



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS DE CONCRETO $f'_c=210$ KG/CM², REFORZADAS EXTERNAMENTE CON PLATINAS DE FIBRA DE CARBONO”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Bach. Ronald Miguel, Gutierrez Lalle

Asesor:

Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por darme la oportunidad de estar con salud y vida, por bendecirme con una maravillosa familia y darme grandes amigos

A mi madre Doris Violeta Llalle Alva, quien siempre estuvo a mi lado, dándome su apoyo incondicional y dándome buenos consejos para seguir un buen camino.

A mi padre Benito Gutiérrez Uriarte, a quien me apoyo y aconsejo en todo el camino que me llevaron hasta este lugar.

A mis amigos, con quienes compartí innumerables experiencias, y con quienes buscamos mejorar cada día.

AGRADECIMIENTO

A mi asesora, la Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento por darme la oportunidad de ser su asesorado y haberme apoyado en todo momento en el desarrollo de mi tesis.

A todos los profesionales, docentes y compañeros de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil – UPN Cajamarca, que de alguna u otra manera aportaron con su conocimiento y experiencia para realizar este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos.....	18
1.4. Hipótesis	18
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	19
2.1. Tipo de investigación	19
2.2. Población y muestra.....	19
2.3. Materiales, instrumentos y métodos	20
2.3.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012 / ASTM C-136).	21
2.3.2. Contenido de humedad (NTP 339.185 / ASTM C-566)	24
2.3.3. Densidad de los agregados (NTP 400.017 / ASTM C-29)	26
2.3.4. Gravedad y absorción de agregado grueso (NTP 400.021 / ASTM C-127).....	28
2.3.5. Gravedad específica del agregado fino (NTP 400.022 / ASTM C-128).....	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	31
2.5. Procedimiento para recolectar agregados	31
CAPÍTULO III. RESULTADOS	35
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	39
REFERENCIAS	43
ANEXOS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Descripción de tipo y número de probetas.....	19
Tabla 02: Peso mínimo de la muestra de ensayo.....	22
Tabla 03: Peso mínimo de la muestra de ensayo.....	28
Tabla 04: Resumen de las propiedades del agregado (TMN = 3/4").....	35
Tabla 05: Resumen de la resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 días (probetas patrón).....	35
Tabla 06: Resumen de la resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 días (con reforzamiento externo de platinas de fibra de carbono).....	36
Tabla 07: Resumen de las propiedades del agregado (TMN = 3/4").....	46
Tabla 08: Asentamientos recomendados para diversos tipos de obra.....	47
Tabla 09: Concretos sin aire incorporado.....	47
Tabla 10: Concretos sin aire incorporado, % de aire.....	48
Tabla 11: Concretos sin aire incorporado, factor agua cemento.....	48
Tabla 12: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....	49

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 01: Resistencia a la compresión de probetas patrón.....	36
Gráfica 02: Resistencia a la compresión de probetas con reforzamiento externo de CFRP.....	37
Gráfica 03: Comparación de los datos máximos de resistencia a la compresión a los 7 días.....	37
Gráfica 04: Comparación de los datos máximos de resistencia a la compresión a los 14 días.....	38
Gráfica 05: Comparación de los datos máximos de resistencia a la compresión a los 14 días.....	38

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 01: Contenido de humedad	25
Ecuación 02: Volumen del recipiente.....	27
Ecuación 03: Densidad de los agregados.....	36
Ecuación 04: Gravedad específica.....	31

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo demostrar la influencia que tiene la fibra de carbono como recubrimiento externo en el concreto. Para lo cual se realizaron los ensayos físico-mecánicos de los agregados y el diseño de mezclas, se elaboraron probetas de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzadas externamente con fibra de carbono y probetas sin reforzamiento para posteriormente someterlas a compresión axial. Pudiendo así, evaluar y comparar la resistencia a compresión entre las probetas reforzadas externamente con fibra de carbono y las probetas sin reforzamiento a los 7, 14 y 28 días de curado. De los resultados obtenidos, se determinó que las probetas con reforzamiento externo de platinas de fibra de carbono a los 7 días aumento en un 14.47 %, a los 14 días aumento en un 16.98 % y a los 28 días aumento en un 30.95 %, demostrando así un aumento de resistencia en comparación con las probetas de concreto sin reforzamiento.

Palabras clave: Resistencia, compresión, concreto, agregados, especificaciones, diseño de mezclas, probetas, fibra de carbono.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad los nuevos materiales en la construcción están revolucionando el sistema de la construcción, como tal uno de ellos es la fibra de carbono el cual es un polímero que se obtiene al calentar sucesivamente a altas temperaturas -hasta $1500 \text{ }^\circ\text{C}$ - otro polímero llamado poliacrilonitrilo. Este proceso de recalentamiento da lugar a la formación de unas cintas perfectamente alineadas de casi carbono puro en su forma de grafito, por ello su nombre de fibras de carbono. Aunque en el país se viene aplicando el uso de esta fibra desde hace 10 años, no es una novedad, pues en el mundo se utiliza este material desde hace más de 40. (Tantaleán, 2014)

Además las estructuras de concreto pueden presentar insuficiencias, ya sea por construcciones deficientes, deterioro del concreto, corrosión del acero de refuerzo, cambios en la funcionalidad de su estructura o aumento de las cargas estimadas en su diseño; en caso extremo, porque han llegado al final de su ciclo de servicio, generando un factor de riesgo al ser estructuras antiguas que requieren rehabilitación. (Flores, 2013).

La fibra de carbono es un tejido de alta resistencia, duradero y flexible. Una de sus características más resaltantes es su peso ligero y gracias a esto se ha convertido en un material vanguardista en la construcción.

Además en los últimos años con la idea de mejorar la resistencia de los elementos estructurales han surgido diversas alternativas que nos permitan reforzarlos, una de estas alternativas es la fibra de carbono, ya que gracias a sus características, nos permite mejorar las características y propiedades de los elementos estructurales.

De acuerdo con Askeland y Phulé (2003) y Saxena (2000), los materiales compuestos son el resultado de una mezcla de dos materiales diferentes con el propósito de obtener en un solo material, con mejores características de los usados para su construcción.

El reforzamiento con fibras de carbono, consiste en incorporar en la estructura fibras de alta resistencia y una matriz, tal que ambas conserven su integridad física e identidades químicas (Mallick, 2008).

La necesidad de utilizar materiales cada vez más ligeros y a la vez más resistentes en ciertas aplicaciones como es el caso de la industria del transporte, ha provocado el requerimiento de nuevos materiales que sean capaces de trabajar bajo fuertes condiciones de esfuerzo tal y como lo indica Kopeliovich (2009).

El reforzamiento es una acción que permite aumentar la capacidad de resistencia mecánica de una parte de la estructura o de la estructura completa (Rosero, 2013).

En ciertas ocasiones se determina que la estructura requiere aumentar su resistencia en función de las demandas reales. En otras ocasiones, las estructuras se someten a eventos excepcionales que provocan daños que deben ser reparados urgentemente. Hay un tipo de reparación que restituye las características de resistencia original de la estructura, pero por limitaciones económicas los dueños deciden elegir reparaciones cosméticas y superficiales, que permiten ver superficialmente la estructura en buen

estado, pero desde el punto de vista mecánico, la estructura continúa con daños. (Moncayo y Rodríguez, 2011).

En las últimas décadas, la aplicación de compuestos de fibra de carbono para el refuerzo de estructuras, empieza a ser una alternativa de refuerzo común y sus propiedades conseguidas pueden ser superiores por la mayor resistencia mecánica y a la corrosión. Son importantes también sus características de ligereza y rapidez, además de los ahorros obtenidos en el proceso total del refuerzo (Gómez, 2003).

En el área de fibra de carbono en la construcción hay actualmente dos líneas de trabajo: reparaciones e implantación en obra: La implantación en la obra civil está avanzando más despacio que la utilización en reparaciones debido al bajo coste de los materiales tradicionales, a la limitación de procesos de fabricación de estructuras de materiales compuestos y al conservadurismo de las normativas de edificación y obra civil en todos los países industrializados. Sin embargo, los tres asuntos mencionados están siendo abordados con eficiencia. (Vete 2011)

El uso de los materiales compuestos o polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP) para el reforzamiento a flexión de elementos estructurales es una técnica empleada en numerosos países. Su utilización en la rehabilitación de elementos de concreto armado ofrece numerosas ventajas cuando el elemento reúne las cualidades necesarias para llevar a cabo el reforzamiento. (Alfonso y Gonzáles, 2011)

El reforzamiento de los elementos estructurales es un caso muy conocido en la construcción civil, por esto se están generando nuevas alternativas para cubrir esta necesidad; la aplicación de la fibra de carbono en el concreto es una opción muy eficaz,

dado que por las características de este material, el impacto que tiene al ser usado como reforzamiento externo es muy considerable.

Tataje (2011) en la tesis “Comportamiento de vigas de concreto armado reforzadas externamente con platinas de fibra de carbono” en donde estudio el comportamiento de la interfase entre el concreto y la platina de Polímero reforzado con fibra (FRP) concluyo que el uso de platinas o láminas de fibra de carbono FRP para el reforzamiento o rehabilitación de estructuras de concreto armado ha ganado un aceptación generalizada, gracias a las investigaciones que se vienen realizando en esa materia en los últimos años alrededor del mundo; sin embargo el aumento significativo de la resistencia que puede ser alcanzada por la aplicación por adherencia de estos materiales es limitado por algunas fallas prematuras que involucran el desprendimiento de este refuerzo externo del sustrato de concreto.

Moncayo y Rodríguez (2016) en el estudio “Las fibras de carbono como una alternativa para reforzamiento de estructura” en donde investigaron la conformación, descubrimientos y en que se puede utilizar la fibra de carbono concluyeron que muchas estructuras por haber superado su vida útil o haber sobrepasado un evento catastrófico requieren de una intervención para restaurar su capacidad. El objetivo es dar seguridad para que la estructura pueda superar con solvencia cualquier demanda de fuerza excepcional que se pueda provocar. Una forma muy moderna y práctica de restaurar la capacidad de una estructura es la fibra de carbono ya que este material ofrece características excelentes para la asimilación de esfuerzos y es poco vulnerable a ataques externos. La fibra de carbono fue patentada hace casi 200 años pero su uso se populariza a partir de los años ochenta, donde se utiliza en automóviles, naves espaciales y en la construcción. La fibra de carbono es 10 veces más resistente que el

acero, ya que puede alcanzar una pureza de hasta el 99% de carbono. Una tela de fibra de carbono puede llegar a tener hasta 400,000 hilos más delgados que un cabello humano que se unen para generar su gran resistencia. En la construcción, utilizar fibra de carbono, actualmente, es caro en comparación con otros materiales pero ofrece beneficios superiores que cualquier otro.

Pineda (2013) en su tesis “Refuerzo de elementos estructurales con hormigones de fibras o solo fibra” en donde investigo y analizo ensayos con laminados de con fibras de carbono adheridos a elementos estructurales concluyo que en general todas las fibras producen una mejora en el hormigón, además de que a fibra de carbono es un elemento muy liviano, lo cual facilita la colocación de los medios auxiliares y la puesta en obra.

Cemento: Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.047 el cemento es, una mezcla de calizas y arcillas pulverizadas a grandes temperaturas, con adición de yeso que, al entrar en contacto con el agua, desarrolla la capacidad de unir fragmentos de grava y arena, para formar un sólido único o piedra artificial, conocida con el nombre de concreto hidráulico.

Concreto: Conde (2002) sostiene que el concreto reforzado es el material compuesto más usado en la industria de la construcción. Este material combina las propiedades básicas de resistencia del concreto (compresión) con las del acero de refuerzo (tensión). Su durabilidad y comportamiento dependen del proporcionamiento de sus constituyentes, de su fabricación, del medio ambiente y de los agentes químicos que inducen a la corrosión del acero, entre otros.

Agregados: Llamados también áridos, los cuales constituyen entre el 70% al 75% del volumen total de cualquier mezcla típica de concreto: Se definen como un conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la Norma Técnica Peruana 400.011 o la norma ASTM C 33.

A. Agregado fino: Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200); además de cumplir con los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33.

B. Agregado grueso: Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) y cumple los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C 33. El agregado grueso podrá consistir de grava o piedra partida de origen natural o artificial. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial.

C. Arena: La norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, define a la arena como el agregado fino proveniente de la desintegración natural de las rocas. También se define la arena como el conjunto de partículas o granos de rocas, reducidas por fenómenos mecánicos, naturales acumulados por los ríos y corrientes acuíferas en estratos aluviales y médanos o que se forman en in-situ por descomposición; o el conjunto de piedras producidas por acción mecánica artificial, las primeras son las arenas naturales; y las segundas, las arenas artificiales.

Polímero: Brescia (1977) investigo que los polímeros, provienen de las palabras griegas Poly y Mers, que significa muchas partes, son grandes moléculas o macromoléculas formadas por la unión de muchas pequeñas moléculas: sustancias de mayor masa molecular entre dos de la misma composición química, resultante del proceso de la polimerización.

Fibra de carbono: Vete (2001) investigo que las fibras de carbono fueron utilizadas por Edison en el siglo XIX como filamentos para bombillas. La investigación que dio como resultado el uso de estas fibras en los materiales compuestos modernos, se atribuye a los trabajos de principios de los años sesenta de Shindo en Japón, Watt en Inglaterra y Bacon y Singer en los Estados Unidos. Aunque se ha investigado una gran cantidad de materiales como precursores de esta fibra, el poliacrilonitrilo (PAN), una mesofase del alquitrán ("pitch") y la celulosa (en orden decreciente de uso actual), son los tres precursores que actualmente se utilizan para su fabricación. Las fibras que están basadas en el PAN tienen diámetros que oscilan entre las 5 y 7 μm , y aquellas cuyo precursor es el alquitrán están entre las 10 y 12 μm .

Además el poliacrilonitrilo es el precursor más común utilizado actualmente para obtener fibras de carbono, y generalmente no es PAN al 100%. Normalmente, es un copolímero que contiene metil acrilato, metil metacrilato, vinil acetato, ácido itacónico, o cloruro de vinilo. El PAN (o su copolímero) es hilado utilizando la técnica de hilado húmedo (la técnica de hilado fundido se ha desarrollado también para el hilado del PAN).

La fibra de carbono en la construcción: Vete (2001) considera que en la construcción hay dos líneas de trabajo: reparaciones e implantación en obra. Edificios y sobretodo puentes en todo el mundo son reparados con fibra de carbono de forma muy eficiente frente a las técnicas tradicionales. Las láminas metálicas adheridas al hormigón mediante resina de epoxi se utilizan desde hace cuarenta años. Sin embargo, la lámina metálica presenta serios problemas como se indicará a lo largo del artículo.

Escobar (2008) informa que por diversas razones se necesita rehabilitar, reparar y reforzar las estructuras de concreto armado, entre las causas más usuales podemos citar: Defectos constructivos, cambio de uso, incremento de sobrecargas, cargas no previstas, adecuación sísmica, etc.

Una de las técnicas que se viene empleando a nivel mundial desde la década del 80 para realizar el reforzamiento de estructuras de concreto es mediante el uso de las fibras de carbono, que trabajan adheridas a los elementos estructurales, este sistema es denominado FRP (Fiber Reinforced Polimer).

Aplicación de la fibra de carbono en elementos estructurales.

a) Aplicación en vigas: Tantaleán (2014) investigo que al aplicarse en vigas, el sistema FRP incrementa sensitivamente la capacidad de resistencia a la flexión y al corte en estos elementos. La resistencia adicional es tal, que una viga agrietada por las cargas a las que ha sido sometida, reforzada de extremo a extremo posteriormente con este sistema, puede llegar a superar su capacidad de carga adicional.

Al aplicar este sistema en la cara del fondo de la viga, en su longitud, incrementamos su resistencia a la flexión, controlando mejor su deflexión, mientras que si se aplica en las caras laterales, incrementamos su resistencia al corte.

- b) Aplicación en muros de concreto o albañilería:** Tantaleán (2014) concluyo que el uso de este sistema en muros de concreto o de albañilería ayuda a absorber las cargas de compresión o laterales (flexión) que se puedan presentar. Se puede usar en placas, muros de sostenimiento, paredes cilíndricas de los reservorios, cajas de ascensor, estructuras industriales sujetas a posibles presiones de explosiones, etc.
- c) Aplicación en columnas:** Tantaleán (2014) concluyo que una de sus aplicaciones más usuales consiste en incrementar la resistencia a la flexión y dotar de mayor confinamiento a las columnas. Este es un sistema de bajo costo en comparación a tener que agrandar la sección de la columna, con la consiguiente pérdida de la apariencia arquitectónica original. Una vez reforzada y recubierta la columna, el cambio en la apariencia es nulo, pero muy significativo en resistencia.
- d) Aplicación en losas:** Tantaleán (2014) investigo que al aplicar este sistema de reforzamiento en losas aligeradas o macizas armadas en una o dos direcciones, las cargas de servicio pueden ser sustancialmente incrementadas, manteniendo un control de su deflexión. Otras estructuras que pueden ser reforzadas son tableros de puentes, losas de piso de concreto, losas de estacionamiento, losas industriales, etc.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la resistencia a compresión axial de probetas de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, reforzadas externamente con platinas de fibra de carbono?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la resistencia a compresión de probetas de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, reforzadas externamente con platinas de fibra de carbono.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físicas y granulométricas de los agregados de la cantera Rio Chonta – Baños del Inca
- ✓ Realizar un diseño de mezclas de concreto (ACI-211), utilizando agregados de la cantera Rio Chonta – Baños del Inca.
- ✓ Evaluar la resistencia a compresión de probetas de concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sin reforzamiento externo.
- ✓ Realizar la comparación de probetas de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzadas externamente con platinas de fibra de carbono sometidas a compresión axial con las probetas sin reforzamiento externo.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

“La resistencia a compresión axial del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ reforzado externamente con platinas de carbono aumenta entre 10% a 30%”

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Es una investigación cuasi experimental, por lo cual se realizó el estudio de resistencia a compresión de probetas de concreto reforzadas externamente con platinas de fibra de carbono.

2.2. Población y muestra

La muestra es de 36 unidades de probetas de concreto. De acuerdo a la NTP 339.183 (2003) en el ítem 5.5. “El número mínimo de especímenes elaborados es de tres (03) especímenes para cada edad”, los cuales son descritos a continuación:

Tabla 01

Descripción de tipo y número de probetas.

Tipo de Probeta	7 días	14 días	28 días	Total
Patrón de diseño	6	6	6	18
Con Reforzamiento	6	6	6	18

El motivo por el cual se usó este material, es aprovechar algunas de sus propiedades, como su alta resistencia o su baja densidad, además de ser resistente a la corrosión.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

Los materiales que se utilizaron fueron:

- ✓ Agregados de la cantera Río Chonta – Baños del Inca.
- ✓ Cemento Portland tipo I.
- ✓ Platinas de Fibra de Carbono.
- ✓ Pegamento de tuberías.
- ✓ Agua.

Los instrumentos que se utilizaron fueron:

- ✓ Balanza electrónica.
- ✓ Balanza, capacidad de 80 Kgf y 30 Kgf
- ✓ Pala o cucharón metálico de mano.
- ✓ Juego de Tamices (ensayo de granulometría NTP 400.012).
- ✓ Horno o estufa de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ (ensayo de contenido de humedad NTP 339.185).
- ✓ Recipientes o taras.
- ✓ Cámara de Video y Fotografía
- ✓ Varilla compactadora de acero cilíndrica y punta semiesférica.
- ✓ Moldes cilíndricos de metal (ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034).
- ✓ Cono de Abrams (ensayo de asentamiento NTP 339.184).
- ✓ Bandeja de metal (ensayo de contenido de humedad NTP 339.185).
- ✓ Pozo de Curado para Probetas.
- ✓ Fiola de 500 ml (ensayo de peso específico agregado fino NTP 400.022).
- ✓ Cesta con malla de alambre (ensayo de peso específico agregado grueso NTP 400.021).
- ✓ Depósito para agua.

Los ensayos realizados fueron los siguientes:

2.3.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012 / ASTM C-136).

La granulometría describe la distribución de tamaños de las partículas de los agregados. Se dice que el agregado al tener mayor tamaño son más económicos ya que requieren menos aglomerante. Los resultados del análisis granulométrico se describen mediante los porcentajes acumulados de agregados que pasan a través de, o que son retenidos por un tamaño de tamiz específico.

El ensayo consiste en separar a través de una serie de tamices, una muestra de agregado seco y de masa conocida. Los tamices van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de partículas.

Material

- Muestra seca a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- La muestra se obtiene por medio de cuarteo. El agregado debe estar completamente mezclado y tener humedad suficiente para evitar segregación y pérdida de finos.
- Agregado Fino, las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300gr (se utilizó 900 gr).

- Agregado Grueso, las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente los siguientes pesos:

Tabla 02

Peso mínimo de la muestra de ensayo.

Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas (pulgadas)	Peso mínimo de la muestra de ensayo (kg)
3/8''	1
1/2''	2
3/4''	5
1''	10
1 1/2''	15
2''	20
2 1/2''	35
3''	60
3 1/2''	100
4''	150
4 1/2''	200
5''	300
6''	500

Fuente: Protocolo de análisis granulométrico.

- Para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz N° 4 y preparada de acuerdo a lo descrito para agregados gruesos y finos respectivamente.
- Balanza, capacidad 80 Kgf y 30 Kgf.
- Horno de 50 Litros. Temperatura 100±5°C.
- Lapicero.
- Reloj o Cronometro.

- Cámara de video y fotografía.

Procedimiento

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Luego se pesa una muestra de 2000 gr para agregado fino y para agregado grueso una muestra de 5000 gr.
- Seleccionar tamices adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar, colocar los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura.
- Efectuar la operación de tamizado manual o por medio de un tamizador mecánico, durante un tiempo adecuado.
- Limitar la cantidad de material en un tamiz con el objetivo que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado.
- Continuar el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.
- Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.
- Se anotó los datos obtenidos, calculándose el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje que pasa y así determinar el módulo de finura del agregado fino.

Cálculo.

- Se calcula el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos sobre cada tamiz, aproximación al 0.1%
- Se calcula el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 μm (N° 100); 300 μm (N° 50); 600 μm (N° 30); 1.18 mm (N° 16); 2.36 mm (N° 8); 4.75 mm (N° 4); 9.5 mm (3/8"); 19.0 mm (3/4"); 37.5 mm (1 1/2 ") y mayores; incremento en la relación 2 a 1.

2.3.2. Contenido de humedad (NTP 339.185 / ASTM C-566)

El contenido de humedad de un material se usa para expresar las relaciones de fase del aire, agua y sólidos en un volumen de material dado. Como es posible obtener la humedad en casi todos los tipos de muestra, se utiliza con frecuencia para completar los diagramas de fase.

En un suelo fino (cohesivo), la consistencia depende de su humedad. La humedad de un suelo, junto con sus límites líquido y plástico se usa para expresar su consistencia relativa o índices de liquidez.

Material

- Muestra alterada extraída del estrato en estudio.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Balanza, capacidad 80 Kgf y 30 Kgf.
- Horno de 50 Litros. Temperatura $100 \pm 5^\circ\text{C}$.

- Lápiz.
- Reloj o Cronometro.
- Cámara de video y fotografía.

Procedimiento

- Hacer el muestreo y tomar una parte del material (Lo que especifica el ensayo)
- Colocar en recipientes medianos el material, mínimo 5 muestras.
- Pesar la muestra en estado natural. (De cada recipiente con el material y restarle el peso del recipiente) (Ph)
- Colocar en el horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, hasta peso constante (Ps) y determinar el peso seco de la muestra. (Tener misma consideración de la parte 3 para obtener el peso)
- Determinar el contenido de humedad.

Cálculo.

Para el cálculo de contenido de humedad total evaporable se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{W_w - W_s}{W_s} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

%H = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje.

W_w = Masa de la muestra húmeda original en gramos.

W_s = Masa de la muestra seca en gramos.

2.3.3. Densidad de los agregados (NTP 400.017 / ASTM C-29)

Este ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se utiliza para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto.

Equipo

- Balanza con aproximación a 0.05 kg y con exactitud de 0.1% del peso de la muestra.
- Varilla compactadora de acero cilíndrica y punta semiesférica.
- Moldes de medida, cilíndricos y metálicos.
- Pala o cucharón metálico de mano.

Procedimiento

- **Método del apisonado (T.M.N menor a 1 ½") – Densidad compactada**
 - ✓ El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo; cada una de las capas se nivela con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Al apisonar la primera, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente, al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.
 - ✓ Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno en kilogramos.

- **Método de llenado con cucharón de mano (densidad del agregado suelto)**
 - ✓ Se llena el recipiente por medio de una herramienta (pala o cucharón de mano), de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm, por encima del borde hasta colmarlo, el agregado sobrante se elimina con una regla.
 - ✓ Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05 kg.

Cálculo.

Para el cálculo del peso unitario suelto o compactado se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$Vr = \frac{\pi(\phi^2)h}{4} \dots\dots\dots (2)$$

$$PUSS = \frac{Prm-Prv}{Vr} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

Prv=Peso del recipiente vacío.

Prm=Peso del recipiente mas la muestra.

Vr=Volumen del recipiente.

h=Profundidad del recipiente.

ϕ =Diámetro del recipiente.

2.3.4. Gravedad y absorción de agregado grueso (NTP 400.021 / ASTM C-127)

Este ensayo se aplica para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores en el cálculo y corrección de diseños de mezclas.

Material

- Material retenido en la malla N° 4 y lavado para remover el polvo e impurezas superficiales.
- El peso mínimo de la muestra de ensayo que será usado será:

Tabla 03

Peso mínimo de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal (pulgadas)	Peso mínimo de la muestra de ensayo (kg)
1/2''	2
3/4''	3
1''	4
1 1/2''	5
2''	8
2 1/2''	12
3''	18
3 1/2''	25
4''	40
4 1/2''	50
5''	75
6''	125

Fuente: Protocolo de análisis granulométrico.

Equipo

- Balanza sensible a 0.5gr y con capacidad de 5000 gr o más.
- Cesta con malla de alambre, abertura correspondiente al tamiz N° 6
- Depósito de agua, para sumergir la cesta de alambre y un dispositivo para suspenderla del centro en la escala de la balanza.
- Tamiz N° 4, para separar agregados gruesos de finos.
- Estufa capaz de mantener una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Procedimiento

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, ventilar en lugar fresco a temperatura ambiente hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto. Sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por 24 horas.
- Cuando los valores de peso específico y la absorción van a ser usados en proporcionamiento de mezclas de concreto en los cuales los agregados van a ser usados en condición natural de humedad, el requerimiento inicial de secado a peso constante puede ser eliminado y si las superficies de las partículas de la muestra van a ser mantenidas continuamente húmedas antes del ensayo, el remojo de 24 horas puede ser eliminado.
- Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación

durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturado superficialmente seca.

- Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1.7 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Se sacudió mientras se sumergía para remover el aire atrapado.
- Secar la muestra hasta peso constante a una temperatura de $100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ y se deja enfriar hasta temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h o a una temperatura adecuada para el tacto y se pesa.
- Se anotó todos los pesos con aproximación de 0.1 gr.

2.3.5. Gravedad específica del agregado fino (NTP 400.022 / ASTM C-128).

Material

- Muestra seca menor que la malla N° 4.
- Agua.

Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Fiola de 500 ml.
- Bomba de vacíos.

Procedimiento

- Identificación de la muestra (A).
- Pesar la muestra seca (aproximadamente 80 a 100 gr) (B).
- Llenar la fiola con agua hasta la marca de 500 ml y pesar (C).

- Colocar la muestra seca ya pesada en la fiola vacía y, verter agua hasta cubrir la muestra, agitar, luego conectar a la bomba de vacíos durante 15 minutos de tal manera que las burbujas de aire sean extraídas (D).
- Retirar la fiola de la bomba de vacíos, inmediatamente agregar agua hasta la marca de 500 ml y pesar (E).
- Determinar el peso específico (F)

$$\gamma_s = \frac{W_s(B)}{W_s(D)+W_f w(C)-W_f w_s(E)} \dots\dots\dots (4)$$

- Determinar el peso específico promedio (G).

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

El procesamiento de la información se efectuó de forma manual. La técnica que se utilizó para el desarrollo adecuado de la tesis con fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados fue la observación visual.

Los instrumentos de recolección de datos fueron los protocolos del laboratorio de concreto UPNC.

Los análisis de los datos obtenidos en laboratorio fueron realizados utilizando la estadística, utilizando como herramienta una hoja Excel, para obtener las propiedades de los agregados, llevando a cabo el correcto diseño de mezclas, para luego realizar las gráficas de esfuerzo - deformación de las probetas de concreto ensayadas en la máquina de compresión hidráulica, realizando posteriormente un análisis comparativo de los resultados, expresados en cuadros comparativos y gráficas.

2.5. Procedimiento para recolectar agregados

- ✓ La ubicación de la cantera, ubicada en Baños del Inca - Cajamarca, es obtenida mediante el programa Google Earth, la cual tiene las siguientes coordenadas:

Coordenadas geográficas:

- Latitud : $7^\circ 9'47.31''\text{S}$
- Longitud : $78^\circ 28'0.27''\text{O}$

Coordenadas UTM:

- Norte : 9207548
- Este : 779635
- UTM : 17M

Luego se describen los pasos de las actividades realizadas para desarrollar la investigación, dichos pasos son descritos a continuación:

1. Primer paso: Se recolectan muestras de la cantera del río Chonta, ubicada en Baños del Inca, realizando un cuarteo de los agregados para luego seleccionarlos, con los materiales obtenidos se determinara sus propiedades físico – mecánicas de los agregados en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Privada del Norte.

2. Segundo paso: Se realiza la compra de las platinas de fibra de carbono.

3. Tercer paso: Se realizan los ensayos descritos a continuación:

- ✓ Se determina la granulometría (análisis granulométrico) del agregado fino y grueso según la NTP 400.012 / ASTM C-136.

- ✓ Se determina el contenido de humedad del agregado fino y grueso según la NTP 339.185 / ASTM C-566.
 - ✓ Se determinó densidad del agregado fino y grueso según la NTP 400.017 / ASTM C-29.
 - ✓ Se determina el gravedad específica del agregado grueso según la NTP 400.021 / ASTM C-127.
 - ✓ Se determina el gravedad específica del agregado fino según la NTP 400.022 / ASTM C-128.
 - ✓ Se verifica que los agregados cumplan con las especificaciones normalizadas para agregados en hormigón según la NTP 400.037 / ASTM C-33.
- 4. Cuarto paso:** Determinadas las propiedades físico – mecánicas de los agregados, se procede a realizar el diseño de mezclas patrón de resistencia $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, usando el método del comité ACI 211.
- 5. Quinto paso:** Se procede a elaborar los especímenes de concreto (18 testigos patrón, y 18 testigos). Luego se desencofraron los testigos a las 24 horas de haber sido realizados, los cuales fueron curados en una poza a temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.
- 6. Sexto paso:** Se recubren a la mitad de la población de probetas con platinas de fibra de carbono, las cuales se adhieren con pegamento de tubería de agua caliente; es recomendable utilizar el sistema epóxico de adherencia; pero en este caso se utilizó el pegamento ya antes mencionado por motivo de costos.

7. Séptimo paso: Los especímenes se retiran de la poza de curado, para luego ser ensayadas en la máquina de compresión axial (según norma NTP 339.034 / ASTM C39); a la edad de 7 días, 14 días y 28 días según lo establece la norma.

Se utilizaron los protocolos brindados por la UPN - Cajamarca, llevando los datos a un computador, para posteriormente realizar el trabajo en gabinete, para lo cual, los datos obtenidos en laboratorio se ordenaron y analizaron mediante hojas de cálculo y gráficos comparativos. Estos resultados fueron analizados teniendo en consideración las normas técnicas peruanas (N.T.P) de concreto y de agregados vigentes.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo se presentan cuadros resumen de las propiedades de los agregados y de las resistencias a la compresión de testigos cilíndricos, obtenidos en el laboratorio de suelos y tecnología del concreto, siendo estos:

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS:

Tabla 04

Resumen de propiedades del agregado (TMN = 3/4'').

Agregados : Características	<u>A. FINO</u>	<u>A. GRUESO</u>
Densidad seca y compactada	1843.64 kg/m ³	1450.59 kg/m ³
Gravedad específica seca	2460.63 kg/cm ³	2582.91 kg/cm ³
Módulo de finura	2.82	---
Contenido de Humedad	2.38 %	1.85 %
Absorción %	2.65%	2.36%
T.M.N	---	3/4"

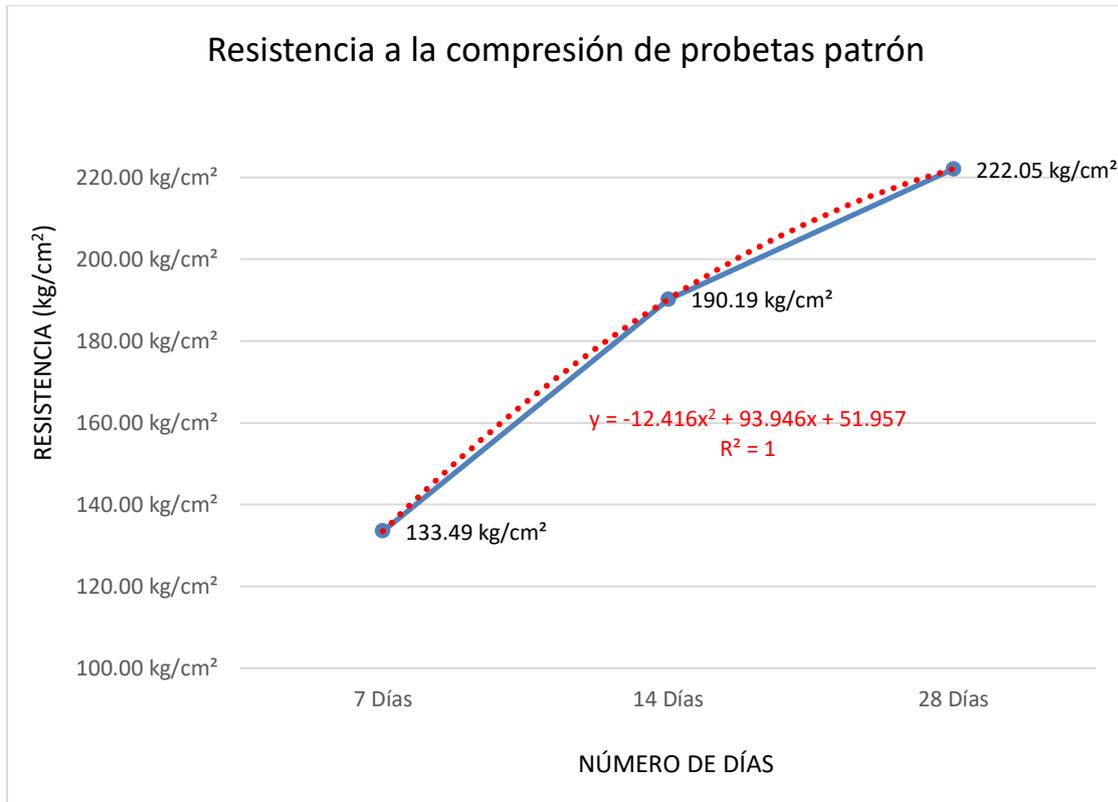
RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PROBETAS PATRÓN:

Tabla 05

Resumen de resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días (probetas patrón).

Días de curado	7 Días	14 Días	28 Días)
Esfuerzo	135.88 kg/cm ²	186.22 kg/cm ²	225.31 kg/cm ²
	137.27 kg/cm ²	193.65 kg/cm ²	220.47 kg/cm ²
	130.14 kg/cm ²	186.81 kg/cm ²	208.31 kg/cm ²
	133.22 kg/cm ²	192.50 kg/cm ²	215.81 kg/cm ²
	142.56 kg/cm ²	188.61 kg/cm ²	226.42 kg/cm ²
	121.91 kg/cm ²	193.32 kg/cm ²	235.99 kg/cm ²
Promedio	133.50 kg/cm²	190.18 kg/cm²	222.10 kg/cm²

Gráfica 01: Resistencia a la compresión de probetas patrón.



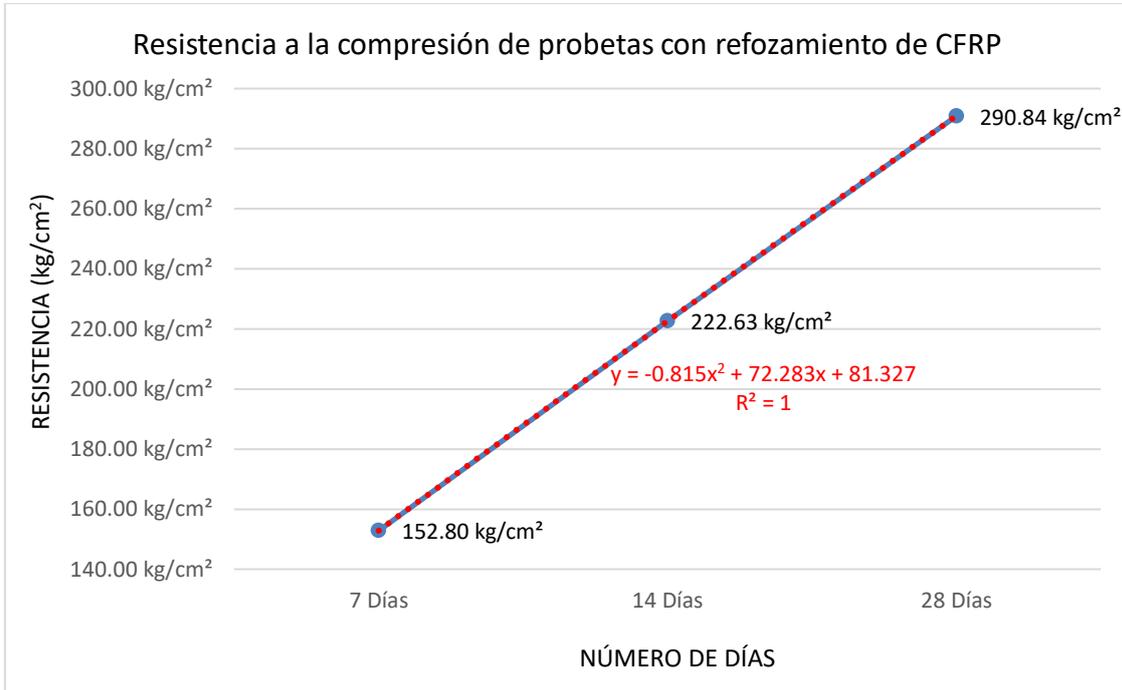
RESUMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, PROBETAS CON REFORZAMIENTO EXTERNO DE PLATINA DE FIBRA DE CARBONO:

Tabla 06

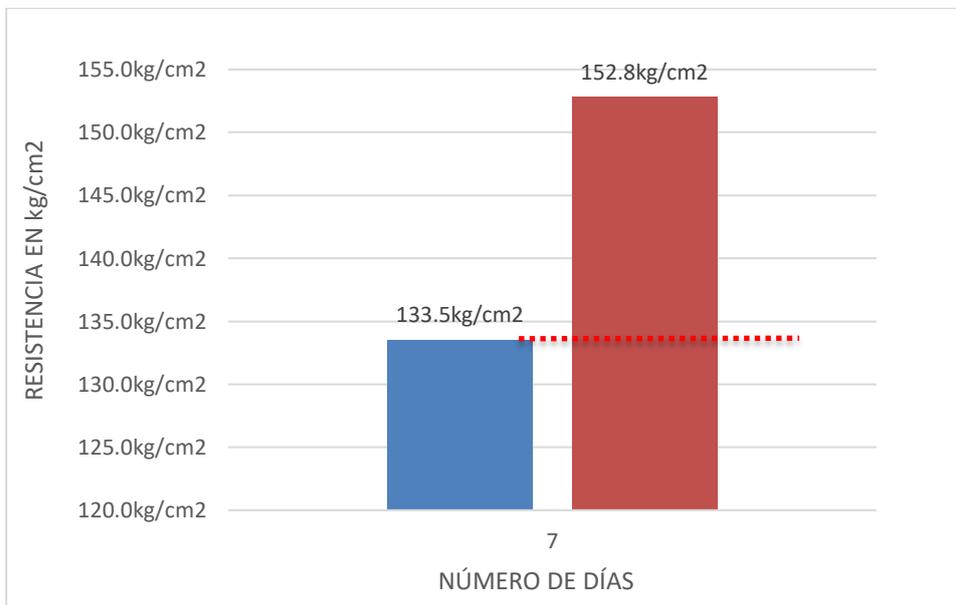
Resumen de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días (con reforzamiento externo de platinas de fibra de carbono).

Días de curado	7 Días (CFRP)	14 Días (CFRP)	28 Días (CFRP)
Esfuerzo	150.34 kg/cm ²	216.60 kg/cm ²	302.58 kg/cm ²
	154.01 kg/cm ²	219.45 kg/cm ²	284.43 kg/cm ²
	147.23 kg/cm ²	226.44 kg/cm ²	275.53 kg/cm ²
	152.70 kg/cm ²	228.50 kg/cm ²	288.17 kg/cm ²
	153.16 kg/cm ²	222.26 kg/cm ²	294.90 kg/cm ²
	159.33 kg/cm ²	221.55 kg/cm ²	299.44 kg/cm ²
Promedio	152.80 kg/cm²	222.50 kg/cm²	290.84 kg/cm²

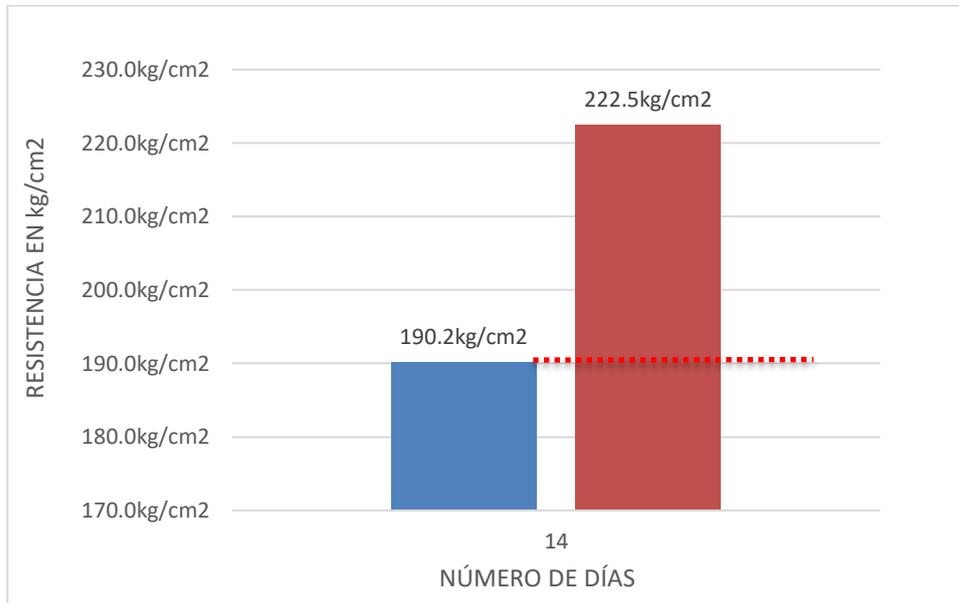
Gráfica 02: Resistencia a la compresión de probetas con reforzamiento externo de CFRP.



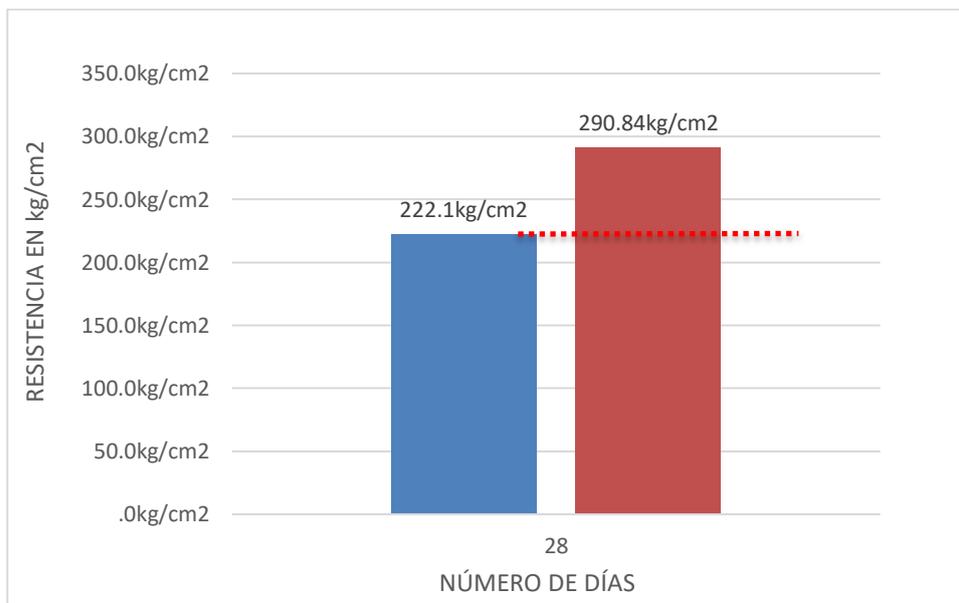
Gráfica 03: Comparación de los datos máximos de resistencia a la compresión a los 7 días.



Gráfica 04: Comparación de los datos máximos de resistencia a la compresión a los 14 días.



Gráfica 05: Comparación de los datos máximos de resistencia a la compresión a los 28 días.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Se analizó las propiedades físico - mecánicas de los agregados gruesos y finos, así como los resultados obtenidos al realizar los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas elaboradas.

De acuerdo a los análisis físico – mecánicas de los agregados obtenidos de la cantera “Roca Fuerte” ubicada en el Río Chonta – Baños del Inca, los resultados obtenidos están dentro de lo aceptable según la normal N.T.P. 400.037/ASTM C33, teniendo las siguientes propiedades.

Discusión de resultados de la resistencia del concreto diseñado:

- ✓ Al realizar la comparación de las probetas patrón de 7 días con las probetas reforzadas externamente con fibra de carbono de la misma edad, se pudo apreciar mediante las gráficas un aumento de resistencia del 14.47%.
- ✓ Al realizar la comparación de las probetas patrón de 14 días con las probetas reforzadas externamente con fibra de carbono de la misma edad, se pudo apreciar mediante las gráficas un aumento de resistencia del 16.98%.
- ✓ Al realizar la comparación de las probetas patrón de 28 días con las probetas reforzadas externamente con fibra de carbono de la misma edad, se pudo apreciar mediante las gráficas un aumento de resistencia del 30.95%.
- ✓ Para las probetas patrón se ha logrado determinar las resistencias máximas a los 7, 14 y 28 días, obteniendo 142.56 kg/cm^2 , 193.64 kg/cm^2 , 235.98 kg/cm^2 , respectivamente, alcanzando una mayor resistencia la de 28 días.

- ✓ La resistencia máxima de las probetas patrón de 7 días fue de 142.56 kg/cm^2 , que equivale al 65% de la resistencia máxima que fue diseñada, por lo que la resistencia estimada a los 28 días de esta probeta sería de 219.32 kg/cm^2 .
- ✓ La resistencia máxima de las probetas patrón de 14 días fue de 193.64 kg/cm^2 , que equivale al 90% de la resistencia máxima que fue diseñada, por lo que la resistencia estimada a los 28 días de esta probeta sería de 215.16 kg/cm^2 .
- ✓ Al reforzar la probeta externamente con fibra de carbono se ha logrado determinar que la hipótesis cumple, dado que aumenta la resistencia del concreto en más del 10%.
- ✓ Según el estudio de Moncayo y Rodríguez (2016), mencionado y referenciado en los antecedentes, en donde indican que la utilización de la fibra de carbono es caro aunque es benéfico en comparación con otros materiales, esto se comprobó en los ensayos realizados, aunque tiene un costo elevado, aumenta en más del 10% la resistencia del concreto.
- ✓ Según la tesis de Pineda (2013), mencionado y referenciado en los antecedentes, en la cual indica que todas las fibras generan una mejora en el concreto, se reafirma esta conclusión, dado que al reforzar externamente el concreto con platinas de fibra de carbono, esta aumento en resistencia.
- ✓ Según la tesis de Tataje (2011), mencionado y referenciado en los antecedentes, indica que el aumento significativo de la resistencia puede estar también relacionado en la adherencia de la fibra de carbono, lo cual es cierto, al adicionar mejores elementos de adherencia la fibra se incorpora mejor, aumentando la resistencia del elemento.

- ✓ La fibra de carbono es un producto ciertamente costoso, pero su utilización siempre garantiza un aumento de resistencia en diversos elementos estructurales, sin embargo la colocación es más sencilla que el de otro tipo de reforzamientos, generando una reducción en los costos, que muchas veces puede ser factible en la ejecución de proyectos.
- ✓ Una consideración que se puede tener al momento de trabajar con la fibra de carbono, es la utilización de la norma ACI 440 – 2008, la cual nos habla sobre el diseño de estructuras de concreto reforzadas con fibra de carbono.
- ✓ Un consideración importante que se debe tener en cuenta cuando se realizan trabajos con fibra de carbono es la adherencia, ya que esta tiene una relación directa con la mejoras de las características del elemento a reforzar, por lo cual es mejor utilizar pegamentos epoxi o inclusive se puede utilizar el Sikadur, que es un adhesivo para unir elementos al concreto endurecido.

4.2 Conclusiones

1. Se concluyó, haciendo la comparativa de resultados obtenidos de las probetas patrón y las probetas reforzadas externamente con fibra de carbono que existe un aumento de resistencia de más de 10%.
2. De la comparación realizada entre las probetas de concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y las probetas reforzadas con fibra de carbono, el máximo porcentaje que aumento en la resistencia fue de un 30.95 %, habiendo obtenido una máxima resistencia de 302.58 kg/cm^2 .
3. De acuerdo al análisis de las propiedades físico – mecánicas de los agregados de la cantera Río Chonta – Baños del Inca, se obtiene de la norma N.T.P. 400.037/ASTM C33, que estos están dentro de lo aceptable, teniendo el agregado fino las siguientes propiedades: un módulo de finura de 2.32, un contenido de humedad de 2.38%, peso específico seco de 2397.15 Kg/m^3 , peso específico de masa saturada con superficie seca de 2460.63 Kg/m^3 , peso específico aparente de 2559.64 Kg/m^3 , absorción de 2.65 %, peso unitario suelto seco de 1727.1 Kg/m^3 , peso unitario compactado seco de 1823.64 Kg/m^3 . El agregado grueso tiene las siguientes propiedades: contenido de humedad de 1.85% para TMN $\frac{3}{4}$ '', peso específico seco de 2523.31 Kg/m^3 , peso específico de masa saturada con superficie seca de 2582.91 Kg/m^3 , peso específico aparente de 2693.24 Kg/m^3 , absorción de 2.36 %, peso unitario suelto seco de 1047.43 Kg/m^3 , peso unitario compactado seco de 1450.59 Kg/m^3 .
4. Se realizó el diseño de mezclas de acuerdo al método ACI, obteniendo como resultado la siguiente relación de mezcla: 1 : 2.12 : 2.49 + 24.01lt/bls.

REFERENCIAS

1. Arjona, R. P. (3 de Abril de 2014). WordPress. Obtenido de WordPress: <https://fibrassinteticasyespecialesraquel.wordpress.com/2014/04/03/2-2-5-fibra-de-carbono/>
2. Blandon, E. V. (2 de Agosto de 2016). Prezi. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/0lheke1w4eoy/ciclo-del-carbono/>
3. Cárdenas, G. Á. (1 de Abril de 2015). teconcreto. Obtenido de teconcreto: <http://teconcreto123.blogspot.pe/p/los-agregados.html>
4. Conde, I. J. (2002). Reforzamiento de elementos de concreto. REDALYC, 7-11.
5. Harmsen, T. E. (2005). Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Lima: Fondo Editorial.
6. López, E. R. (2013). Diseño de Mezclas. Lima: Fondo Editorial.
7. Martínez, J. M. (2014). Bioenergía: Fuentes, conversión y sustentabilidad. Bogotá: CYTED.
8. Moncayo Theurer, M., Rodriguez, J., Alcívar, López, Soriano, & Villacis. (2016). Las fibras de carbono como una alternativa para. redalyc, 7.
9. Riveros, A. A. (2011). USO DE FIBRAS DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO A FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO REFORZADO. USO DE FIBRAS DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO A FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO REFORZADO. Bogotá D.C., Colombia.
10. Tantaleán, L. F. (2014). Instituto de Desarrollo e Investigación Construir. Obtenido de IDIC: http://www.institutoconstruir.org/centrocivil/concreto%20armado/fibras_carbono.pdf
11. Flores L. (2013). "Fibras de carbono: Reforzamiento de estructuras" PUCP Civilizate, Vol 3, pp 46-48.
12. Askeland, D.R.; Phulé, P. (2003); Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4a. ed., Thomson, p. 115.
13. Alfonso, Mabel; González, Jorge. (2011); Estudio y Validación del reforzamiento de elementos de hormigón armado sometidos a flexión con fibras de carbono
14. Saxena, S.A. (2000); Ciencia y Diseño de Materiales para Ingeniería, 1º ed., CECSA, p. 13.
15. Venemedia. (2 de Marzo de 2015). ConceptoDefinicion. Obtenido de ConceptoDefinicion: <http://conceptodefinicion.de/concreto/>

16. Vete, A. M. (2001). *Hacia la fibra de carbono en la construcción . Materiales de Construcción*, 55-69.
17. Kopeliovich, D. (2009); *Carbon Fiber Reinforced Polymer Composites*, NCHRP Report, http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=carbon_fiber_reinforced_polymer_composites.
18. Rosero, L. 2013. *Reforzamiento de Estructuras de Hormigón Armado con FRP. Aplicación al caso de Refuerzo de una Losa y Columnas de un Salón de Audiovisuales y un Auditorio. Tesis de grado. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador.*
19. Gómez M., Sobrino J.. “Criterios de diseño para el refuerzo de estructuras con materiales compuestos con fibra de carbono.” *Revista de Ingeniería*, no 18, p. 85-99. 2003
20. Brescia, Frank. (1977). *Química*. Nueva Editorial Interamericana S.A. D.F. México. 654p.
21. Pineda, Sofía. (2013). “Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras” Madrid. España.
22. Tataje, Ricardo. (2011). “COMPORTAMIENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORZADAS EXTERNAMENTE CON PLATINAS DE FIBRAS DE CARBONO” Lima. Perú.
23. Escobar, William. (2008). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADAS CON FIBRA DE CARBONO*. Lima. Perú.
24. Mallick P.K. “Fiber-reinforced composites” 3ra edición, Michigan, E.E.U.U. CRC Pres, 2008, páginas 19-34
25. Norma Técnica Peruana NTP 400.012 (17 de junio de 2001) *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. INDECOPI. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI
26. Norma Técnica Peruana NTP 339.185 (17 de junio de 2001) *Contenido de humedad*. INDECOPI. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI
27. Norma Técnica Peruana NTP 400.017 (17 de junio de 2001) *Peso unitario*. INDECOPI. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI
28. Norma Técnica Peruana NTP 400.021 (17 de junio de 2001) *Peso específico y absorción de agregado grueso*. INDECOPI. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI
29. Norma Técnica Peruana NTP 400.022 (17 de junio de 2001) *Peso específico y absorción de agregado fino*. INDECOPI. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI

*30. Norma Técnica Peruana NTP 339.034 (17 de junio de 2001) Compresión de testigos
cilindricos de concreto. INDECOPI. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos
y Comerciales - INDECOPI*

ANEXOS

ANEXO 1. Diseño de mezclas.

Tabla 07

Resumen de propiedades del agregado (TMN = 3/4'').

Agregados : Características	<u>A. FINO</u>	<u>A. GRUESO</u>
Densidad seca y compactada	1843.64 kg/m ³	1450.59 kg/m ³
Gravedad específica seca	2460.63 kg/cm ³	2582.91 kg/cm ³
Módulo de finura	2.82	---
Contenido de Humedad	2.38 %	1.85 %
Absorción %	2.65%	2.36%
T.M.N	---	3/4"

1.- Selección de resistencia a compresión promedio requerida

$$f'_{cr} = f'_c + 84$$

$$\text{Por lo tanto } f'_{cr} = 294.00 \text{ kg/cm}^2$$

2.- Selección del tamaño del agregado grueso

$$\text{TMN} = 3/4''$$

3.- Selección del asentamiento

$$\text{SLUMP } 4'' - 1'' \text{ se escogerá } 3''$$

Tabla 08

Asentamientos recomendados para diversos tipos de obra.

Tipo de Construcción	Asentamiento	
	máximo	mínimo
Zapatas y muros de cimentación armadas	3"	1"
Cimentaciones simples, zapatas y sub. Estructuras.	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
concreto ciclópeo	2"	1"

4.- Selección del volumen unitario del agua de mezclado

Agua de mezclado = 205 lt

Tabla 09

Concretos sin aire incorporado.

	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-

Contenido de aire atrapado = 2.00 %

Tabla 10

Concretos sin aire incorporado, % de aire.

Tamaño máximo nominal	aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.20%
6"	0.30%

Según el TMN y el slump elegido para el diseño

5.- Selección de la relación A/C

5.1 - Por resistencia selección de la relación a/c

Tabla 11

Concretos sin aire incorporado, factor agua cemento.

F'cr 28 (días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-

De la tabla, se tiene:

$$\begin{array}{c}
 f'_{cr} \\
 \left. \begin{array}{c} 300.00 \\ 294.00 \\ 250.00 \end{array} \right\} 6.00 \\
 50.00 \left[\begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array} \right.
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{c}
 A/C \\
 \left. \begin{array}{c} 0.55 \\ A/C \\ 0.62 \end{array} \right\} 0.55 - A/C \\
 -0.07 \left[\begin{array}{c} \\ \\ \\ \end{array} \right.
 \end{array}$$

$$\frac{50.00}{-0.07} = \frac{6.00}{0.55 - A/C}$$

$$50 * A/C = 27.92$$

$$A/C = 0.56$$

5.2 - Selección de la relación $a/c = 0.56$

6.- Contenido de agregado grueso.

Tabla 12

Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por cada unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del fino.			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75

De la tabla, se tiene:

2.80	_____	0.62
2.815	_____	X
3.00	_____	0.60
	X =	0.6185

Contenido de agregado grueso = 897.189 kg/m^3

7.- Cálculo de volúmenes absolutos ($\times 1\text{m}^3$).

- Cemento = 0.119 m^3
- Agua = 0.205 m^3
- Aire = 0.020 m^3
- Agregado grueso = 0.347 m^3

Volumen total sin agregado fino = 0.691 m^3

- Agregado Fino = $1 - 0.691 \text{ m}^3$
- Agregado Fino = 0.309 m^3

En kg = 760.67 kg

8.- Valores de diseño sin corrección por humedad.

- Cemento = 367.38 kg/m^3
- Agua = 205.00 lt/m^3
- Aire = 0.020 m^3
- Agregado fino = 760.67 kg/m^3
- Agregado grueso = 897.19 kg/m^3

1	2.07	2.44
Cemento	A. fino	A. Grueso

9.- Corrección por humedad del agregado.

- Agregado fino

$$W\% = 2.38 \%$$

$$\text{Corrección} = 778.77 \text{ kg}$$

- Agregado grueso

$$W\% = 1.85 \%$$

$$\text{Corrección} = 913.79 \text{ kg}$$

9.- Corrección por aporte de agua.

Humedad (+)

Absorción (-)

- Agregado fino: -0.27% (se agrega)

$$= 760.67 \text{ kg/m}^3 * -0.27\% = -2.05$$

- Agregado grueso: -0.51% (se agrega)

$$= 897.19 \text{ kg/m}^3 * -0.51\% = -0.46$$

- Agua efectiva = 205 + 2.05 + 0.46 = 207.51 lt/m³

10.- Materiales corregidos.

$$\text{- Cemento} = 367.38 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- Agregado fino} = 778.77 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- Agregado grueso} = 913.79 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{- Agua efectiva} = 207.51 \text{ lt/m}^3$$

1	2.12	2.49	+ 24.01lt/bls
Cemento	A. fino	A. Grueso	

11.- Materiales requeridos por probeta, considerando 15% de desperdicio.

- Cemento = 1.95 kg
- Agregado fino = 4.14 kg
- Agregado grueso = 4.85 kg
- Agua efectiva = 1.10 lt/m^3

* Con desperdicios

- Cemento = 2.25 kg
- Agregado fino = 4.76 kg
- Agregado grueso = 5.59 kg
- Agua efectiva = 1.26 lt/m^3

ANEXO 2. Croquis de ubicación de la cantera.



ANEXO 3. Fotografías.

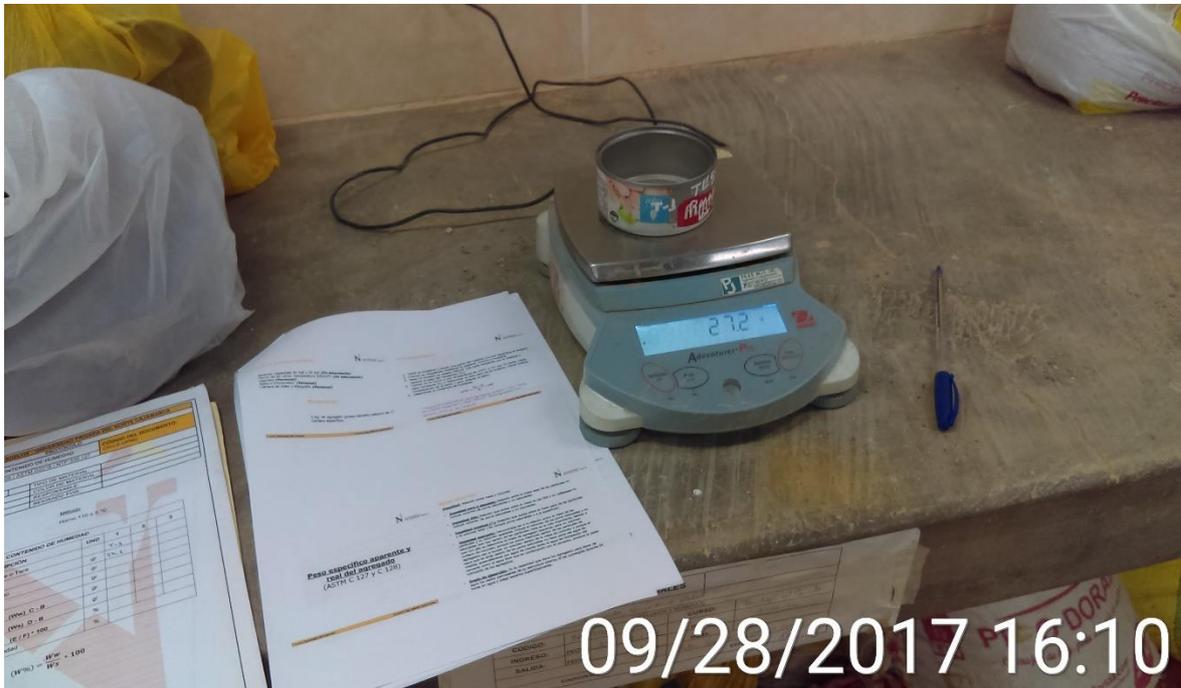
Fotografía 1. Material obtenido.



Fotografía 2. Preparación para el cuarto del Material.



Fotografía 3. Peso de Taras para ensayo de Contenido de Humedad.



Fotografía 4. Peso de Taras para ensayo de Contenido de Humedad.



Fotografía 5. Colocación de Material en el Horno.



Fotografía 6. Recolección de Datos.



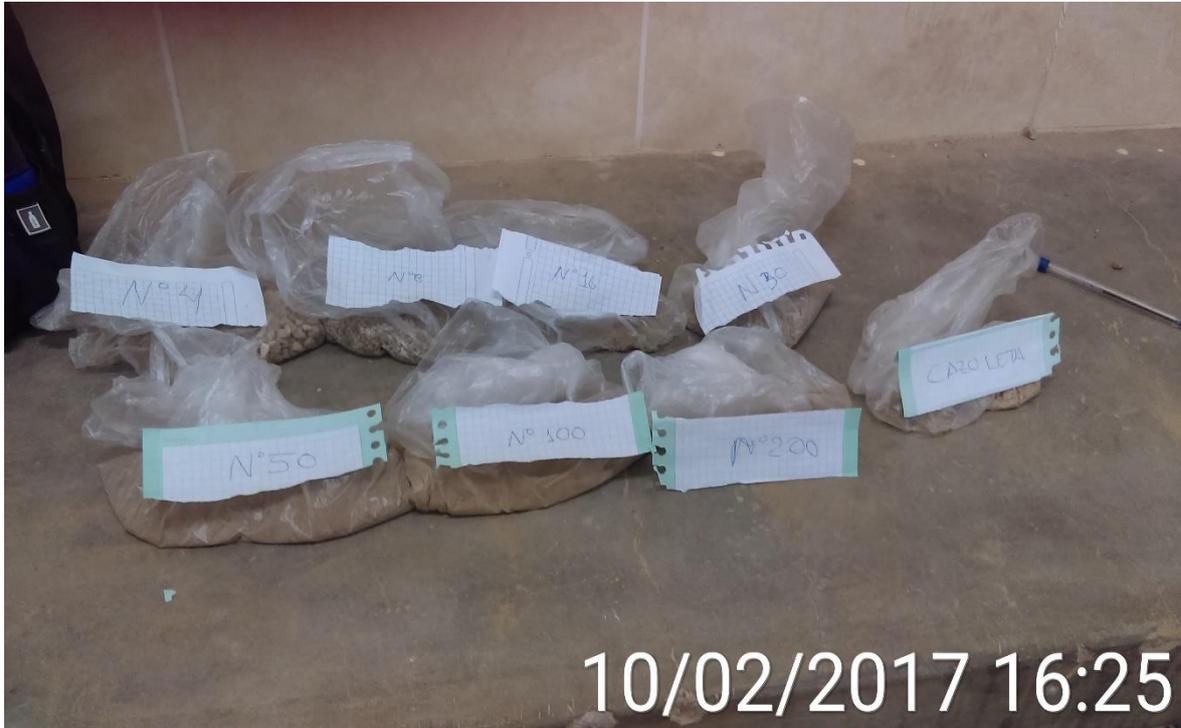
Fotografía 7. Granulometría del Agregado Grueso.



Fotografía 8. Granulometría del Agregado Fino.



Fotografía 9. Granulometría del Agregado Fino.



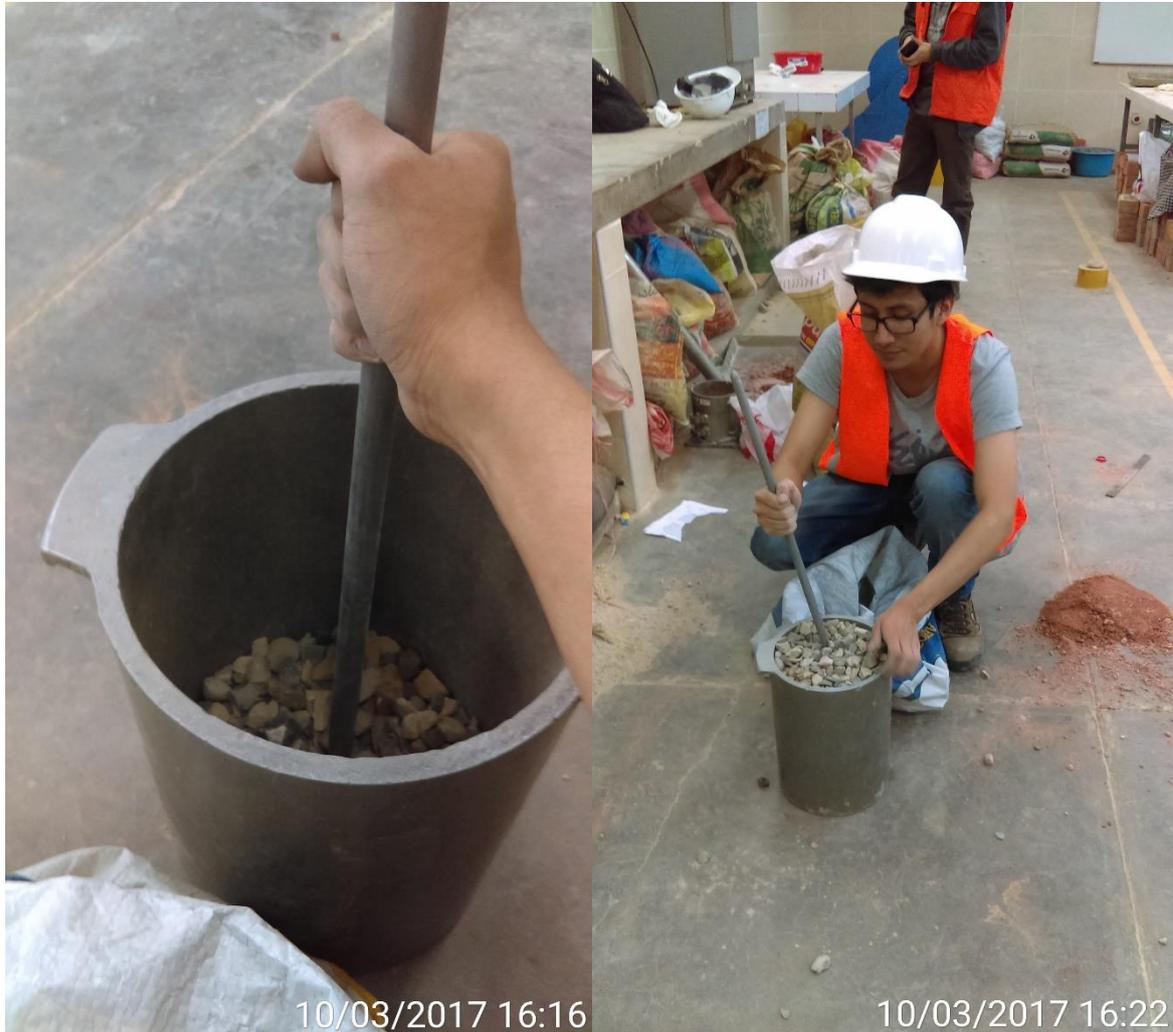
Fotografía 10. Ensayos para determinar el Peso Específico del Agregado Grueso.



Fotografía 11. Ensayos para determinar el Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso.



Fotografía 12. Ensayos para Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso.



Fotografía 13. Ensayos para Peso Unitario Suelto del Agregado Fino.



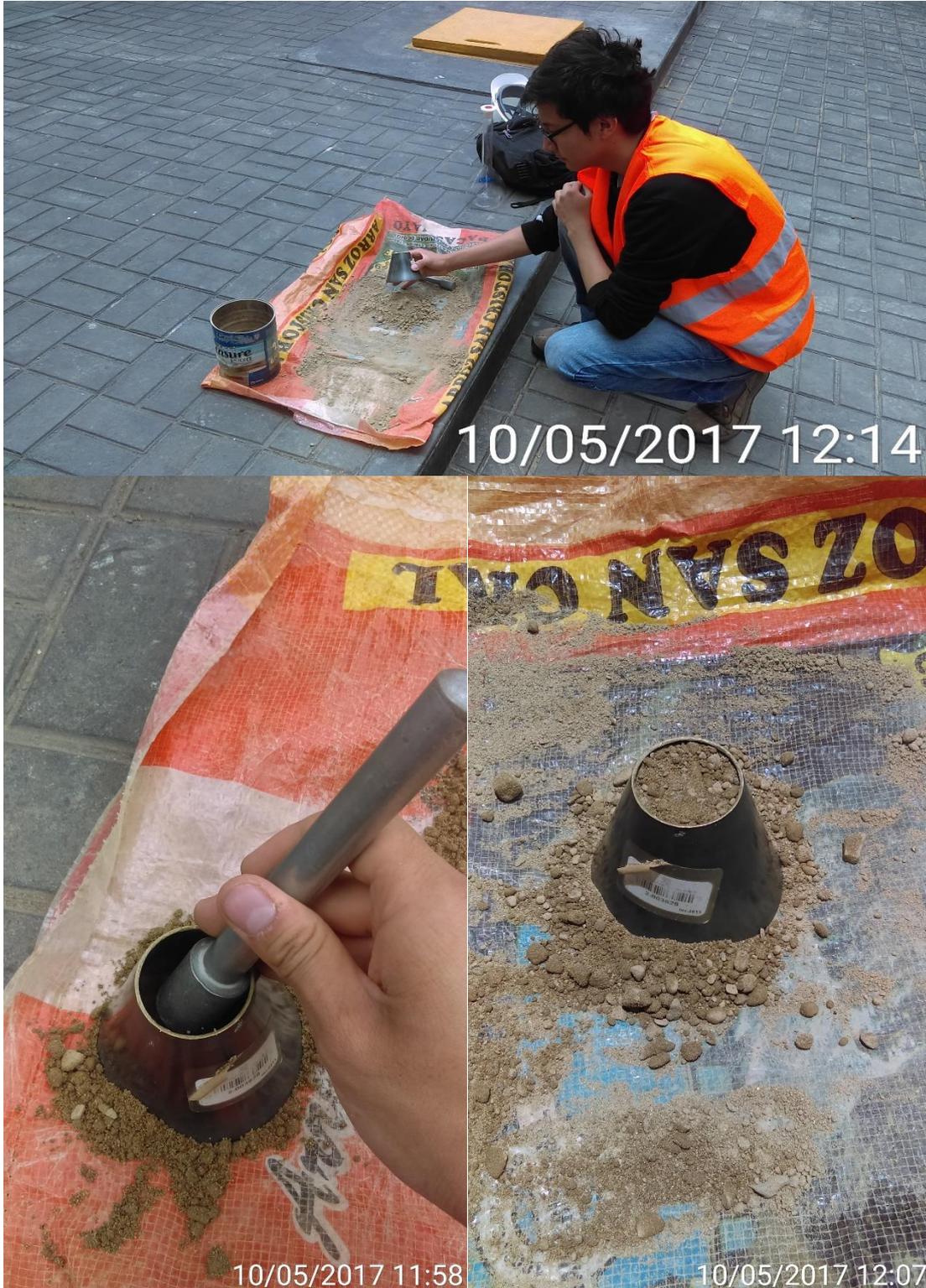
Fotografía 14. Ensayos para Peso Unitario Compactado del Agregado Fino.



Fotografía 15. Secado del Material para Ensayo de Peso Específico del Agregado Fino.



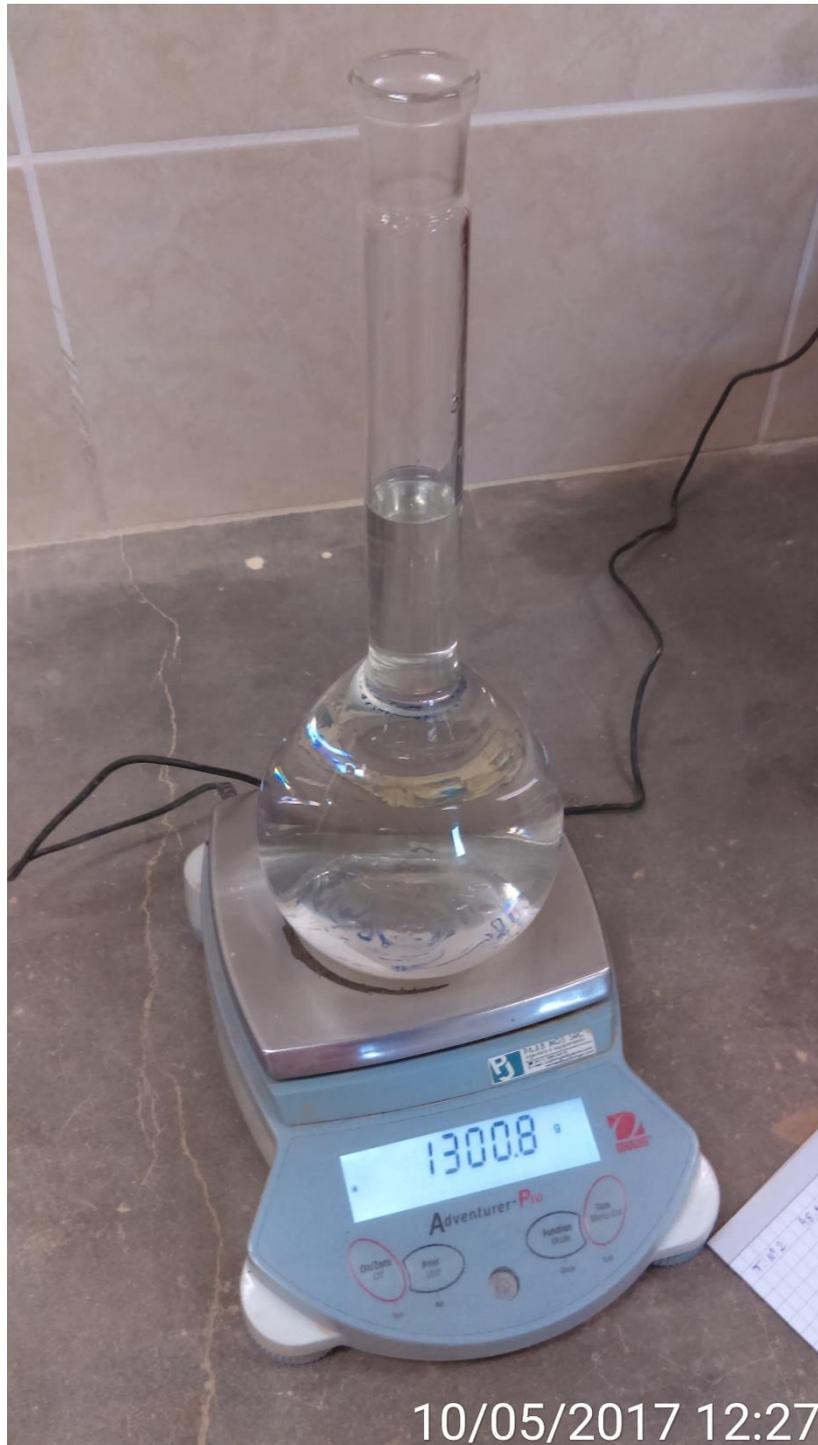
Fotografía 16. Ensayo con el Molde Cónico para ver si existe humedad en el Material.



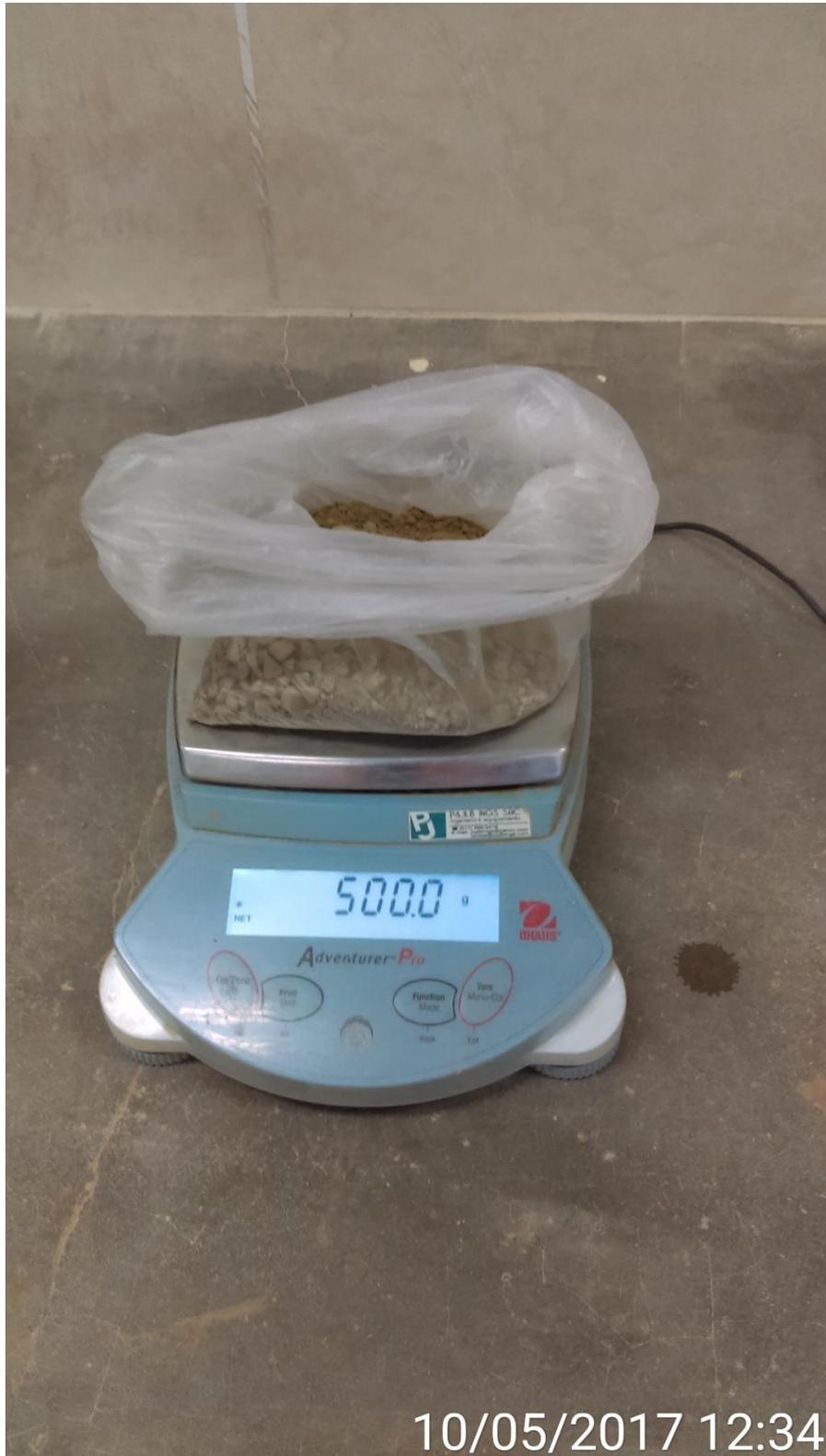
Fotografía 17. Fiola Con Agua para ensayo de Peso Específico del Agregado Fino.



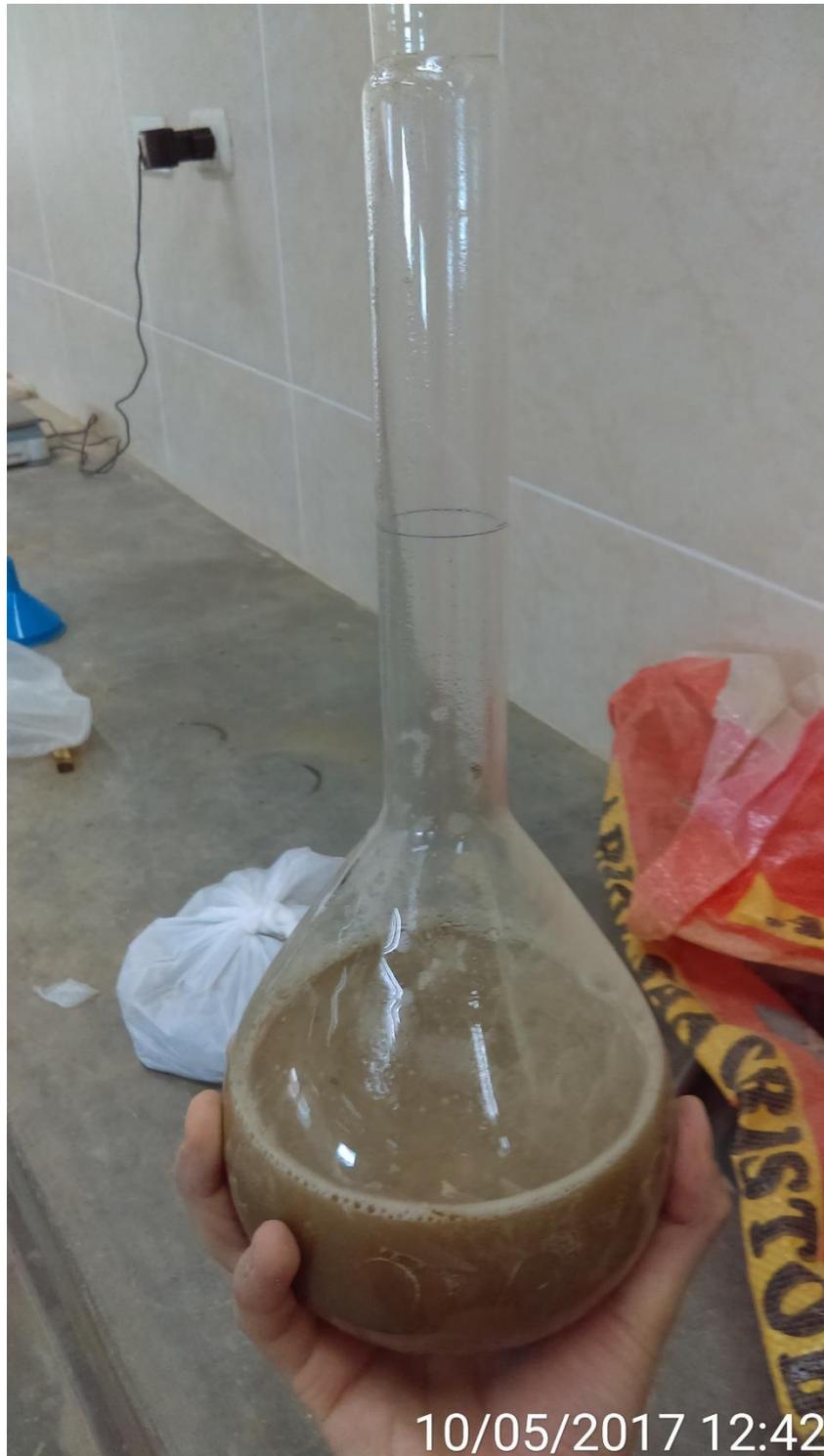
Fotografía 18. Peso de Fiola Con Agua para ensayo de Peso Específico del Agregado Fino.



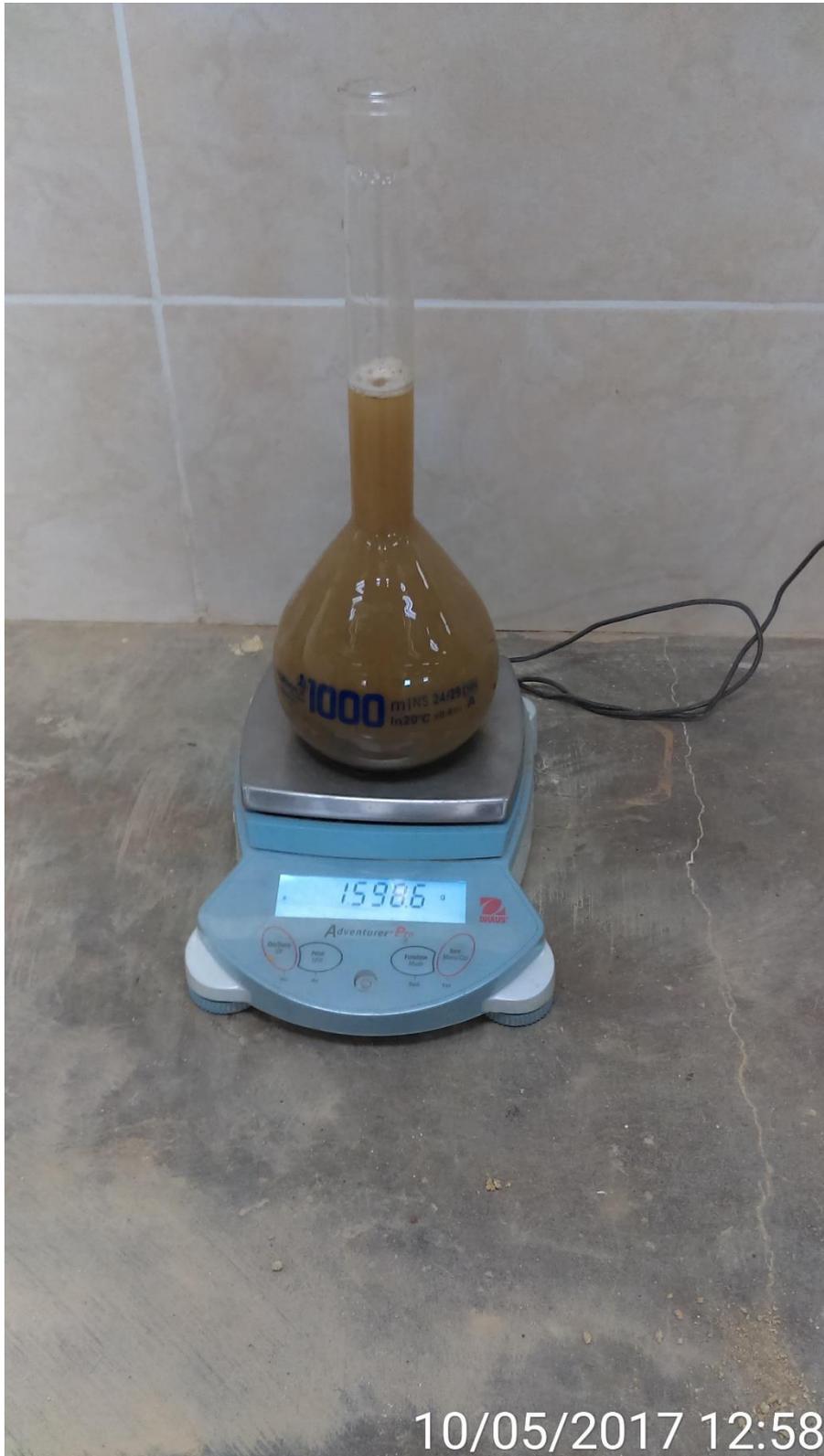
Fotografía 19. Peso de Muestra para ensayo de Peso Específico del Agregado Fino.



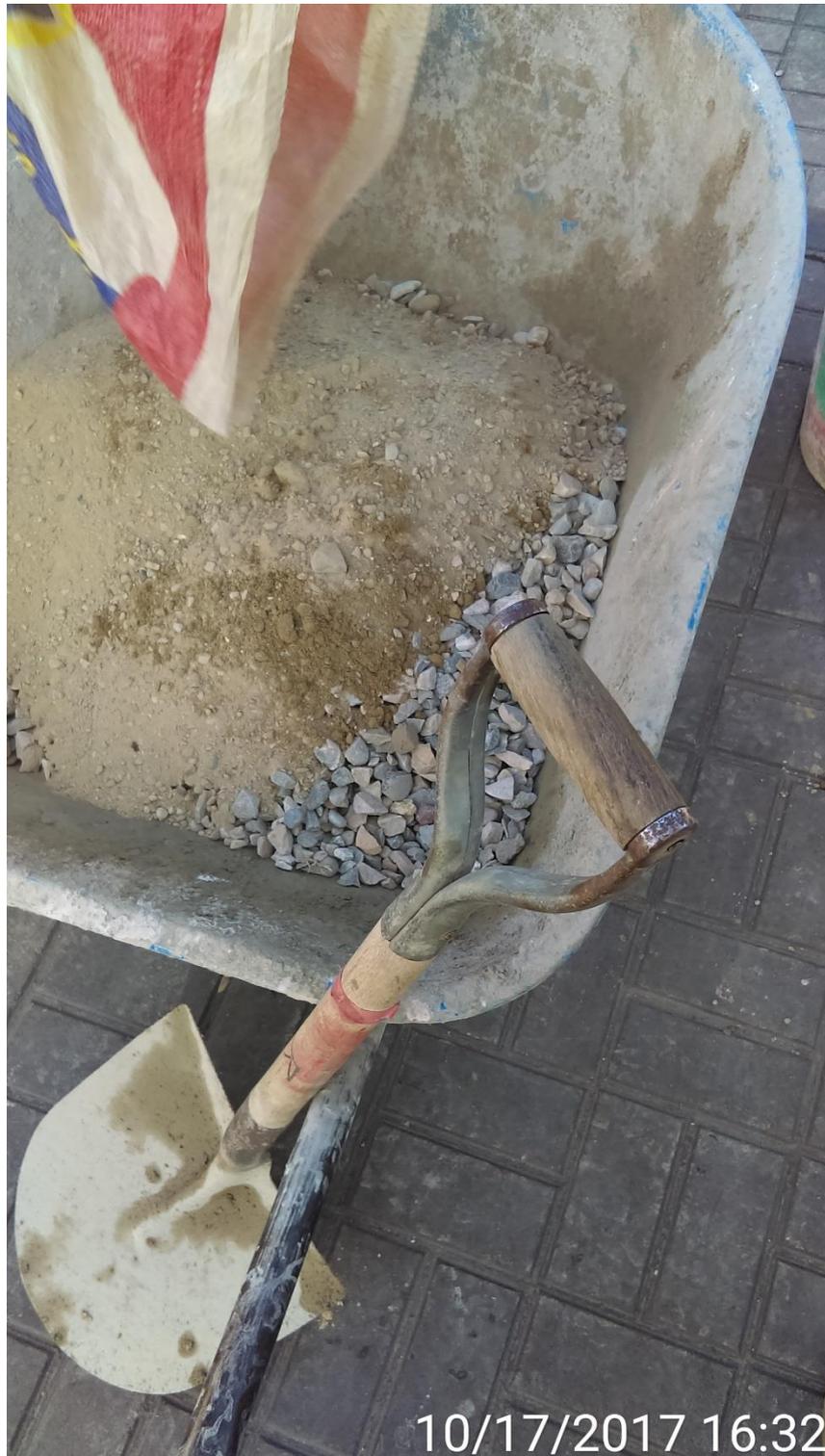
Fotografía 20. Eliminación de Aire atrapado.



Fotografía 21. Peso de Fiola con Muestra agregada sin de Aire atrapado.



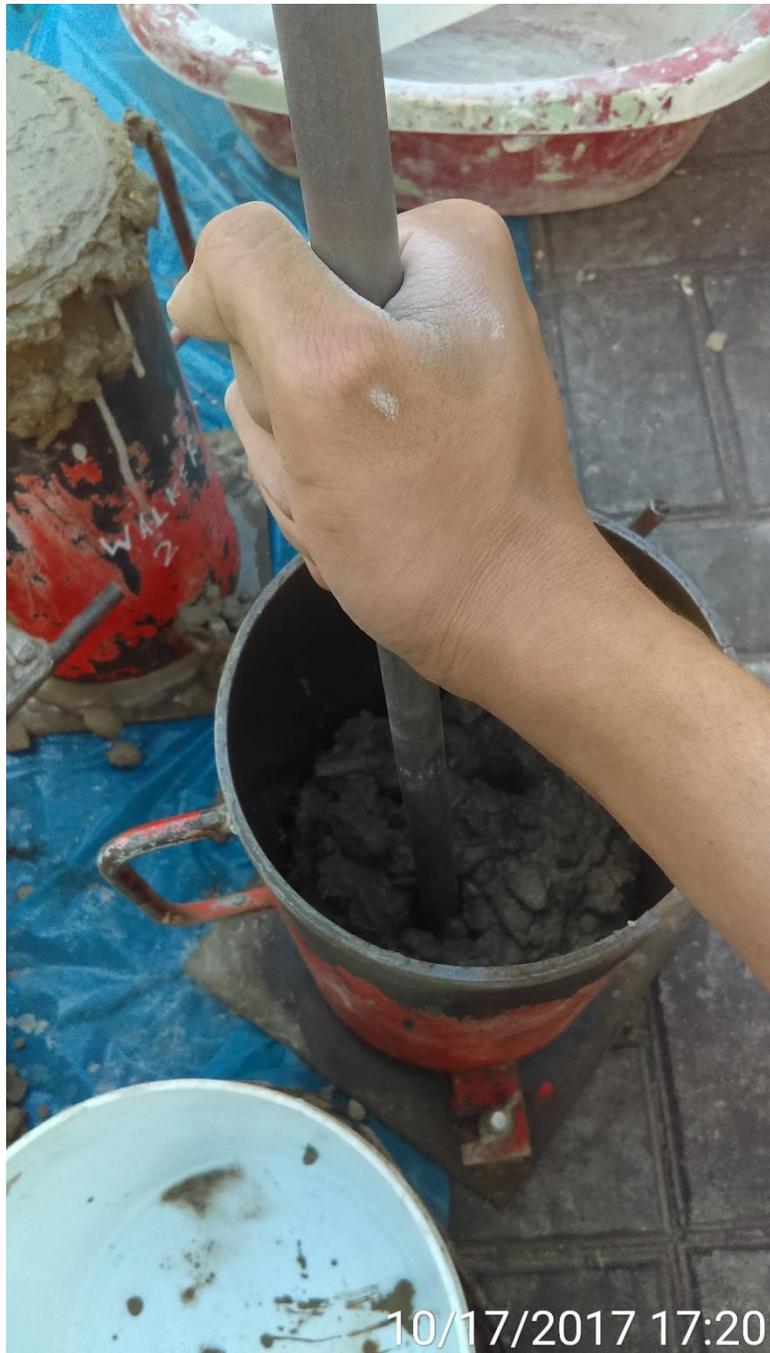
Fotografía 22. Elaboración de Concreto.



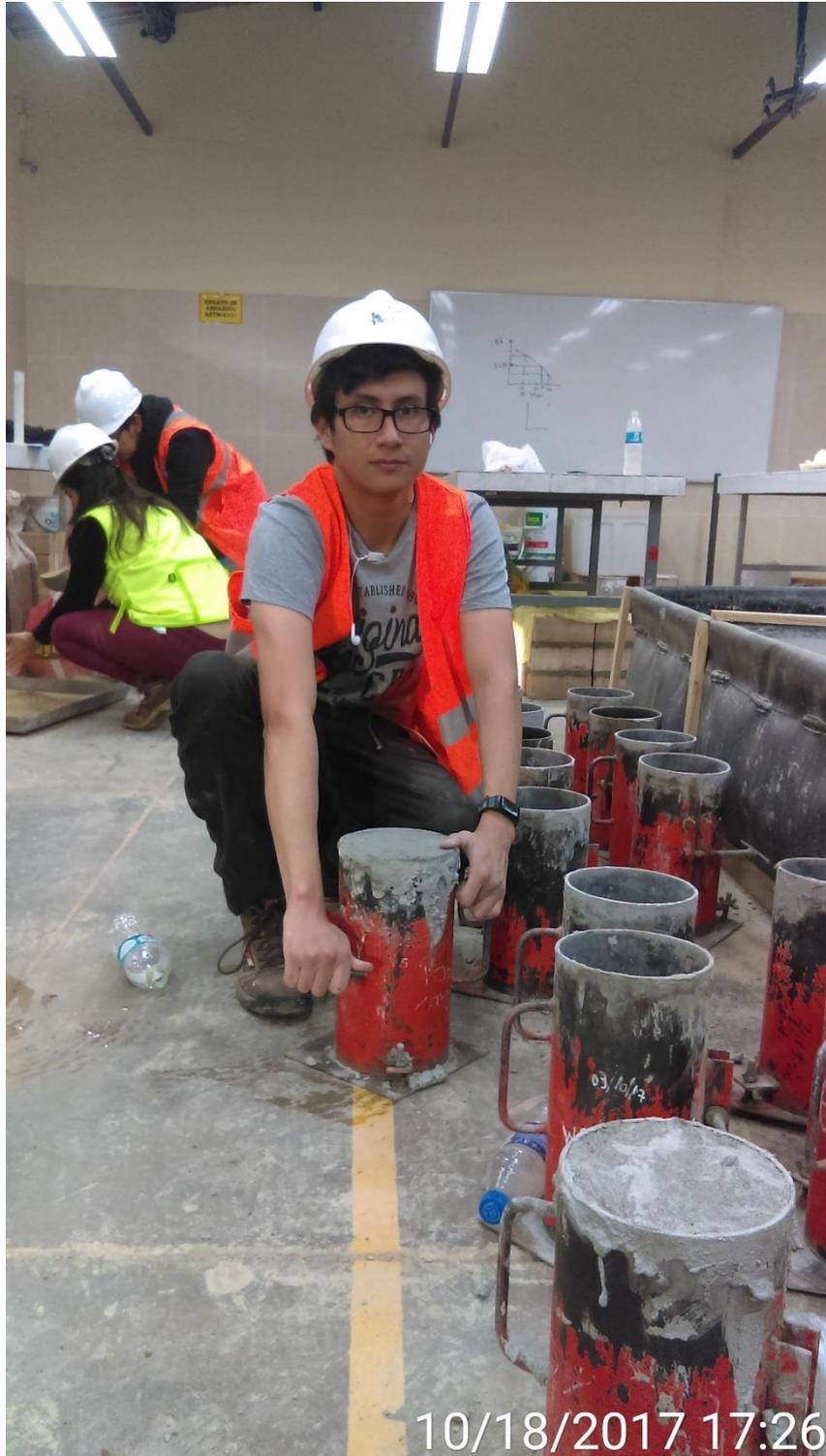
Fotografía 23. Elaboración de Concreto (Ensayo de Cono de Abrams).



Fotografía 24. Elaboración de Probetas de Concreto.



Fotografía 25. Desencofrado de Probetas de Concreto.



Fotografía 26. Colocación de Platinas de Carbono a Probetas de Concreto y Curado de Probetas.



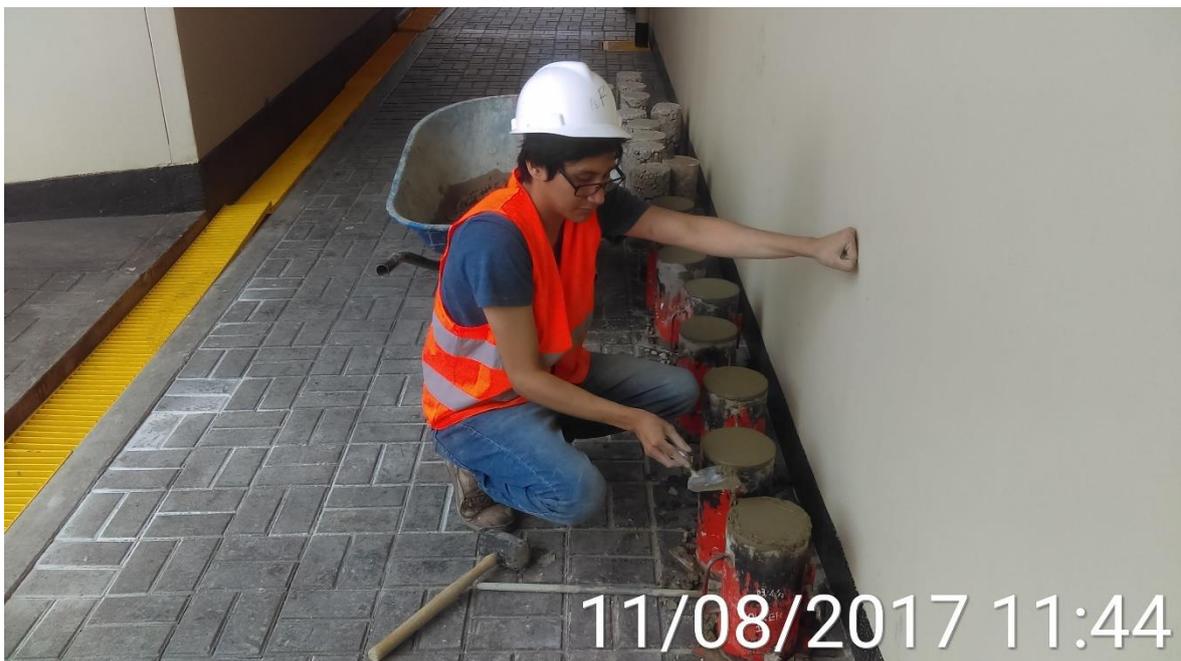
Fotografía 27. Elaboración de Concreto.



Fotografía 28. Elaboración de Concreto (Ensayo Cono de Abrams).



Fotografía 29. Perfilado de Probetas.



Fotografía 30. Probeta de Concreto con recubrimiento de fibra de carbono, sometida al ensayo de compresión axial.



Fotografía 31. Probeta de Concreto con recubrimiento de fibra de carbono, durante el ensayo.



Fotografía 32. Probeta de Concreto sin recubrimiento, sometida al ensayo de compresión axial.



Fotografía 33. Carga Última.



Fotografía 34. Probetas antes de Ensayo.



Fotografía 35. Ensayo a compresión axial.



Fotografía 36. Toma de Datos durante la ruptura de Probetas.



Fotografía 37. Probeta con recubrimiento luego de ser sometida al ensayo de compresión axial.



ANEXO 4. Protocolos.