utilizó una mezcla de petróleo y aceite para autos. Se compró medio galón de petróleo y 2 litros de aceite, se mezcló uniformemente el aceite y el petróleo, luego se procedió a aplicar la mezcla al encofrado de madera y a los moldes metálicos.

Para los agregados (piedra de 3/8" y agregado grueso) Se compró 20 sacos de polietileno con capacidad de 50 kilos de peso. Se pesó en un balde plástico 25 kilos, y se procedió a llenar los sacos con el agregado. En cada saco se puso 2 baldes, pesando cada uno 50. Se llenó un total de 20 sacos, pesando en total 1000 kg. Se compraron 5 bolsas de 42.5 kg de cemento tipo I Pacasmayo. El agua potable se tomó de la red pública.



Según el diseño de mezcla de la empresa DINO (Cementos Pacasmayo) para agregados de 3/8", que para 1 m<sup>3</sup> con un  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, se requieren:

- ✓ 1 bolsa de 42.5 kg de cemento tipo I Pacasmayo
- ✓ AG = 122.2 kg
- ✓ AF = 63.9 kg
- ✓ Agua = 30 litros

Para la correcta proporción de los agregados y del agua para la mezcla del concreto se utilizó baldes plásticos de 20 litros, y el control del peso se hizo con la ayuda de una pesa romana. Se pesó la piedra en tandas 5 baldes de 23 kilos cada uno. Luego se pesó el AG en tandas de 3 baldes de 21.5 kilos, y Agua 2 baldes de 19 kilos y 11 kilos.

La mezcla del concreto se hizo con la ayuda de un trompo a motor de 9 pies<sup>3</sup> de capacidad.

Para la prueba de slump o asentamiento se alquiló el cono de Abrams con su bandeja, cucharón y varilla. Se vació un poco de la mezcla del concreto en un balde para proceder a hacer la prueba de slump o asentamiento. Luego se procedió a verter 1/3 de mezcla en el cono con el cucharón, se apisonó 25 veces desde la parte lejana hacia el centro, se repitió el proceso 2 veces más hasta llenar el cono, luego se enrasó la mezcla. Luego se levantó el cono y procedió a medir el asentamiento, que fue de 6 pulgadas.

#### **1.6.4 Probetas cilíndricas y cuadradas**

En una superficie nivelada y libre de escombros se asentaron los encofrados de madera y moldes metálicos, para proceder al vaciado del concreto en ellas.

Para el vaciado del concreto en las probetas cilíndricas, se procedió a llenar de mezcla los moldes cilíndricos estandarizados hasta llenarlos por completo. Luego se enrasó todo para darle un acabado parejo y uniforme a la superficie.

Para el encofrado de madera, se procedió a llenar de mezcla los encofrados empezando por el más grande. Luego se enrasó todo para darle un acabado parejo y uniforme a la superficie de los encofrados.

El desencofrado de las probetas se hizo después de 72 horas de haber puesto la mezcla de concreto en ellos.

Se procedió a desencofrar las probetas cuadradas de concreto, removiendo con cuidado las piezas de madera MDF, para ello se usaron un martillo de carpintero, un

desarmador plano y un diablo. Luego se removieron las probetas cilíndricas de sus moldes metálicos.

#### 1.6.5 Curado de probetas

Para la poza de curado se hizo una excavación de 1.30 m de largo por 1.20 m de ancho y 0.50 m de profundidad. Se procedió a perfilar y nivelar la poza de curado. Se compró 3 metros de membrana de plástico. Se procedió a colocar la membrana plástica para impermeabilizar la poza de curado. Se llenó con agua potable la poza y se le añadió  $\frac{1}{2}$  kg de cal. Luego se procedió a colocar las probetas de concreto cuadradas y cilíndricas. Se llenó con más agua para que todas las probetas estuvieran completamente sumergidas.

Durante la fase de curado de 28 días de duración, se añadió agua a la poza de curado para que el nivel del agua no bajase y las probetas estén siempre sumergidas.

Luego de este periodo, se removieron todas las probetas de la poza de curado y se colocaron en un área limpia para que sequen por 24 horas.

Las probetas cilíndricas se trasladaron al laboratorio para realizar los ensayos de compresión.

#### 1.6.6 Ensayo a la compresión

El ensayo a la compresión se realizó en el laboratorio "Huertas Ingenieros S.A.C.", para determinar su resistencia a la compresión del concreto ( $f'c$ ) (ver anexo)

Los resultados obtenidos fueron:

- Probeta 1 alcanzó un  $f'c = 226.66 \text{ Kg/cm}^2$ . (108%)
- Probeta 2 alcanzó un  $f'c = 205.03 \text{ Kg/cm}^2$ . (98%)
- El promedio de ambas es:  $(226.66 + 205.03) / 2 = 215.85 \text{ Kg/cm}^2$  (103%)

Luego se procedió al marcado de las probetas cuadradas. Se marcó el centro de perforación, con la ayuda de una regla y lápiz se trazaron las diagonales en una cara de las probetas y en la intersección de ellas quedó el centro donde se perforaría posteriormente.

La perforación de los agujeros de anclaje se hizo según su diámetro (6, 8, 9.5 mm) y la profundidad. Se compraron las brocas de 8, 10 y 13 mm para perforar los cubos de concreto. Se procedió a perforar primero los 6 cubos pequeños de medidas (16 x 16 x 12 cm). Luego se perforaron los cubos medianos de medidas (20 x 20 x 15 cm) y por último se perforaron los cubos grandes (28 x 28 x 20 cm).

**Tabla 03:** Profundidad de anclaje en probeta de altura H=120mm

Cantidad de probetas	Φ Varilla (mm)	Φ Broca (mm)	Profundidad (mm)
3	6	8	60
3	6	8	90

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

**Tabla 04:** Profundidad de anclaje en probeta de altura H=150mm

Cantidad de probetas	Φ Varilla (mm)	Φ Broca (mm)	Profundidad (mm)
3	6	8	120
3	8	10	80
3	8	10	120

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

**Tabla 05:** Profundidad de anclaje en probeta de altura H=200mm

Cantidad de probetas	Φ Varilla (mm)	Φ Broca (mm)	Profundidad (mm)
3	8	10	160
3	3/8"	13	95
3	3/8"	13	140
3	3/8"	13	180

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

Se procedió a limpiar los agujeros perforados, para lo cual se empleó un par de cepillos de nylon y una compresora de aire.

Primero se procedió a limpiar con los cepillos para que se desprenda cualquier impureza de las paredes del agujero. Luego con la ayuda de la compresora de aire se procedió a sopletear todos los agujeros con el fin de eliminar todo residuo y el polvo producto de la perforación. Se repitió 2 veces el procedimiento de limpieza en todas las probetas.

### 1.6.7 Aditivo epóxico

Se etiquetaron todas las probetas según su tamaño, diámetro de varilla de acero, diámetro de perforación y profundidad de perforación y longitud de varilla. Así mismo, se codificaron para un rápido reconocimiento de ellas.

**Tabla 06:** Profundidad de perforación del cubo H=120mm

PROBETA C1-M01	
ALTURA DE PERFORACION	60 mm
DIAMETRO DE PERFORACION	8 mm
DIAMETRO DE VARILLA	6 mm
LONGITUD DE VARILLA	160 mm

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

Se compraron 3 varillas corrugadas (Siderperu) de 6 mm, 8 mm y 3/8". Se procedió a habilitar el acero cortando con una sierra las varillas a la longitud deseada:

- Varilla de 6 mm de diámetro:
  - 3 unidades de 160 mm de longitud
  - 3 unidades de 190 mm de longitud
  - 3 unidades de 220 mm de longitud
- Varilla de 8 mm de diámetro:
  - 3 unidades de 180 mm de longitud
  - 3 unidades de 220 mm de longitud
  - 3 unidades de 260 mm de longitud
- Varilla de 9.5 mm (3/8") de diámetro:
  - 3 unidades de 195 mm de longitud
  - 3 unidades de 240 mm de longitud
  - 3 unidades de 280 mm de longitud

Se limpiaron las varillas con cepillo de alambre de cobre acoplado al taladro eléctrico, con el fin de remover óxido. Luego se limpiaron con un trapo limpio para remover cualquier impureza o grasa.

Para la preparación del puente adherente, se procedió a mezclar los componentes A y B del aditivo epóxico Sikadur 32 Gel presentación 1 kg., para lo cual se hizo uso de unos utensilios como son: una espátula, un recipiente de plástico estilo jarra.

Se mezclaron ambos componentes durante 5 minutos – como indica las instrucciones del producto – en un tercer recipiente, hasta hacerse una masa de color gris claro homogénea de consistencia líquida densa.

### **1.6.8 Anclajes**

Se procedió a verter la mezcla homogénea del Sikadur 32 Gel en las probetas cuadradas ya perforadas y limpias, teniendo mucho cuidado en la cantidad y rapidez con la que se coloca, pues al ser diámetros pequeños se tiene que verter la mezcla de manera lenta y la poca cantidad para evitar llenar demasiado las perforaciones.

Se llenaron cada una de las perforaciones aproximadamente a  $3/4$  de su capacidad o profundidad de perforación.

Luego se procedió a introducir las varillas de acero ya con la longitud correspondiente para cada diámetro y profundidad perforada. La colocación de las varillas de acero se hizo de manera lenta y girando la varilla hasta alcanzar el fondo perforado.

El aditivo epóxico Sikadur 32 Gel con las varillas de acero ancladas tiene que secar como mínimo 24 horas sin ser molestadas o movidas– según recomendaciones del fabricante antes de su puesta en servicio – antes de ser trasladadas al laboratorio.

### **1.6.9 Ensayo a tracción**

Se trasladaron todas las probetas en una camioneta pick up hasta el laboratorio de Ingeniería de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo.

Se tuvo especial cuidado en el traslado para evitar algún tipo de daño en las probetas de concreto o en los anclajes. Ya en laboratorio, se ordenaron las probetas según el etiquetado de menor a mayor tamaño y orden de etiquetado.

Se colocaron en los 3 dispositivos metálicos las probetas que se iban a ensayar.

Se colocaron las probetas centrándolas en el dispositivo metálico, luego se procedería a asegurar los 2 pernos pasantes de extremo a extremo para evitar que al momento del ensayo se abra el dispositivo y falle o que la máquina de ensayos nos dé un error en la toma de datos por no estar bien fijadas las probetas.

Una vez ensayadas las probetas, se removieron de los dispositivos metálicos para colocar las nuevas probetas y continuar con los ensayos. Este proceso se iba a repetir en todas las 27 probetas.

El ingeniero encargado del laboratorio y sus asistentes prepararon la máquina de ensayos a tracción.

Se aseguraron de colocar en la parte superior las mordazas correctas para el diámetro de las varillas de acero (6mm, 8mm y 3/8 pulg.) ancladas a las probetas de concreto, así mismo hicieron lo propio con las mordazas de la parte inferior.

Luego se procedió a colocar los dispositivos metálicos conteniendo las probetas en la máquina de tracción. Para lo cual, primero se tenía que centrar la varilla anclada en la parte de la mordaza donde tiene una muesca. También se verificaba la altura de la mordaza en contacto con la varilla, bajando o subiendo la parte superior de la máquina a tracción.

Luego se centraba la parte inferior sobresaliente del dispositivo metálico en las mordazas inferiores, asegurándose que la altura de la mordaza en contacto con el dispositivo metálico sea la apropiada para evitar algún deslizamiento o desprendimiento entre ambas partes.

Una vez realizado lo anterior, se procede introducir al programa los datos correspondientes como son: el nombre de la probeta y el área lateral del cilindro perforado en mm<sup>2</sup> de la probeta.

#### **1.6.10 Lectura de datos**

La lectura de datos se realizó directamente de la máquina universal de ensayos, del laboratorio de Materiales de la UNT

#### **1.6.11 Análisis de resultados**

Luego de terminado el ensayo, la máquina reportaba los cálculos y resultados obtenidos como la carga máxima, deformación, tiempo, así como las gráficas de las curvas correspondientes, de los cuales se tomó el promedio de los resultados obtenidos de las probetas que tenían las mismas características.

### **1.7 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos**

El instrumento que se utilizara es la ficha de observación pues allí se registrará de manera detallada los hechos y realidades que se han encontrado en el lugar de estudio. Para el análisis de los datos se tomará el promedio de los resultados obtenidos de los ensayos a tracción de cada tres probetas que tengan las mismas características, estas características son: diámetro de varilla de acero y profundidad de anclaje.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

Resumen de resultados de los ensayos de laboratorio:

*Tabla n.º 07. Resultados de ensayos a tracción*

Probeta	Diámetro mm	Profundidad mm	Carga de falla del adhesivo kN	Carga inicial actuante del acero kN	Carga máxima kN	Tipo de falla
C1 M 02	6	60	3.01	8.15	17.92	Rotura del acero
C1 M 03	6	60	3.15	14.98	19.07	Rotura del acero
C1 M 04	6	90	3.10	13.58	18.70	Rotura del acero
C1 M 05	6	90	3.04	10.20	19.30	Rotura del acero
C1 M 06	6	90	3.02	9.98	19.32	Rotura del acero
C2 M 01	6	120	2.92	13.70	17.60	Rotura del acero
C2 M 02	6	120	2.60	8.02	17.57	Rotura del acero
C2 M 03	6	120	3.23	5.94	18.00	Rotura del acero
C2 M 04	8	80	2.22	8.11	31.12	Rotura del acero
C2 M 05	8	80	2.67	25.29	33.20	Rotura del acero
C2 M 06	8	80	3.11	24.88	32.66	Rotura del acero
C2 M 07	8	120	3.76	25.76	33.91	Rotura del acero
C2 M 08	8	120	3.59	25.88	33.96	Rotura del acero
C2 M 09	8	120	3.67	8.11	32.78	Rotura del acero
C3 M 01	8	160	2.32	25.46	33.82	Rotura del acero
C3 M 02	8	160	2.57	24.74	33.37	Rotura del acero
C3 M 03	8	160	2.73	24.53	34.12	Rotura del acero
C3 M 04	9.5	95	3.12	29.97	41.80	Desconchamiento del concreto
C3 M 05	9.5	95	3.01	30.02	42.27	Desconchamiento del concreto
C3 M 06	9.5	95	3.29	31.23	40.02	Desconchamiento del concreto
C3 M 07	9.5	140	3.34	20.23	47.04	Rotura del acero

C3 M 08	9.5	140	2.69	33.72	47.75	Desconcha miento del concreto
C3 M 09	9.5	140	4.15	34.29	49.49	Desconcha miento del concreto
C3 M 10	9.5	180	3.97	32.18	46.12	Rotura del acero
C3 M 11	9.5	180	3.83	31.47	47.06	Rotura del acero
C3 M 12	9.5	180	3.49	13.26	48.90	Rotura del acero

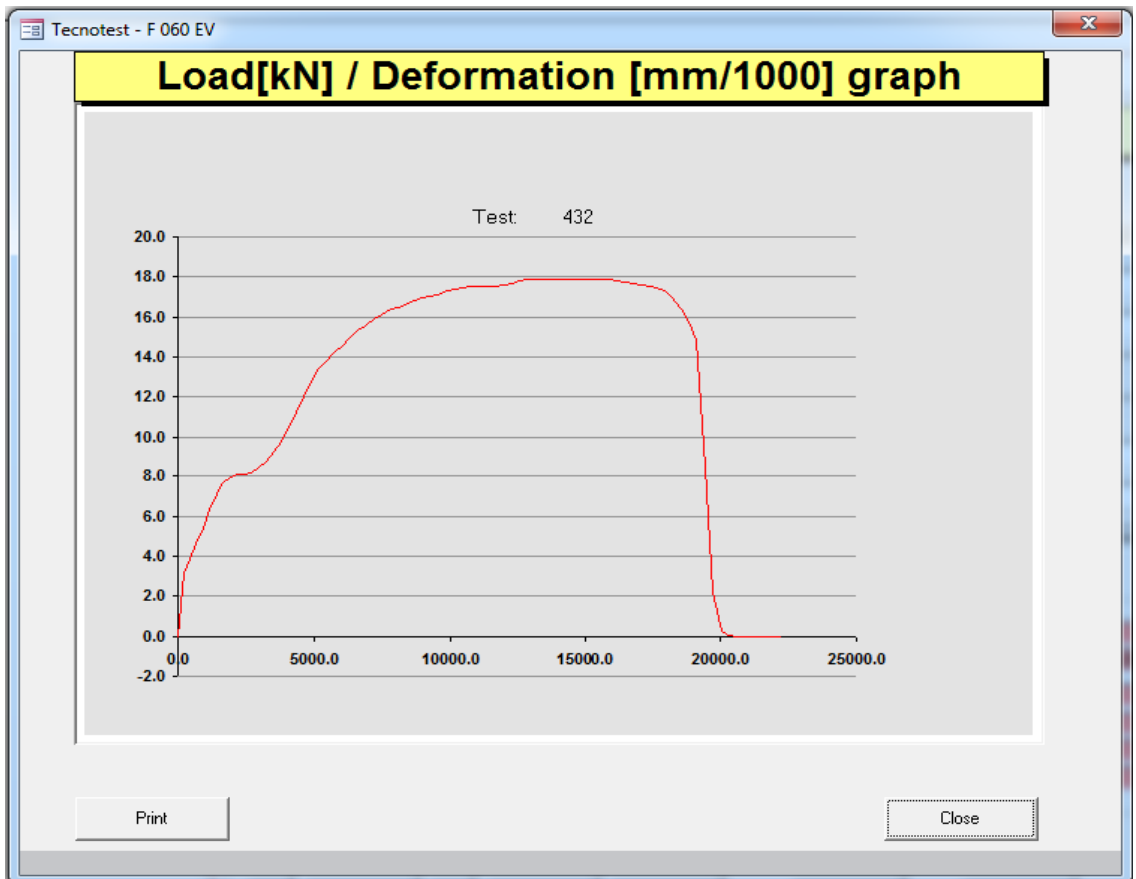
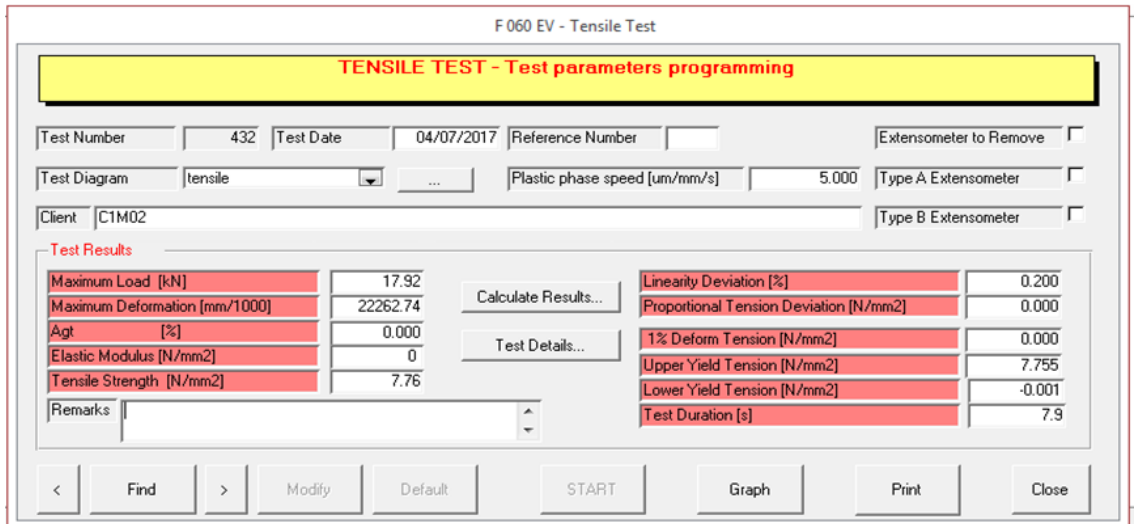
*Fuente: Elaboración propia, 2017*



Graficas de los ensayos a tracción:

- 1) Profundidad de anclaje: 60mm, diámetro de varilla: 6mm, diámetro de perforación: 8mm
  - Probeta: C1 M 02

**Figura n.º 08. Carga vs deformación de probeta C1 M 02**

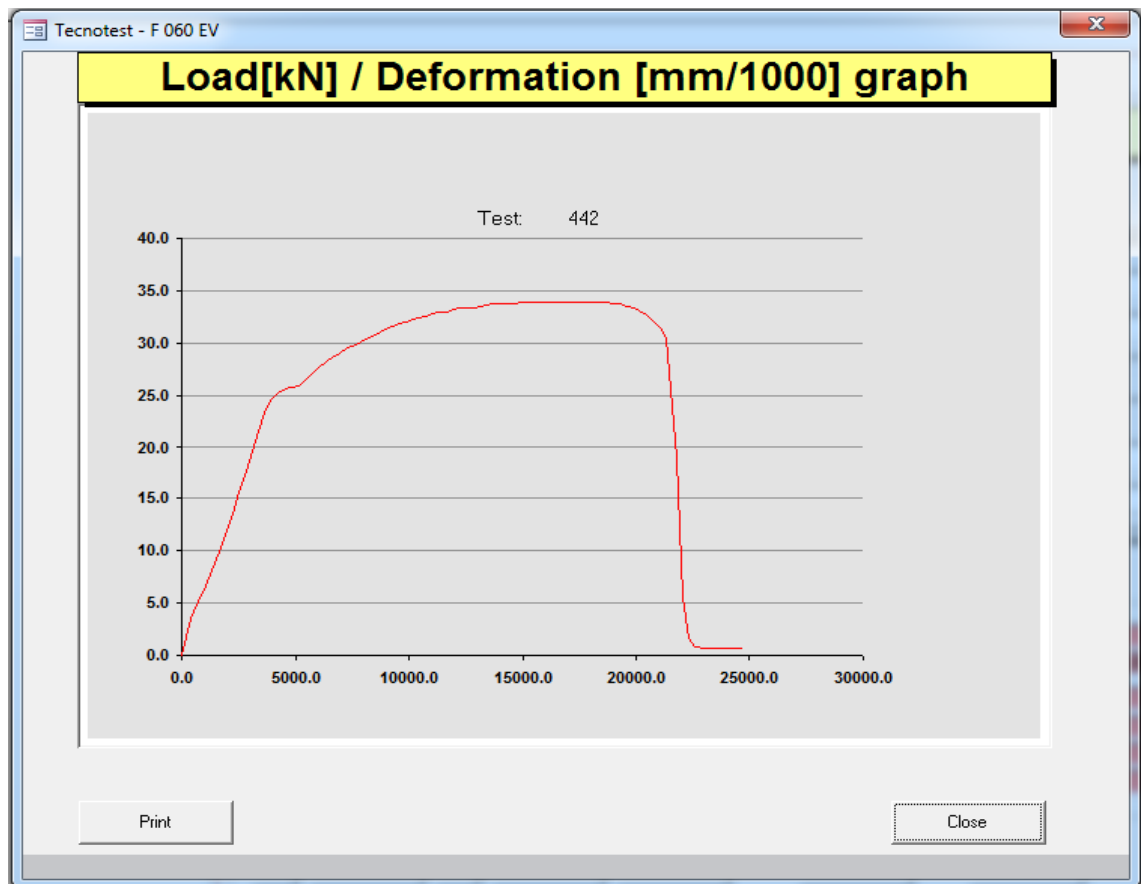
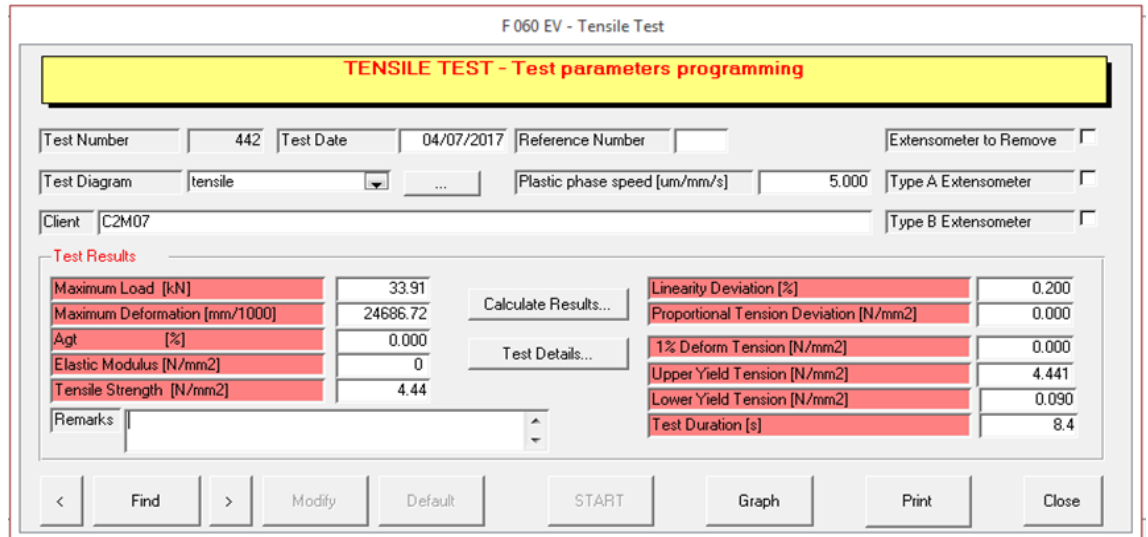


Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

2) Profundidad de anclaje: 120mm, diámetro de varilla: 8mm, diámetro de perforación: 10mm

• Probeta: C2 M 07

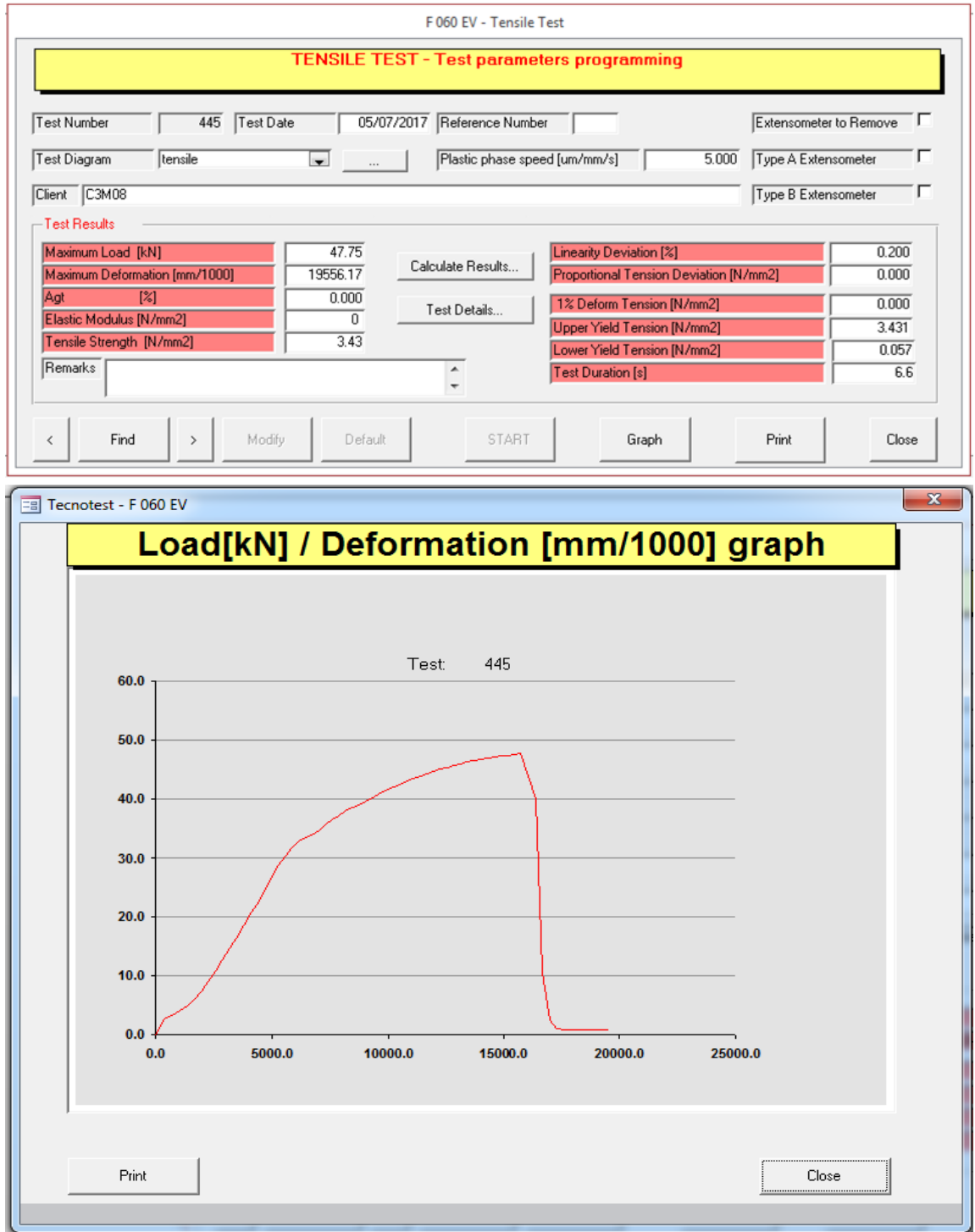
**Figura n.º 09.** Carga vs deformación de probeta C2 M 07



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- 3) Profundidad de anclaje: 140mm, diámetro de varilla: 9.5mm, diámetro de perforación: 13mm
- Probeta: C3 M 08

**Figura n.º 10. Carga vs deformación de probeta C3 M 08**



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

Nota: Para ver todas las gráficas de los ensayos a tracción, ver apéndice.

Promedio de resultados de los ensayos de laboratorio:

**Tabla n.° 08. Promedios de ensayos a tracción**

Diámetro mm	Profundidad mm	Carga de falla del adhesivo KN	Carga inicial actuante del acero kN	Carga máxima KN
6	60	3.08	11.57	18.50
6	90	3.05	11.25	19.11
6	120	2.92	9.22	17.72
8	80	2.67	19.43	32.33
8	120	3.67	19.92	33.55
8	160	2.54	24.91	33.77
9.5	95	3.14	30.40	41.36
9.5	140	3.39	29.41	48.09
9.5	180	3.76	25.64	47.36

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

Esfuerzos del adhesivo y del acero:

**Tabla n.° 09. Esfuerzos del adhesivo y acero**

Diámetro mm	Profundidad mm	Carga máxima	Carga de falla del adhesivo KN	Área de epóxico mm <sup>2</sup>	Área de acero mm <sup>2</sup>	Esfuerzo del Adhesivo kN/mm <sup>2</sup>	Esfuerzo del acero kN/mm <sup>2</sup>
6	60	18.50	3.08	1319.47	28.27	2.334	409.028
6	90	19.11	3.05	1979.20	28.27	1.543	398.005
6	120	17.72	2.92	2638.94	28.27	1.105	326.091
8	80	32.33	2.67	2261.95	50.27	1.179	386.481
8	120	33.55	3.67	3392.92	50.27	1.083	396.229
8	160	33.77	2.54	4523.89	50.27	0.561	495.569
9.5	95	41.36	3.14	3357.58	70.88	0.935	428.975
9.5	140	48.09	3.39	4948.01	70.88	0.686	414.961
9.5	180	47.36	3.76	6361.73	70.88	0.592	361.680

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

Según el ensayo a tracción realizado en laboratorio de la UNT, usando la máquina universal para ensayos, se obtuvieron las resistencias a tracción del sistema de anclaje para varillas de acero corrugado de 6, 8 y 9.5 mm, ancladas químicamente usando el aditivo epóxico Sikadur-32 Gel. Dichos resultados se muestran en la tabla 10, así como el tipo de falla de se presentó en dicho ensayo para cada una de las probeta.

**Tabla n.º 10.** Resultados de ensayos a tracción-Carga máxima

Probeta	Diámetro mm	Profundidad mm	Carga máxima kN	Tipo de falla
C1 M 02	6	60	17.92	Rotura del acero
C1 M 03	6	60	19.07	Rotura del acero
C1 M 04	6	90	18.70	Rotura del acero
C1 M 05	6	90	19.30	Rotura del acero
C1 M 06	6	90	19.32	Rotura del acero
C2 M 01	6	120	17.60	Rotura del acero
C2 M 02	6	120	17.57	Rotura del acero
C2 M 03	6	120	18.00	Rotura del acero
C2 M 04	8	80	31.12	Rotura del acero
C2 M 05	8	80	33.20	Rotura del acero
C2 M 06	8	80	32.66	Rotura del acero
C2 M 07	8	120	33.91	Rotura del acero
C2 M 08	8	120	33.96	Rotura del acero
C2 M 09	8	120	32.78	Rotura del acero
C3 M 01	8	160	33.82	Rotura del acero
C3 M 02	8	160	33.37	Rotura del acero
C3 M 03	8	160	34.12	Rotura del acero
C3 M 04	9.5	95	41.80	Desconcha miento del concreto

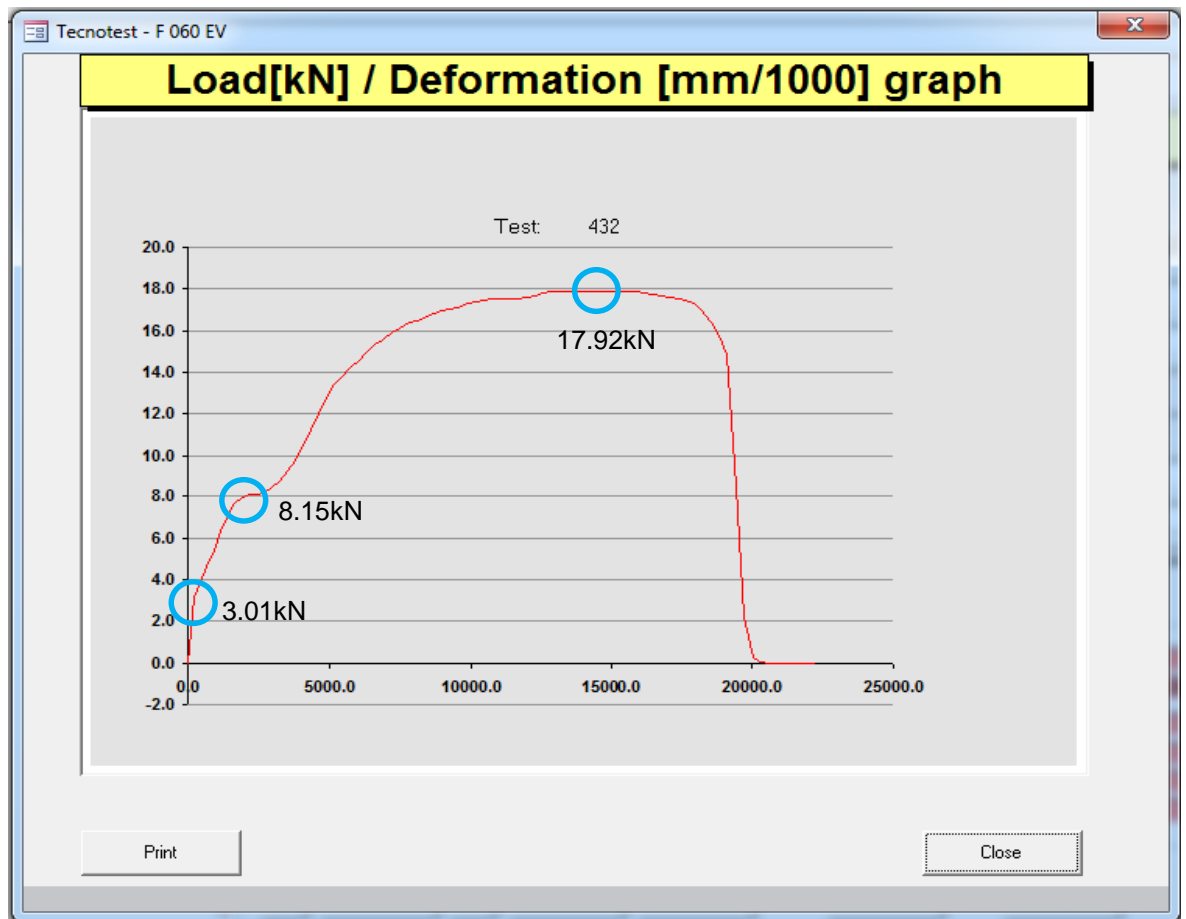
C3 M 05	9.5	95	42.27	Desconcha miento del concreto
C3 M 06	9.5	95	40.02	Desconcha miento del concreto
C3 M 07	9.5	140	47.04	Rotura del acero
C3 M 08	9.5	140	47.75	Desconcha miento del concreto
C3 M 09	9.5	140	49.49	Desconcha miento del concreto
C3 M 10	9.5	180	46.12	Rotura del acero
C3 M 11	9.5	180	47.06	Rotura del acero
C3 M 12	9.5	180	48.90	Rotura del acero

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

Por otro lado en la figura N°11, se muestra la relación carga vs deformación para una profundidad de anclaje de 60mm, donde el diámetro de la varilla es de 6mm y el diámetro de perforación es 8mm, en esta figura se aprecia que:

- Para una carga de 3.01 kN, se produce el desprendimiento del aditivo del fondo del agujero cilíndrico, este desprendimiento es de 2.32 mm.
- Posteriormente a esto, empieza actuar la cortante del aditivo epóxico hasta una carga de 8.15kN para luego entrar en fluencia.
- Después de esta etapa, el aditivo se adhiere a las paredes del cilindro por fricción y es cuando empieza actuar el acero hasta entrar en fluencia y fracturarse con una carga máxima de 17.92kN

**Figura n.º 11. Carga vs deformación de probeta C1 M 02**

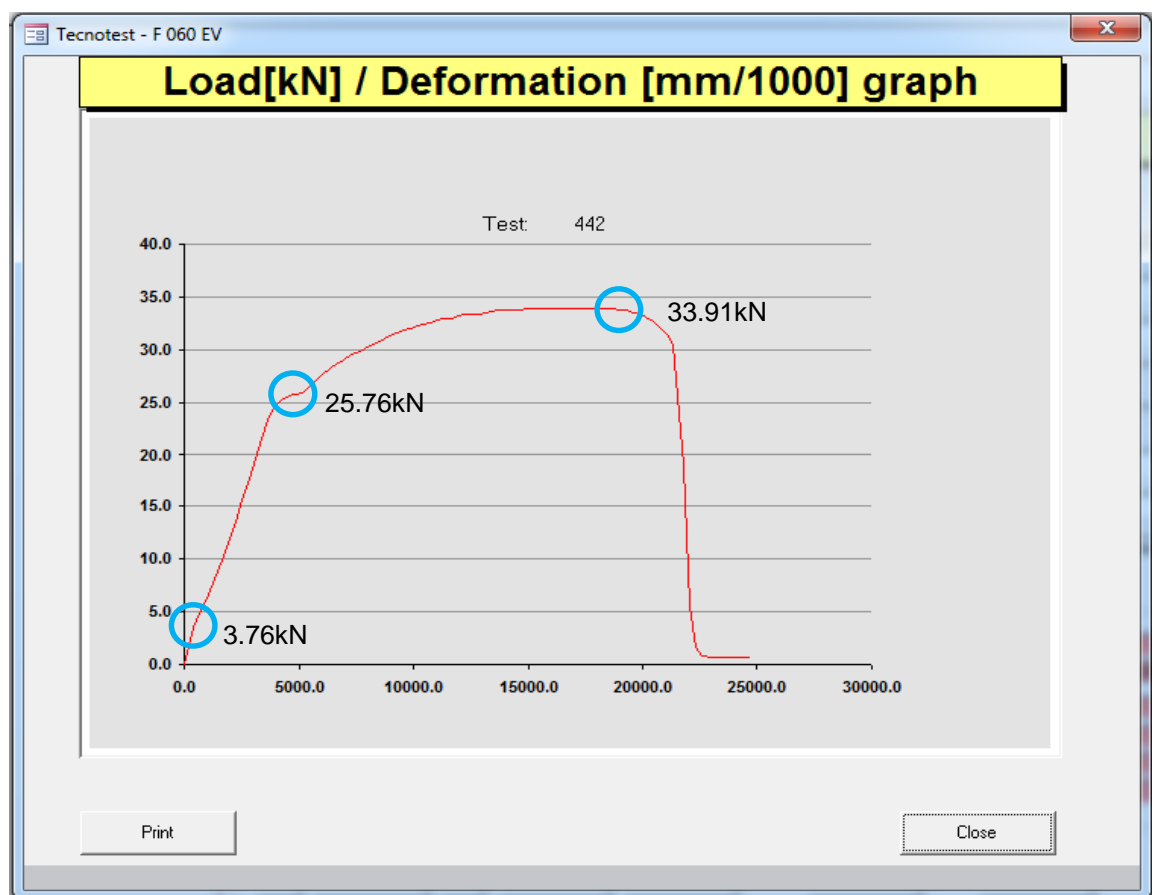


*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

De la misma manera la figura N°12, muestra la relación carga vs deformación para una profundidad de anclaje de 120mm, donde el diámetro de la varilla es de 8mm y el diámetro de perforación es 10mm, en esta figura se aprecia que:

- para una carga de 3.76 kN, se produce el desprendimiento del aditivo del fondo del agujero cilíndrico, este desprendimiento es de 4.16 mm.
- Posteriormente a esto, empieza actuar la cortante del aditivo epóxico hasta una carga de 25.76kN para luego entrar en fluencia.
- Después de esta etapa, el aditivo se adhiere a las paredes del cilindro por fricción y es cuando empieza actuar el acero hasta entrar en fluencia y fracturarse con una carga máxima de 33.91kN.

**Figura n.º 12.** Carga vs deformación de probeta C2 M 07



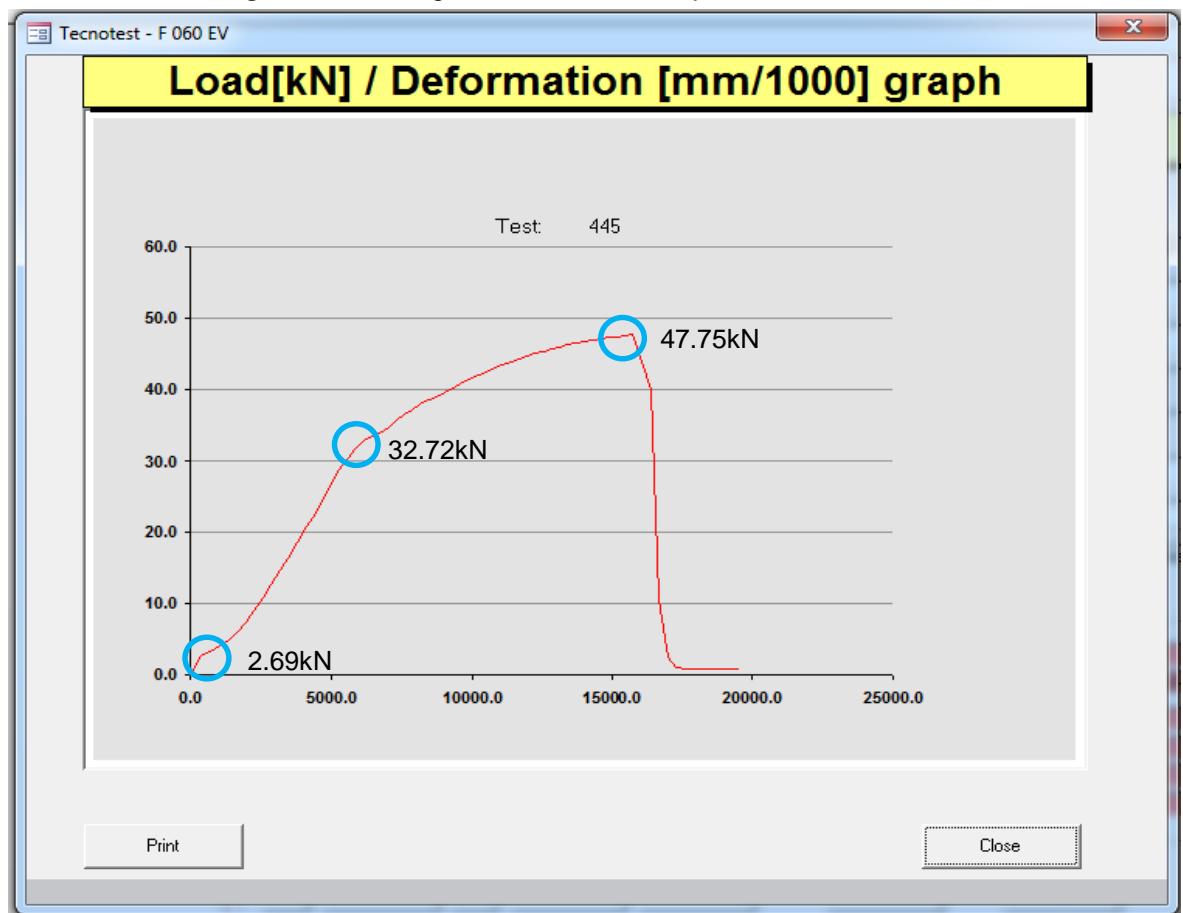
**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017



Del mismo modo, la figura N°13, muestra la relación carga vs deformación para una profundidad de anclaje de 140mm, donde el diámetro de la varilla es de 9.5mm y el diámetro de perforación es 13mm, en esta figura se aprecia que:

- para una carga de 2.69 kN, se produce el desprendimiento del aditivo del fondo del agujero cilíndrico, este desprendimiento es de 4.04 mm.
- Posteriormente a esto, empieza actuar la cortante del aditivo epóxico hasta una carga de 33.72kN para luego entrar en fluencia.
- Después de esta etapa, el aditivo se adhiere a las paredes del cilindro por fricción y es cuando empieza actuar el acero hasta que se produce la fractura del concreto, con una carga máxima de 47.75kN

**Figura n.°13. Carga vs deformación de probeta C3 M 08**



**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

**Tabla n.º 11. Promedios de ensayos a tracción-carga máxima**

Diámetro mm	Profundidad mm	Carga de falla del adhesivo KN	Deformación a la falla del adhesivo mm	Carga máxima KN
6	60	3.08	2.06	18.50
6	90	3.05	2.44	19.11
6	120	2.92	2.48	17.72
8	80	2.67	4.29	32.33
8	120	3.67	3.58	33.55
8	160	2.54	2.71	33.77
9.5	95	3.14	3.93	41.36
9.5	140	3.39	4.03	48.09
9.5	180	3.76	4.08	47.36

*Fuente: Elaboración propia, 2017*

En la tabla 11, se presentan los promedios de los ensayos de laboratorio de todas las probetas ensayadas, así como las cargas de falla del adhesivo, la deformación que sufre esta en el momento que se produce dicha falla, como también la carga máxima que soporta dicho anclaje para diámetros de varillas de 6 mm, 8mm y de 9.5mm, los cuales están ancladas a diferentes profundidades con aditivo epoxico Sikadur 32 Gel. En ella se puede ver que:

1. Para un diámetro de varilla de 6mm, anclado a una profundidad de 60 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 18.5 KN.
2. Para un diámetro de varilla de 6mm, anclado a una profundidad de 90 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 19.11 KN.
3. Para un diámetro de varilla de 6mm, anclado a una profundidad de 120 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 17.72 KN.
4. Para un diámetro de varilla de 8mm, anclado a una profundidad de 80 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 32.33 KN.
5. Para un diámetro de varilla de 8mm, anclado a una profundidad de 120 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 33.55 KN.
6. Para un diámetro de varilla de 8mm, anclado a una profundidad de 160 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 33.77 KN.
7. Para un diámetro de varilla de 9.5mm, anclado a una profundidad de 95 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 41.36 KN.
8. Para un diámetro de varilla de 9.5mm, anclado a una profundidad de 140 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 48.09 KN.
9. Para un diámetro de varilla de 9.5mm, anclado a una profundidad de 180 mm, usando el aditivo epóxico sikadur-32 Gel, este anclaje soporta una carga máxima de 47.36 KN.

Para que un anclaje usando una varilla de acero de 8mm alcance su máxima resistencia, se considera una profundidad de 15 veces su diámetro, debido a que la diferencia entre la resistencia cuando la profundidad es 20 veces su diámetro es ínfima, por lo tanto de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se tiene la siguiente tabla:

**Tabla n.º 12.** *Relación profundidad vs diámetro de varilla de acero que genera máxima resistencia a la tracción*

<b>Diámetro mm</b>	<b>Profundidad Nº de veces el diámetro de varilla</b>	<b>Profundidad mm</b>	<b>Carga máxima KN</b>
6	15	90	19.11
8	15	120	33.55
9.5	15	140	48.09

En la tabla 12, se muestra la relación profundidad vs diámetro de varilla de acero corrugado que genera la máxima resistencia a la tracción, en ella se aprecia que para una varilla de acero de 6mm, la máxima resistencia se alcanza cuando la profundidad es 15 veces su diámetro; para una varilla de 8mm, la máxima resistencia se alcanza cuando la profundidad es 15 veces su diámetro, y para una varilla de 9.5mm la máxima resistencia se alcanza cuando la profundidad es 15 veces su diámetro.

## CONCLUSION

a) Ensayo de compresión:

1. Se determinó que la resistencia del concreto que se usó en la elaboración de las probetas es de 210kg/cm<sup>2</sup>

b) Ensayo a tracción: Relación profundidad vs diámetro.

**Tabla n.º 13.** *Relación profundidad vs diámetro de varilla de acero corrugado que genera máxima resistencia a la tracción*

<b>Diámetro mm</b>	<b>Profundidad Nº de veces el diámetro de varilla</b>	<b>Carga máxima KN</b>
6	15	19.11
8	15	33.55
9.5	15	48.09

2. La máxima resistencia a la tracción que soporta el sistema de anclaje químico, para una varilla de 6mm, ocurre cuando esta es anclada a una profundidad de 90mm, es decir a una profundidad de 15 veces su diámetro.
3. La máxima resistencia a la tracción que soporta el sistema de anclaje químico, para una varilla de 8mm, ocurre cuando esta es anclada a una profundidad de 120mm, es decir a una profundidad de 15 veces su diámetro.
4. La máxima resistencia a la tracción que soporta el sistema de anclaje químico, para una varilla de 9.5mm, ocurre cuando esta es anclada a una profundidad de 140mm, es decir a una profundidad de 15 veces su diámetro.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones sobre anclajes químicos, en donde se genere tracción por flexión.
2. Realizar ensayos de anclajes químicos donde la variación de la profundidad sea de incrementos de 2 en 2 veces el diámetro de la varilla de acero corrugado
3. Realizar ensayos de anclajes químicos con varillas de mayor diámetro.
4. Realizar ensayos de anclajes químicos donde se varíe la resistencia del concreto.
5. Base de futuras investigaciones para su utilización en la reparación y ampliación de estructuras existentes
6. Construir modelos matemáticos que utilicen estos resultados, por ejemplo, en la ampliación de voladizos.
7. Realizar investigaciones de anclajes químicos en condiciones de temperaturas extremas.

## REFERENCIAS

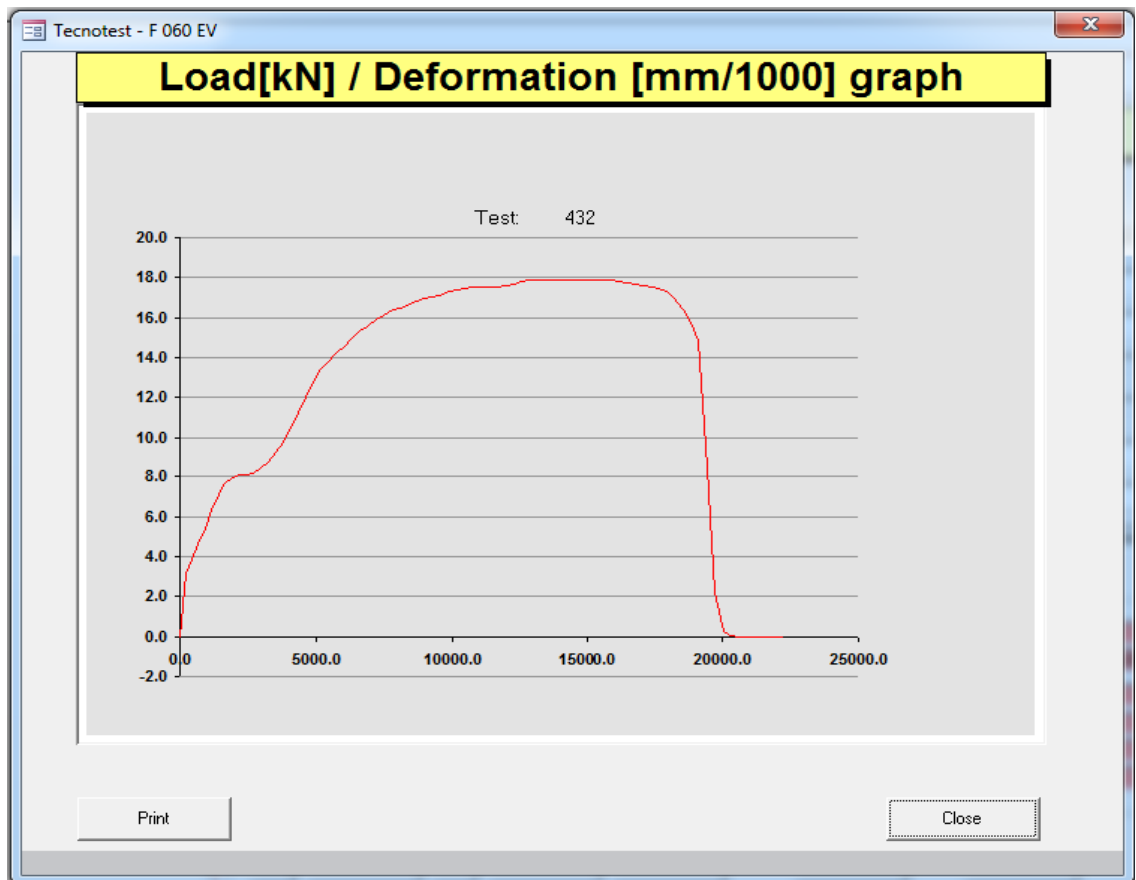
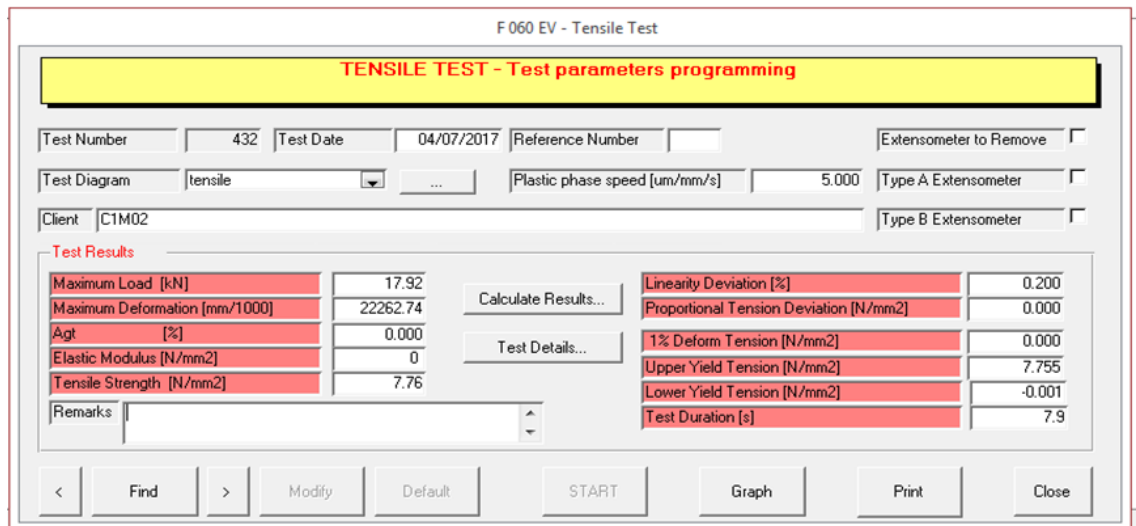
1. Arthur, H. (2001). Diseño de estructuras de concreto
2. Hilti. (2012). Manual Técnico de Productos.
3. Hilti. (2014). Manual Técnico de anclajes.
4. Hilti. (2014). Manual de sistema de fijación de anclajes.
5. Lee, J. (2012). "Pullout Strength of Epoxy Anchors Installed Underwater".
6. Lynn, B. (2003). "Behavior and design of grouted anchors loaded in tension including edge and group effects and qualification of engineered grout products"
7. Román, J. (2014). "Influencia del refuerzo en el hormigón en la resistencia a la tracción de los anclajes químicos".
8. San Bartolomé, A. (2013) "Comportamiento de alfeizares contruidos con la placa P-10 ante cargas sísmicas perpendiculares a su plano"
9. Siancas, R. (2013). "Arriostamiento de parapetos de albañilería existentes en fachadas de edificios".
10. Sika Peru S.A. (2013). Información Técnica.
11. Sulca, C. (2011). "Comportamiento sísmico fuera del plano de tabiques hechos con placa P-7".

## APENDICE

1) Profundidad de anclaje: 60mm, diámetro de varilla: 6mm, diámetro de perforación: 8mm

- Probeta: C1 M 02

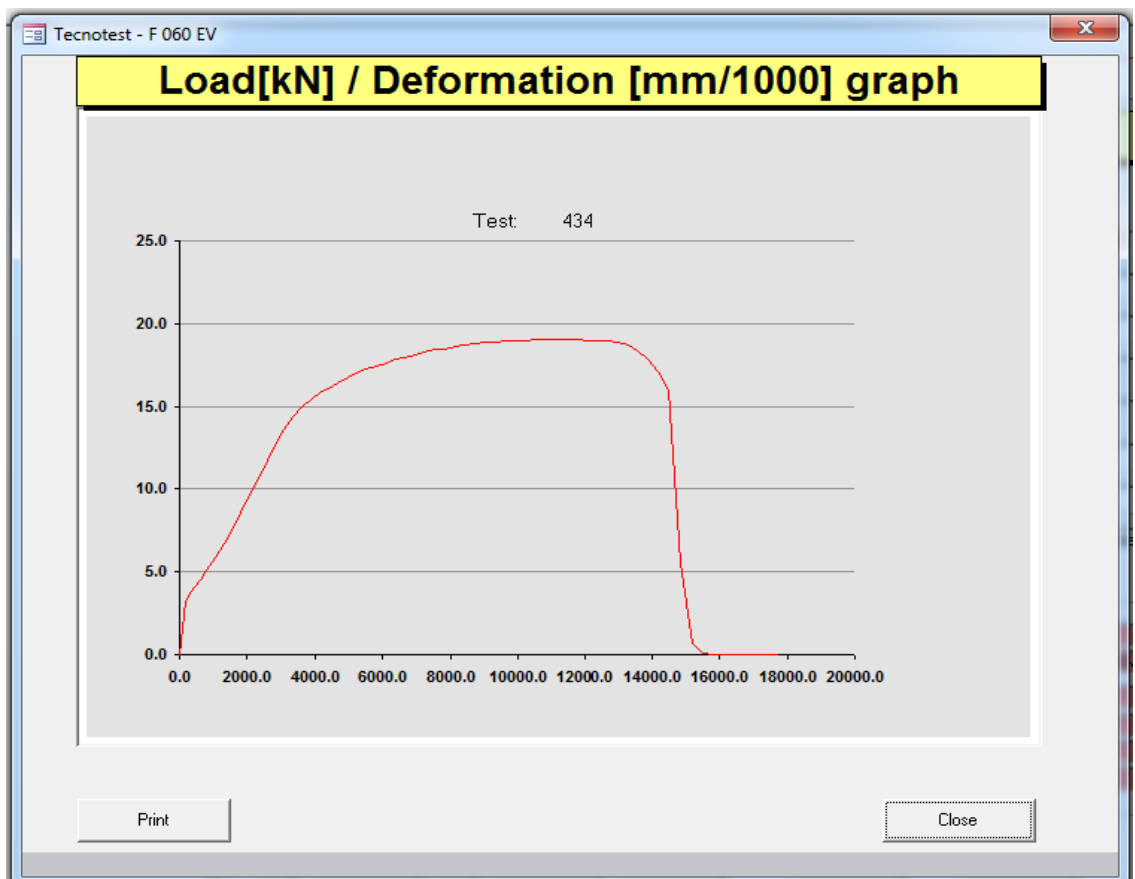
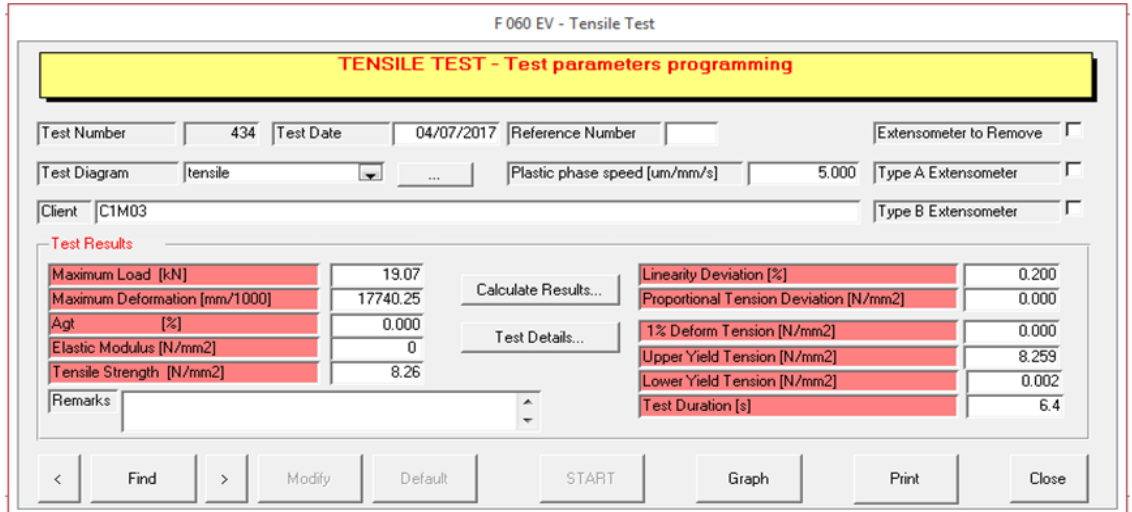
*Figura n.º 14. Carga vs deformación de probeta C1 M 02*



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C1 M 03

**Figura n.º 15. Carga vs deformación de probeta C1 M 03**



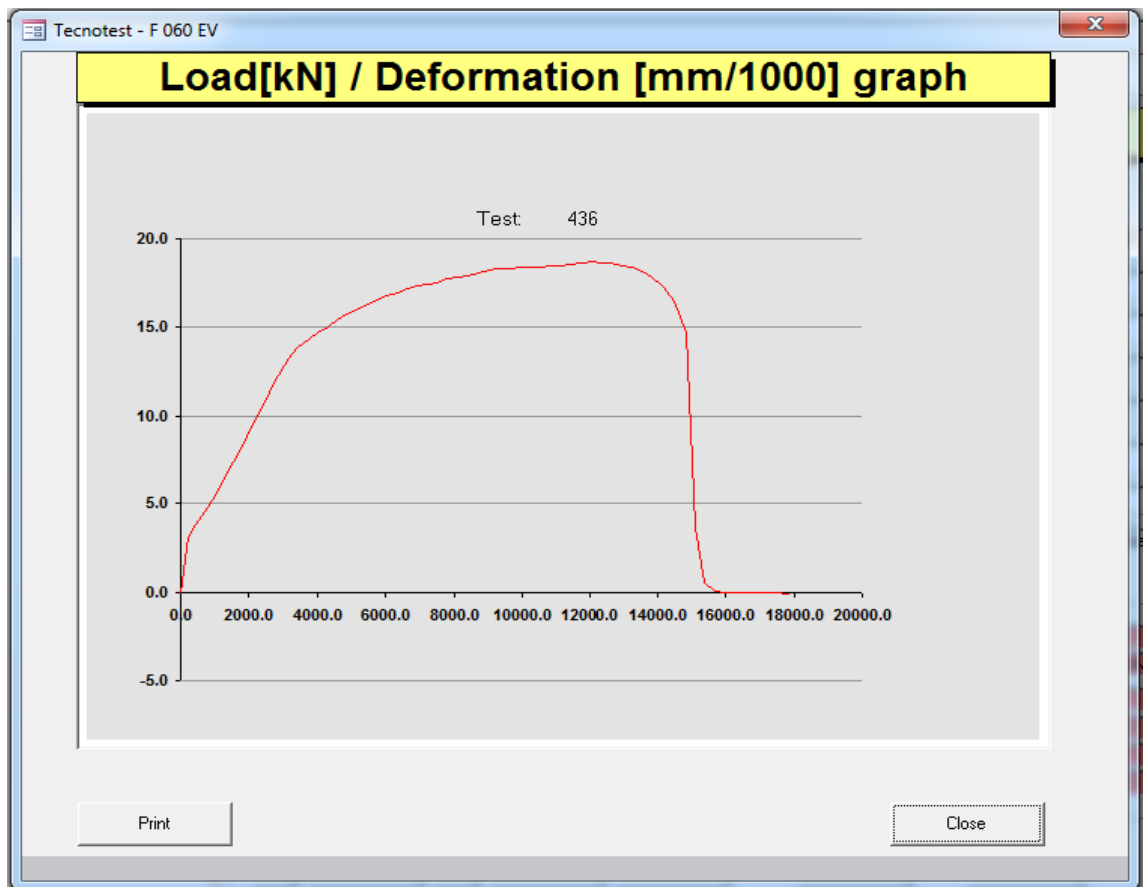
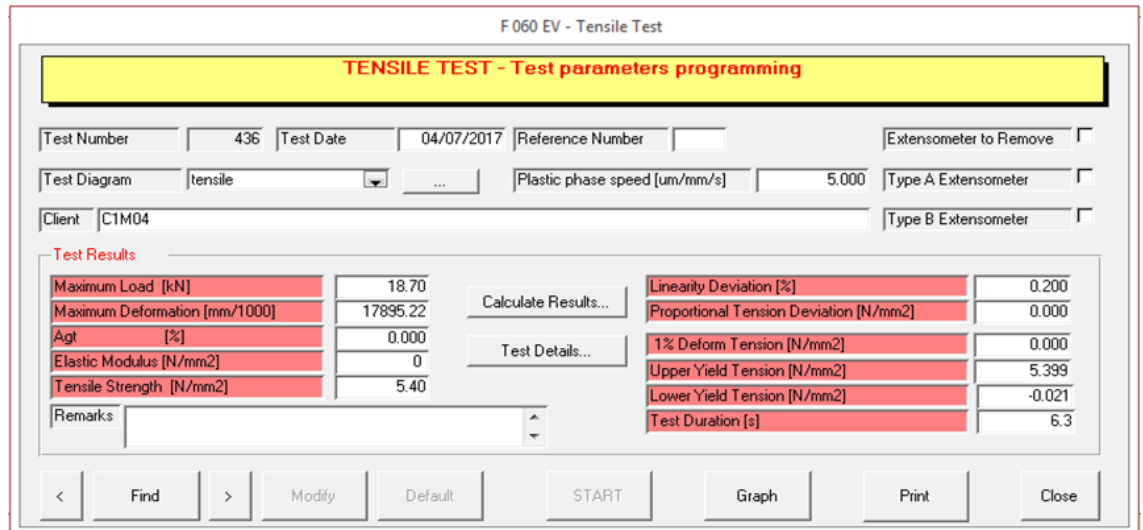
**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017



2) Profundidad de anclaje: 90mm, diámetro de varilla: 6mm, diámetro de perforación: 8mm

• Probeta: C1 M 04

**Figura n.º 16.** Carga vs deformación de probeta C1 M 04



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C1 M 05

**Figura n.º 17. Carga vs deformación de probeta C1 M 05**

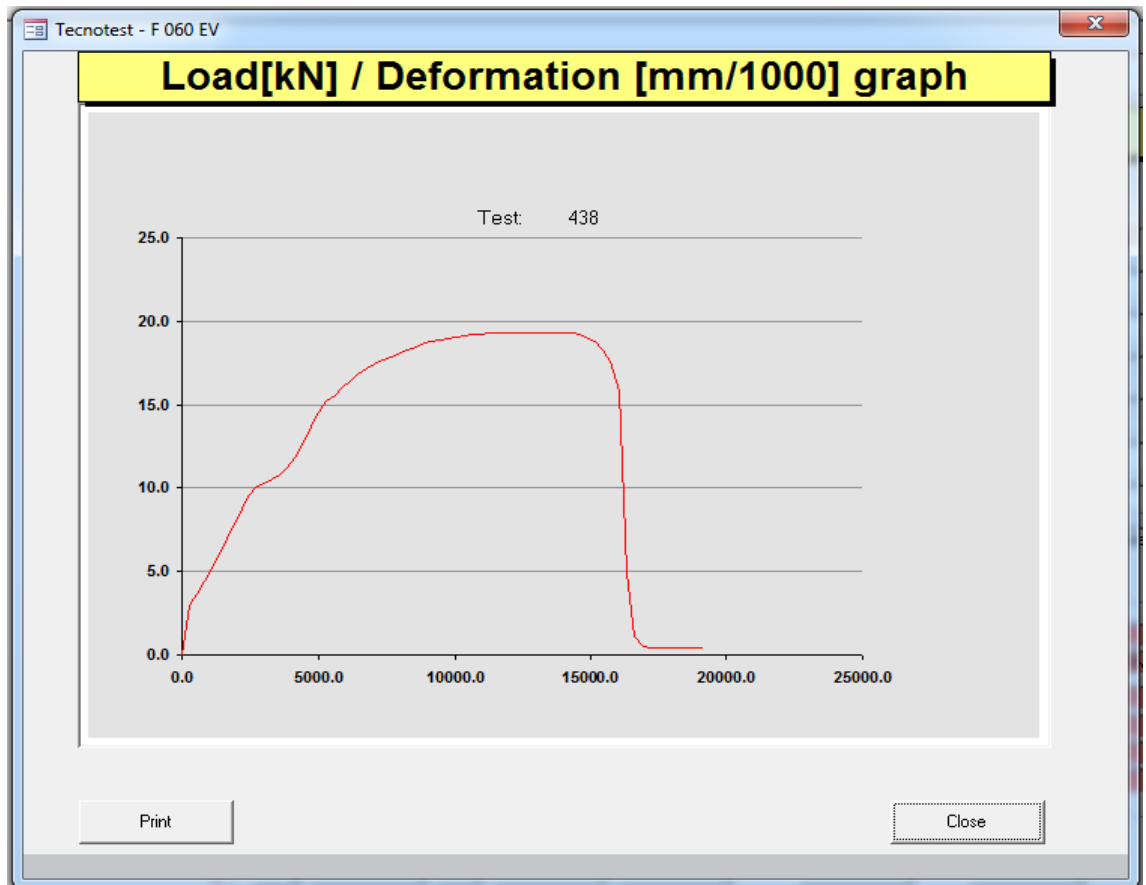
F 060 EV - Tensile Test

**TENSILE TEST - Test parameters programming**

Test Number: 438 | Test Date: 04/07/2017 | Reference Number: | Extensometer to Remove:   
 Test Diagram: tensile | Plastic phase speed [um/mm/s]: 5.000 | Type A Extensometer:   
 Client: C1M05 | Type B Extensometer:

**Test Results**

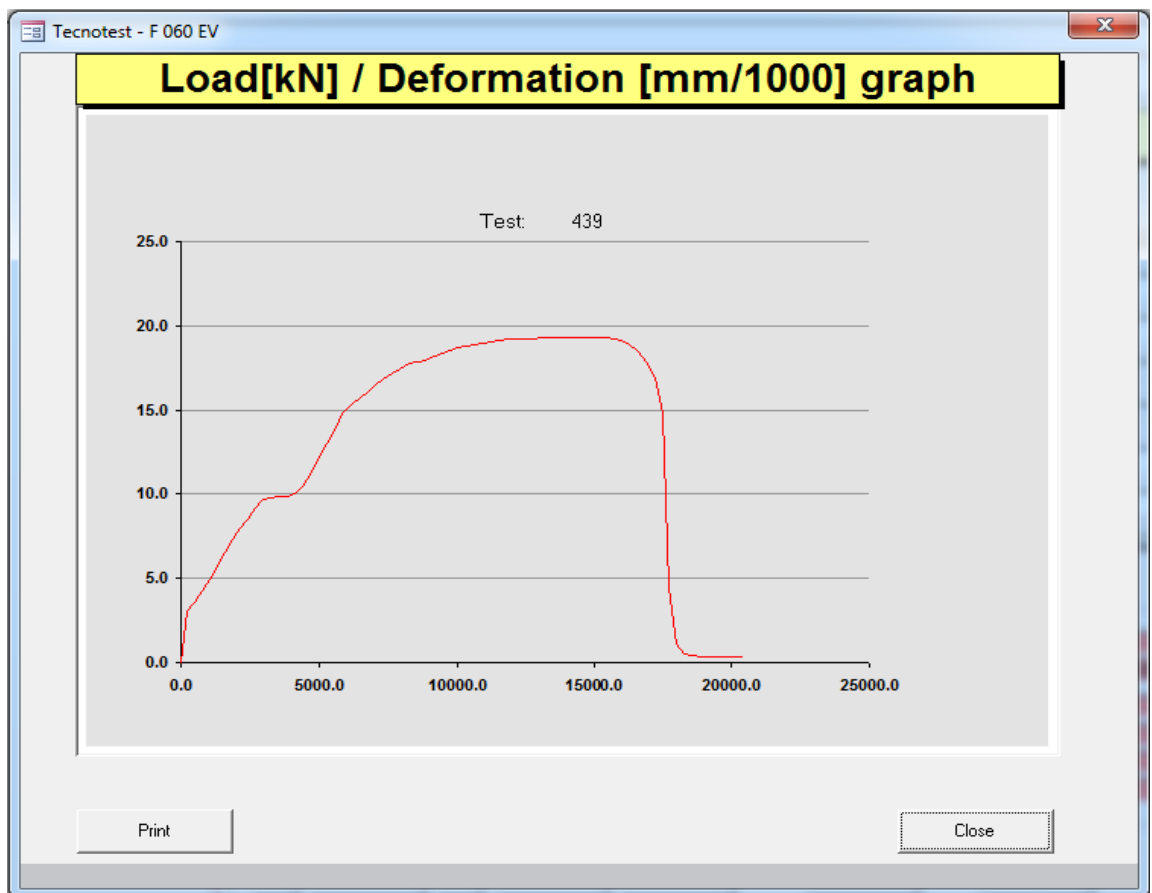
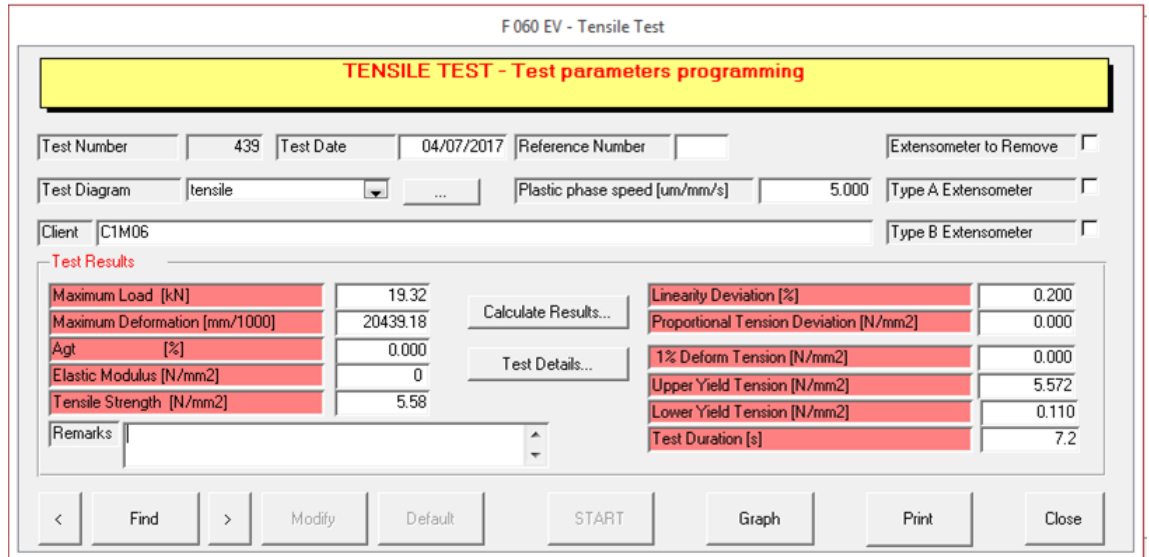
Maximum Load [kN]	19.30	Calculate Results...	Linearity Deviation [%]	0.200
Maximum Deformation [mm/1000]	19135.66		Proportional Tension Deviation [N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Agt [%]	0.000	Test Details...	1% Deform Tension [N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Elastic Modulus [N/mm <sup>2</sup> ]	0		Upper Yield Tension [N/mm <sup>2</sup> ]	5.567
Tensile Strength [N/mm <sup>2</sup> ]	5.57		Lower Yield Tension [N/mm <sup>2</sup> ]	0.121
Remarks			Test Duration [s]	6.7



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C1 M 06

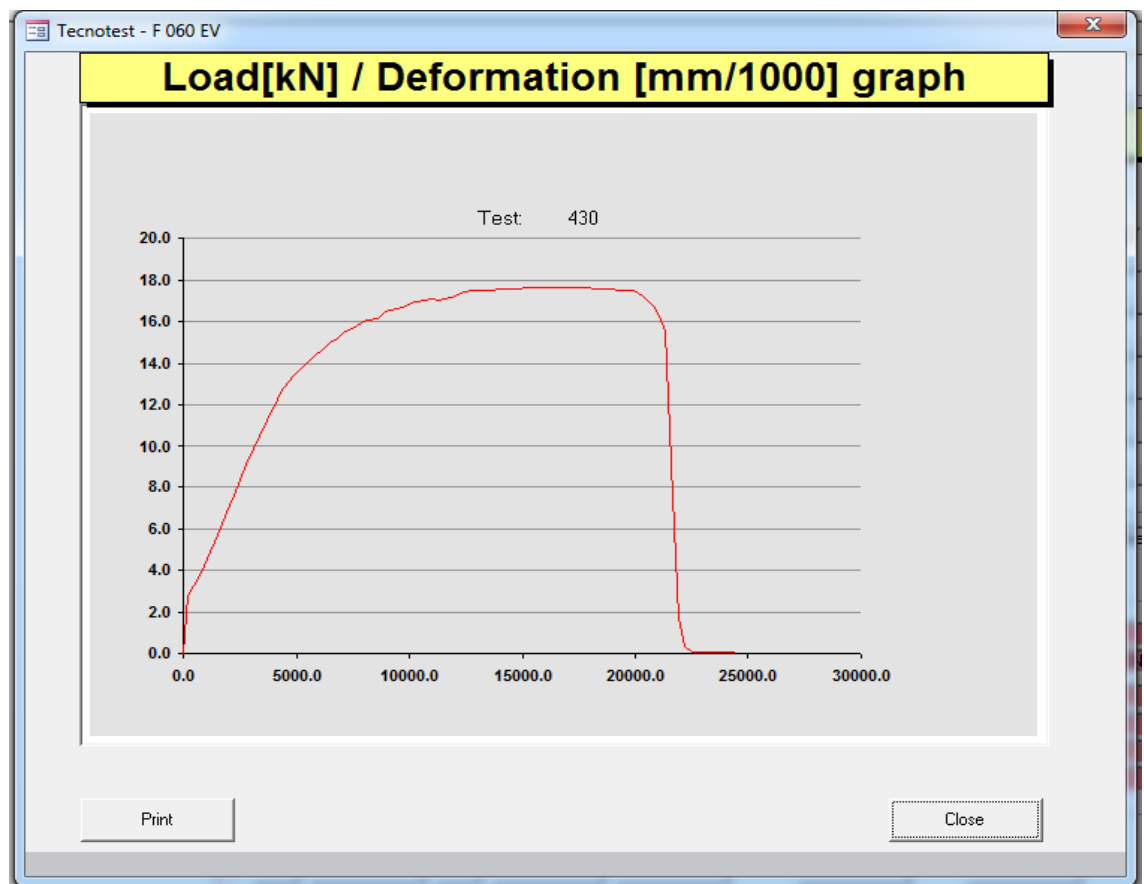
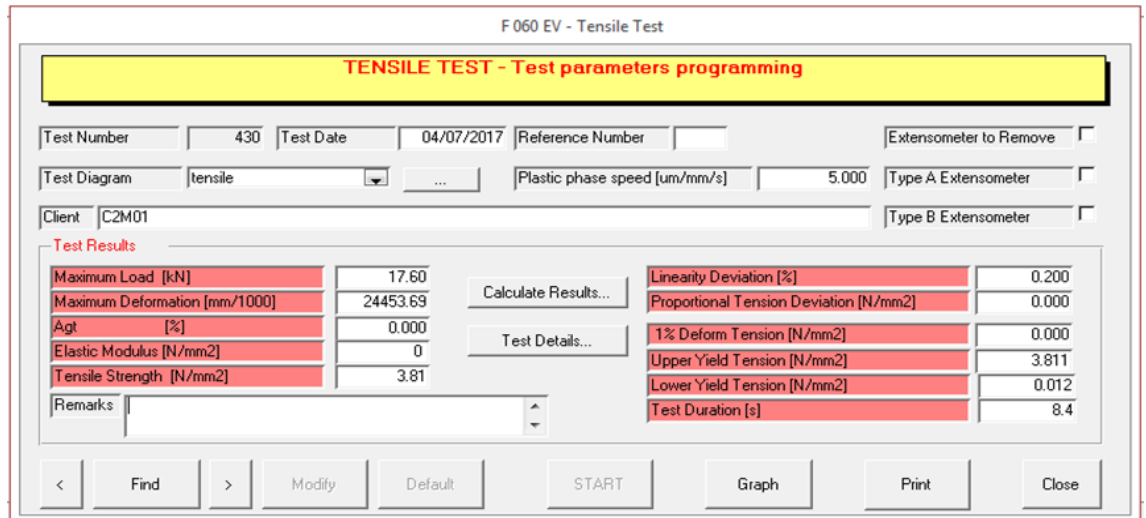
**Figura n.º 18.** Carga vs deformación de probeta C1 M 06



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- 3) Profundidad de anclaje: 120mm, diámetro de varilla: 6mm, diámetro de perforación: 8mm
- Probeta: C2 M 01

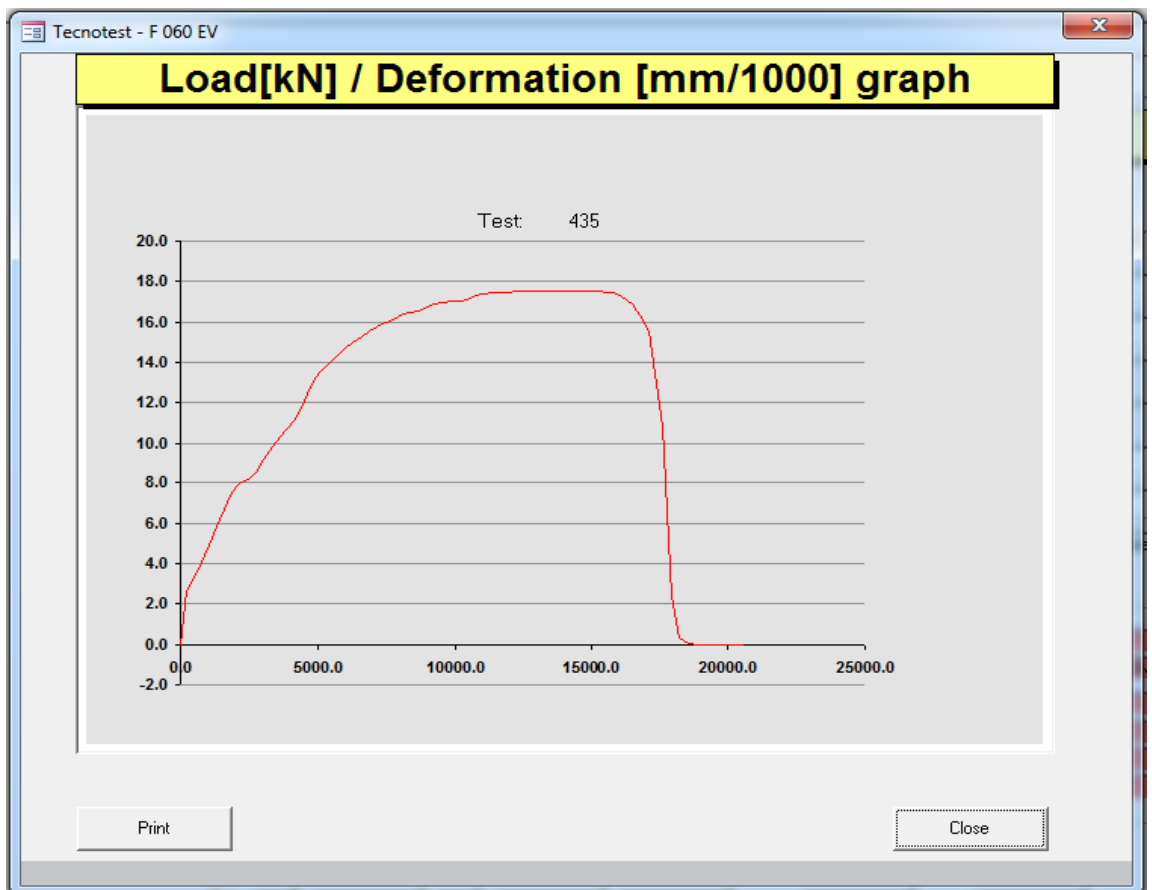
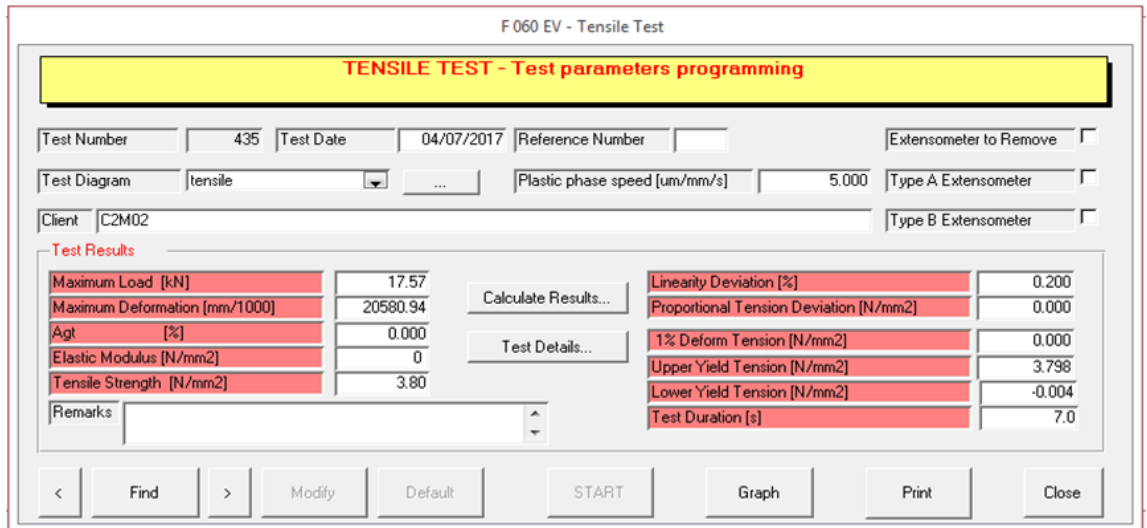
*Figura n.º 19. Carga vs deformación de probeta C2 M 01*



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C2 M 02

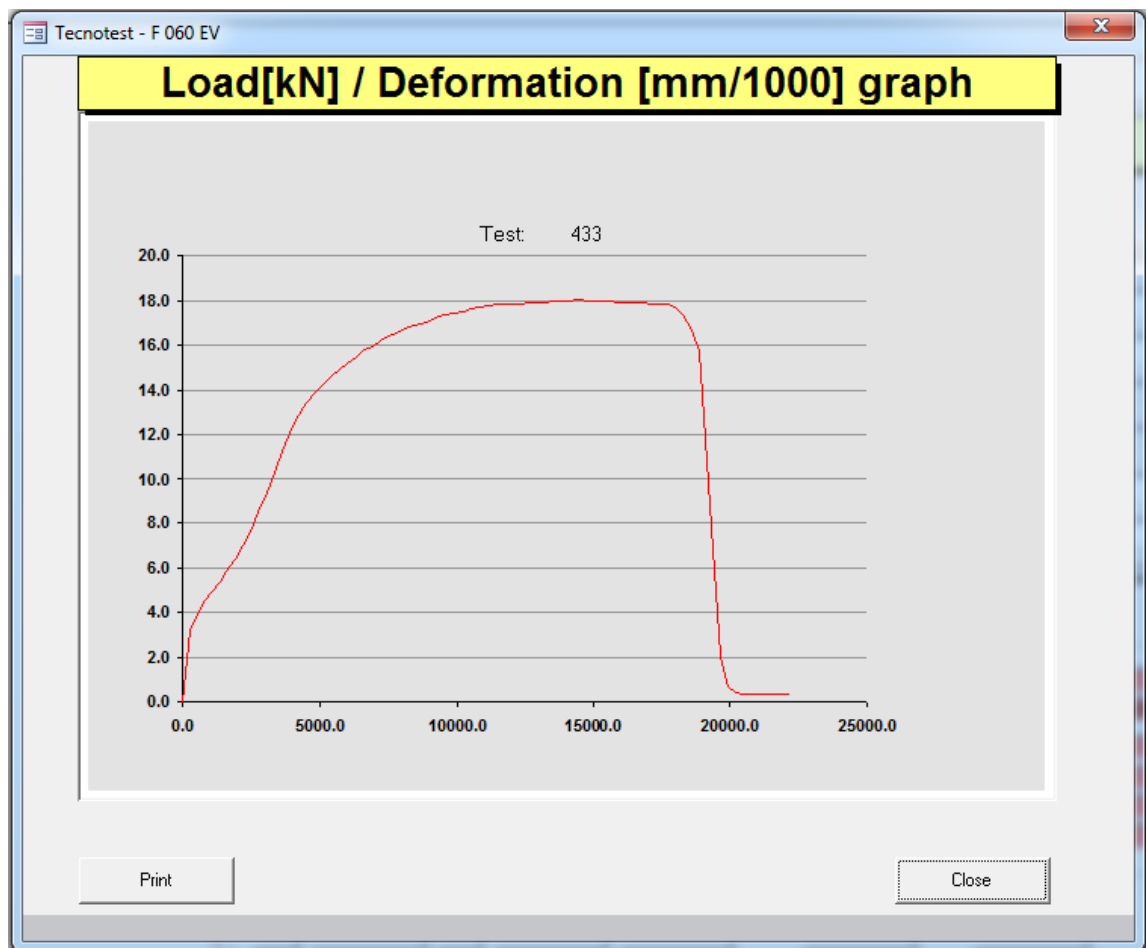
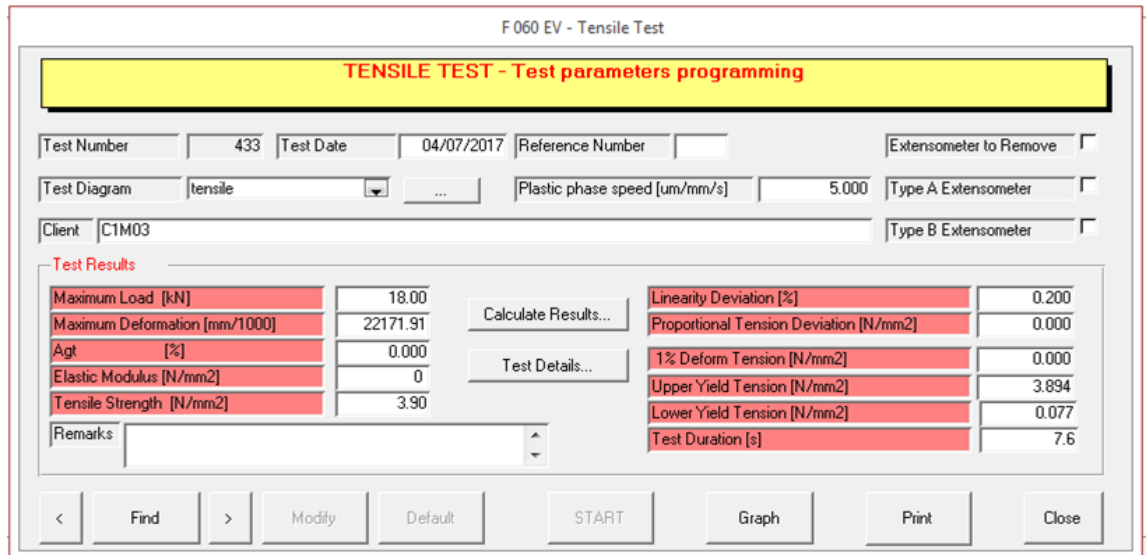
**Figura n.º 20.** Carga vs deformación de probeta C2 M 02



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C2 M 03

**Figura n.º 21. Carga vs deformación de probeta C2 M 03**

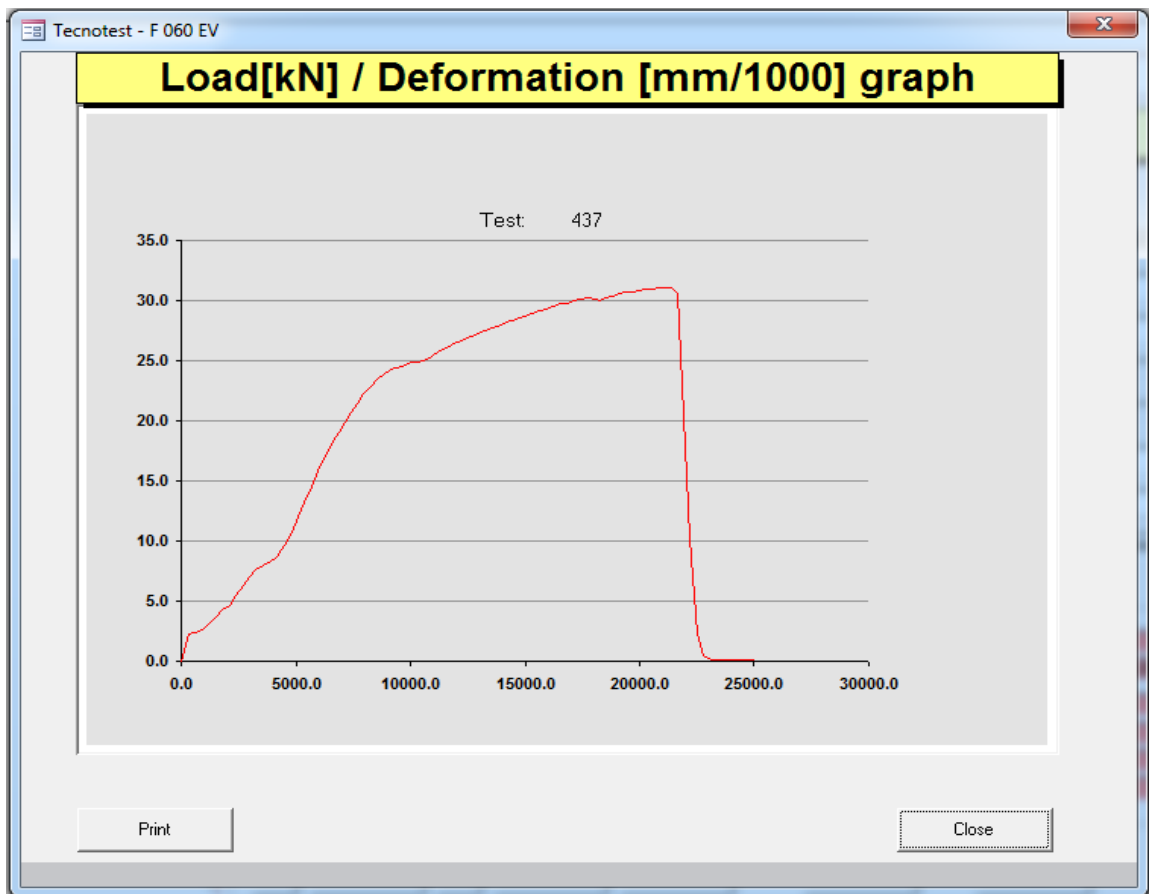
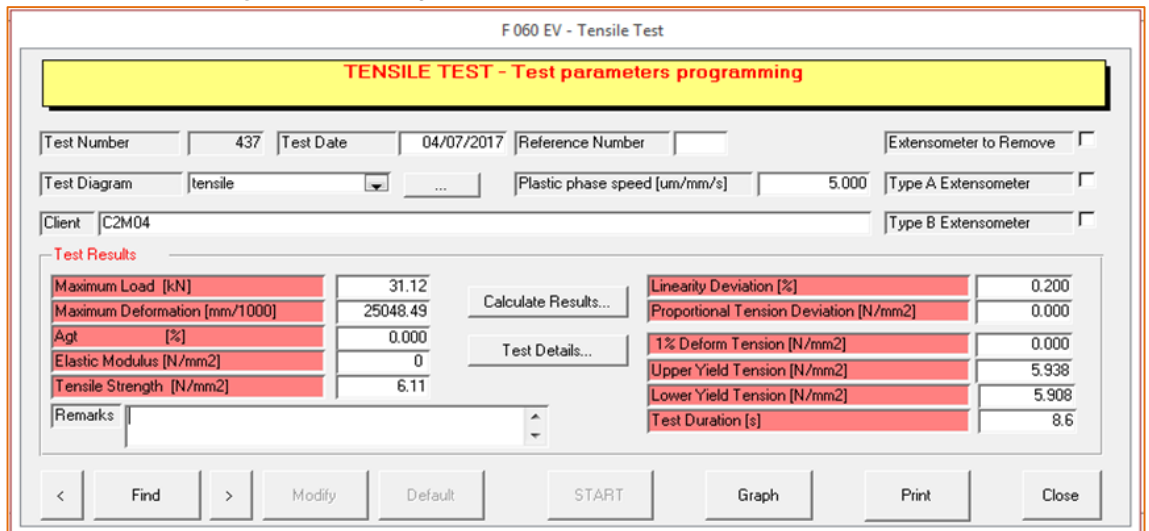


**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

4) Profundidad de anclaje: 80mm, diámetro de varilla: 8mm, diámetro de perforación: 10mm

• Probeta: C2 M 04

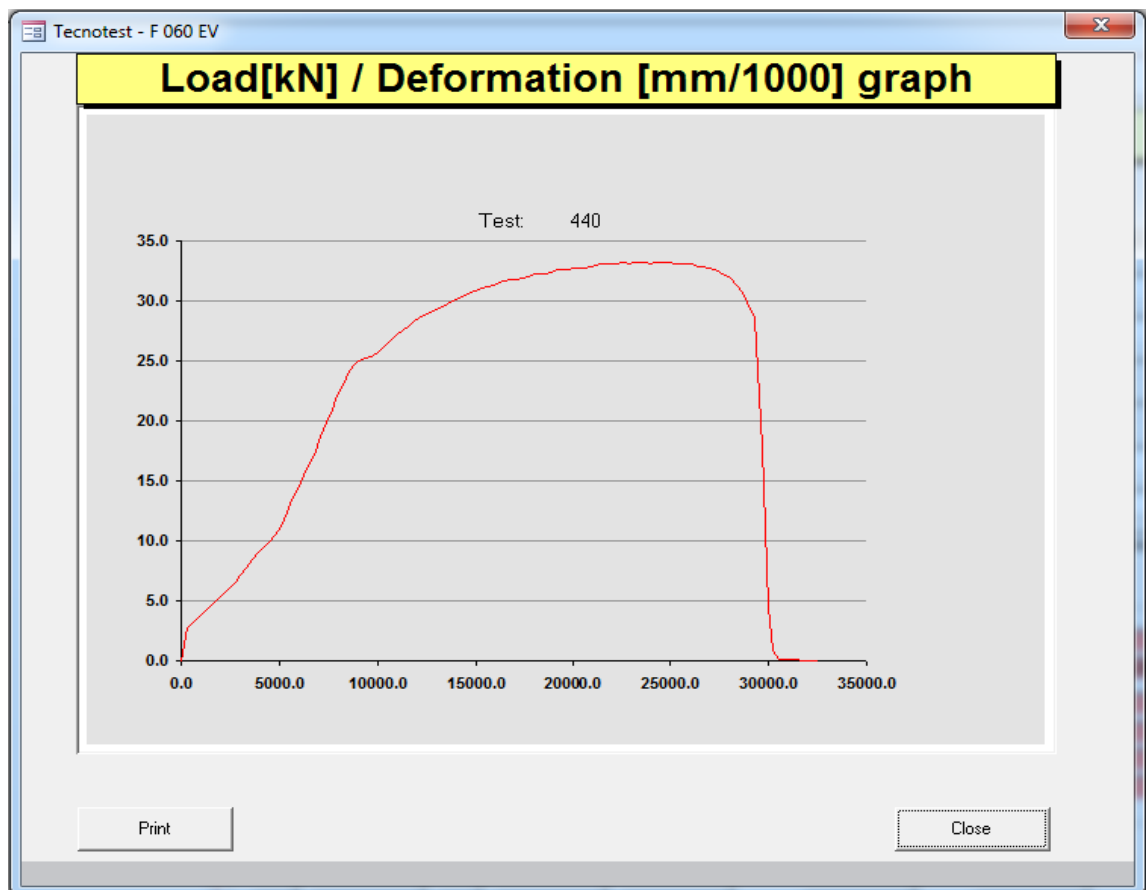
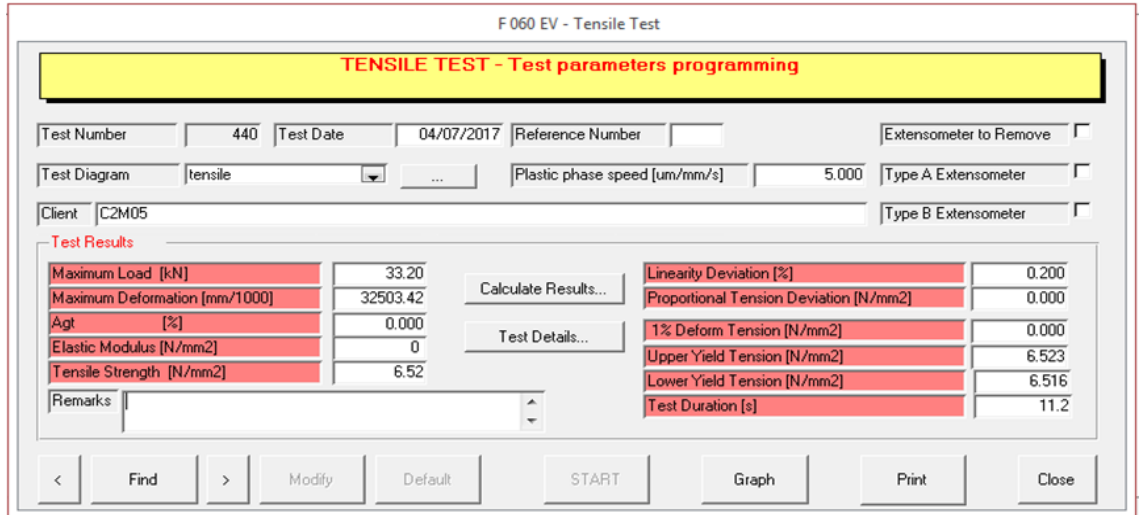
**Figura n.º 22.** Carga vs deformación de probeta C2 M 04



**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

- Probeta: C2 M 05

**Figura n.º 23. Carga vs deformación de probeta C2 M 05**

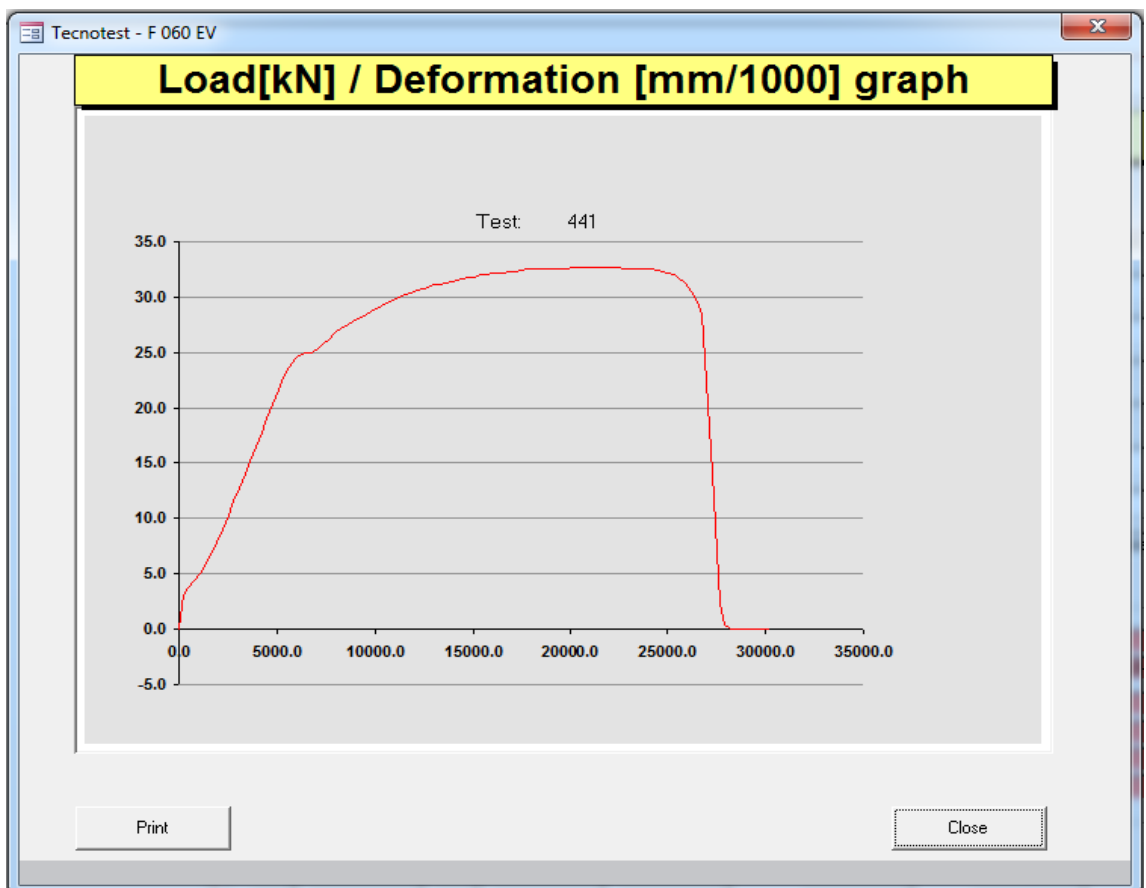
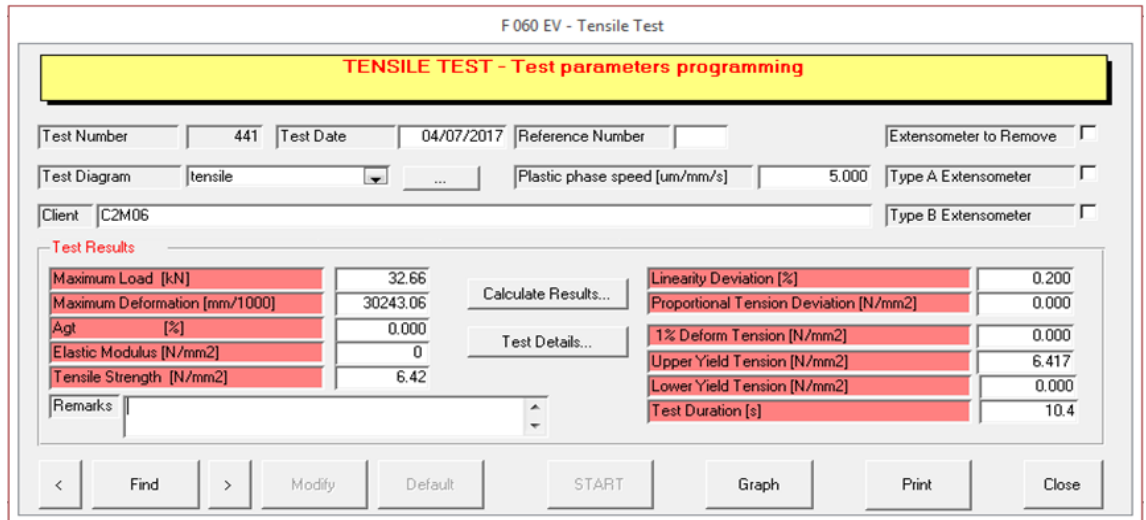


*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*



- Probeta: C2 M 06

**Figura n.º 24.** Carga vs deformación de probeta C2 M 06

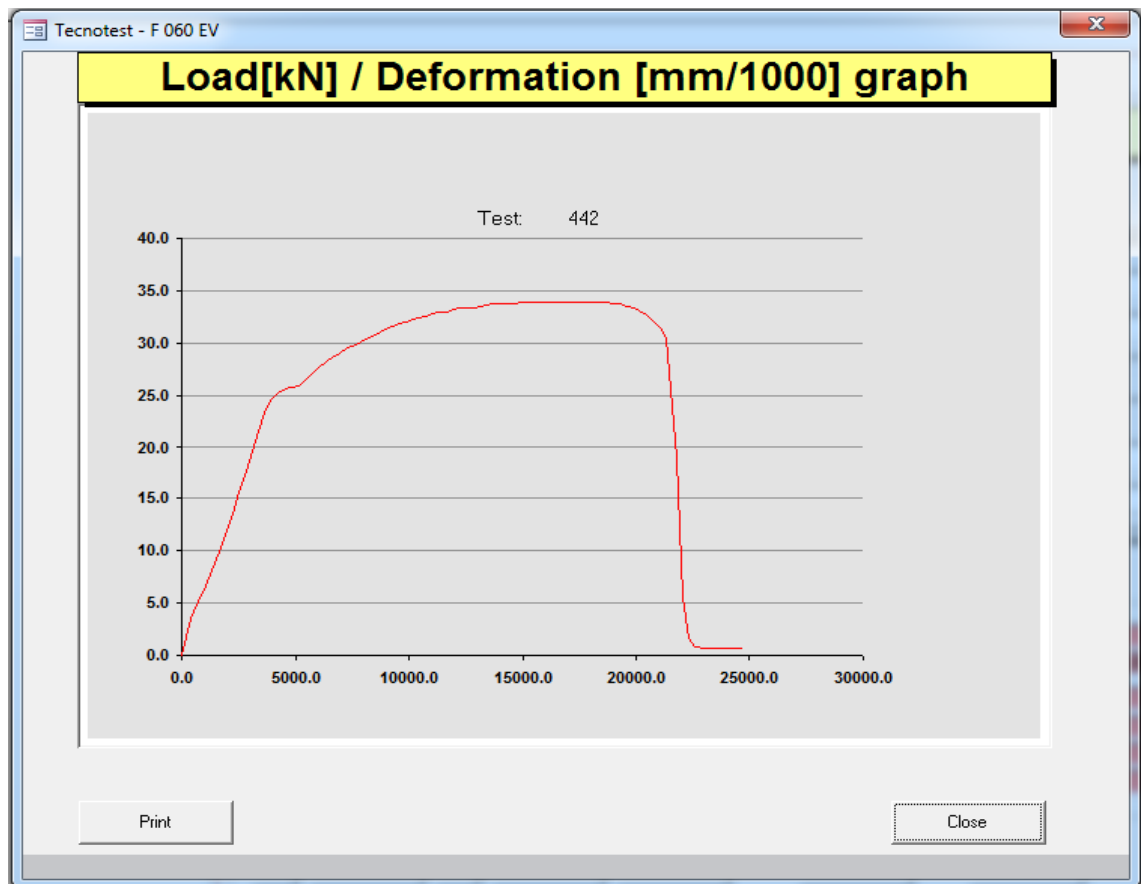
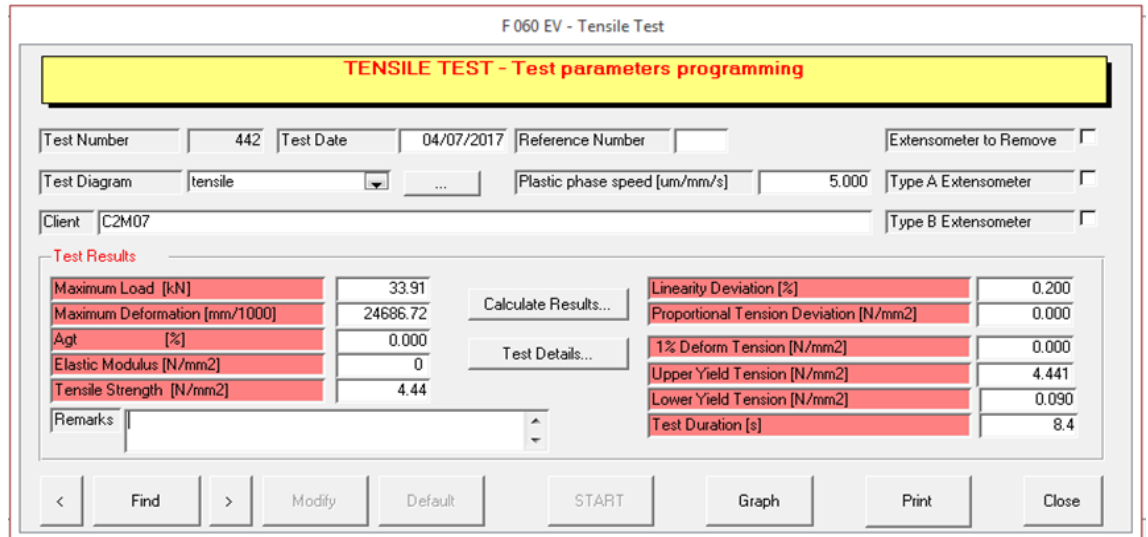


*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

5) Profundidad de anclaje: 120mm, diámetro de varilla: 8mm, diámetro de perforación: 10mm

• Probeta: C2 M 07

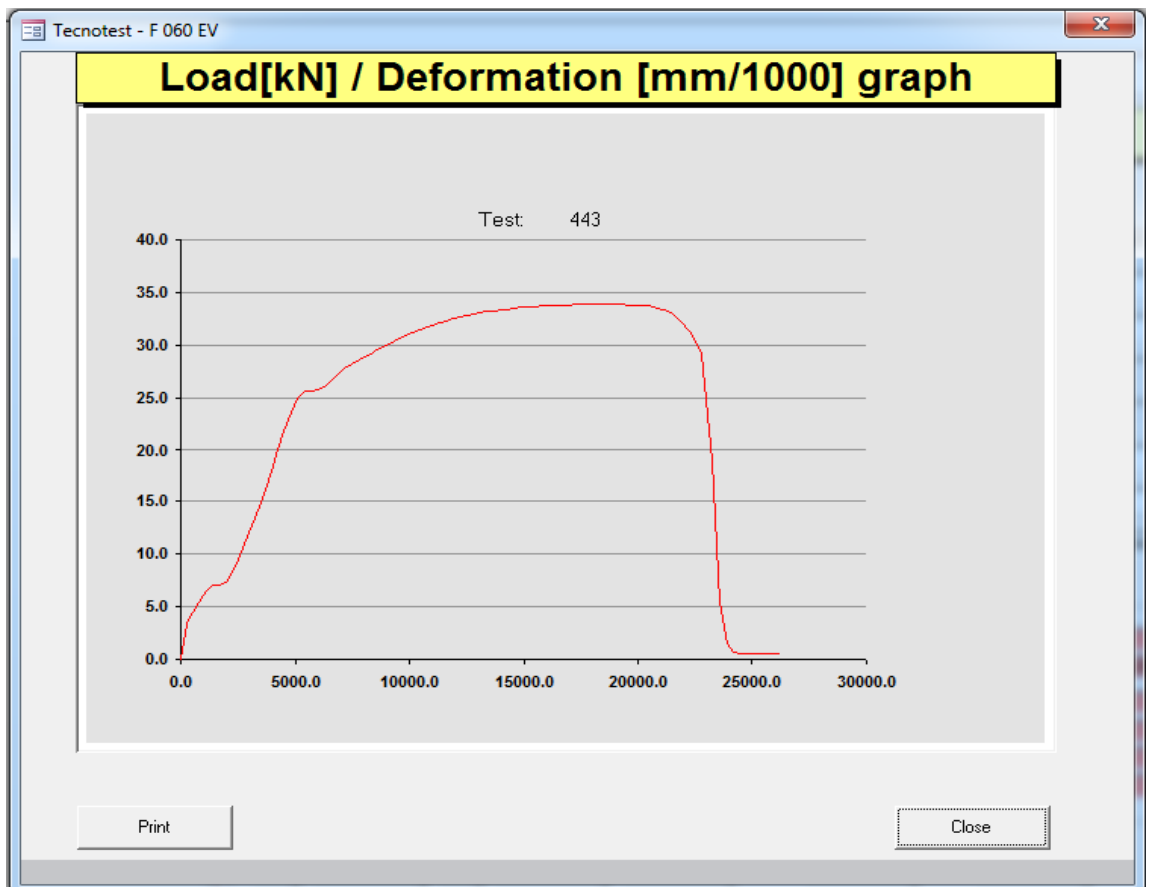
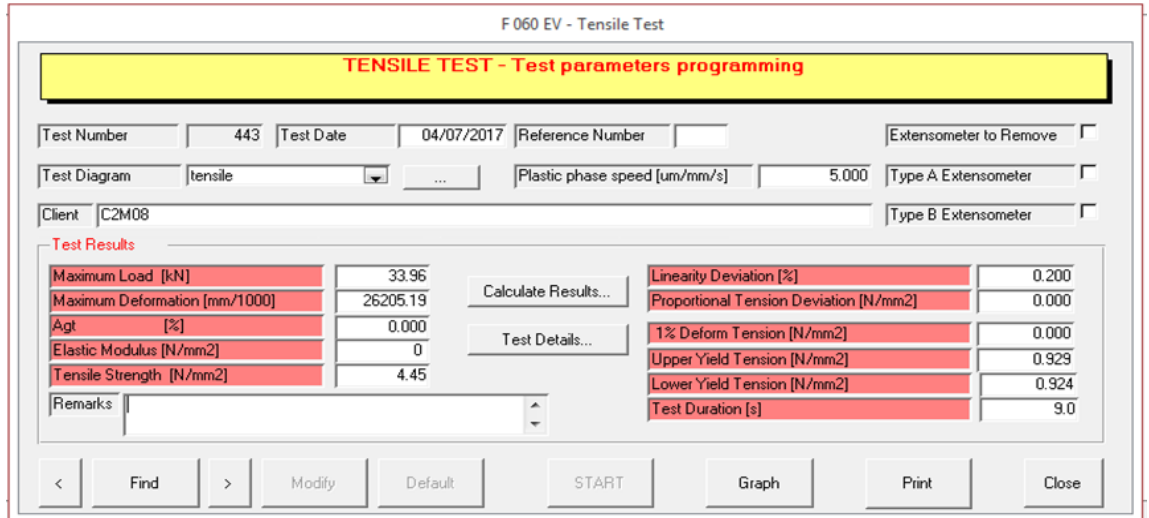
**Figura n.º 25.** Carga vs deformación de probeta C2 M 07



**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

- Probeta: C2 M 08

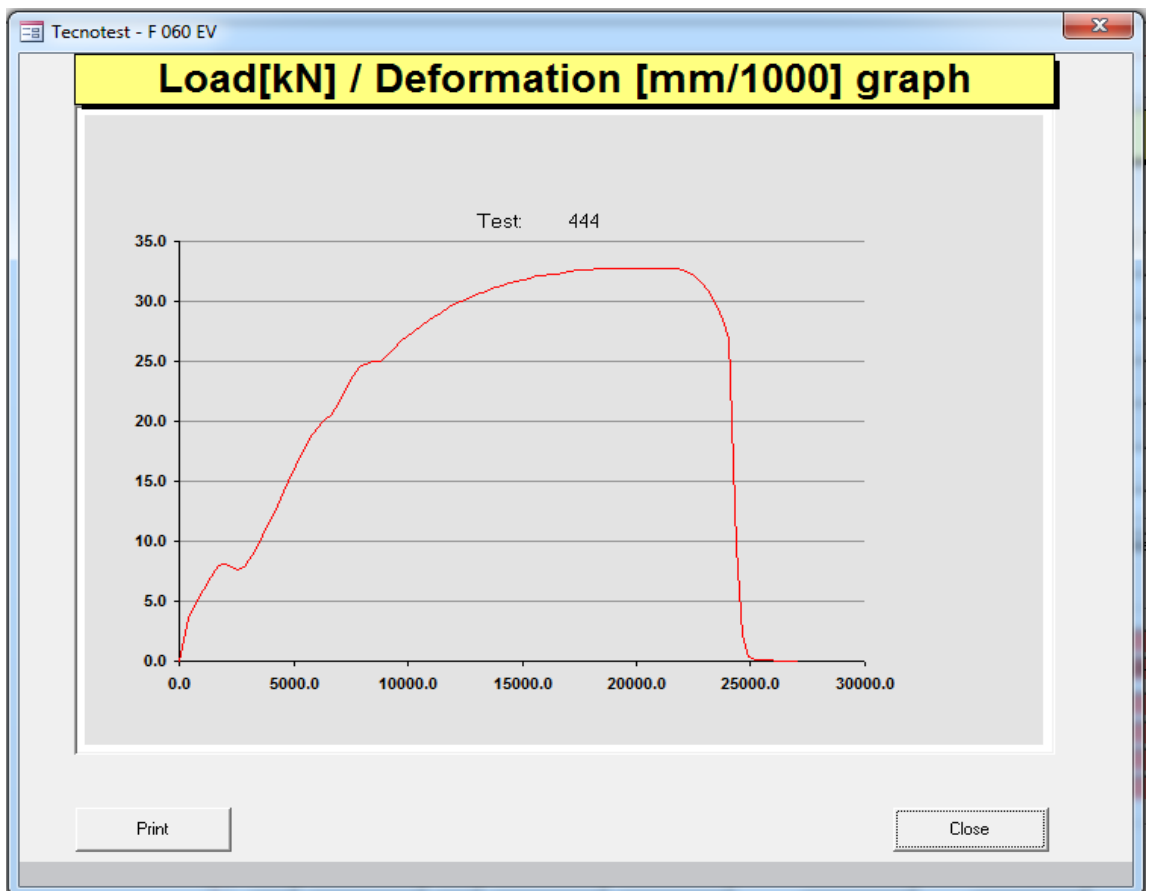
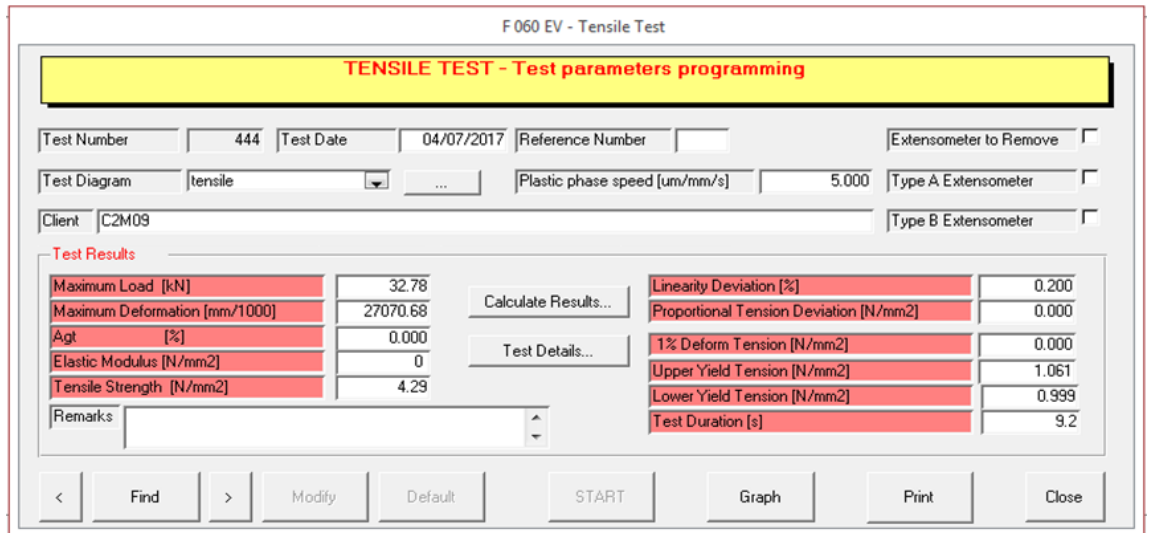
**Figura n.º 26. Carga vs deformación de probeta C2 M 08**



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C2 M 09

**Figura n.º 27. Carga vs deformación de probeta C2 M 09**

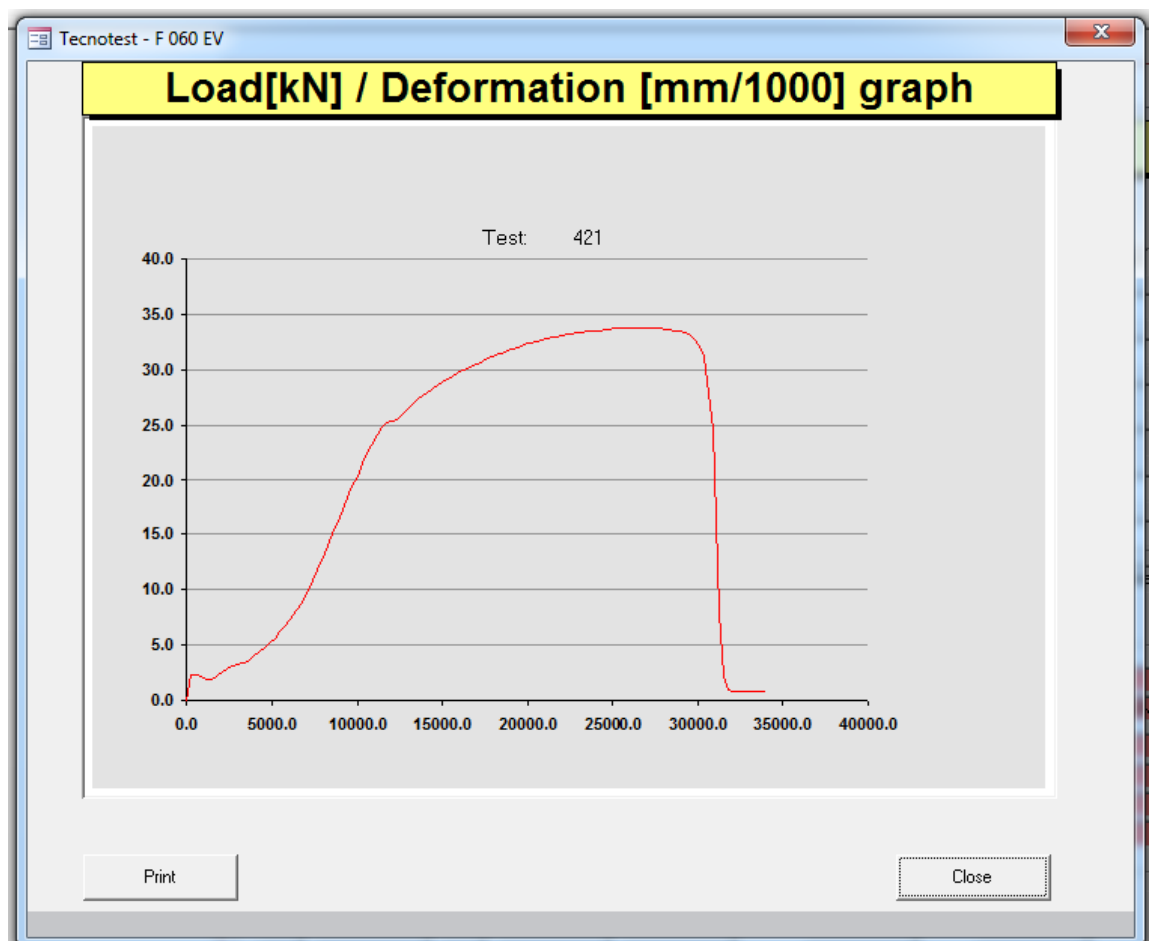
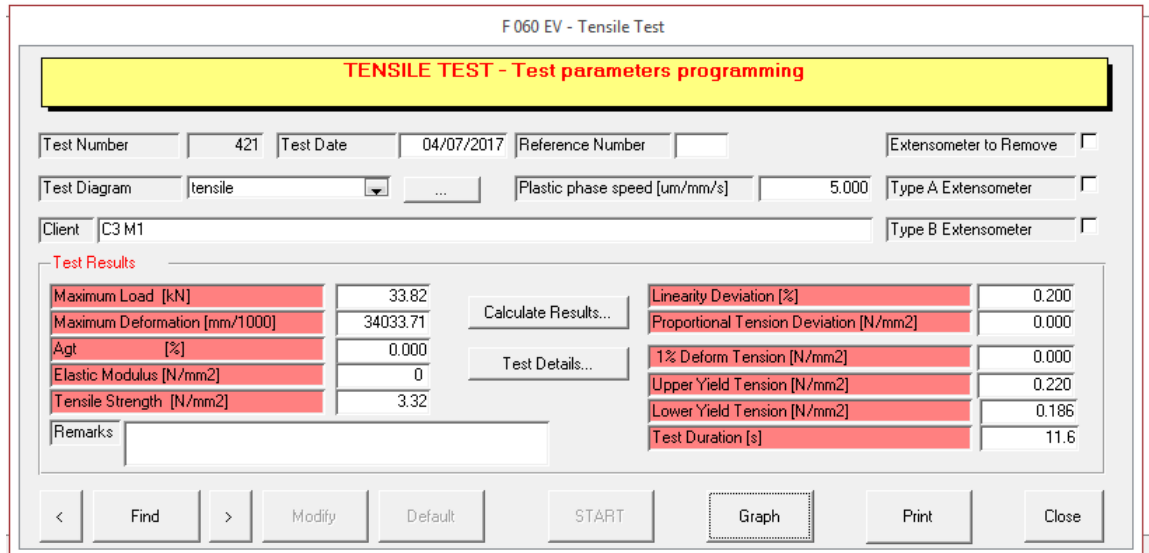


*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

6) Profundidad de anclaje: 160mm, diámetro de varilla: 8mm, diámetro de perforación: 10mm

• Probeta: C3 M 01

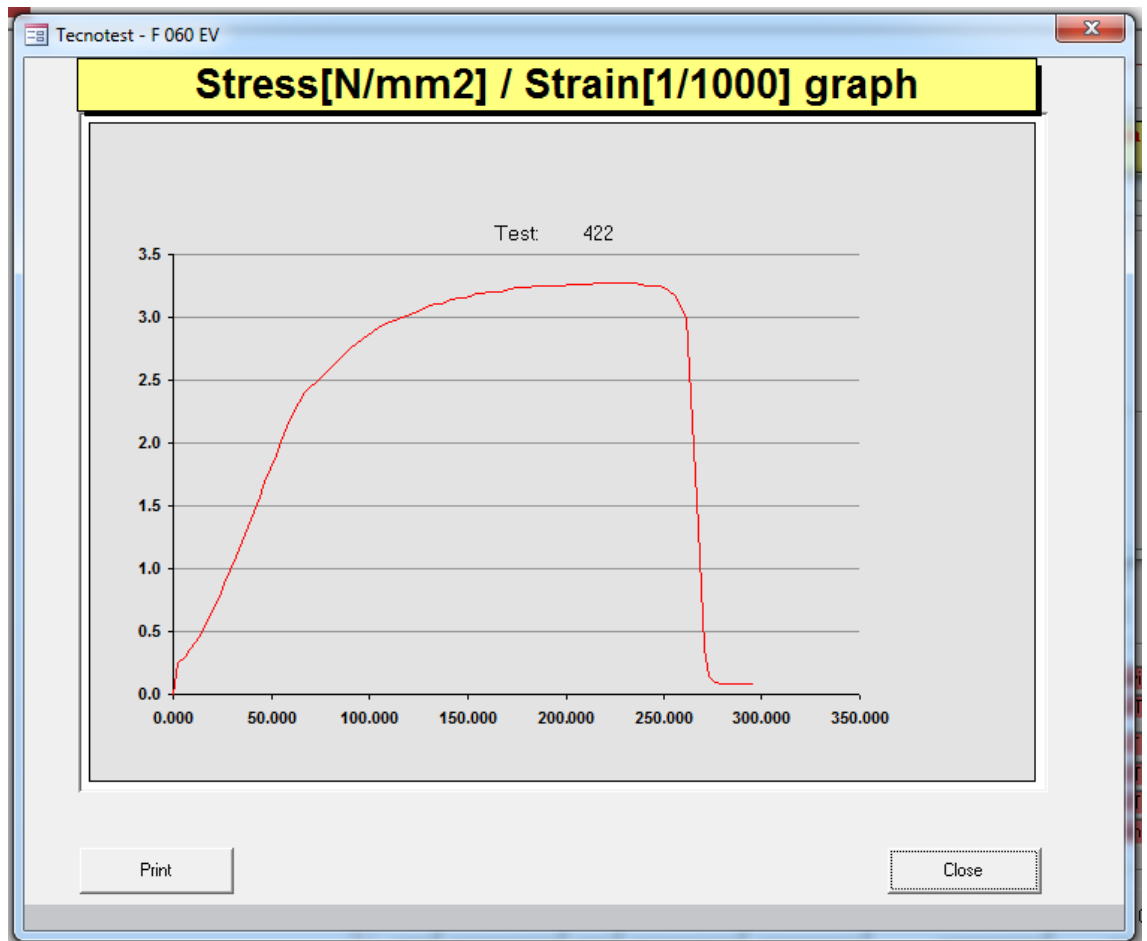
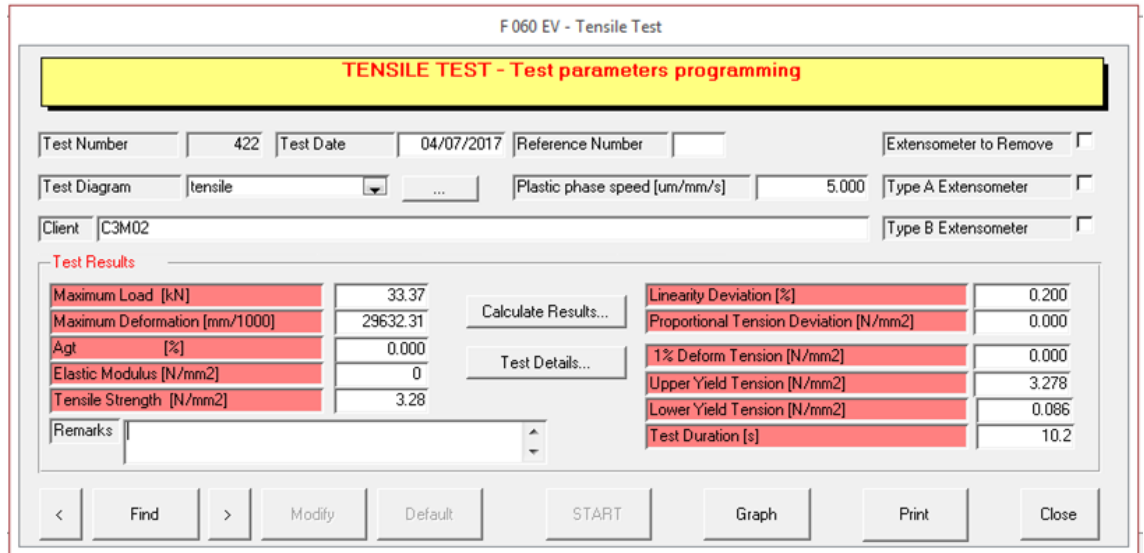
**Figura n.º 28.** Carga vs deformación de probeta C3 M 01



**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

- Probeta: C3 M 02

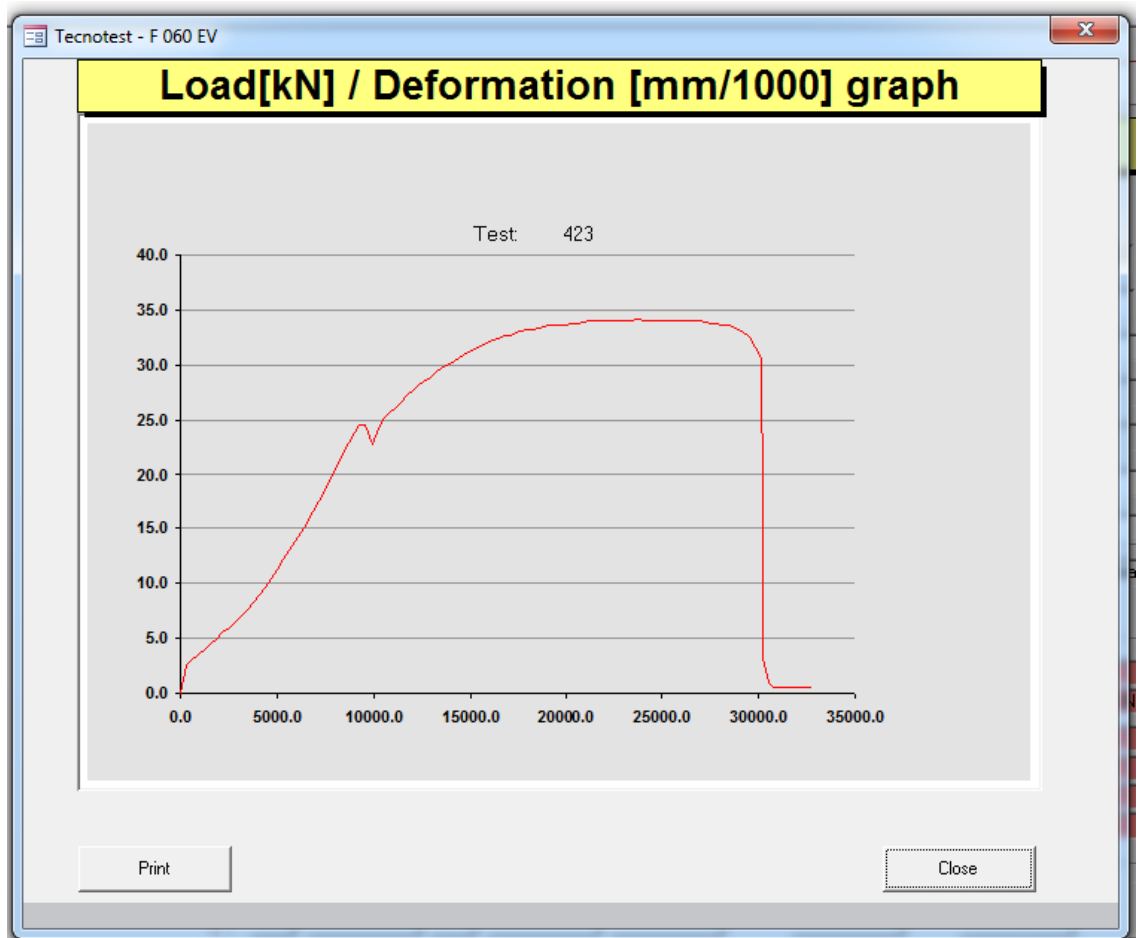
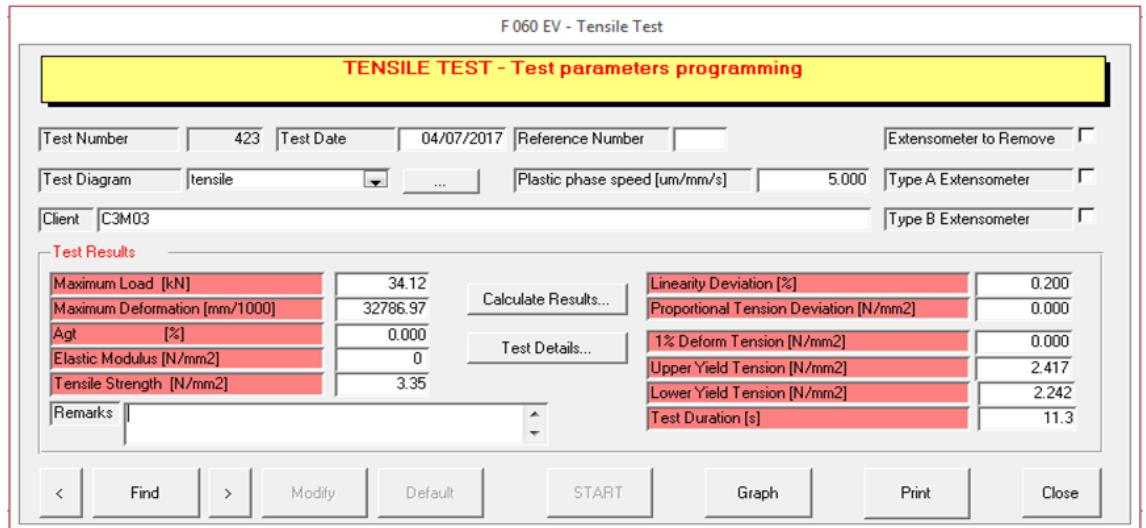
**Figura n.º 29.** Carga vs deformación de probeta C3 M 02



*Fuente:* Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

- Probeta: C3 M 03

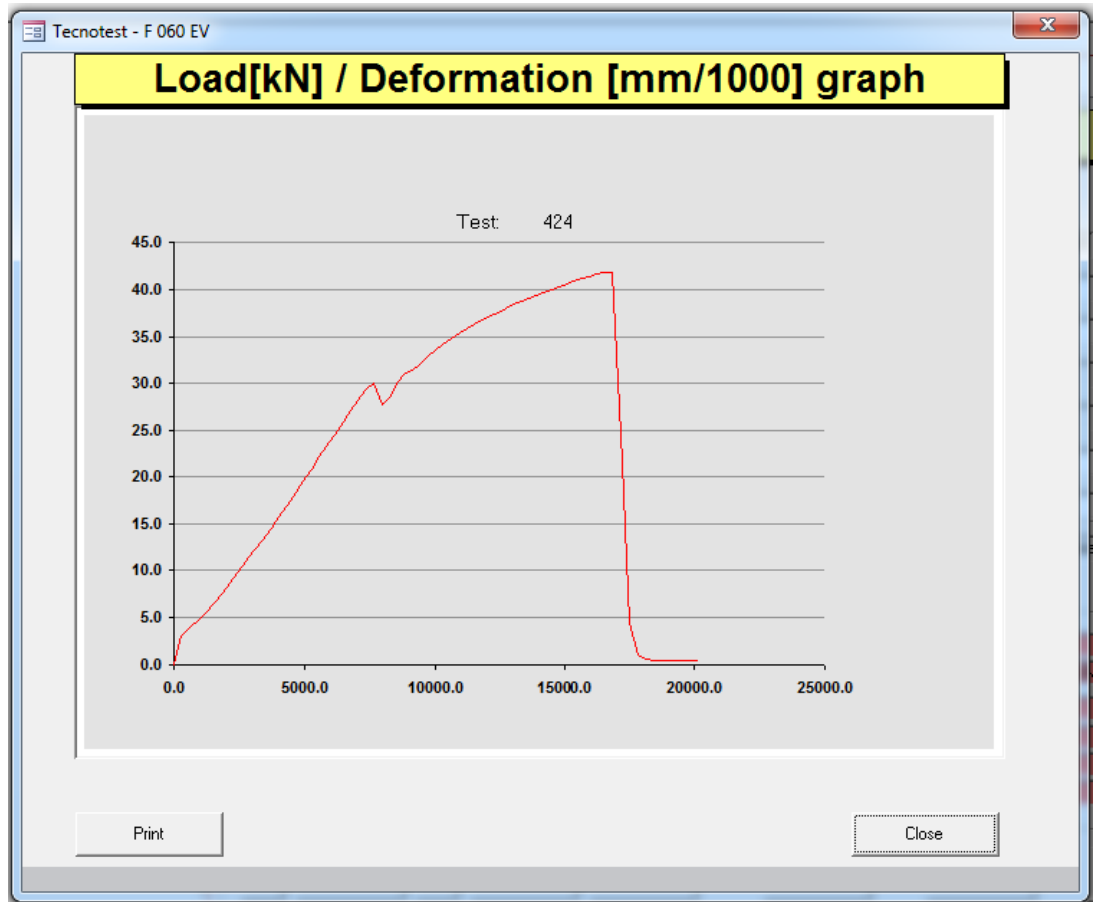
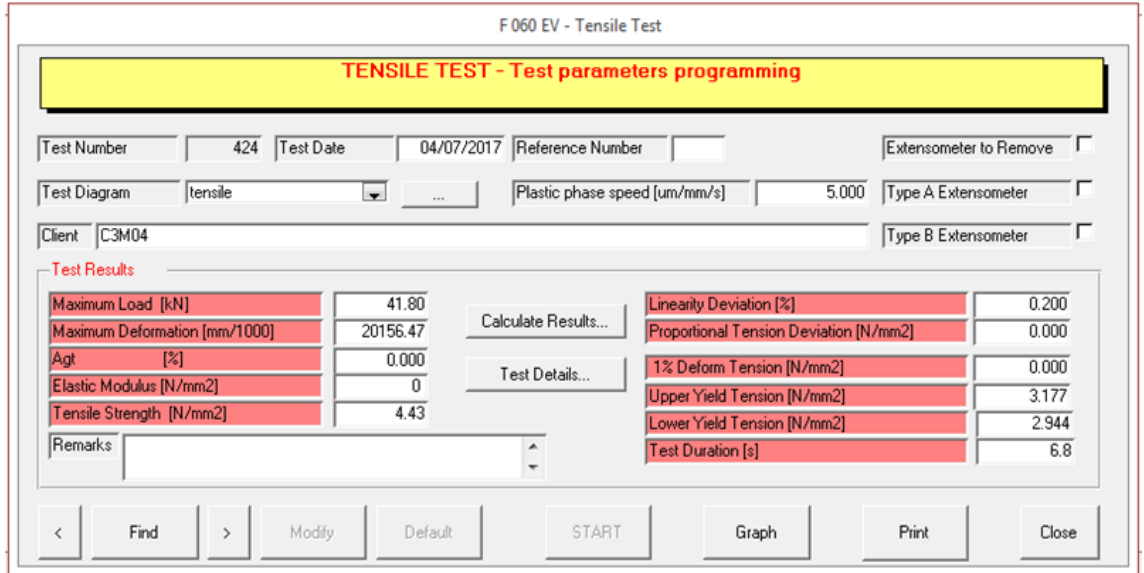
*Figura n.º 30. Carga vs deformación de probeta C3 M 03*



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- 7) Profundidad de anclaje: 95mm, diámetro de varilla: 9.5mm, diámetro de perforación: 13mm
- Probeta: C3 M 04

**Figura n.º 31. Carga vs deformación de probeta C3 M 04**

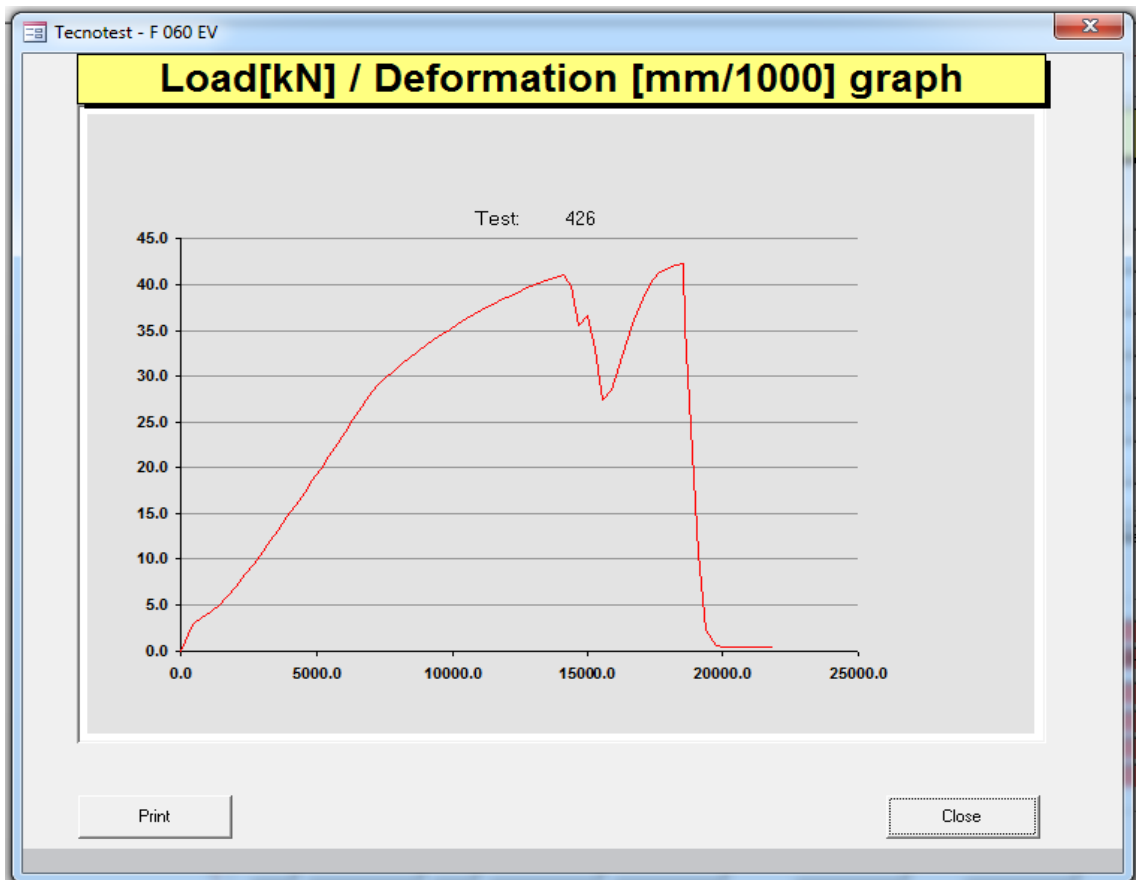
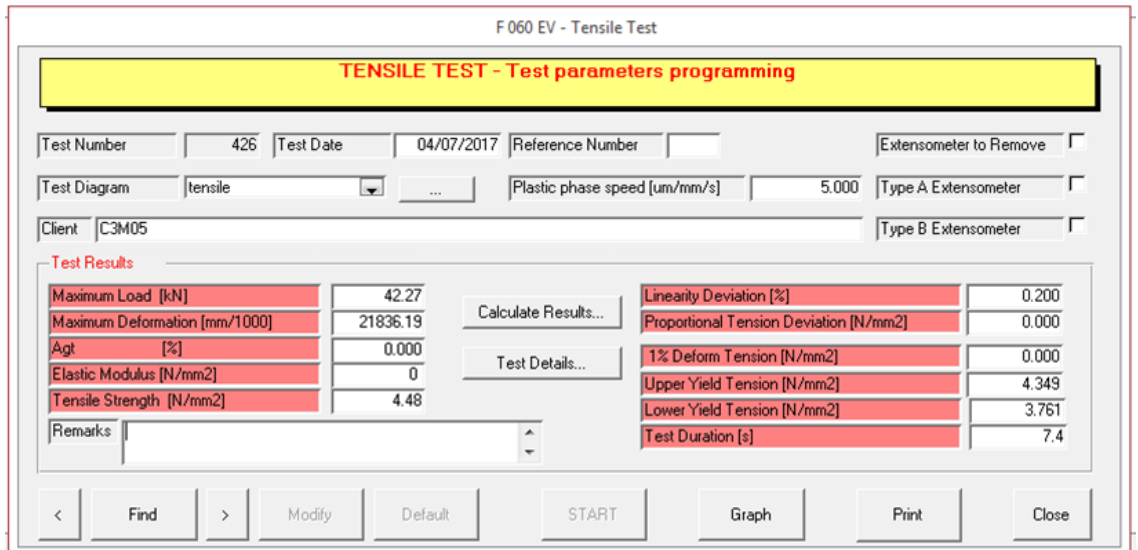


**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017



- Probeta: C3 M 05

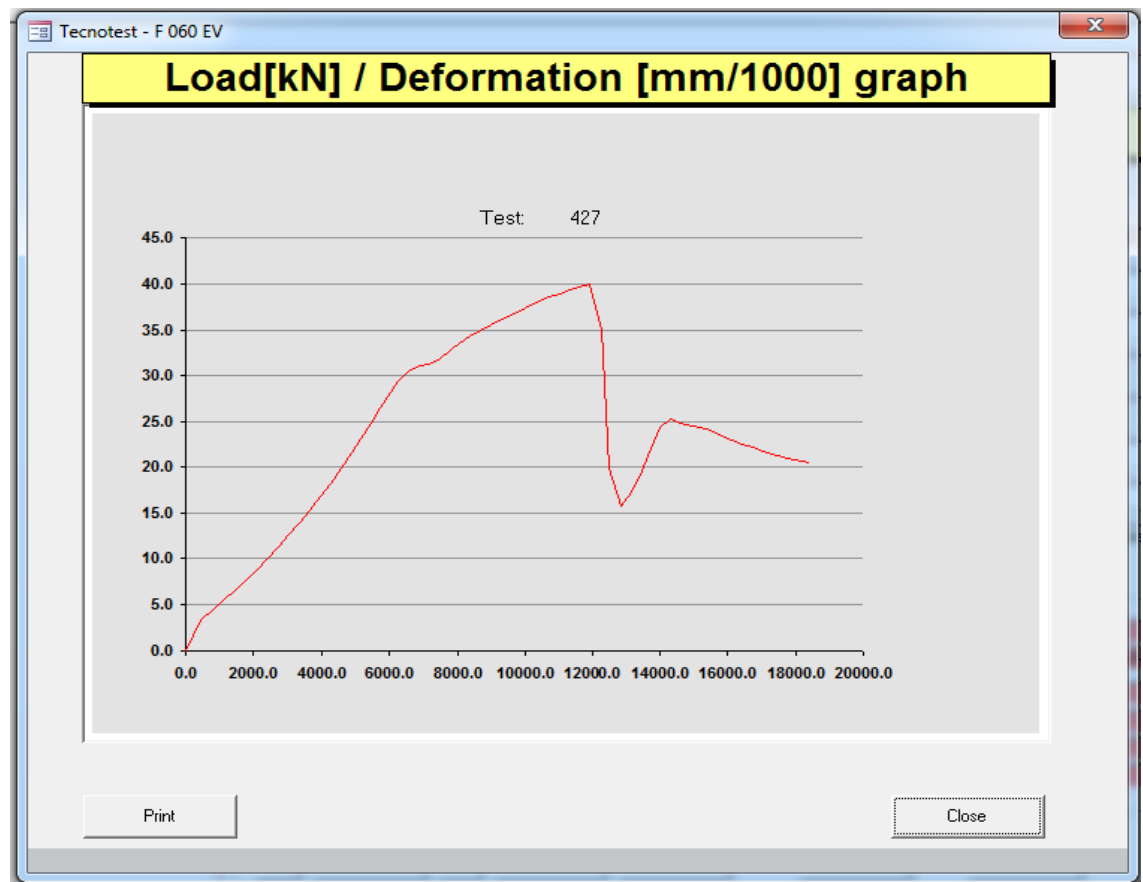
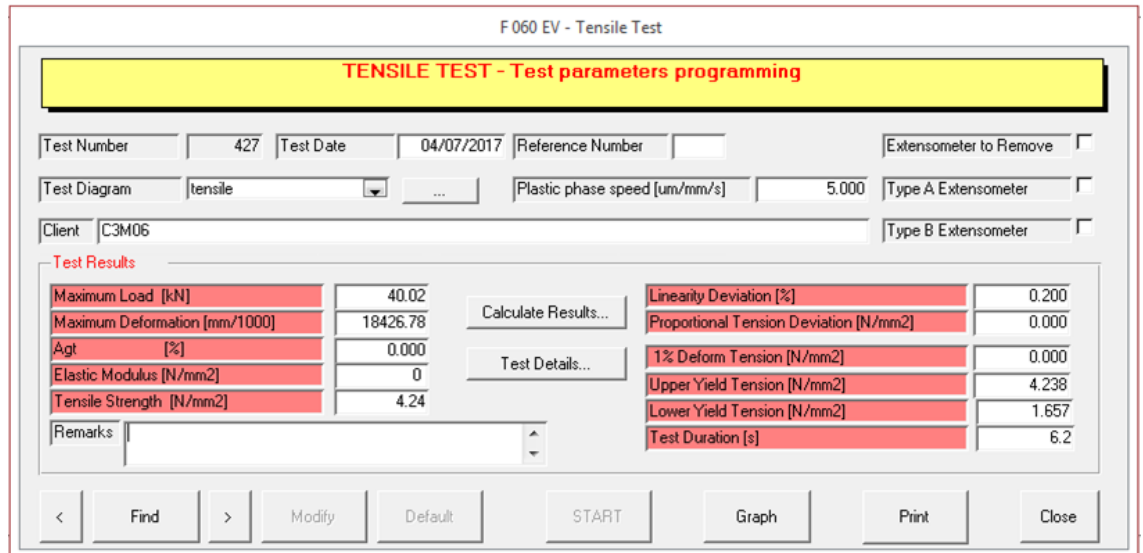
**Figura n.º 32. Carga vs deformación de probeta C3 M 05**



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C3 M 06

**Figura n.º 33. Carga vs deformación de probeta C3 M 06**

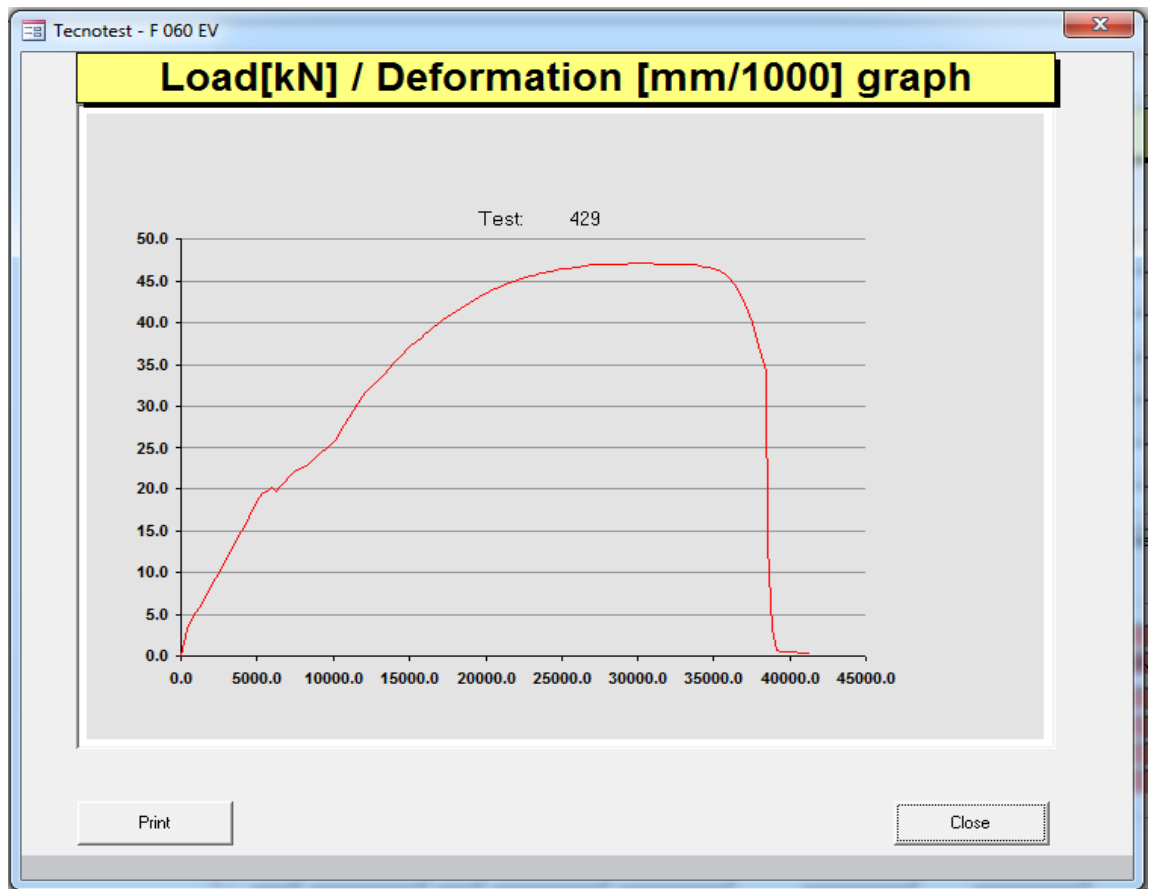
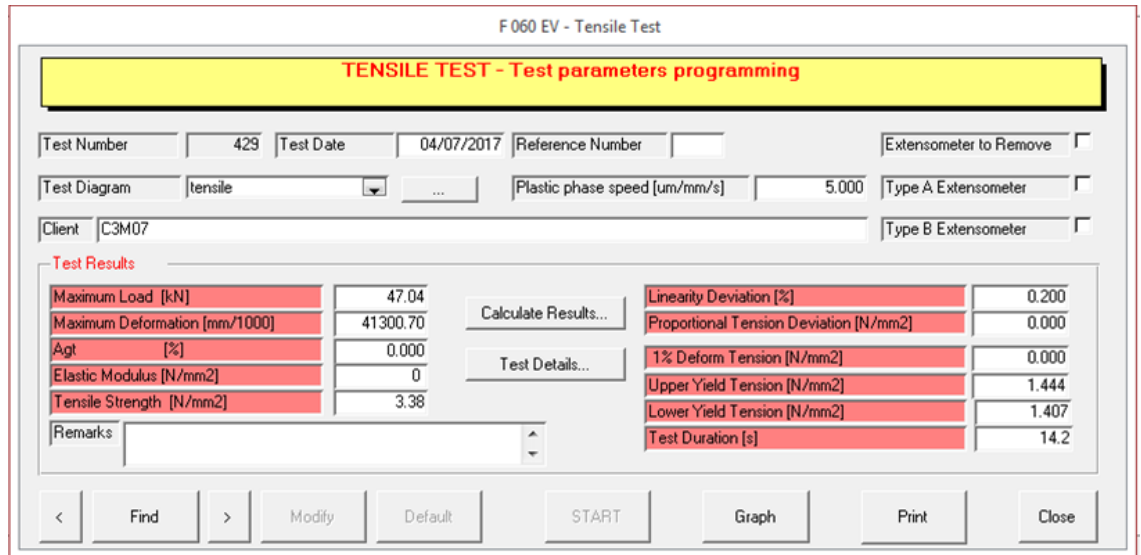


Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

8) Profundidad de anclaje: 140mm, diámetro de varilla: 9.5mm, diámetro de perforación: 13mm

• Probeta: C3 M 07

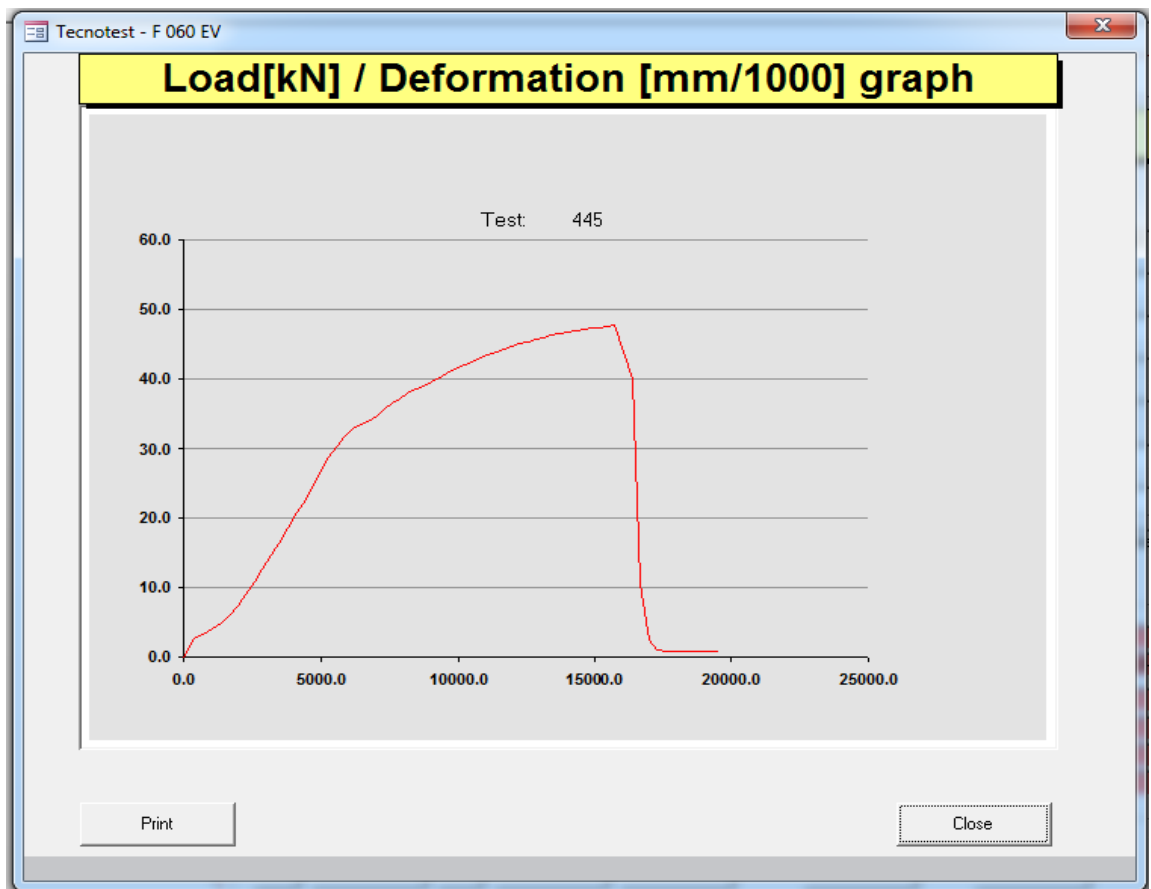
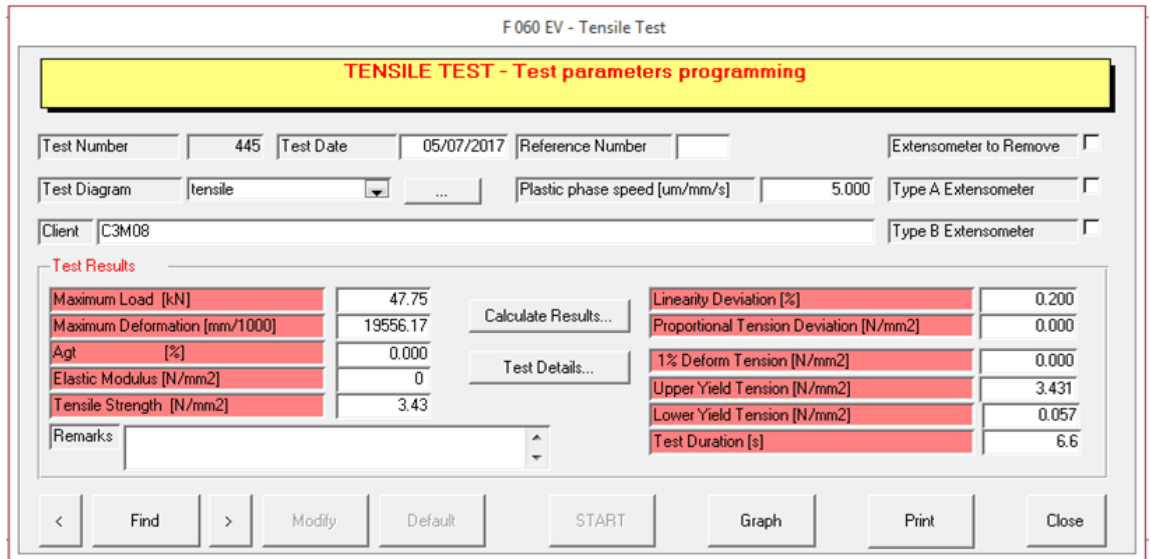
**Figura n.º 34. Carga vs deformación de probeta C3 M 07**



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C3 M 08

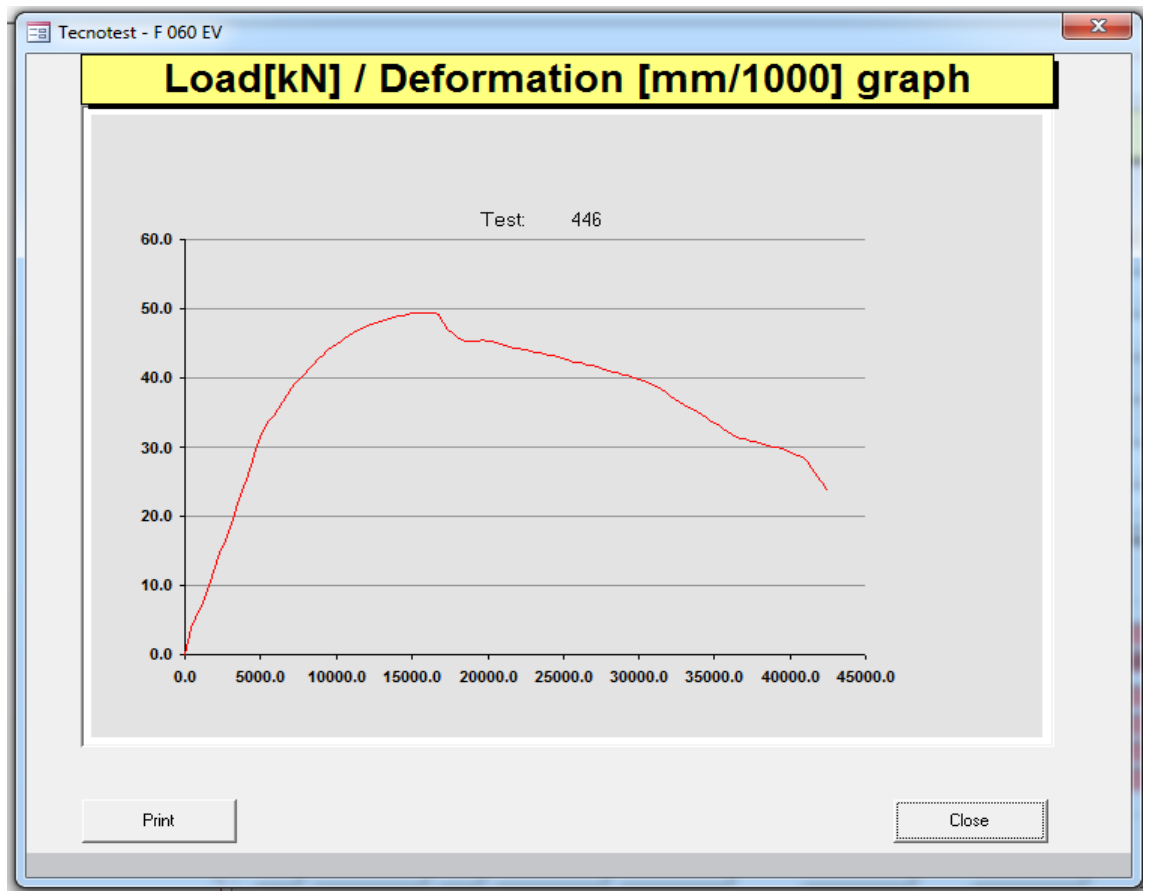
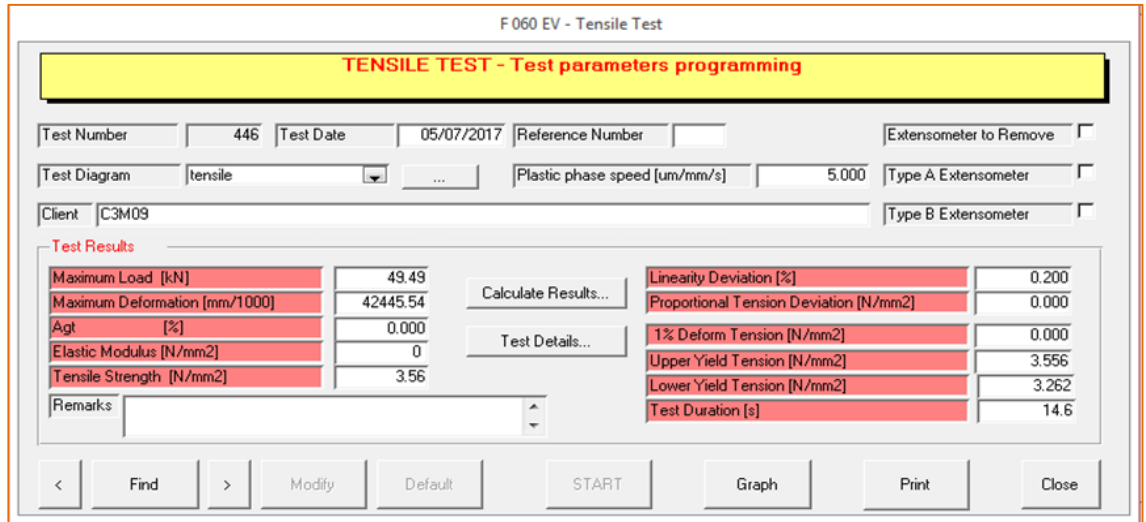
**Figura n.º 35. Carga vs deformación de probeta C3 M 08**



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C3 M 09

**Figura n.º 36.** Carga vs deformación de probeta C3 M 09

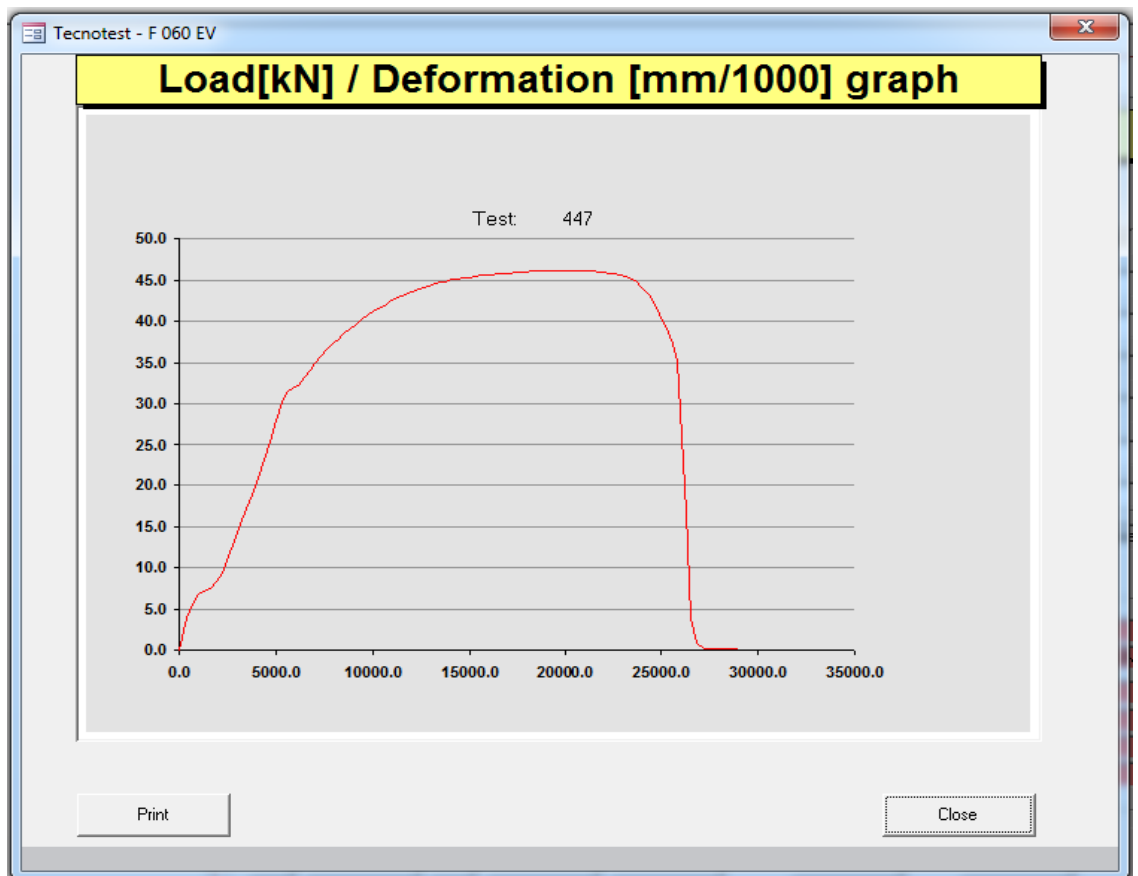
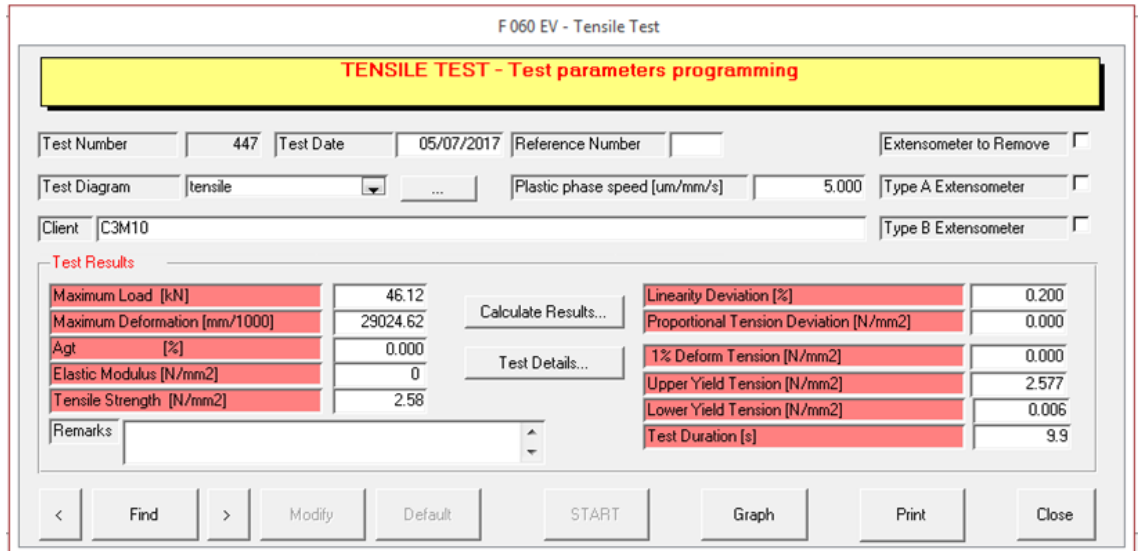


*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

9) Profundidad de anclaje: 180mm, diámetro de varilla: 9.5mm, diámetro de perforación: 13mm

• Probeta: C3 M 10

**Figura n.º 37. Carga vs deformación de probeta C3 M 10**



**Fuente:** Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017

- Probeta: C3 M 11

**Figura n.º 38.** Carga vs deformación de probeta C3 M 11

F 060 EV - Tensile Test

**TENSILE TEST - Test parameters programming**

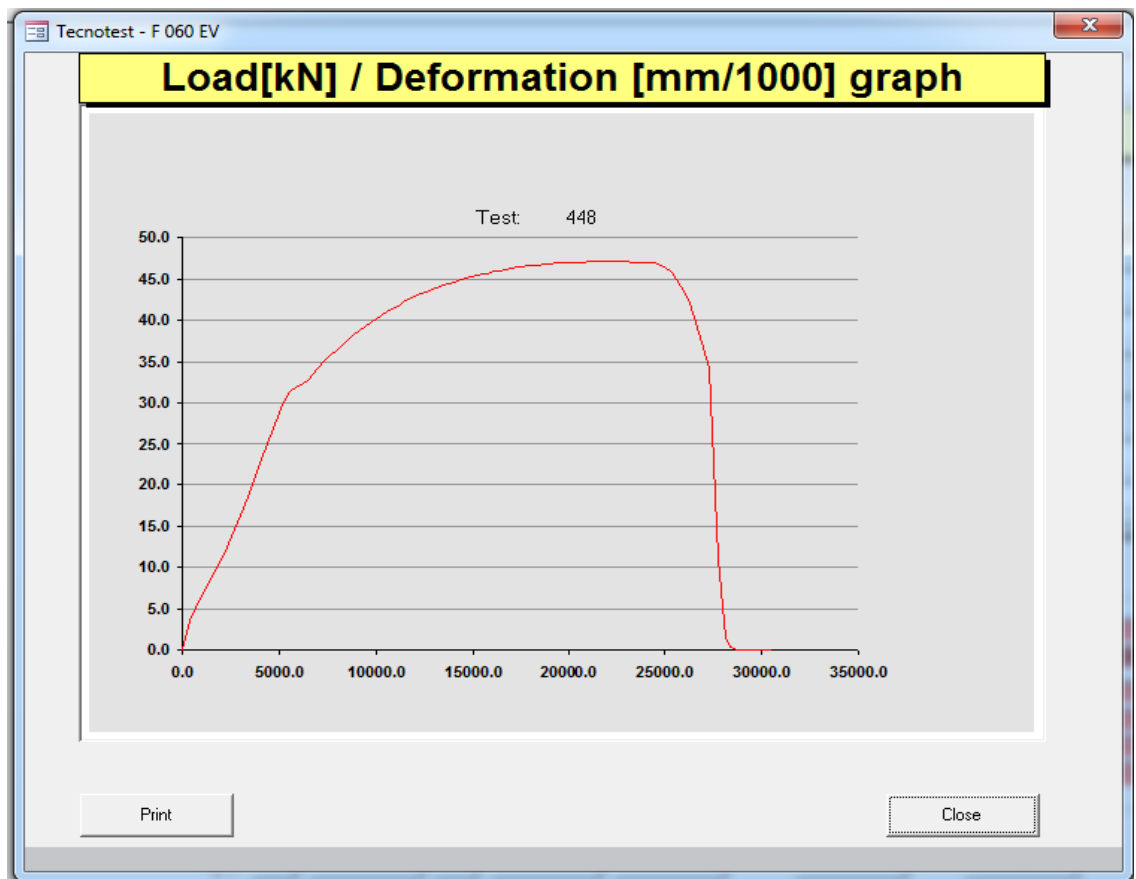
Test Number: 448 | Test Date: 05/07/2017 | Reference Number: | Extensometer to Remove:

Test Diagram: tensile | Plastic phase speed [um/mm/s]: 5.000 | Type A Extensometer:

Client: C3M11 | Type B Extensometer:

**Test Results**

Maximum Load [kN]	47.06	Calculate Results...	Linearity Deviation [%]	0.200
Maximum Deformation [mm/1000]	30551.83		Proportional Tension Deviation [N/mm2]	0.000
Agt [%]	0.000	Test Details...	1% Deform Tension [N/mm2]	0.000
Elastic Modulus [N/mm2]	0		Upper Yield Tension [N/mm2]	2.630
Tensile Strength [N/mm2]	2.63		Lower Yield Tension [N/mm2]	0.000
Remarks			Test Duration [s]	10.3



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*

- Probeta: C3 M 12

**Figura n.º 39.** Carga vs deformación de probeta C3 M 12

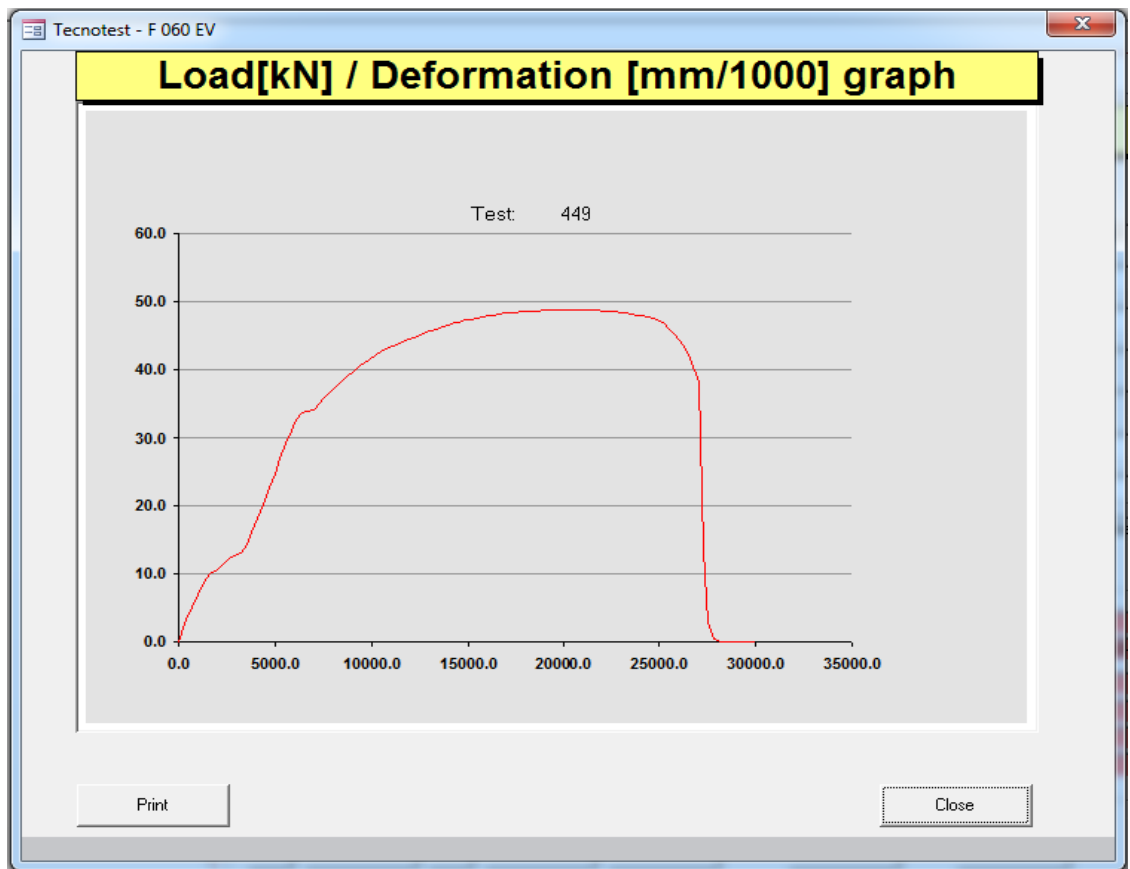
F 060 EV - Tensile Test

**TENSILE TEST - Test parameters programming**

Test Number: 449 | Test Date: 05/07/2017 | Reference Number: | Extensometer to Remove:   
 Test Diagram: tensile | Plastic phase speed [um/mm/s]: 5.000 | Type A Extensometer:   
 Client: C3M12 | Type B Extensometer:

**Test Results**

Maximum Load [kN]	48.90	Calculate Results...	Linearity Deviation [%]	0.200
Maximum Deformation [mm/1000]	30018.75		Proportional Tension Deviation [N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Agt [%]	0.000	Test Details...	1% Deform Tension [N/mm <sup>2</sup> ]	0.000
Elastic Modulus [N/mm <sup>2</sup> ]	0		Upper Yield Tension [N/mm <sup>2</sup> ]	2.733
Tensile Strength [N/mm <sup>2</sup> ]	2.73		Lower Yield Tension [N/mm <sup>2</sup> ]	0.001
Remarks			Test Duration [s]	10.3



*Fuente: Laboratorio de ensayos de la UNT, 2017*



## ANEXOS

### 1) Guía de observación

#### OFICINA ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN

##### Estimado(s) Validador(es):

Me es grato de dirigirme a Usted(es), a fin de solicitarle su inapreciable colaboración como experto para validar la guía de observación, la cual será aplicado a: Giorgio Enrique Ojeda Rivera y a Juan Carlos Ponte Bejarano, por cuanto considero que sus observaciones y subsecuentes aportes serán de utilidad.

El presente instrumento tiene como finalidad de recoger información directa para la investigación que se realiza en los actuales momentos, titulado: **"RELACIÓN PROFUNDIDAD DE ANCLAJE QUÍMICO EN CONCRETO VS DIÁMETRO DE LA VARILLA DE ACERO CORRUGADO QUE GENERA MÁXIMA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, TRUJILLO-2017"**.

Esto como objeto de presentarla como requisito para obtener el título de Ingeniería Civil.

Para efectuar la validación del instrumento, Usted(es) deberá (án) leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional del actor que corresponda al instrumento. Por otra parte, se le agradece cualquier sugerencia relativa a redacción, contenido, pertinencia y congruencia u otro aspecto que se considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte.

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Juan Manuel Urteaga García, titular del  
 DNI N° 18181285, de profesión Ing. Civil, ejerciendo  
 actualmente como Ing. Civil / Docente, en la institución/empresa  
UPAO - UNT

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación del  
 instrumento (guía de observación), a los efectos de su aplicación, a los testistas de la UPN  
 Giorgio Enrique Ojeda Rivera y Juan Carlos Ponte Bejarano.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes  
 apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems				✓
Amplitud de conocimiento				✓
Redacción de ítems				✓
Claridad y precisión				✓
Pertinencia				✓

  
 JUAN MANUEL URTEAGA GARCÍA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CEP 75605

Trujillo, a los 28 días del mes de Setiembre del 2017

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Felipe Dyer Cerna Luján titular del  
 DNI N° 17808811 de profesión Lic. Educación - Ciencias ejerciendo  
 actualmente como Docente a Tiempo Completo en la institución/empresa  
Universidad Privada del Norte

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de validación del  
 instrumento (guía de observación), a los efectos de su aplicación a los tesisistas de la UPN  
 Giorgio Enrique Ojeda Rivera y Juan Carlos Ponte Bejarano.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes  
 apreciaciones:

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems				✓
Amplitud de conocimiento				✓
Redacción de ítems			✓	
Claridad y precisión				✓
Pertinencia				✓

Trujillo, a los 28 días del mes de Setiembre del 2017



**GUIA DE OBSERVACION**

**DATOS INFORMATIVOS:**

**Nombre del investigador:** Giorgio E. Ojeda Rivera  
**Ubicación:** Universidad Nacional de Trujillo  
**Fecha de la Observación:**  
**Hora de la observación:** Inicio: ~~10:09 am~~ ~~10:17 am~~ 11:50 am  
 Fin: 11:55 am  
**Temperatura:** 18°

**DATOS ESPECÍFICOS:**

**Probeta:** C1 - M 02  
**Resistencia del concreto (f'c):** 210 kg/cm<sup>2</sup>  
**Diámetro de la varilla de acero:** 6 mm  
**Diámetro de perforación:** 8 mm  
**Profundidad de anclaje:** 60 mm  
**Área de anclaje:** 2309.07 mm<sup>2</sup>  
**Resistencia máxima:** 17.92 kN

**OBSERVACIONES:**

Falta acero  
~~Se rompió la varilla de acero~~

### GUIA DE OBSERVACION

#### DATOS INFORMATIVOS:

Nombre del investigador: Giorgio E. Ojeda Rivera  
Ubicación: Universidad Nacional de Trujillo  
Fecha de la Observación: 12:28 m  
Hora de la observación: Inicio: 12:28 m  
Fin: 12:29 m  
Temperatura:

#### DATOS ESPECÍFICOS:

Probeta: C1 - M 05  
Resistencia del concreto (f'c): 210 kg/cm<sup>2</sup>  
Diámetro de la varilla de acero: 6 mm  
Diámetro de perforación: 8 mm  
Profundidad de anclaje: 90 mm  
Area de anclaje: 3463.61 mm<sup>2</sup>  
Resistencia máxima:

19.30 Kn

#### OBSERVACIONES:

Se rompió la varilla

### GUIA DE OBSERVACION

#### DATOS INFORMATIVOS:

**Nombre del investigador:** Giorgio E. Ojeda Rivera  
**Ubicación:** Universidad Nacional de Trujillo  
**Fecha de la Observación:**  
**Hora de la observación:** Inicio: 12:42am  
 Fin: 12:45am  
**Temperatura:** 19

#### DATOS ESPECÍFICOS:

<b>Probeta:</b>	C2 - M 05	
<b>Resistencia del concreto (f'c):</b>	210	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Diámetro de la varilla de acero:</b>	8	mm
<b>Diámetro de perforación:</b>	10	mm
<b>Profundidad de anclaje:</b>	80	mm
<b>Area de anclaje:</b>	5089.38	mm <sup>2</sup>
<b>Resistencia máxima:</b>	33.70 kn	

**OBSERVACIONES:** Falla de concreto y varilla

### GUIA DE OBSERVACION

#### DATOS INFORMATIVOS:



Nombre del investigador: Giorgio E. Ojeda Rivera  
Ubicación: Universidad Nacional de Trujillo  
Fecha de la Observación:  
Hora de la observación: Inicio: 11:04  
Fin: 11:12  
Temperatura: 18 Humedad 75%

#### DATOS ESPECÍFICOS:

Probeta:	C3 - M 06	
Resistencia del concreto (f'c):	210	kg/cm2
Diámetro de la varilla de acero:	3/8	pulg
Diámetro de perforación:	13	mm
Profundidad de anclaje:	95	mm
Area de anclaje:	9443.19	mm2
Resistencia máxima:		

OBSERVACIONES: Fallo concreto

## 2) Dosificación de Mezcla de concreto

	<h3>Dosificación de Mezclas de Concreto</h3> <h4>Gestión de la Calidad y Mejora Continua</h4>	
		SGC-REG-06-D1042 Versión 01

1

Identificación del Concreto : **C210-I-H8-A4/0.6**  
 Tipo de Suministro : *D*  
 Tipo de Estructura : --

Fecha : **7 de Enero de 2014**

Propiedades Físicas de los Insumos								
Descripción de Materiales	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	T. Máximo A. G.	PUS (kg/m <sup>3</sup> )	Incidencia por tipo agregado	Procedencia
Cemento Tipo I - Pacasmayo	3120					1501		Fabricante: CPSSA
Agua	1000					1000		Proveedor: Red Pública
Agregado Fino - Quebrada León	2630	2.0	0.4	2.90	4.75 mm	1652	100.0%	Cantera: Quebrada León
Agregado Fino - -	0	0.0	0.0	0.00	4.75 mm	0	0.0%	Cantera: -
Agregado Grueso - H57 Quebrada León	2740	1.7	0.3	7.00	1 pulg	1475	0.0%	Cantera: H57 Quebrada León
Agregado Grueso - H67 Quebrada León	2730	1.8	0.3	6.59	3/4 pulg	1491	0.0%	Cantera: H67 Quebrada León
Agregado Grueso - H8 Quebrada León	2650	2.5	0.5	5.66	3/8 pulg	1550	100.0%	Cantera: H8 Quebrada León

Consideraciones - Requisitos del Concreto												
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	f'cr Criterio ACI 318	f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Agua x TM	Relación a/c	Cemento (Kg)	Modulo de Finura Global (Mfg)	Incidencia Agregado Grueso (%)	Incidencia Agregado Fino (%)	Slump requerido ( pulg )	Slump mín. LAB ( pulg )	
210	20	Tabla 5.3.2.1	237	200	0.60	333	4.50	0.640	0.360	4±1"	5 1/2	
							Mfg DISEÑO ==>	4.81 (Definido luego las pruebas industriales)				
							EVALUACIÓN Mfg ==>	Ajustar incidencias				

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE INCIDENCIAS DE AGREGADOS		Mfg DISEÑO ==>	EVALUACIÓN Mfg ==>
		4.81 (Definido luego las pruebas industriales)	Ajustar incidencias

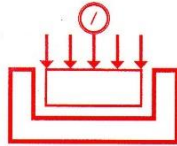
Dosificación del Concreto							Corrección Por Peso Unitario C.F.			
Materiales	%	Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso Húmedo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Tanda	Peso Seco (kg/m <sup>3</sup> )	Peso Húmedo (kg/m <sup>3</sup> )	Peso SSS (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
I		333	0.107	333	333	83.25	332	332	332	0.10650
Agua		200	0.200	233	200	58.36	0	34	0	0.00029
Quebrada León		649	0.247	652	662	162.90	648	650	661	0.24625
H8 Quebrada León		1163	0.439	1168	1192	292.09	1160	1166	1189	0.43777
Sikament TM150	1220	1.10%	3.66	0.003	3.66	0.916	3.655	3.655	3.66	0.00300
<b>Total</b>	<b>1.010</b>		<b>2348</b>	<b>1.010</b>	<b>2390</b>	<b>597.515</b>	2144	2186	<b>2186</b>	

Disminución Relación A/C			-0.11
Agua Sin Aditivo (Its)	Reducción de agua (Its)	Reducción de agua (%)	Agua Final (Its)
239	-39	-16.3%	200

Conversión a Volumen (Morteros)			
kg/ft3	ft/m3	Relación	Tanda 42.5 kg
42.50	8	1	42.5
		0.70	29.8
46.78	14	1.8	75.6
43.89	27	3.4	144.4
			467.5



### 3) Ensayo de compresión del concreto



## HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

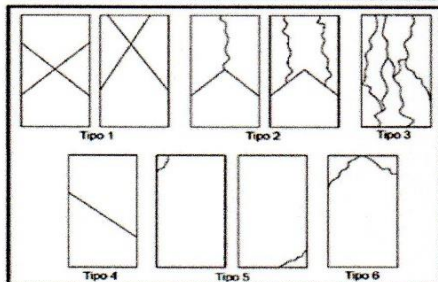
### ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO ( $f'_c$ ) (NTP 339.034)

OBRA: TESIS  
SOLICITA: GIORGIO ENRIQUE OJEDA RIVERA  
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 11 DE MAYO DEL 2017

Numero de Testigo	1	2			
Estructura o Identificación	PROBETA 1	PROBETA 2			
Fecha de Vaciado	13/04/2017	13/04/2017			
Fecha de Rotura	11/05/2017	11/05/2017			
Edad (días)	28	28			
Diámetro (cm)	15.70	15.40			
Altura (cm)	30.40	30.80			
Peso (kg)	12.14	12.37			
Volumen (cm <sup>3</sup> )	5885.23	5736.98			
Esbeltez	1.94	2.00			
Factor de Corrección	1.00	1.00			
Tipo de Falla	4	5			
Peso Especifico Concreto (kg/m <sup>3</sup> )	2062	2156			
Carga Máxima (kg)	43880	38190			
Sección Transversal (cm <sup>2</sup> )	193.59	186.27			
Resistencia Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	210	210			
Resistencia Obtenida (kg/cm <sup>2</sup> )	226.66	205.03			
Resistencia Obtenida (MPa)	22.23	20.11			
Porcentaje Obtenido (%)	108%	98%			

**NOTA:**

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



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

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

HUERTAS INGENIEROS S.A.C.  
Ing. José Antonio Huertas Martell  
CIP: 148176

Valor Ideal con Formula del ACI-209 (A-17):

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

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

Valor Minimo con Criterio del ACI:

Ninguna muestra debe tener menos de 3.5 MPa del valor caracteristico de  $f'_c$ .

#### 4) Ensayo a tracción de las probetas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MATERIALES  
LABORATORIO DE MATERIALES COMPUESTOS



**SOLICITANTE:** Giorgio Enrique Ojeda Rivera (Bach. Ingeniería Civil) de la Universidad Privada del Norte.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:** "RELACIÓN PROFUNDIDAD DE ANCLAJE QUÍMICO EN CONCRETO VS DIÁMETRO DE LA VARILLA DE ACERO CORRUGADO QUE GENERA MÁXIMA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, TRUJILLO – 2017"

MUESTRAS PUESTAS EN LABORATORIO

#### Resultados del ensayos de tracción

Código de ensayo	Carga máxima (kN)	Máxima deformación (mm/1000)	Esfuerzo máximo (N/mm <sup>2</sup> )
421	33.82	34033.71	3.32
422	33.37	29632.31	3.28
423	34.12	32786.97	3.35
424	41.8	20156.47	4.43
426	42.27	21836.19	4.48
427	40.02	18426.78	4.24
429	47.04	41300.7	3.38
430	17.6	24453.69	3.81
432	17.92	22262.74	7.76
433	18	22171.91	3.90
434	19.07	17740.25	8.26
435	17.07	2580.94	3.80
436	18.7	17895.22	5.40
437	31.12	25048.49	6.11
438	19.3	19135.66	5.57
439	19.32	20439.18	5.58
440	33.2	32503.42	6.52
441	32.68	30243.06	6.42
442	33.91	24686.72	4.44
443	33.96	26205.19	4.45
444	32.78	27070.68	4.29
445	47.75	19556.17	3.43
446	49.49	42445.54	3.56
447	46.12	29024.62	2.58
448	47.06	30551.83	2.63
449	48.9	30018.75	2.73

Numero de ensayos: 26

LABORATORIO: MATERIALES COMPUESTOS

ENCARGADO DE LABORATORIO: Msc.ALEXANDER VEGA ANTICONA

Av. Juan Pablo II s/n- Teléfono: (044) 203510  
Pabellón de Ingeniería de Materiales  
Ciudad Universitaria.



## 5) Hoja técnica Sikadur 32 Gel



# HOJA TÉCNICA Sikadur<sup>®</sup>- 32 Gel

Puente de Adherencia

## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un adhesivo de dos componentes a base de resinas epóxicas seleccionadas, libre de solventes.

### USOS

- Como adhesivo estructural de concreto fresco con concreto endurecido.
- Como adhesivo entre elementos de concreto, piedra, mortero, acero, fierro, fibra cemento, madera.
- Adhesivo entre concreto y mortero.
- En anclajes de pernos en concreto o roca, donde se requiere una puesta en servicio rápida (24 horas).

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Fácil de aplicar
- Libre de solventes
- No es afectado por la humedad
- Altamente efectivo, aun en superficies húmedas
- Trabajable a bajas temperaturas
- Alta resistencia a la tracción

## DATOS BÁSICOS

<b>FORMA</b>	<b>COLORES</b> GRIS (MEZCLA A+B)
	<b>ASPECTO</b> Líquido Denso
	<b>PRESENTACIÓN</b> Juego de 1 kg. Juego de 5 kg.
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b>  Se puede almacenar en su envase original cerrado, sin deterioro en un lugar fresco, seco y bajo techo durante dos años a una temperatura entre 5°C y 30°C. Acondicione el material a 18°C a 30°C antes de usar.

Hoja Técnica  
Sikadur<sup>®</sup>- 32 Gel  
21.01.15, Edición 6

1/4

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<p><b>DENSIDAD</b> 1.6 kg/lts.</p> <p><b>PROPORCIÓN DE LA MEZCLA EN PESO</b> A:B = 2:1</p> <p><b>Pot life a 20°C</b> 25 minutos</p> <p><b>Cumple la norma ASTM C-881</b> Standard Especification for Epoxy-Resin-Base Bonding System for Concrete. Está certificado como producto no tóxico por el Instituto de Salud Pública de Chile.</p> <p><b>Resistencia a compresión (ASTM D 695)</b> 1 día = 75 Mpa 10 días = 90 Mpa</p> <p><b>Resistencia a flexión (ASTM C 580)</b> 10 días = 34 Mpa</p> <p><b>Adherencia( ASTM C 882)</b> &gt; 13 Mpa</p> <p><b>Fuerza de arrancamiento de anclaje en concreto H25(fe A63-42H, 012mm, L=L-12cm)</b> 6.000 kgf</p> <p><b>USGBC VALORACIÓN LEED</b> Sikadur®-32 Gel cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants.</p> <p>Contenido de VOC &lt; 70 g/L (menos agua)</p>
-----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## INFORMACIÓN DEL SISTEMA

<b>DETALLES DE APLICACIÓN</b>	<p><b>CONSUMO / DOSIS</b> El consumo aproximado es de 0.3 a 0.5 kg/m<sup>2</sup>, dependiendo de la rugosidad y temperatura de la superficie.</p>
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<p><b>CONCRETO</b> Al momento de aplicar Sikadur®-32 Gel el concreto debe encontrarse limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, entre otros. Debe estar firme y sano con respecto a sus resistencias mecánicas.</p> <p>La superficie de concreto debe limpiarse en forma cuidadosa hasta llegar al concreto sano, eliminando totalmente la lechada superficial. Esta operación se puede realizar con chorro de agua y arena, escobilla de acero, y otros métodos. La superficie a unir debe quedar rugosa.</p> <p><b>Metales</b> Deben encontrarse limpios, sin óxido, grasa, aceite, pintura, entre otros. Se recomienda un tratamiento con chorro de arena a metal blanco o en su defecto utilizar métodos térmicos o físicos químicos.</p> <p><b>PREPARACIÓN DEL PRODUCTO</b> Mezclar totalmente las partes A y B en un tercer recipiente limpio y seco, revolver en forma manual o mecánica con un taladro de bajas revoluciones (máx. 600 r.p.m.) durante 3-5 minutos aproximadamente, hasta obtener una mezcla homogénea. Evitar el aire atrapado.</p>

---

En caso que el volumen a utilizar sea inferior al entregado en los envases, se pueden subdividir los componentes respetando en forma rigurosa las proporciones indicadas en Datos Técnicos.

**METODO DE APLICACIÓN**

La colocación de Sikadur®-32 Gel se realiza con brocha, rodillo o pulverizado sobre una superficie preparada. En superficies húmedas asegurar la aplicación restregando con la brocha.

El concreto fresco debe ser vaciado antes de 3 horas a 20°C o 1 hora a 30°C de aplicado el Sikadur®-32 Gel. En todo caso el producto debe encontrarse fresco al vaciar la mezcla sobre él.

**LIMPIEZA**

Limpe las herramientas con diluyente a la piroxilina.

---

**INSTRUCCIONES DE  
SEGURIDAD**

**OBSERVACIONES**

La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

---

**PRECAUCIONES DE MANIPULACION**

Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de gomas naturales o sintéticas y anteojos de seguridad.

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

---

**NOTAS LEGALES**

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe).

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición Nº 5**

**la misma que deberá ser destruida"**

---

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sikadur®- 32 Gel :

1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.  
refurbishment  
Centro industrial "Las Praderas  
de Lurin" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,  
Lurin  
Lima  
Perú  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)

Foja Técnica  
Sikadur®- 32 Gel  
21.01.15, Edición 6

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.  
NA, Departamento Técnico  
Tel: 018-6060  
Fax: 018-6070  
Mail: [informacion@pe.sika.com](mailto:informacion@pe.sika.com)



© 2014 Sika Perú S.A.



## 7) Panel fotográfico

### Máquina de ensayos de la UNT.



### Dispositivo metálico





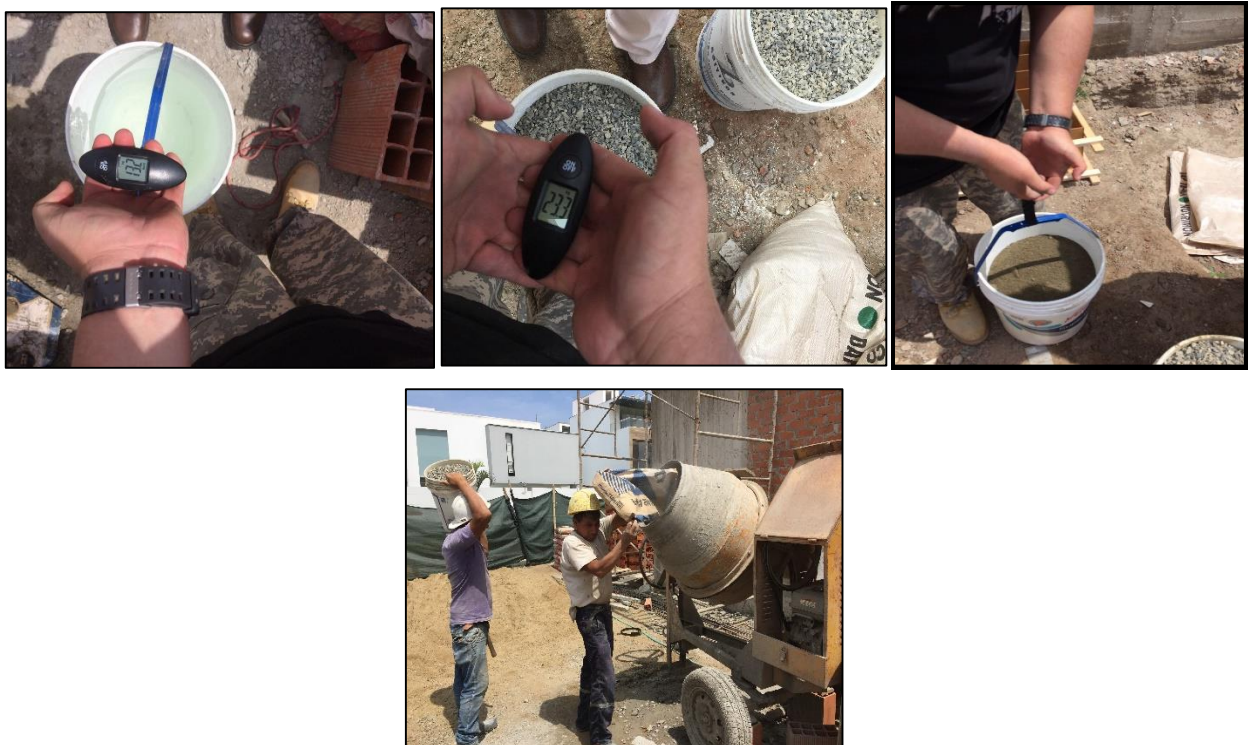
### Cantera de agregados



### Encofrados



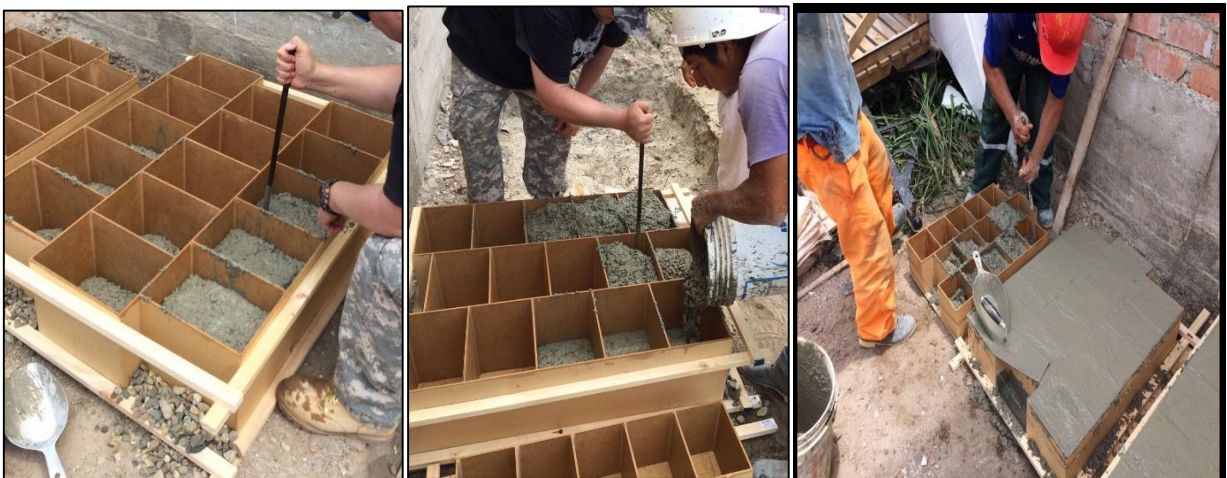
### Preparación de la mezcla de concreto



### Prueba de slump



### Colocacion de la mezcla de concreto en el encofrado

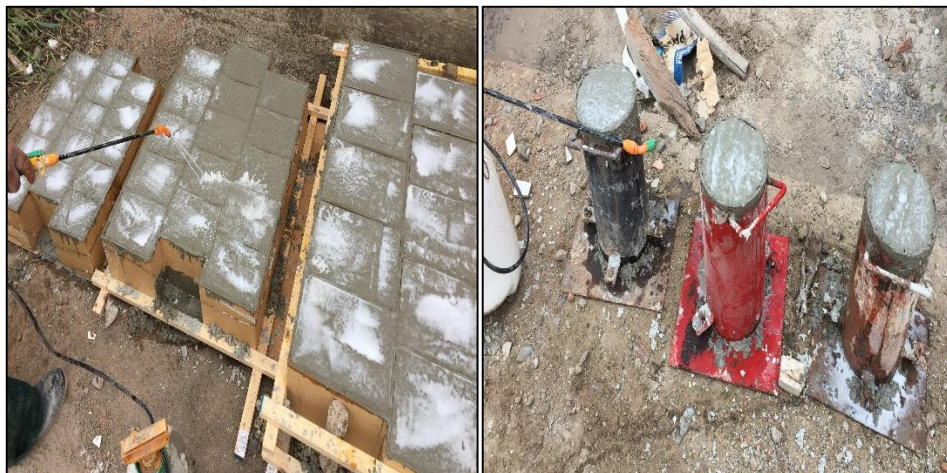




**Colocación de la mezcla de concreto en los moldes metálicos**



**Aplicación del aditivo**



### Desencofrado



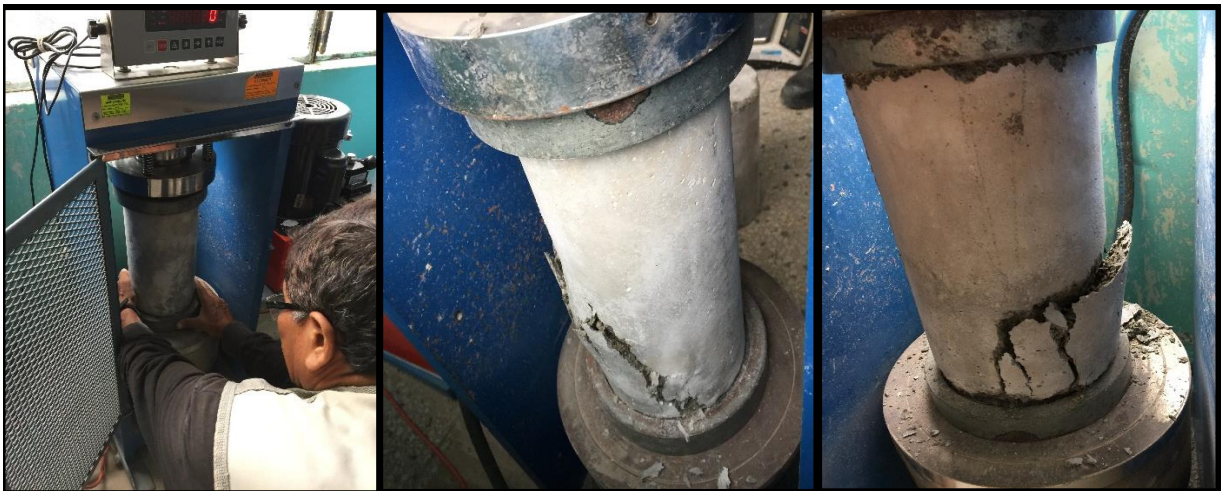
### Colocación de las probetas en la poza de curado



### Remoción de probetas de la poza



### Ensayo de compresión



### Preparación de probetas para el ensayo a tracción







### Ensayo a tracción







