

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“Resistencia del concreto sustituyendo al cemento en 7%
y 10% por la combinación de arcilla y esquisto”**

Tesis para obtener Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Tomàs Llamò Brèsnet Carlos

ASESOR:

Ing. Solar Jara Miguel

Chimbote - Perú

2019

PALABRAS CLAVES:

TEMA	RESISTENCIA DEL CONCRETO
ESPECIALIDAD	TECNOLOGIA DEL CONCRETO

KEY WORDS

TOPIC	CONCRETE STRENGTH
SPECIALITY	CONCRETE TECHNOLOGY

LINEAS DE INVESTIGACION

PROGRAMA	INGENIERIA CIVIL
Línea de Investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
OCDE	2.00 Ingeniería y Tecnología 2.01 Ingeniería Civil 2.01.01 Ingeniería de la Construcción
Campo de Investigación	Materiales de la Construcción

**“RESISTENCIA DEL CONCRETO SUSTITUYENDO
AL CEMENTO EN 7% y 10% POR LA
COMBINACIÓN DE ARCILLA Y ESQUISTO”**

RESUMEN

En la presente investigación se determinó y comparó la resistencia de un concreto patrón $f'c$ 210kg/cm², con otros 2 concretos experimentales con sustitución del cemento por la combinación de arcilla natural de San Miguel de Aco – Carhuaz - Ancash previamente activada y roca esquisto del Centro Poblado Yacya – Huari - Ancash en un porcentaje de 7% (2% de Arcilla – 5% de Esquisto) y 10% (3% de Arcilla – 7% de Esquisto) que tuvo por finalidad lograr que este concreto cumpla una resistencia óptima.

El diseño de la investigación fue Experimental de nivel “Cuasi-experimental”; porque se comparó 3 grupos de estudio; realizando el control y manipulación de las variables, para ello se estudió un nuevo diseño de mezcla sustituyendo en 7 y 10 % al cemento por la combinación de arcilla y esquisto.

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días demostraron que el concreto patrón fue de 214.71 kg/cm², el experimental con sustitución al 7% es de 215.96 kg/cm² y experimental con sustitución al 10% es de 223.81.

De lo cual se concluye que la resistencia del concreto experimental con sustitución al 10 % presenta mejores resultados que la del patrón superándolos en 4.24 % y el concreto experimental con sustitución al 7% solo en 0.60%.

ABSTRACT

In the present investigation, the strength of a standard concrete f'_c 210kg/cm², was determined and compared with 2 other experimental concrete with cement substitution by the natural clay combination of San Miguel de Aco [Carhuaz - Ancash previously activated and shale rock of the Yacya Settlement Center [Huari - Ancash at a percentage of 7% (2% Clay [5% Shale) and 10% (3% Clay [7% Shale) which was intended to ensure that this concrete meets optimum strength.

The design of the research was Experimental Quasi-experimental level, because 3 study groups were compared; performing the control and manipulation of the variables, To this end, a new mixing design was studied, replacing cement by a mixture of clay and shale by 7 % and 10 %.

The results of the 28-day compressive strength test showed that the standard concrete was 214.71 kg/cm², the experimental with substitution at 7% is 215.96 kg/cm² and experimental with substitution at 10% is 223.81. From this it is concluded that the resistance of experimental concrete with substitution to 10% presents better results than that of the standard surpassing them by 4.24% and experimental concrete with substitution to 7% only by 0.60%.

INDICE

PALABRAS CLAVE	i
TITULO	ii
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iv
INDICE	v
I) INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	12
VARIABLES	36
HIPOTESIS	37
OBJETIVOS	37
II) METODOLOGIA	38
III) RESULTADOS	51
IV) ANALISIS Y DISCUSION	69
V) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
VI) REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
VII) AGRADECIMIENTO	75
VIII) APENDICE Y ANEXOS	76

I. INTRODUCCION

Los antecedentes citados para el estudio de esta investigación, son las siguientes:

- JHONSON R, Hugo E, (2009), Universidad de Virginia del Oeste, Escuela politécnica del litoral, EE.UU, en su estudio: “El uso de la roca esquisto como una adición natural para producir cemento puzolanico” en este estudio se usó la roca esquisto como adición en la fabricación del cemento puzolanico, con el fin de mejorar sus propiedades, y obtener un cemento igualmente resistente y económico.

Siendo la metodología empleada la experimentación, así mismo el diseño de esta investigación fue : Experimental de nivel Cuasi Experimental , el objetivo de este estudio es desarrollar la aplicación de la roca esquisto como un componente básico de las mezclas de hormigones y morteros. Demostrar mediante ensayos y pruebas las bondades de esquisto como una adición natural para producir cemento puzolanico en una proporción del 10% de la mezcla de la masa este estudio se realizó bajo la norma de la ASTM C618-01 donde dice que la suma de los óxidos debe entre 60% y 70 %. El cual con el análisis químico se pudo concluir que si se tiene una suma de 68.62 % lo que nos indica que es una puzolana de clase C. Es indiscutible que para la rama de la construcción este material sería un valioso recurso. Es un nuevo recurso que no ha sido explotado aun.

- CASTILLO, R. ET ALL. (2011). En su investigación que las arcillas calcinadas en forma de meta caolín han recibido por ejemplo especial atención en años recientes. Se conoce que estas adiciones, cuando se añaden a morteros y hormigones, mejoran tanto su resistencia mecánica como su durabilidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de las propiedades físico-mecánicas y la durabilidad en

micro hormigones, empleando arcillas calcinadas y molidas como material sustituyente del 30% en peso del cemento Portland ordinario (CPO). Para ello se utilizó una tierra arcillosa, compuesta principalmente por mineral caolín de bajo grado de pureza, para la obtención de arcillas calcinadas como minerales cementicios suplementarios. Los mejores resultados se resistencia a la compresión a los 28 días se obtuvieron para la arcilla sedimentada y calcinada, la cual posee mayor contenido de mineral caolín debido a un proceso de purificación por sedimentación de la materia prima acometido sólo para esta sustitución.

- LUIS, A (2015). En su presente trabajo se determinó la influencia de la arcilla calcinada de Pontezuela en las lechadas de cemento Portland. Se realizaron ensayos de fluido libre y reología, tanto para lechadas de cemento Portland con arcilla calcinada de Pontezuela y lechadas con zeolita del yacimiento San Andrés a 5, 10, 20 y 30 % de sustitución de cemento Portland. Además se determinó la resistencia mecánica de las lechadas con arcilla calcinada a los porcentos de sustitución de cemento mencionados anteriormente. Se observó a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución de cemento por arcilla calcinada una disminución del fluido libre, un aumento del punto de cadencia y de la viscosidad plástica así como de la resistencia mecánica. A los mismos porcentos de sustitución la arcilla calcinada presenta valores inferiores de fluido libre y de viscosidad plástica en comparación con la zeolita mientras que el punto de cadencia y la resistencia del gel son superiores. El valor más bajo de resistencia mecánica se alcanzó en el 10 % de sustitución de cemento por arcilla calcinada de Pontezuela, para un 5 y 20 % los valores de resistencia mecánica son similares obteniéndose el mayor valor de resistencia mecánica con un grado de sustitución de un 30 % de arcilla calcinada de Pontezuela.

- SUN KOUA (2013). En su investigación habla de la activación de arcilla mediante lavado de donde se utilizó un flujo de aceite que estuvo a 100°C aproximadamente, este tratamiento fue realizado por 2 horas. Luego del cual, se secó en estufa a 50 °C por 16 horas. se muestran algunas de las reflexiones identificadas como montmorillonita (M), muscovita (Mu) y cristobalita (Cris). Se observa que la reflexión a 62.7° (plano 060) de la montmorillonita permanece hasta los 600°C, sin embargo el pico a 5.9° (plano 001) desaparece antes de los 200°C. Para temperaturas mayores a 800°C aparece la fase mullita y la fase montmorillonita desaparece por completa. Este proyecto se realizó usar la arcilla activada para la industria textil para la durabilidad de sus productos.

Mediante la presente investigación tiene como justificación que se busca mejorar de manera específica la resistencia a la compresión $F' c=210\text{kg/cm}^2$ obtenida en el concreto, con una sustitución parcial al 7 y 10% del cemento por la combinación de roca esquisto y arcilla, el que beneficiara a las futuras construcciones en la provincia del Santa.

En la actualidad se busca alternativas de recursos naturales para el diseño de un concreto de Alta Resistencia , esto nos lleva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que en países desarrollados ya la usan varias décadas atrás , sabiendo que en el Departamento de Ancash existe una gran variedad de rocas entre ellas roca esquisto la cual no es explotado ampliamente es por eso que optamos por elegirla , y también porque posee propiedades similares al cemento con alto contenido de cal , es ahí donde se fundamenta nuestra investigación científica que a corto plazo será una opción interesante e innovadora para construcciones futuras.

La importancia del proyecto de investigación es contribuir al avance y desarrollo tecnológico del concreto en nuestra Región, mejorando la resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ brindando concretos ampliamente resistentes y trabajables, con un alto índice de fluidez, lo cual beneficiara a la población, con futuras construcciones durables.

La realidad problemática para la elaboración de esta investigación fue la siguiente:

- **A nivel global**

El concreto es el material más utilizado en la construcción, fue inventado por el hombre y se le considera como el más empleado y versátil de los materiales de construcción actuales, permitiendo su utilización en todo tipo de estructuras y en los climas más variados. Sus principales limitaciones son sus bajas resistencias en tracción y flexión y su permeabilidad.

Los problemas de durabilidad han afectado diversos tipos de estructuras, las cuales una vez que se presentan ya no son funcionales ni eficientes y están destinadas a no cumplir con su vida de servicio estimada. Los problemas de durabilidad no se limitan a su diseño inicial y construcción, tienen una fuerte intervención en la operación, ocasionan costos y pérdidas económicas para el propietario o inversionista, ya sea por reparación de las zonas afectadas, por la sustitución de elementos que se han deteriorado o por costos operativos imputables a remodelaciones o mantenimientos periódicos. Según Buffenbarger (2014), tan sólo en Estados Unidos los problemas de durabilidad que afectaban las estructuras de transporte intermodal tuvieron un costo de \$20 billones de dólares en 2014.

La durabilidad de un concreto puede definirse (ACI) como su resistencia a la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión, o cualquier otro

proceso de deterioro. Un concreto durable es aquel que mantiene su forma original, su calidad y sus propiedades al estar expuesto al medio ambiente. El deterioro anticipado de las estructuras de concreto armado, bajo condiciones normales u ordinarias de operación, puede ser propiciado por factores estructurales y no estructurales.

✓ **Impacto socioeconómico de la durabilidad en la construcción**

Históricamente, la industria de la construcción ha tenido experiencias, que aunque a veces amargas por sus costos socioeconómicos han aportado a la ingeniería civil conocimientos técnicos de gran valor al enfrentarlas. El avance científico y tecnológico actual de la durabilidad del concreto es resultado de la experiencia y del ingenio humano para entender los procesos físicos y químicos, así como para evaluar, modificar y evitar en la medida de lo posible tales daños.

✓ **Ataque por Sulfatos:**

Los sulfatos forman parte de las sales inorgánicas que normalmente están presentes en el terreno (suelos), en las aguas freáticas y superficiales y en el agua de mar, aunque su grado de concentración puede ser muy variable.

Los sulfatos solubles son principalmente los de sodio, calcio y magnesio. Durante la hidratación del cemento se libera hidróxido de calcio, de la reacción de los sulfatos con el hidróxido de calcio resulta sulfato de calcio (yeso). El volumen que ocupa el yeso es el doble que el de los compuestos originales que lo forman, este aumento de volumen, que no puede acomodarse en el espacio original de los poros del concreto, genera esfuerzos internos de

tracción en la masa del concreto, que primero lo microfisuran y posteriormente lo desintegran gradualmente.

El sulfato de sodio puede reaccionar con el aluminato de calcio hidratado presente en el cemento Portland endurecido para producir etringita, producto que tiene un mayor volumen que los compuestos originales. Para que los sulfatos representen un potencial problema de durabilidad en el concreto, es necesario que estén en solución y en la concentración necesaria. Adicionalmente es necesario que las sustancias en solución puedan ingresar en la estructura interna del concreto y permanezcan en ella el tiempo suficiente para que reaccionen con el cemento. En pocas palabras, se necesita un agente que transporte a la masa del concreto los sulfatos contenidos en el ambiente que lo rodea, este agente es la humedad. Por lo tanto los concretos densos e impermeables o protegidos por una barrera impermeable pueden ser inmunes al ataque de los sulfatos, salvo que puedan ingresar debido a una fuerte fisuración del concreto originada por los esfuerzos o por la retracción. En algunas circunstancias es recomendable el empleo de cemento Portland resistente a los sulfatos. El cemento Portland Tipo II es de moderada resistencia a los sulfatos y el Tipo V está recomendado para ser utilizado donde se requiera una elevada resistencia a los sulfatos en solución.

✓ **Corrosión**

Gundaker, E. F. (1996) "Corrosion monitoring and protection for infrastructure projects", 2nd Latin American Region Corrosion Congress, NACE. El deterioro de las estructuras de concreto reforzado ha sido un tema de gran relevancia para la industria de la construcción en los últimos años. Se calcula un costo de 300,000 millones de dólares por fallas en la infraestructura en los Estados

Unidos de América . Así mismo, se estima que de esa cantidad, es posible evitar pérdidas por alrededor de 100,000 millones de dólares tomando medidas de prevención contra la corrosión.

Kessler, R. J. (1997) Powers and I. R. Lasa, "Cathodic Protection Using Zinc Sheet Anodes and an Ion Conductive Gel Adhesive", NACE Corrosion Congress '97, Paper No. 234. La corrosión del refuerzo metálico embebido es reconocida como uno de los mayores problemas en estructuras de concreto convirtiéndose en un tema que requiere la atención de los ingenieros de mantenimiento de estructuras de concreto, tales como carreteras y puentes. El fenómeno de oxidación del refuerzo metálico afecta significativamente las características funcionales del concreto armado tales como la adherencia, además de inducir la formación de agrietamientos y desprendimientos de trozos de concreto, lo que compromete la integridad estructural.

✓ **Reacción álcali-sílice**

Desde hace algunas décadas, varios de los profesionales dedicados al estudio de la tecnología del concreto, se han preocupado y dedicado específicamente al estudio de la reacción álcali-agregado cuya manifestación más frecuente y conocida es la reacción álcali-sílice (en adelante RAS).

Esta reacción, que en casos extremos puede ocasionar serios problemas estructurales y económicos, sólo puede generarse en estructuras construidas con concreto elaborado a partir de un conjunto de materiales componentes (cemento portland, agua, agregados, adiciones minerales y aditivos) capaces de combinarse químicamente y formar un compuesto que incrementa su volumen con la humedad denominado "gel de RAS". Es por esto, que la RAS sólo preocupa en aquellas estructuras de concreto que durante al menos por un largo período de su vida en servicio estará en

forma permanente o periódica en contacto con agua o suelos húmedos o atmósferas con alta humedad relativa.

- **A nivel Nacional:**

El uso del concreto armado se inicia en el Perú a mediados del siglo xx, los cambios estacionales que modifican el clima pueden afectar las construcciones de concreto; por ejemplo, la elevación de la temperatura ambiente, la disminución de la humedad relativa, el incremento de la velocidad del viento o el tiempo de radiación solar. Son factores que ocasionan el denominado “clima cálido” o “caluroso”, que exige tecnologías apropiadas para asegurar el buen desempeño del concreto.

Existen casos, como ocurre en la ciudad de Pisco, donde en los meses de verano se incrementa las temperaturas máximas en más de 5 puntos y decrece en igual o mayor dimensión, la humedad relativa y la velocidad máxima del viento. En otra, como la ciudad vecina de Chincha no se cuenta con información meteorológica.

ASOCEM. (1989). concreto de alta resistencia. 2011, de ACI-UNI Sitio web: http://www.aci-uni.org/userfiles/concreto_de_alta_resistencia.pdf.

En climas cálidos se incrementa la temperatura del concreto fresco, debido a la mayor temperatura de sus componentes, lo que disminuye la trabajabilidad y acelera el fraguado de las mezclas.

- ✓ **Corrosión**

En el medio marino se aceleran los procesos de corrosión en las estructuras de concreto armado, por la acción directa del mar o la actividad de la brisa y niebla marina. Este fenómeno es de interés, por la gran extensión de nuestro litoral, de Aproximadamente 3 000 km, donde se asientan los más importantes puertos y Centros urbanos. A

partir de la década del 30', nuestras estructuras portuarias son prioritariamente de concreto. Los muelles de Salaverry, Chimbote, Callao, Hilo y Matarani y la mayoría de los desembarcaderos pesqueros están contruidos con pilotes y plataformas de concreto.

✓ **Demanda de concreto en el Perú**

La demanda de cemento en el Perú está atendida mayormente por Cementos Pacasmayo, UNACEM y Cementos Yura. Cementos Pacasmayo atiende principalmente la región norte del Perú, UNACEM la región central, y Cementos Yura la región sur.

A pesar del crecimiento sostenido de los despachos de cemento durante los últimos 10 años, el Perú continúa teniendo un significativo déficit de viviendas, estimado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en 1.9 millones de hogares en todo el país.

En el Perú, el cemento se vende, en su mayoría, a una base de consumidores altamente fragmentada, que consiste en personas que compran cemento en bolsas para construir en forma gradual o mejorar sus propios hogares, un segmento conocido en nuestra industria como "auto-construcción".

- **A Nivel Local**

- ✓ **Napa freática**

Denys, J.M. (2010). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACIÓN DE SUELOS EN CHIMBOTE, PERÚ. 2010, de Cismid Sitioweb: http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis22_a.pdf. Se puede afirmar que la ciudad de Chimbote se desplanta sobre un depósito potente de arena con niveles superficiales de agua, que es susceptible de sufrir licuación y densificación, produciendo asentamientos diferenciales a las edificaciones. La zona norte comprende San Pedro, Pensacola, Casco Urbano, La Caleta y la Siderúrgica.

En San Pedro existe arena suelta a medianamente densa, con nivel freático a 5.0 metros. En la Siderúrgica existen depósitos de arena fina a media con lentes de limos y gravilla, cubiertos por material orgánico de relleno, con nivel freático de 0.5 a 1.0 metro. El Casco Urbano está constituido por estratos de arena fina a media con lentes de caliche y grava, con nivel freático a 1.50 metros. La Caleta y El Puerto están formados por suelos limo arenosos sueltos con materia orgánica, de espesor 1.5 a 4.0 metros, supra yaciendo arenas medianamente compactas y gravas. En Villa María Baja existe en la superficie un material fino de relleno, supra yaciendo arenas sueltas a semisuestras, con nivel freático superficial. La zona sur incluye a Villa María Alta, Buenos Aires, Nuevo Chimbote, Casuarinas y Canalones. El nivel freático en esta zona se encuentra por debajo de los 16 metros. La mayor parte del subsuelo está constituido por arena fina a gruesa con presencia de grava. En Buenos Aires el estrato de arena fina a gruesa tiene 20 metros de espesor, mientras que en Nuevo Chimbote tiene 4 metros, supra yaciendo arenas finas a medias con arcilla hasta los 16 metros.

✓ **Salinidad**

El agua de mar contiene sales disueltas, agresivas para el concreto. Están presentes las siguientes: cloruro sódico (NaCl), cloruro magnésico (MgCl₂), sulfato magnésico (MgSO₄), sulfato cálcico (CaSO₄), cloruro potásico (KCl) y sulfato potásico (K₂ SO₄).

La corrosión en el concreto, se vincula con la temperatura y humedad. Como se sabe, el incremento de temperatura potencia todas las reacciones químicas. Se estima que un aumento de la temperatura en 10°C duplica la velocidad de la reacción. La corrosión por carbonatación se activa en el rango de 60 a 90 % de humedad relativa. En el caso de la corrosión por cloruros el efecto de la humedad es importante en especial en los niveles de 70 a 90 % de humedad relativa. Experiencias en regiones cálidas muestran que la elevada humedad relativa favorece el fenómeno de la corrosión.

✓ **Brisa marina**

El concreto no está en contacto con el agua de mar, pero recibe las sales procedentes de la brisa marina y la niebla salina. Puede comprender muchos kilómetros al interior de la costa dependiendo de las características de los vientos dominantes.

Las construcciones de concreto ubicadas en el litoral o alrededores, son propensas a la corrosión por cloro en suspensión en la atmósfera, en forma de microscópicas gotas de agua de mar. En la niebla o aerosol la concentración salina de cloruros y sulfatos eventualmente puede ser mayor que en el agua de mar, debido a la gran dispersión de las gotas y la evaporación parcial de agua, en especial cuando la temperatura es alta y la humedad relativa es baja.

✓ **Licuación**

Ericksen et al (2009) y Plafker et al (2010) indicaron que en Casma, Puerto Casma y en zonas cercanas del litoral en Chimbote, se produjo desplazamiento lateral del terreno causado por la licuación de depósitos deltaicos y de playa, ocasionando grietas en el terreno que derrumbaron las estructuras que las cruzaron. La zona central de Chimbote fue evidentemente un área de licuación de suelos, así como de compactación diferencial de la cimentación. En Chimbote, Casma y a lo largo de la Carretera Panamericana, se notaron subsidencias superficiales producto de la licuación. Cluff (2010) reportó fallas del terreno en Chimbote debido a la existencia de depósitos de playa saturados y sueltos. En muchas áreas se produjeron volcanes de arena y eyección de aguas subterráneas por existir nivel freático alto.

Con todos los puntos vistos anteriormente podemos llegar a la conclusión que las viviendas cercanas a la zona marítima, sufren deterioros y por eso es obligatorio construir edificaciones que soporten todos los problemas ambientales de la zona.

Por el cual se planteó el siguiente problema:

¿En qué medida la sustitución del cemento por la combinación de arcilla y piedra esquisto en el porcentaje de 7 y 10 % en una mezcla del concreto permitirá obtener una resistencia del orden de 210 kg/cm² ?.

La operación y conceptualización de la variable es lo siguiente:

- **Concreto**

El concreto es una mezcla, adecuadamente dosificada, de cemento, agua, agregados fino y grueso. Adicionalmente también puede tener en su composición aditivos, adiciones, y fibra. En casos muy especiales se le puede incorporar intencionalmente aire para incrementar su durabilidad en bajas temperaturas. El concreto armado es aquel al cual se le ha incorporado varillas de acero para mejorar su comportamiento antes de todo orden.

El concreto es un material inventado por el hombre y se le considera como el más empleado y versátil de los materiales de construcción actuales, permitiendo su utilización en todo tipo de estructuras y en los climas más variados cuando mayor es el conocimiento de sus materiales integrantes, de las propiedades del mismo, del proceso de fabricación y colocación, de su proceso de mantenimiento y reparación, y de los posibles ataques a los cuales puede estar expuesto, mejor será este.

- **Características del Concreto:**

- **Trabajabilidad.** Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

- **Durabilidad.** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

- **Impermeabilidad.** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

- **Resistencia.** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

- **Cemento:**

Es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Se excluyen las cales hidráulicas, cales aéreas y yesos.

- **Cemento Portland**

Producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker.

- **Composición química del Cemento Portland**

Se ha visto que las materias primas utilizadas en la fabricación de cemento Portland consisten principalmente de cal, sílice, alúmina y hierro.

Tabla N° 01 – Límites de composición aproximados para cemento Portland Tipo I

OXIDO	CONTENIDO (%)
CaO	60 - 67
SiO ₂	17 - 25
Al ₂ O ₃	3 - 8
Fe ₂ O ₃	0.5 - 6.0
MgO	0.1 - 4.0
Alcalis	0.2 - 1.3
SO ₃	1 - 3

Fuente: Tecnología del Concreto , Ing. Gerardo A. Rivera L.

Estos compuestos interactúan en el horno, para formar una serie de productos más complejos, hasta alcanzar un estado de equilibrio químico, con la excepción de un pequeño residuo de cal no combinada (CaO), que no ha tenido suficiente tiempo para reaccionar. Sin embargo, el equilibrio no se mantiene durante el enfriamiento, y la velocidad de éste afecta el grado de cristalización y la cantidad de material amorfo, conocido como vidrio, difieren considerablemente de las de compuestos cristalinos de una composición química nominal similar. Otra complicación aparece debido a la interacción de la parte líquida del Clinker con los compuestos cristalinos ya presentes.

No obstante, se puede considerar que el cemento se encuentra en un estado de equilibrio congelado, es decir, que los productos congelados reproducen el equilibrio existente durante la temperatura de formación del Clinker. De hecho, se hace esta suposición para calcular la composición de compuestos de los cementos comerciales; la composición "potencial" se calcula a partir de las cantidades medibles de óxidos que están presentes en el Clinker, como si se hubiera producido una cristalización completa de los productos en equilibrio.

Se suelen considerar cuatro compuestos como los componentes principales del cemento; se enumeran en la tabla, junto con sus símbolos de abreviación. Esta anotación abreviada, utilizada por los químicos del cemento, describe cada óxido con una letra, a saber:



Análogamente, el H₂O del cemento hidratado se indica por una H.

Tabla N° 02 – Compuestos Principales del Cemento Portland

Nombre del Compuesto	Formula	Abreviatura
Silicato dicálcico	2CaO . SiO ₂	C2S
Silicato tricálcico	3CaO . SiO ₂	C3S
Aluminato Tricálcico	3CaO . Al ₂ O ₃	C3A
Aluminoferrito tretacálcico	4CaO . Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃	C4AF

Fuente: Tecnología del Concreto , Ing. Gerardo A. Rivera L.

En realidad, los silicatos que se encuentran en el cemento no son compuestos puros, pues contienen pequeñas cantidades de óxidos en soluciones sólidas. Estos óxidos tienen efectos importantes en los ordenamientos atómicos, las formas cristalinas y las propiedades hidráulicas de estos silicatos.

- **El silicato dicálcico (C2S)** endurece lentamente y contribuye en gran parte al aumento de resistencia a edades mayores de una semana, se considera que a los 180 días ha reaccionado aproximadamente un 50% únicamente.

- **El silicato tricálcico (C3S)** endurece rápidamente y es el factor principal del fraguado inicial y del rápido endurecimiento. En general, la resistencia prematura (durante el primer mes) del cemento es mayor al aumentar los porcentajes de C3S.

- **El aluminato tricálcico (C3A)** libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de endurecimiento, en la primera semana se hidrata casi completamente contribuyendo ligeramente con la resistencia temprana. Su principal función es facilitar la reacción de la sílice con la cal. Los cementos con un bajo contenido de C3A son especialmente resistentes a los suelos y aguas que contengan sulfatos.

- **La formación del aluminoferrito tetracálcico (C4AF)** reduce la temperatura de calcinación en el horno rotatorio, ayudando, por tanto, a la fabricación del cemento. Se hidrata con relativa rapidez (a los tres días casi en su totalidad), pero contribuye muy poco a la resistencia.

Los cálculos de composición potencial del cemento Portland basados en el trabajo de R.H. Bogue y otros investigadores, se denominan generalmente como "composición Bogue".

- **Tipos de Cemento Portland**

A medida que varían los contenidos de C₂S, C₃S, C₃A, C₄AF se modifican las propiedades del cemento Portland, por lo tanto se pueden fabricar diferentes tipos con el fin de satisfacer ciertas propiedades físicas y químicas para situaciones especiales.

- **Cemento Portland tipo 1:** Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales.
- **Cemento Portland tipo 1-m:** Es el destinado a obras de hormigón en general, al que no se le exigen propiedades especiales, pero tiene resistencias superiores a las del tipo 1.
- **Cemento Portland tipo 2:** Es el destinado en general a obras de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos y a obras donde se requiera moderado calor de hidratación.
- **Cemento Portland tipo 3:** Es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- **Cemento Portland tipo 4:** Es el que desarrolla bajo calor de hidratación.

- **Cemento Portland tipo 5:** Es el que ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.

- **Cemento Portland con incorporadores de aire:** Son aquellos a los que se les adiciona un material incorporador de aire durante la pulverización; para identificarlos se les coloca una "A" así por ejemplo cemento Portland tipo 1-A o tipo 3-A, etc.

- **Cemento Portland blanco:** Es el que se obtiene con materiales debidamente seleccionados que le confieren una coloración blanca; prácticamente cumple las especificaciones del cemento Portland tipo 1 (NTC 1362).

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación será el cemento Portland tipo I.

Tabla N° 03 –Composición típica calculada de los diferentes tipos de cemento Portland.

TIPOS DE CEMENTO PORTLAND	COMPOSICION (%)			
	C2S	C3S	C3A	C4AF
1- NORMAL	24	50	11	8
2- MODERADO	33	42	5	13
3- ALTA RESISTENCIA	13	60	12	8
4- BAJO CALOR DE HIDRATACION	50	26	5	12
5- RESISTENCIA A LOS SULFATOS	40	40	4	9

Fuente: Tecnología del Concreto , Ing. Gerardo A. Rivera L

AGREGADOS PARA CONCRETO

- **Definición.**

Los agregados también llamados áridos son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forma un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se puede considerar todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y característica de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida de cemento Portland. En general, la mayoría son materiales inertes, es decir, que desarrollan ningún tipo de reacciones con los demás componentes de las mezclas especialmente con el cemento; sin embargo, existen algunos agregados cuya fracción más fina presenta actividad en virtud de sus propiedades hidráulicas colaborando con el desarrollo de la resistencia mecánica, tales como: las escorias de alto horno de la siderúrgicas, los materiales de origen volcánico en donde hay sílice activo, entre otros.

- **Clasificación de los Agregados.**

En general los agregados se han clasificado de varias maneras a través del tiempo, pero principalmente desde los puntos de vista de su procedencia, densidad, tamaño, forma y textura., existen diferentes formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

- **Por su Naturaleza:**

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- ✓ El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- ✓ El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- ✓ El hormigón, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

- **Por su densidad:**

Depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, ya sean agregados naturales o artificiales. Esta distinción es necesaria porque afecta la densidad del concreto (ligero, normal o pesado) que se desea producir, como lo indica la tabla No. 4.

Tabla N° 04 – Clasificación de los agregados según su masa unitaria.

TIPO DE CONCRETO	MASA UNITARIA APROX. DEL CCTO. Kg/cm2	MASA UNITARIA DEL AGREGADO kg/cm2	EJEMPLO DE UTILIZACION	EJEMPLO DE AGREGADO
Ultraligero	500 - 800		Concreto para aislamiento.	Piedra pómez Ag. Ultraligero
Ligero	9650 - 1350 1450 - 1950	480 - 1040	Rellenos y mampostería no estruct. Concreto Estructural	Perlita Ag. Ultraligero
Normal	2250 - 2450	1300 - 1600	Concreto Estructural y no estruct.	Agregado de río o triturado.
Pesado	3000 - 5600	3400 - 7500	Concreto para proteger de radiación gamma o X, y contrapesos.	Hematita, barita, coridon, magnetita.

Fuente: Tecnología del Concreto tomo I y II , NEVILLE A.M.

- **POR EL ORIGEN, FORMA Y TEXTURA SUPERFICIAL:**

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades. En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

- Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

- **CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TAMAÑO.**

La forma más generalizada de clasificar los agregados es según su tamaño, el cual varía desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros de sección; ésta distribución del tamaño de las partículas, es lo que se conoce con el nombre de GRANULOMETRÍA.

De acuerdo con la clasificación unificada, los suelos se dividen en suelos finos (material de tamaño inferior a 0,074 mm o 74µm-tamiz No. 200) y suelos gruesos (material de tamaño superior o igual a 0,074 mm o 74µm-tamiz No. 200); para la elaboración de mezclas de mortero de concreto se emplean los suelos gruesos y se limita el contenido de suelo fino.

La fracción fina de los suelos gruesos, cuyas partículas tienen un tamaño inferior a 4,76 mm (tamiz No. 4) y no menor de 0,074 mm o 74µm (tamiz No. 200), es lo que comúnmente se denomina *AGREGADO FINO*; y la fracción gruesa, o sea aquellas partículas que tienen un tamaño superior a 4,76 mm (tamiz No. 4), es lo que normalmente se llama *AGREGADO GRUESO*.

GRAVA: Agregado grueso de tamaño máximo mayor o igual a 20 mm.

GRAVILLA: Agregado grueso de tamaño máximo menor a 20 mm.

La grava y la gravilla son resultantes de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.

ARENA: Agregado fino resultante de la desintegración natural y abrasión de las rocas o del procesamiento de conglomerados débilmente ligados.

GRAVA TRITURADA O TRITURADO: Agregado grueso resultante de la trituración artificial de la roca.

ARENA MANUFACTURADA O ARENA TRITURADA: Agregado fino resultante de la trituración artificial de la roca, piedra o escoria (residuo mineral de hierro).

ESCORIA DE ALTO HORNO: Producto no metálico, constituido esencialmente por silicatos y aluminosilicatos de calcio y de otras bases, que se produce en forma líquida o fluida simultáneamente con el hierro en un alto horno.

Una clasificación más específica es la que aparece en la tabla No. 2.6 donde se muestra los nombres más usuales de las fracciones y su aptitud para morteros o concretos según el tamaño de sus partículas.

Tabla N° 05 –Clasificación de los agregados según el tamaño de sus partículas.

TAMAÑO EN mm .	DENOMINACION MAS COMUN	CLASIFICACION	USO COMO AGREGADOS
< 0.002	ARCILLA	FRACCION MUY FINA	NO RECOMENDABLE
0.0002 - 0.074	LIMO	FRACCION FINA	NO RECOMENDABLE
0.074 - 4.76 #200 - #4	ARENA	AGREGADO FINO	MATERIAL APTO PARA MORTERO O CONCRETO
4.76 - 19.1 #4 - 3/4"	GRAVILLA	AGREGADO GRUESO	MATERIAL APTO PARA CONCRETO
19.1 - 50.8 3/4"- 2"	GRAVA		MATERIAL APTO PARA CONCRETO
50.8 - 152.4 2" - 6"	PIEDRA		
>152.4 6"	RAJON , PIEDRA BOLA		CONCRETO CICLOPEO

Fuente: Tecnologia del Concreto , Ing. Gerardo A. Rivera L

AGREGADO FINO

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8" (9.51mm) y es retenido en el tamiz N°200 (74um). Norma Técnica Peruana 400.011.

PROPIEDADES FÍSICAS:

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas.

➤ **Peso unitario**

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

➤ **Peso específico**

El peso específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

➤ **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varía.

➤ **Absorción**

Es la capacidad del agregado fino de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

➤ **Granulometría**

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

➤ **Módulo de finura**

Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un módulo de finura no menos a 2.35 ni mayor que 3.15.

➤ **Superficie específica**

Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las partículas.

AGREGADO GRUESO

El agregado grueso a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas.

PROPIEDADES FÍSICAS:

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas.

➤ **Peso unitario**

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

➤ **Peso específico**

El peso específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

➤ **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varía.

➤ **Granulometría**

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La norma técnica peruana establece las especificaciones granulométricas.

➤ **Módulo de finura**

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es una señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de los agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

• **AGUA**

Es imprescindible en las etapas de la elaboración del concreto: mezclado, fraguado y curado. El agua de mezclado ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de concreto fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y adhiere al agregado. Simultáneamente esta agua reacciona químicamente con el cemento, hidratándolo y produciendo el fraguado en su acepción más amplia, desde el estado plástico inicial, pasando por lo que llamamos endurecimiento, hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo. Por otra parte, el agua de curado es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el concreto ha sido colocado, compactado y alisado en su superficie.

Tanto el agua de mezclado como el agua de curado deben estar libres de contaminantes que puedan perjudicar el fraguado o que reaccionen negativamente, en estado fresco o en estado endurecido.

- **AGUA DE MEZCLADO**

El agua de mezclado cumple dos funciones: hidratar el cemento y proporcionar fluidez y lubricación al mortero. Es la causante de la formación de conductos capilares que interconectan poros; estos se llenan parcialmente de aire y producen concretos menos resistentes y menos durables, por lo que debe usarse el menor volumen de agua que sea posible para obtener la fluidez requerida.

Para la elaboración de morteros se debe usar agua potable, es decir, aquella que por sus características químicas y físicas es útil para el consumo humano o que cumplan con los requisitos de calidad establecidos en la norma, careciendo de impurezas tales como arcilla y cloruros que alteren su durabilidad y aspecto estético, y ácidos que puedan reaccionar.

Tabla N° 06 –Requisitos para agua de mezcla

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300ppm.
Sulfatos	300ppm.
Sales de magnesio	150ppm.
Sales solubles totales	1500ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 pm.

Fuente: NTP 339.088

- **AGUA DE CURADO**

Constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento. Este suministro depende de la humedad del ambiente, ya que la evaporación del agua libre de la pasta ocurre con rapidez cuando la humedad relativa es menor. Por otra parte, el agua y el cemento al mezclarse ocupan un espacio inicial que permanece constante y que tiende a ser llenado gradualmente por los productos de hidratación (pasta).

- **ESQUISTO**

- **Descripción:**

Es una roca metamórfica homogénea formada por la compactación de arcillas a altas temperaturas. Se presenta generalmente en un color opaco azulado oscuro y se divide fácilmente en lajas u hojas planas, siendo por esta característica utilizada en cubiertas.

- **Su origen:**

Los Esquistos se forman en el interior de la corteza terrestre a partir del metamorfismo de rocas en una amplia franja de temperaturas y presiones, mientras algunos se forman a partir de presiones bajas a moderadas llamándose metamorfismo regional de grado medio, otros soportan presiones y temperaturas muy altas, es decir de grado alto.

Existen diferentes tipos de esquisto tales como la mica esquisto, esquisto de granate y esquisto de clorito, dependiendo de cuáles minerales abundan en la roca.

➤ **Composición Química:**

Las distintas rocas esquistosas se denominan y caracterizan según el mineral predominante que produzca la exfoliación. Entre los esquistos importantes están el de mica, el de hornblenda, el de clorita y el de talco.

La roca esquistosa más común es el esquisto de mica. Se compone de mica, que suele aparecer como biotita o moscovita, y pequeñas cantidades de cuarzo. Los esquistos que contienen minerales accesorios importantes se caracterizan por éstos.

El esquisto granate-mica es un esquisto de mica que contiene cristales de granate.

Todos esos minerales predominantes en las rocas esquistosas pertenecen a los silicatos donde el silicio y el oxígeno se combinan con elementos metálicos. La estructura de sus moléculas siempre contienen un átomo de silicio y cuatro de oxígeno. Procede del metamorfismo de *psammitas* y *psefitas*. Contiene menos del 90% de sílice.

➤ **Textura :**

Las rocas esquistosas se rompen con facilidad por una laminación, o esquistosidad, en placas finas parecidas a escamas por lo que su textura es foliada. Esquistosa con granos minerales que están en placas o alineados.

➤ **Densidad:** El esquisto es una roca de densidad media que varía entre 2 a 4.

- **Color** Recuerda a la cuarcita, pero es más oscuro y fibroso. Su localización es similar a la cuarcita, a las filitas y micacitas y en muchas ocasiones, bastante mezcladas unas con otras por lo que el color varía según el mineral predominante. Los hay en gamas de grises y cafés, verdosos y amarillos.
- **Brillo.** Al esquisto, el brillo se lo proporcionan las capas de los minerales que se encuentren en la rocas, éstos pueden ser transparentes o traslúcidos algunos con brillo nacarado o vítreo el cual se dará dependiendo de la cantidad de mineral existente.
- **Usos** El esquisto es una fuente de minerales para coleccionistas; por ser una roca que presenta diferentes capas ha sido utilizada por el hombre para esculpir en ella y obtener así figuras de ornamentación. Así podemos encontrar esculturas y bajorrelieves en la India que datan del Siglo II donde se representa a Buda sólo o en un séquito.

El esquisto verde también se usó en Egipto para hacer amuletos, los más antiguos que se conocen están hechos de este material y tienen formas de animales o cosas parecidas. En algunas excavaciones se han encontrado herramientas de esquisto cuarcítico en los yacimientos de la Sierra de Atapuerca en Burgos, España.

Actualmente, el Esquisto se corta en láminas y se utiliza en la fabricación de tejas para cubrir techos y baldosas para el exterior.

- **Propiedades:** Insolubles en la mayoría de los ácidos. Exfoliación.

- **ARCILLA**

Es un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Arcilla del período cuaternario (400.000 años)

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$.

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por los seres humanos, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de papel, producción de cemento y procesos químicos. ´

La superficie específica o área superficial de una arcilla se define como el área de la superficie externa más el área de la superficie interna (en el caso de que esta exista) de las partículas constituyentes, por unidad de masa, expresada en m^2/g .

Las arcillas poseen una elevada superficie específica, muy importante para ciertos usos industriales en los que la interacción sólido-fluido depende directamente de esta propiedad.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de superficies específicas de arcillas:

- Caolinita de elevada cristalinidad hasta 15 m²/g
- Caolinita de baja cristalinidad hasta 50 m²/g
- Halloisita hasta 60 m²/g
- Illita hasta 50 m²/g
- Montmorillonita 80-300 m²/g
- Sepiolita 100-240 m²/g
- Paligorskita 100-200 m²/g

- **CLASIFICACION**

- **Arcilla primaria:** se utiliza esta denominación cuando el yacimiento donde se encuentra es el mismo lugar en donde se originó. El caolín es la única arcilla primaria conocida.
- **Arcillas secundarias:** son las que se han desplazado después de su formación, por fuerzas físicas o químicas. Se encuentran entre ellas el caolín secundario, la arcilla refractaria, la arcilla de bola, el barro de superficie y el gres.

Si atendemos a la estructura de sus componentes, se distinguen las arcillas filitenses y las arcillas fibrosas.

También se pueden distinguir las arcillas de acuerdo a su plasticidad. Existen así las arcillas plásticas (como la caolinítica) y las poco plásticas (como la esméctica, que absorbe las grasas).

Por último, hay también las arcillas calcáreas, la arcilla con bloques (arcilla, grava y bloques de piedra de las morrenas), la arcilla de descalcificación y las arcillitas (esquistos arcillosos)

VARIABLES

- VARIABLE DEPENDIENTE**

Tabla N° 07 –Variable dependiente: Resistencia a la Compresión

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	La fuerza que reciben las probetas de concreto de 210 kg/cm ² a los 7, 14 y 28 días de curado..	Kg/cm ²

Fuente: El Autor

- VARIABLE INDEPENDIENTE**

Tabla N° 08 –Variable Independiente: Sustitución de arcilla y esquistos activadas.

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de arcilla y esquistos activadas.	Sustitución de un porcentaje de cemento por una combinación de arcilla natural activada y esquistos activados en el diseño de concreto ; f'c= 210 kg/cm ² .	Porcentaje de: 0%, 7% Y 10%.

Fuente: El Autor

- En esta presente investigación se formuló la siguiente hipótesis:
 - “La sustitución en 7 y 10 % del cemento por la combinación de arcilla y esquistos, en un concreto con resistencia $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ permitiría obtener una mejor resistencia”.

- El objetivo general del presente estudio es:
 - Determinar el efecto de la sustitución al 7% y 10% del cemento por la combinación de arcilla y esquistos en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.

- En virtud de lo anterior para cumplir el objetivo general debemos definir los objetivos específicos que nos permitan desarrollar nuestro trabajo:
 - Activar la arcilla y esquistos para sustituir en 7 y 10% al peso del cemento en el diseño del concreto.
 - Alcanzar un tamaño de partícula de la arcilla y esquistos a 76 micrómetros que permita su homogenización en la sustitución del cemento.
 - Determinar la composición química de la arcilla y esquistos por fluorescencia rayos X.
 - Determinar el PH y Peso específico de la disolución del cemento, esquistos, arcilla y la combinación de estas en porcentajes de 7 y 10% .
 - Encontrar la relación a/c de la probeta patrón y la experimental en una sustitución del 7 y 10 %.
 - Medir la resistencia a compresión de las probetas patrón y experimentales y comparar sus resultados.

II) METODOLOGIA DE TRABAJO

El tipo y diseño de investigación, fue la siguiente

El tipo de investigación es Aplicada, porque servirá como una técnica nueva para el proceso constructivo de viviendas, ayudando a solucionar problemas, ya sea por las carencias económicas que se tiene o por la vulnerabilidad de este tipo de construcción. Se logrará consolidar los problemas a través de esta propuesta en su proceso constructivo.

El diseño de la investigación será Experimental de nivel “Cuasi-Experimental”; porque se va a comparar 3 grupos de estudio; realizando el control y manipulación de las variables, para ello se estudiará un nuevo diseño de mezcla sustituyendo en 7 y 10 % al cemento por la combinación de arcilla y esquisto.

El estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Suelos, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos.

Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla N° 09 –Variable Independiente: Sustitución de arcilla y esquisto activadas.

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA A COMPRESION F'C 210 Kg/cm ²		
	0% de arcilla y 0% esquisto (patrón)	2% de arcilla y 5% de esquisto	3% de arcilla y 7% de esquisto
7			
			
			
14			
			
			
28			
			
			

Fuente: El Autor

Para esta investigación se tiene como población al conjunto de probetas de concreto, $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, que serán elaboradas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro de Chimbote.

Las muestras vendrán a ser las probetas a ensayar según norma estandarizada ASTM C-39, las cuales serán en número:

$n = 27$ probetas de concreto distribuida de la siguiente manera:

- 3 probetas de concreto (aplicación del 0% - 7 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 0% - 14 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 0% - 28 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 7% - 7 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 7% - 14 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 7% - 28 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 10% - 7 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 10% - 14 días)
- 3 probetas de concreto (aplicación del 10% - 28 días)

➤ Para la elaboración de las unidades de estudio (probetas) se utilizaron las siguientes referencias:

- La Arcilla se recolecto del distrito San Miguel de Aco provincia de Carhuaz , Ancash.
- Esquisto se recolecto de Yacya – Huari – Ancash.
- La piedra de $\frac{3}{4}$ " y arena gruesa para el diseño de probetas se compró en las canteras “La Sorpresa” (Agregado Grueso) y “Vesique” (Agregado Fino).
- Cemento portland Tipo I marca “Pacasmayo”
- El material será llevado en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro

Por ser un proyecto de investigación con un Nivel de Investigación aplicador y al ensayar en un Laboratorio las muestras se opta por usar como Técnica e Instrumento de Investigación:

Tabla N° 10 – Técnicas de recolección de la información

TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION	INSTRUMENTO
OBSERVACION	Guía de observación resumen Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.

Fuente: El Autor

Teniendo en cuenta así que los materiales a utilizarse en nuestro diseño de probeta requieren ser evaluados por una serie de ensayos ya que son los que determinan si los materiales son buenos para nuestra mezcla de concreto a utilizar, por ello se debe tener en cuenta los siguientes ensayos:

Ensayos que se realizó al concreto convencional y al concreto experimental sustituido en 7% y 10% al cemento por la combinación de arcilla y esquistos activados, tiempo de curado, tiempo de fraguado, relación de agua / cemento (a/c), tipo de cemento, tipo de agregados, tipo de agua de mezcla.

Los Instrumentos se tomaron con respecto a los siguientes ensayos:

- ✓ Ensayo Granulométrico del Agregado fino
- ✓ Ensayo Granulométrico del Agregado grueso
- ✓ Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino
- ✓ Ensayo de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso

- ✓ Ensayo de Peso Unitario del Agregado Fino
- ✓ Ensayo de Peso Unitario del Agregado Grueso
- ✓ Contenido de Humedad del Agregado Fino
- ✓ Contenido de Humedad del Agregado Grueso
- ✓ Ensayo de Abrasión del Agregado Grueso
- ✓ Diseño de Mezcla de concreto convencional
- ✓ Prueba de Asentamiento del concreto Convencional.
- ✓ Elaboración de Especímenes de concreto Convencional

También se realizará ensayos de la ceniza de arcilla y esquisto para determinar sus propiedades físicas y químicas.

Los instrumentos para la arcilla y esquisto serán tomados con respecto a los siguientes ensayos:

- Ensayo de Análisis Diferencial Térmico (ADT) de la arcilla y esquisto.
- Ensayo de alcalinidad de arcilla y esquisto y con sustitución al 7 % y 10%.
- Ensayo de fluorescencia rayos X de arcilla y esquisto para determinar su composición química de estos elementos.
- Ensayo de peso específico de la arcilla y esquisto.

La Guía de Registro realizados, para ver el avance de los especímenes de concreto se tomó de acuerdos a los 7, 14 y 28 días.

Para los cálculos y para el análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio mecánica de suelos se calculó e interpreto con la ayuda de los programas.

Los ensayos se realizaron con la ayuda de expertos en laboratorio de suelos para el posible estudio e interpretación de los resultados.

Se utilizó equipos digitales como cámara fotográfica, filmadora y demás instrumentos que permitieron registrar y evidenciar lo planteado en el presente perfil del proyecto.

El proceso y análisis de datos de esta investigación es:

Materia Orgánica:

- **Esquisto (Yacya – Huari – Ancash)**

➤ **Ubicación**

La piedra esquisto se encuentra ubicado en el centro poblado de Yacya, Provincia de Huari, departamento de Ancash en las altas montañas de Yacya a 3800 m.s.n.m.

➤ **Recolección**

Se recolecto 33 Kg de piedra esquisto como materia prima, para proceder con la investigación. El material se obtuvo de la parte Sierra del Perú ubicada en el distrito de Yacya –Huari – Ancash, se caminó 3 horas para poder llegar con el material ya que los pobladores nos dijeron que la piedra se encontraba en la puna del pueblo de Yacya a una altura promedio de 3800 m.s.n.m.

Al iniciar el proceso de extracción de la materia prima se hizo uso de herramientas menores (palanas, picos, costales, entre otros.), con las cuales nos sirvió de gran utilidad para poder obtener la piedra.

➤ **Ensayo de Análisis de Diferencial Térmico.**

El ensayo de Análisis de Diferencial Térmico (ADT), sirve para determinar a qué temperatura la muestra (piedra esquisto), logró activarse, este ensayo se realizó en los laboratorios de Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Según el gráfico, se determinó que debería calcinarse la muestra (piedra esquisto) a 600 ° C en un periodo de 4 horas.

➤ **Calcinación**

La etapa de calcinación consiste en incinerar en altas temperaturas; para este proceso se utilizó una mufla ubicada en el laboratorio de concreto de la UNIVERSIDAD SAN PEDRO.

La muestra fue de 2.55 kg lo cual fue dividido en 2 muflas para su posterior calcinación a una temperatura de 600 ° C en un lapso de 4 horas.

➤ **Pulverización**

Se pulverizo la piedra esquisto para poder llegar alcanzar un tamaño de partícula de 76 micrómetros que permita su homogenización en la sustitución del cemento.

El proceso se realizó manualmente utilizando batan y chungo para poder moler el esquisto y llegar al tamaño indicado.

➤ **Tamizado**

Al realizar la pulverización de esquisto manualmente no se logró el tamaño requerido de 76 micrómetros, lo cual la piedra molida se llevó a un proceso de tamizado usando la malla N°200, dando con el tamaño requerido para su homogenización con cemento.

Se logró obtener 2.43 Kg de esquisto pulverizado de tamaño de 76 micrómetros.

➤ **Ensayo Fluorescencia rayos X**

Para el ensayo de Fluorescencia de rayos X se utilizó los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería (LABICER) lo cual nos determinó los siguientes datos mostrados en la tabla N° 10.

➤ **Ensayo de alcalinidad (PH)**

Para el ensayo de PH, se realizó en el laboratorio de Ing. Industrial de la UNS.

Para este proceso se utilizó 5 muestras; la primera muestra consistió en 1gr. de cemento, la segunda 1 gr. de esquisto, la tercera 1 gr. de arcilla, la cuarta la sustitución del cemento en 7% y la quinta en la sustitución del cemento en 10% por la combinación de arcilla y esquisto.

La lectura del PH de esquisto se muestra en la tabla N° 12.

• **Arcilla (San Miguel de Aco– Carhuaz – Ancash)**

➤ **Ubicación**

La arcilla se encuentra ubicada en el Caserío de San miguel de Aco, provincia de Carhuaz, en el Departamento de Ancash a 5 km del caserío en los valles de la sierra peruana.

➤ **Recolección**

Se recolecto 12 kg de piedra esquisto como materia prima, para proceder con la investigación. El material se recolecto de la parte Sierra del Perú ubicada en el distrito de San Miguel de Aco –Carhuaz

– Ancash, el lugar exacto se encuentra a 2 horas del centro poblado de San miguel a 2450 m.s.n.m.

Al iniciar el proceso de extracción de la materia prima se hizo uso de herramientas menores (palanas, picos, costales, entre otros.), con las cuales nos sirvió de gran utilidad para poder obtener la arcilla.

➤ **Ensayo de Análisis de Diferencial Térmico.**

El ensayo de Análisis de Diferencial Térmico (ADT), sirve para determinar a qué temperatura la muestra (arcilla de San Miguel de Aco), logró activarse, este ensayo se realizó en los laboratorios de Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Según el grafico, se determinó que debería calcinarse la muestra (arcilla de San Miguel de Aco) a 600 ° C en un periodo de 1 hora.

➤ **Calcinación**

La etapa de calcinación consiste en incinerar en altas temperaturas; para este proceso se utilizó una mufla ubicada en el laboratorio de concreto de la UNIVERSIDAD SAN PEDRO.

La muestra fue de 2.30 kg de arcilla en forma de galletas de color rojizo , la cual se calcino a una temperatura de 600 ° C en un lapso de 4 horas.

➤ **Pulverización**

Se pulverizo la arcilla para poder llegar alcanzar un tamaño de partícula de 76 micrómetros que permita su homogenización en la sustitución del cemento.

El proceso se realizó manualmente utilizando batan y chungo para poder moler la arcilla y llegar al tamaño indicado.

➤ **Tamizado**

Al realizar la pulverización de la arcilla manualmente no se logró el tamaño requerido de 76 micrómetros, lo cual la arcilla molida se llevó a un proceso de tamizado usando la malla N°200, dando con el tamaño requerido para su homogenización con cemento. Se logró obtener 1.80 Kg de arcilla pulverizada de tamaño de 76 micrómetros.

Ensayo de Rayos de Fluorescencia

Para el ensayo de Fluorescencia de rayos X se utilizó los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería (LABICER) lo cual nos determinó los siguientes datos mostrados en la tabla N° 11.

➤ **Ensayo de alcalinidad (PH)**

Para el ensayo de PH, se utilizó el laboratorio de Ing. Industrial de la UNS.

Para este proceso se utilizó tres muestras; la primera muestra consistió en 1gr. de cemento, la segunda 1 gr. de esquisto, la tercera la sustitución del cemento en 7% por la combinación de arcilla y esquisto.

La lectura del PH de la muestra de cemento fue de 11.97.

La lectura del PH de la muestra de esquisto fue de 9.86.

La lectura del PH de la muestra de arcilla fue de 8.05.

La lectura de PH de la sustitución en 7% fue de 12.01.

Se determinó que la combinación de arcilla y esquisto para la sustitución en 7% del cemento es una muestra parcialmente alcalina (material base).

- **Agregados: Agregado Fino y Agregado Grueso**

- **Recolección**

El agregado grueso fue extraído de la Cantera Rubén, ubicado antes de llegar al túnel de Coischo en el distrito de Chimbote- Santa - Ancash.

El agregado fino fue extraído de la cantera Vesique kilómetro 412 a 250 m después del desvío del balneario Vesique en el distrito santeño de Samanco.

- **Ensayos**

Los respectivos ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro; lo cual fueron los siguientes:

- Contenido de humedad

- Peso unitario

- Gravedad Específica y Absorción

- Granulometría

- **Cemento**

- **Ensayo de alcalinidad**

Este ensayo se realizó en el laboratorio de la escuela de Ing. Industrial de la UNS.

El PH del cemento determinado es: 11.97; lo cual determina que es una sustancia alcalina.

- **Ensayo de Peso Específico**

Este ensayo se realizó en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

El Peso específico del cemento Tipo I Portland se determinó que es: 3.12, por el método del frasco de Chatelier.

- **Premezclado**

El premezclado consiste en Combinar el cemento con la sustitución del 7% y 10% por la combinación de arcilla y esquisto.

Para realizar el proceso de mezclado se considera la cantidad de cemento para 10 Especímenes de concreto:

- Concreto con sustitución al 7% (2% arcilla – 5% esquisto)

- ❖ Peso de diseño: 15890 gr (considerando desperdicios)

- ❖ Peso de cemento: 93% peso de diseño = 14780 gr

- ❖ Peso de esquisto: 5% Peso de diseño = 790 gr

- ❖ Peso de arcilla: 2% Peso de diseño = 320 gr

Debido al gran volumen y peso del cemento el proceso de premezclado para realizar una mezcla homogénea se realizó en 8 partes.

➤ Concreto con sustitución al 10% (3% arcilla – 7% esquisto)

- ❖ Peso de diseño: 15890 gr (considerando desperdicios).
- ❖ Peso de cemento: 90% peso de diseño = 14300 gr
- ❖ Peso de esquisto: 7% Peso de diseño = 1110 gr
- ❖ Peso de arcilla: 3% Peso de diseño = 480 gr

➤ **Mezclado:**

Se elaboró el mezclado del Diseño de mezcla Patrón.

Fecha de vaciado de probetas: 25/10/16

Fecha de desencofrado de probetas: 26/10/16

Se calculó las proporciones adecuadas.

Para 1 probeta:

Cemento: 1.59 Kg

Agregado Fino: 4.50 Kg

Agregado Grueso: 5.37 Kg

Agua: 1.12 Lt

III) RESULTADOS

➤ ENSAYO DE FLUORESCENCIA RAYOS X

Tabla N° 10. – Composición Química de Esquisto activado

COMPOSICION QUIMICA ELEMENTOS	RESULTADO EXPERIMENTAL %	COMPOSICION QUIMICA OXIDOS	RESULTADO EXPERIMENTAL %	METODO UTILIZADO
Calcio, Ca	93.418	Oxido de Calcio, Cao	87.064	ESPECTROMETRIA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Silicio, Si	3.633	Dióxido de Silicio, SiO ₂	5.723	
Aluminio, Al	1.201	Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	3.426	
Hierro, Fe	0.887	Oxido de Potasio, K ₂ O	2.106	
Potasio, K	0.413	Trióxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	1.442	
Estroncio, Sr	0.263	Oxido de Estroncio, Sro	0.197	
Azufre, S	0.186	Trióxido de Azufre, So ₃	0.043	

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LABICER

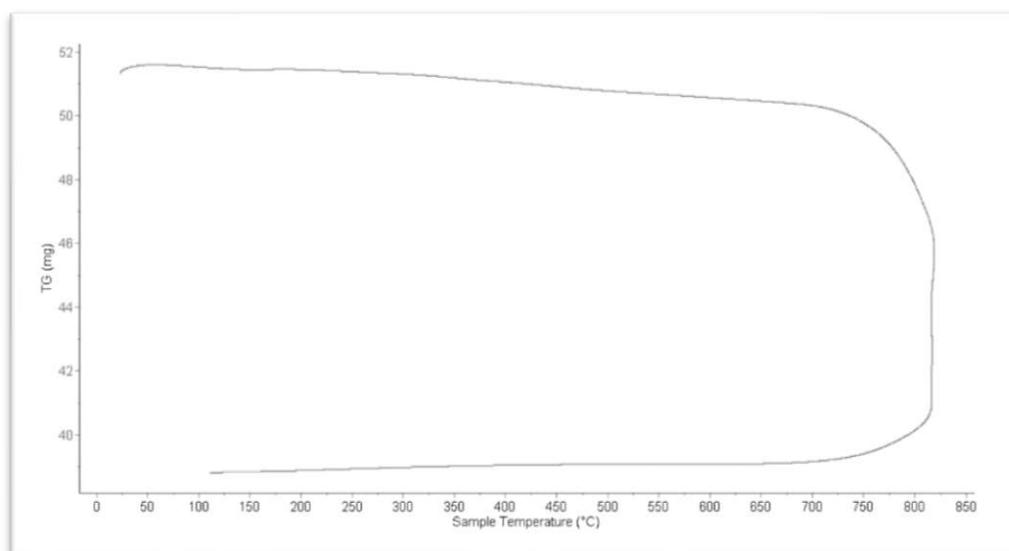
Tabla N° 11. – Composición Química de Arcilla activado

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADO EXPERIMENTAL %	METODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	42.301	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	36.402	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	11.153	
Oxido de Potasio (K ₂ O)	8.371	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.756	
Pentóxido de Fosforo (P ₂ O ₅)	0.424	
Oxido de Calcio (CaO)	0.388	
Oxido de Manganeso (MnO)	0.092	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.0049	
Oxido de Zinc (ZnO)	0.0045	
Oxido de Estroncio (SrO)	0.0013	
Oxido de Rubidio (Rb ₂ O)	0.006	

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería - LABICER

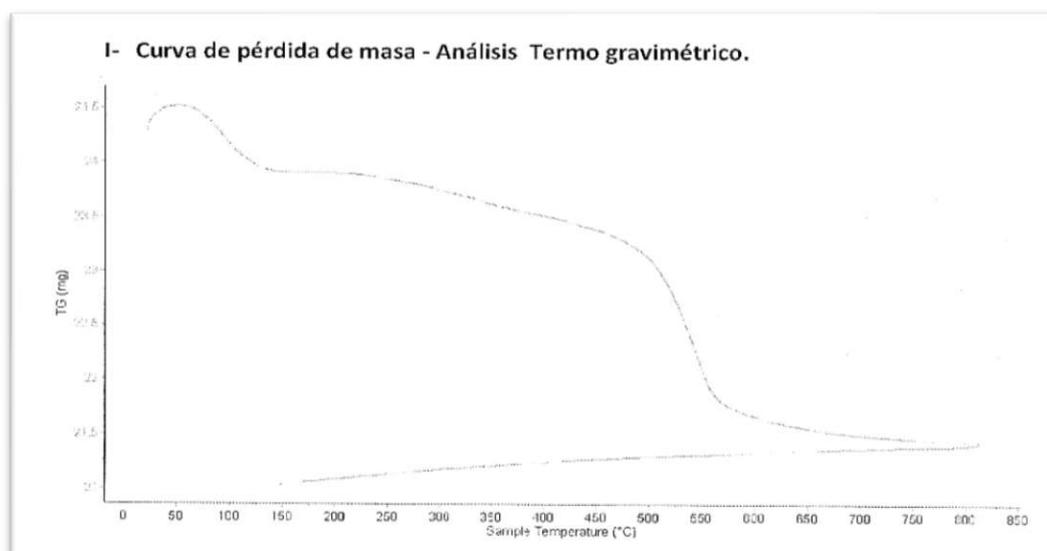
➤ CURVA DE PÉRDIDA DE MASA - ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO

Figura N° 1. – Curva de Pérdida de Masa de Esquisto



Fuente: Universidad Nacional de Trujillo – Laboratorio de Polímeros

Figura N° 2. – Curva de Pérdida de Masa de Arcilla



Fuente: Universidad Nacional de Trujillo – Laboratorio de Polímero

➤ RESULTADOS DE POTENCIAL DE HIDROGENO – PH

Tabla N° 12. – Alcalinidad de materiales

MATERIALES	PH
Cemento	11.97
Esquisto	9.86
Arcilla	8.05
93% cemento, 2% arcilla y 5% esquisto	12.01

Fuente: Universidad Nacional del Santa – Lab. Ing. Industrial

➤ ENSAYO DE AGREGADOS – LABORATORIO USP

➤ CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla N° 13. – Contenido de Humedad de Agregado Fino

ENSAYO N.º	MUESTRA	MUESTRA
	1	2
PESO DE LA TARA + MH (gr)	1132.60	1162.20
PESO DE LA TARA + MS (gr)	1128.20	1158.10
PESO DEL AGUA (gr)	4.40	4.10
PESO DE LA TARA (gr)	169.10	169.10
PESO DE SUELO SECO (gr)	959.10	989.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.46	0.41
CONT. DE HUM. PROM. (%)	0.44	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 14. – Contenido de Humedad de Agregado Grueso

ENSAYO N°	MUESTRA	MUESTRA
	1	2
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1443.2	1413.14
TARA + SUELO SECO (gr)	1438.10	1407.50
PESO DEL AGUA (gr)	5.10	5.64
PESO DE LA TARA (gr)	169.10	169.10
PESO DE SUELO SECO (gr)	1269.00	1238.40
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.40	0.46
CONT. DE HUM. PROM.(%)	0.43	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

➤ PESO UNITARIO SUELTO

Tabla N° 15. – Peso Unitario Suelto de Agregado Fino

ENSAYO N°	MUESTRA	MUESTRA 02	MUESTRA
	01		03
PESO DE MOLDE + MUESTRA (gr)	7850	7800	7800
PESO DE MOLDE (gr)	3326	3326	3326
PESO DE MUESTRA (gr)	4524.00	4474.00	4474.00
VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	2788.00	2788.00	2788.00
PESO UNITARIO (Kg/m ³)	1622.67	1604.73	1604.73
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m ³)	1610.71		
PESO UNITARIO CORREGIDO	1604		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 16. – Peso Unitario Suelto de Agregado Grueso

ENSAYO N.º	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	01	02	03
PESO DE MOLDE + MUESTRA (gr)	18350	18400	18600
PESO DE MOLDE (gr)	5120	5120	5120
PESO DE MUESTRA (gr)	13230.00	13280.00	13480.00
VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	9354.00	9354.00	9354.00
PESO UNITARIO (Kg/m3)	1414.37	1419.71	1441.09
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)		1425	
PESO UNITARIO CORREGIDO		1419	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

➤ **PESO UNITARIO COMPACTADO**

Tabla N° 17. – Peso Unitario Compactado de Agregado Fino

ENSAYO N°	MUESTRA	MUESTRA 02	MUESTRA
	01		03
PESO DE MOLDE + MUESTRA (gr)	8250	8220	8250
PESO DE MOLDE (gr)	3326.000	3326	3326
PESO DE MUESTRA (gr)	4924.000	4894.000	4924.000
VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	2788.00	2788.00	2788.00
PESO UNITARIO (Kg/m3)	1766.141	1755.380	1766.141
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)		1762.55	
PESO UNT. COMPACT. CORREGIDO		1755	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 18. – Peso Unitario Compactado de Agregado Grueso

ENSAYO N.º	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
PESO DE MOLDE + MUESTRA (gr)	19750	19550	19800
PESO DE MOLDE (gr)	5120	5120	5120
PESO DE MUESTRA (gr)	14630.00	14430.00	14680.00
VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	9354.00	9354.00	9354.00
PESO UNITARIO (Kg/m3)	1564.04	1542.66	1569.38
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m3)		1559	
PESO UNITARIO COMPACTADO CORREGIDO		1552	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

➤ **GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION**

Tabla N° 19. – Gravedad Especifica y Absorción de Agregado Fino

ORDEN	DESCRIPCION	UND	DATOS
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr	300.000
B	Peso de fiola + agua	gr	665.100
C		cm3	965.100
D	Peso de fiola + agua + material	gr	852.200
E	Volumen de masa + volumen de vacíos	cm3	112.900
F	Peso de material seco en estufa	gr	297.900
G	Volumen de masa		110.800
H	ABSORCION (%)	%	0.705
I	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.639
J	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.657
K	P.e. Aparente (Base Seca)	F/G	2.689

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 20. – Gravedad Específica y Absorción de Agregado Grueso

ORDEN	DESCRIPCION	UND	MUESTRA	MUESTRA
			1	2
A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr	1100.70	1140.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	gr	713.60	737.30
C	Volumen de masa + volumen de vacíos	cm3	387.10	403.60
D	Peso de material seco en el horno	gr	1093.20	1130.70
E	Volumen de masa	cm3	379.60	393.40
F	ABSORCION (%)	%	0.69	0.90
G	P.e. Bulk (Base Seca)	D/C	2.82	2.80
H	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/C	2.84	2.83
I	P.e. Aparente (Base Seca)	D/E	2.88	2.87
	ABSORCION (%)	%		0.79
	P.e. Bulk (Base Seca)	D/C		2.81
	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/C		2.84
	P.e. Aparente (Base Seca)	D/E		2.88

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

➤ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Tabla N° 21. – Análisis Granulométrico de Agregado Fino

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°	ABERT. (mm.)	(gr)	%	%	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	16.10	1.81	1.81	98.19
N° 8	2.360	61.70	6.95	8.77	91.23
N° 16	1.180	173.10	19.51	28.28	71.72
N° 30	0.600	195.40	22.02	50.30	49.70
N° 50	0.300	184.60	20.80	71.10	28.90
N° 100	0.150	190.40	21.46	92.56	7.44
N° 200	0.075	55.20	6.22	98.78	1.22
PLATO		10.80	1.22	100.00	0.00
TOTAL		887.30	100.00		
MODULO DE FINEZA		2.53			

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 22. – Análisis Granulométrico de Agregado Fino

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°	ABERT. (mm.)	(gr)	%	%	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	789.40	66.73	66.73	33.27
1/2"	12.500	387.30	32.74	99.48	0.52
3/8"	9.500	6.20	0.52	100.00	0.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 8	2.360	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		1182.90	100.00		
TAMAÑO MAX. NOMINAL			3/4"		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

➤ LIMITES DE ATTERBERG

Tabla N° 23. – LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO DE ARCILLA

Nro. ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	51.68	45.95	50.75	20.68	23.42	20.68
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	39.92	35.98	35.87	20.40	23.10	20.40
PESO DE TARA (gr.)	17.90	15.32	15.32	19.56	21.77	19.56
PESO DE AGUA (gr.)	11.76	10.08	10.08	0.28	0.32	0.28
PESO SUELO SECO (gr.)	22.02	20.55	20.55	0.84	1.33	0.84
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	53.41	49.05	49.05	33.33	24.06	33.33
Nro. DE GOLPES	15.00	27.00	34.00	30.24		

LIMITE LIQUIDO	LL %	49.98
LIMITE PLASTICO	LP %	30.24
INDICE DE PLASTICIDAD	IP%	19.74

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

➤ PESO ESPECIFICO DE MATERIALES

Tabla N° 24. – Peso Específico de Cemento Portland, Esquisto y Arcilla

MATERIALES	PESO ESPECIFICO
Cemento	3.12
Esquisto	3.28
Arcilla	2.86
Cemento +2% arcilla+5%esquisto	3.20
Cemento +3%arcilla +7% esquisto	3.25

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

➤ ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO PATRON

Tabla N° 25. – Resistencia a la Compresión de Concreto Patrón 7 días

PROBETA	1	2	3
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	7		
FECHA DE ROTURA	28/10/2016	28/10/2016	28/10/2016
CARGA MAX. APLICADA (kg)	27000	30160	27610
DIAMETRO (cm)	15.08	15.15	15.10
PESOS (kg)	13.32	13.48	13.34
RESISTENCIA (kg/cm ²)	151.17	167.31	154.18
PORCENTAJE VARIACION (%)	71.99	79.67	73.42
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm ²)	157.55		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 26. – Resistencia a la Compresión de Concreto Patrón 14 días

PROBETA	4	5	6
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	14		
FECHA DE ROTURA	04/11/2016	04/11/2016	04/11/2016
CARGA MAX. APLICADA (kg)	34340	33280	34640
DIAMETRO (cm)	14.80	15.03	15.05
PESOS (kg)	13.55	13.35	13.51
RESISTENCIA (kg/cm ²)	199.61	187.58	194.72
PORCENTAJE VARIACION (%)	95.05	89.32	92.72
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm ²)	193.97		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 27. – Resistencia a la Compresión de Concreto Patrón 28 días

PROBETA	7	8	9
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	28		
FECHA DE ROTURA	18/11/2016	18/11/2016	18/11/2016
CARGA MAX. APLICADA (kg)	37620	38010	39770
DIAMETRO (cm)	15.06	15.16	15.09
PESOS (kg)	13.39	13.37	13.49
RESISTENCIA (kg/cm ²)	211.19	210.58	222.38
PORCENTAJE VARIACION (%)	100.57	100.27	105.89
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm ²)	214.71		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

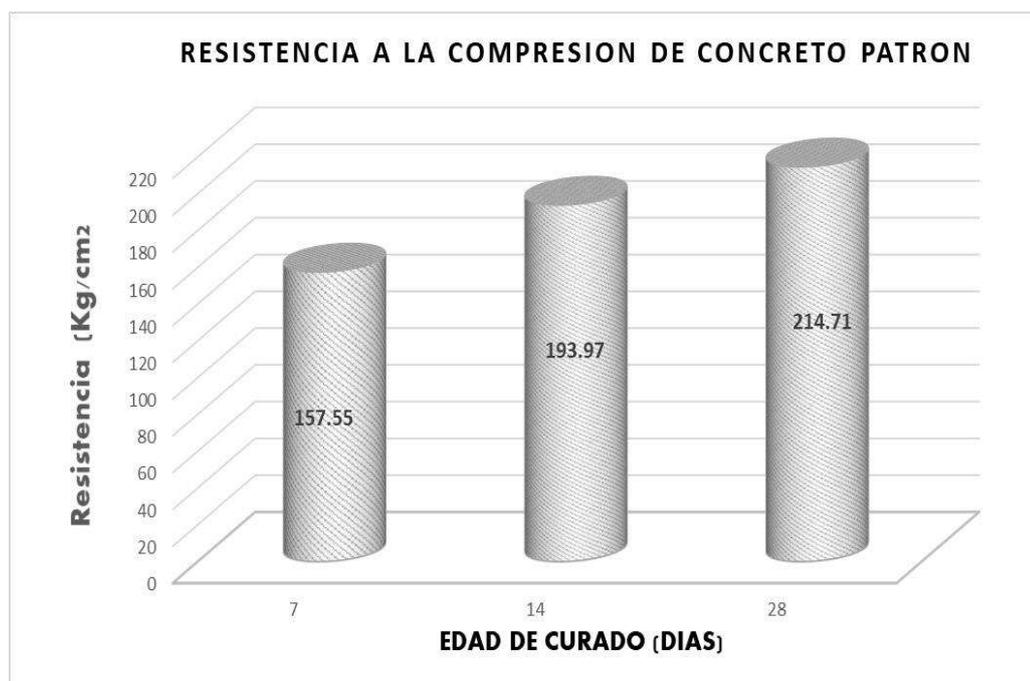


Figura N° 3. – Resistencia de Concreto Patrón respecto a edades

Fuente: El autor

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO EXP. CON SUST. 7%

Tabla N° 28. – Resist. a la Compresión de Concreto Exper. con sustitución al 7% a los 7 días

PROBETA	1	2	3
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	7		
FECHA DE ROTURA	29/10/2016	29/10/2016	29/10/2016
CARGA MAX. APLICADO (kg)	30320	29860	28659
DIAMETRO (cm)	15.10	15.12	15.16
PESOS (kg)	13.48	13.36	13.34
RESISTENCIA (kg/cm ²)	169.31	166.30	158.77
PORCENTAJE VARIACION (%)	80.62	79.19	75.61
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm ²)	164.79		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 29. – Resist. a la Compresión de Concreto Exper. con sustitución al 7% a los 14 días

PROBETA	4	5	6
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	14		
FECHA DE ROTURA	05/11/2016	05/11/2016	05/11/2016
CARGA MAX. APLICADO kg	35675	34878	34768
DIAMETRO (cm)	15.07	15.09	15.14
PESOS (kg)	13.28	13.22	13.18
RESISTENCIA (kg/cm ²)	200.01	195.02	193.12
PORCENTAJE VARIACION (%)	95.24	92.87	91.96
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm ²)	196.05		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 30. – Resistencia a la Compresión de Concreto Experimental con sustitución al 7% a los 28 días.

PROBETA	7	8	9
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	28		
FECHA DE ROTURA	19/11/2016	19/11/2016	19/11/2016
CARGA MAX. APLICADA (kg)	38974	37848	38984
DIAMETRO (cm)	15.04	15.13	15.09
PESOS (kg)	13.35	13.26	13.31
RESISTENCIA (kg/cm ²)	219.38	210.51	217.98
PORCENTAJE VARIACION (%)	104.46	100.24	103.80
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm ²)	215.96		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

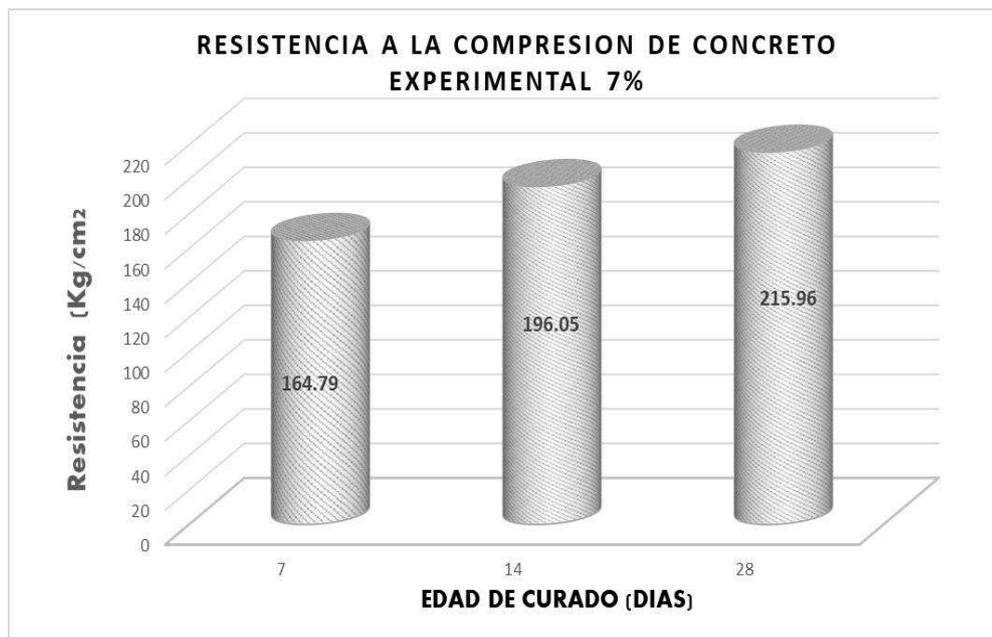


Figura N° 4. – Resistencia de Concreto Experimental 7% respecto a edades

Fuente: El autor

➤ RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO EXP. CON
SUST. 10%

Tabla N° 31. – Resistencia a la Compresión de Concreto Experimental

con sustitución al 10% a los 7 días

PROBETA	1	2	3
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	7		
FECHA DE ROTURA	29/10/2016	29/10/2016	29/10/2016
CARGA MAX. APLICADO kg	32320	32060	31730
DIAMETRO (cm)	15.15	15.18	15.11
PESOS (kg)	13.18	13.13	13.25
RESISTENCIA (kg/cm2)	179.29	177.15	176.95
PORCENTAJE VARIACION (%)	85.38	84.36	84.26
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm2)	177.80		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 32. – Resistencia a la Compresión de Concreto Experimental

con sustitución al 10% a los 14 días

PROBETA	4	5	6
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	14		
FECHA DE ROTURA	05/11/2016	05/11/2016	05/11/2016
CARGA MAX. APLICADO kg	37730	37150	32330
DIAMETRO (cm)	15.17	15.09	15.14
PESOS (kg)	13.46	13.33	13.18
RESISTENCIA (kg/cm2)	208.75	207.73	179.58
PORCENTAJE VARIACION (%)	99.40	98.92	85.52
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm2)	198.69		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

Tabla N° 33. – Resistencia a la Compresión de Concreto Experimental
con sustitución al 10% a los 28 días

PROBETA	7	8	9
EDAD DE PROBETAS (DIAS)	28		
FECHA DE ROTURA	19/11/2016	19/11/2016	19/11/2016
CARGA MAX. APLICADO kg	40410	40220	39873
DIAMETRO (cm)	15.15	15.12	15.08
PESOS (kg)	13.21	13.25	13.15
RESISTENCIA (kg/cm ²)	224.17	224.00	220.32
PORCENTAJE VARIACION (%)	106.75	106.67	104.91
RESISTENCIA PROMEDIO POR EDADES (Kg/cm ²)	223.81		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Materiales – USP Chimbote

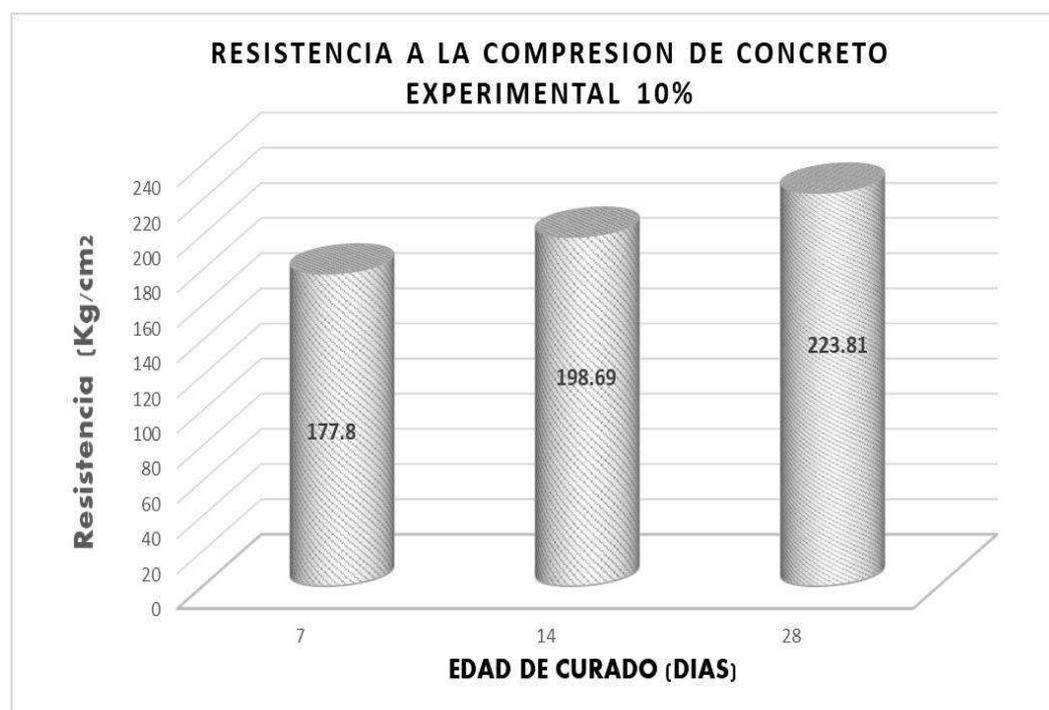


Figura N° 5. – Resistencia de Concreto Experimental 10% respecto a edades

Fuente: El autor

Tabla N° 34. – Resistencias a la compresión de probetas de concreto con una sustitución de cemento por una combinación de arcilla y esquisto según días de curado

Días de curado	Resistencia de concreto con arcilla y esquisto		
	Patrón	7%	10%
7	157,55	164,79	177,80
14	193,97	196,05	198,69
28	214,71	215,96	223,81

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio, USP

En la tabla 34 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas de concreto son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias se presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada tratamiento) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.897$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en las probetas de concreto en cada tratamiento (sustitución de cemento por una combinación de arcilla y esquisto) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla N° 35. – Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas de concreto.

Origen	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Sig
Arcilla y esquistos	202,749	2	101,374	5,991	,063
Días de curado	3999,019	2	1999,510	118,161	,000
Error	67,688	4	16,922		
Total	7959.492	8			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio, USP.

En la tabla 35 se puede visualizar que para la sustitución de un porcentaje de cemento por arcilla y esquistos (en una combinación de 7% y 10%) el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.063$, $p>0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para aceptar la hipótesis nula (H_0 : resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en las probetas de concreto, con sustitución de cemento por arcilla y esquistos en 0%, 7%, y 10%, son iguales. Es decir, no existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de las probetas de concreto.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.000$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas de concreto son diferentes a consecuencia de los días de curado (existe un efecto significativo de los días de curado en las resistencias medias).

IV) ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

- Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón, muestran que a los 7 días de curado alcanzó una resistencia promedio de (157.55 kg/cm²) , a los 14 días (193.97kg/cm²) y 28 días (214.71kg/cm²) superaron el 85% y 100% respectivamente, cumpliendo con lo establecido en las normas del RNE.
- Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental con sustitución al 7%, muestran que a los 7 días de curado alcanzó una resistencia promedio de 164.795 kg/cm² , a los 14 días (196.05 kg/cm²) y 28 días (215.956 kg/cm²) superaron el 85% y 100% respectivamente, cumpliendo con lo establecido en las normas del RNE.
- Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión del concreto experimental con sustitución al 10%, muestran que a los 7 días de curado alcanzó una resistencia promedio de (177.80 kg/cm²) , a los 14 días (198.69 kg/cm²) y 28 días (223.81 kg/cm²) superaron el 85% y 100% respectivamente, cumpliendo con lo establecido en las normas del RNE.
- Mediante un ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD), donde se determinó el grado de calcinación que será sometido nuestra arcilla, observado la curva calorimétrica, señala un cambio de fase en torno a 550°, tomando en cuenta este resultado y la investigación realizada por SUN KOUA (2013), nuestra arcilla se calcino a 600° por 1 hora.
- Para el ensayo de limite liquido se obtuvo 49.98% , y en limite plástico se obtuvo 30.24% y un índice de plasticidad de 19.74% lo cual se puede decir que se tiene una buena presencia de arcilla caolinita después del lavado por la alta plasticidad que tiene , lo que es una característica fundamental de la arcilla.

V) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se logro la activación térmica de la arcilla a una temperatura de 600° C en un tiempo de una hora al igual que el esquisto se activó térmicamente a una temperatura de 600° C en un tiempo de dos horas.
- Se logro la pulverización de arcilla y esquisto manualmente hasta lograr el tamaño similar a la del cemento la cual es de (76 micras.) , lo cual permitió la combinación y homogenización del cemento con los materiales a sustituir en diferentes porcentajes.
- Mediante análisis químico por FLUORESCENCIA RAYOS X se concluye que la arcilla contiene dióxido de sílice (SiO₂) en 36% y en el esquisto oxido de calcio (CaO) 87% lo que se encuentra dentro de lo indicado en la norma ASTM C618, la cual describe que la suma de estos debe sobrepasar el 70% del total, por lo tanto se considera un material puzolánico cementante.
- La alcalinidad del cemento es de 11.97 PH, del esquisto 9.86 PH, de arcilla 8.05 PH y de la mezcla del esquisto, arcilla y cemento tipo 1 fue de 12.01 PH determinando que el material es alcalino por lo tanto combinable con el cemento.
- Se determino el peso específico de los materiales del concreto, para poder utilizarlo en el diseño de mezcla de concreto patrón y en el diseño de mezcla de concreto con sustitución en 7 y 10% los cuales

fueron: γ cemento 3.12, γ esquisto 3.28, γ arcilla 2.86, γ sustitución 7% 3.20 y γ sustitución 10% 3.25.

- El concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 157.55 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 193.97 kg/cm² y a los 28 días 214.71 kg/cm². El concreto experimental con sustitución al 7% alcanzó una resistencia promedio de 164.79 kg/cm² los 7 días de curado, a los 14 días 196.05 kg/cm² y a los 28 días 215.96 kg/cm² y el concreto experimental con sustitución al 10% alcanzó una resistencia promedio de 177.80 kg/cm² a los 7 días de curado, a los 14 días 198.69 kg/cm² y a los 28 días 223.81 kg/cm².
- La relación agua-cemento del concreto patrón es de 0.704 y la relación agua cemento del concreto experimental en 7% y 10 % es de 0.723, la cual se aprecia un incremento debido a la mayor absorción de la pulverización de la arcilla y esquisto en la mezcla de concreto experimental.
- Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días demuestran que el concreto patrón es de 214.71 kg/cm², el experimental con sustitución al 7% es de 215.96 kg/cm² y experimental con sustitución al 10% es de 223.81.
- La resistencia del concreto experimental con sustitución al 10 % presenta mejores resultados que la del patrón superándolos en 4.24 % y el concreto experimental con sustitución al 7% solo en 0.60%.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la resistencia mecánica del concreto utilizando sustituciones mayores por la combinación de arcilla y esquisto, ya que como se puede apreciar la resistencia de las probetas experimentales incrementa conforme incrementa la sustitución por la combinación de arcilla y esquisto.
- Se recomienda evaluar mediante una termogravimetría a la arcilla a un rango mayor de 600° C, y así poder experimentar si existen cambios en los compuestos químicos favorables para poder tener mejores resistencias.
- El PH del nuevo cemento debe estar entre un rango de 11-12 de lo contrario si está en valores menores o superiores a este podría la mezcla ser perjudicial lo cual destruye al concreto, presenta fisuras y con el tiempo deterioro.

VI) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ ABANTO C, F. (2011) Tecnología del Concreto. Lima- Perú.
- ✓ Libro construcción y tecnología en concreto, imcyc, issn: 0187- 7895 – México 2012. en su “artículo residuos agrícolas como materiales puzolánicos”
- ✓ Ing. Enrique Rivva López (2009) Diseño de Mezclas ICG
- ✓ Ing. Enrique Rivva López (2008) Materiales para el Concreto ICG

- ✓ Eddy H. (2009). Resistencia a la compresión del Concreto. 2014.
- ✓ Francis G. (1981). Ensayos y control de los hormigones. España: Reverte.

- ✓ Gustavo O. (1969). concreto armado. Texas: Universidad de Texas.

- ✓ IECA. (2013). Componentes y propiedades del cemento. 2015, de IECA

- ✓ Idalberto A, Milena S, (2006), UCV – Venezuela; “Evaluación de la hoja de pino como posible fuente de material puzolanico”

- ✓ Iván H, Rafael A, Pedro M, (2009), Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional I.P.N – México; En su trabajo “ceniza de coco y hojas de pino para su uso como puzolana”

- ✓ Linares, J. L. 2003-2005 listado comentado de los árboles nativos.

- ✓ NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

- ✓ Alejandro E, José M, (2013), instituto de ciencia y tecnología del hormigón, universidad politécnica de valencia (España) “estudio de morteros de cemento portland con ceniza de rastrojo de maíz y hojas de pino australiano como posible uso en construcciones rurales”

- ✓ ASOCEM. (1989). concreto de alta resistencia. 2015, de ACI-UNI.
- ✓ NTP 339.088. (2001). Requisitos para el agua de mezcla.
- ✓ NTP 400.037. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.
- ✓ O. Hernández–Castañeda y C.J. Mendoza–Escobedo. (2005). Durabilidad e infraestructura: retos e impacto socioeconómico. 2015, de scielo
- ✓ Paola R, Hugo E, (2004), Universidad de Virginia del Oeste, Escuela politécnica del litoral, EE.UU, “El uso de la ceniza de pino australiano como una adición natural para producir cemento puzolanico”
- ✓ Reglamento nacional de edificaciones .E.060 concreto armado.
- ✓ Teodoro E. (1997). materiales. En Diseño de Estructuras de Concreto Armado (11). Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

VII) AGRADECIMIENTO

A Dios, que estuvo espiritualmente en cada momento de esfuerzo y sacrificio, por haberme dado la fortaleza, todas las bendiciones y su iluminación en nuestros caminos para el logro de nuestras metas profesionales.

A mis padres y familiares porque ellos son el motor y motivo para poder salir adelante y también agradecer por todo el apoyo incondicional brindado en todo los años académicos en el transcurso de mi formación profesional.

A la Universidad San Pedro por habernos formado, y brindado la oportunidad de crecer intelectualmente y a la vez forjarnos como personas de bien.

A las empresas e instituciones que nos colaboraron desinteresadamente durante el desarrollo de nuestro trabajo de graduación, con asesoría técnica, instalaciones y equipo de laboratorio. De manera muy especial, agradecemos a las siguientes instituciones que en su debido momento nos brindaron su valiosa colaboración:

Universidad San Pedro – Chimbote

Laboratorio de Mecánica de Suelo y Concreto USP.

Laboratorio de Ingeniería Industrial UNS.

Laboratorio LABICER UNI-LIMA

Laboratorio de Polímeros UNT-TRUJILLO.

A los diferentes profesionales que con su valiosa colaboración enriquecieron este trabajo brindándonos su apoyo para la elaboración del mismo, especialmente a:

- ✓ Ing. Solar Jara Miguel - USP
- ✓ Ing. Rogelio Castañeda Gamboa - USP
- ✓ Ing. Dante Salazar Sánchez – USP
- ✓ Ing. Segundo Urrutia Vargas - USP
- ✓ Dr. Cesar Julian Benites
- ✓ Ing. Jorge Montañez Reyes - USP

En general a todas las personas que contribuyeron de forma directa o indirecta a la realización del presente trabajo.

VIII) APENDICES Y ANEXOS

ANEXO I

Panel fotográfico



Foto N° 01: extrayendo material (agregado grueso) de la cantera Rubén.



Foto N° 02: extrayendo material (agregado fino) de la cantera



Foto N° 03: Visita a YACYA-HUARI-ANCASH para recolección de piedra



Foto N° 04: Visita a pueblo de Yacya para recolección de materia



Foto N° 05: piedra esquisto



Foto N° 06: batan y chungos empleados en el proceso de pulverización manual de piedra esquisto.



Foto N° 07: molienda casera de piedra esquisto.



Foto N° 08: esquisto pulverizado para posteriormente someterlo al proceso de tamizado por malla N° 200.



Foto N° 09 y N° 10: se puede apreciar la malla N° 200 para el proceso de tamizado realizado en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP.



Foto N° 11 y N° 12: lavado de arcilla hasta dejarlo líquido, posteriormente se cola y luego se deja que se asiente para luego sacar el agua de la parte superior.



Foto N° 13: se cuele la arcilla en la organza y se deja que se asiente por gravedad la parte solida de la liquida.



Foto N° 14: se decanta todo el líquido posible de la parte superior de lo que queda en el balde.



Foto N° 15: se vacía lo restante de arcilla liquida en bandejas.



Foto N° 16: se deja secar por 2 a 3 días la arcilla liquida hasta obtener arcilla sólida.



Foto N° 17: se aprecia la arcilla ya sólida para posteriormente activarla a una temperatura de 600°C por una



Foto N° 18: se aprecia la arcilla ya activada en el horno, lo cual se puede apreciar un cambio de color de amarillo a rojo.



Foto N° 19: luego de la activación de arcilla procedemos a pulverizar a un tamaño de 76 micrómetros.



Foto N° 20 y N° 21: Laboratorio LABICER de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, donde se realizó los ensayos de fluorescencia rayos X, para determinar la composición química de arcilla y esquistos.



Foto N° 22 y N° 23: Combinación homogénea de arcilla y esquisto, para posteriormente combinarlo con el cemento para agregarlo a la mezcla de concreto.



Foto N° 23 y N° 24: Materiales del concreto ya pesados para agregar al trompo para poder realizar la mezcla de concreto.



Foto N° 25: Peso de los materiales a utilizar en la mezcla de concreto : arena, piedra , cemento , esquisto y arcilla en 7% y esquisto y arcilla en 10%



Foto N° 26: Se realiza la mezcla de concreto patrón, experimental en 7 y 10% para posteriormente curarlas y ensayarlas en el laboratorio de la USP.



Foto N° 27 y N° 28: Medida de SLUMP de la mezcla de concreto patrón y experimental en 7 y 10%, la cual fue de patrón de 3.35", experimental en 7% de 3.55" y de 10% de 3.60".

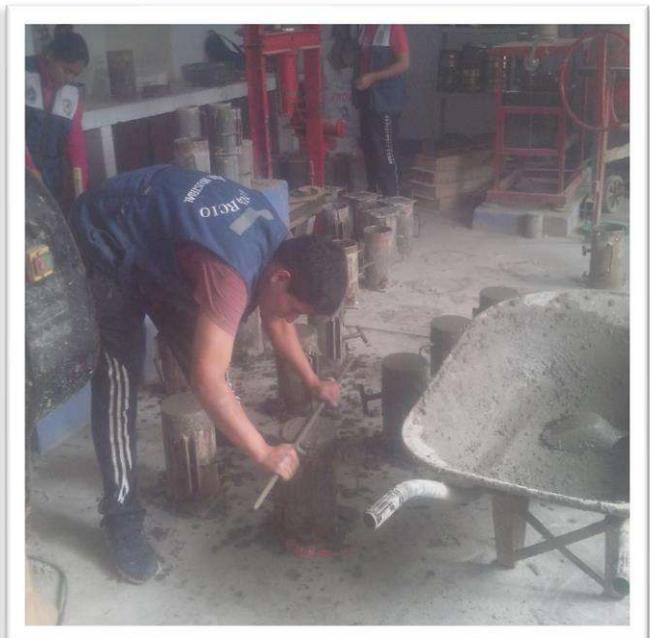


Foto N° 29 y N° 30: Vaciado de la mezcla de concreto patrón y experimental en las testigos (probetas), para posteriormente poder ensayarlas. En la sgte imagen se puede ver el enrasado de las probetas.



Foto N° 31 y N° 32: Desencofrado de Probetas patrón y experimentales, en la parte superior se describió el número de probetas, nombre y fecha de vaciado.

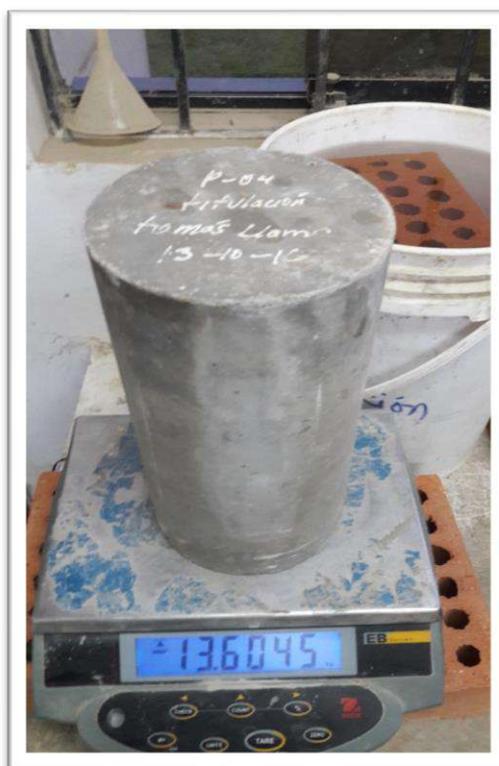


Foto N° 33: Se realizó el peso de todas las probetas patrón y experimentales antes de curarlas y después de curarlas.



Foto N° 34 y N° 35: Curado de probetas patrón y experimentales en 7 y 10%, se utilizó cilindros de plástico y agua potable.



Foto N° 36 y N° 37: Se realizó el ensayo a la compresión del concreto patrón, experimental en 7 y 10%; a los 7 días, 14 días y 28 días después de ser curados. Se realizó en el laboratorio de la USP.



Foto N° 38: Se puede apreciar la rotura de probetas patrón a los 7 días ensayadas a la resistencia a la compresión, donde se puede apreciar la grietas y roturas en la parte superior e inferior de las probetas.

ANEXO II

COMPOSICION QUIMICA



INFORME TÉCNICO N° 1478 - 16 - LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 - 1.2 D.N.I : 72797149
- 2 CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 06 / 10 / 2016
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 07 / 10 / 2016
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 07 / 10 / 2016
- 3 ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
- 4 DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA DE SAN MIGUEL DE ACO - CARHUAZ - ANCASH
 - 4.2 TESIS : "RESISTENCIA DE MORTEROS CON CEMENTO SUSTITUIDO EN 3% Y 5% POR ARCILLA DE SAN MIGUEL DE ACO - CARHUAZ - ANCASH"
- 5 LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6 CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.5 °C; Humedad relativa: 65%
- 7 EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
- 8 RESULTADOS
- 8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	42.301	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	36.402	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	11.153	
Óxido de Potasio (K ₂ O)	8.371	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.756	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	0.424	
Óxido de Calcio (CaO)	0.388	
Óxido de Manganeso (MnO)	0.092	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.049	
Óxido de Zinc (ZnO)	0.045	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.013	
Óxido de Rubidio (Rb ₂ O)	0.006	

*El porcentaje de error del equipo es de ±0.02



INFORME TECNICO Nro. 0719-16-LAB. 12

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1. NOMBRE DEL SOLICITANTE : TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 - 1.2. DNI : 72797149
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1. FECHA DE RECEPCION : 20/05/2016
 - 2.2. FECHA DE ENSAYO : 20/05/2016
 - 2.3. FECHA DE EMISION : 20/05/2016
3. **ANALISIS SOLICITADO** : ANALISIS DE COMPOSICION QUIMICA
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA**
 - 4.1. DESCRIPCION DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE PIEDRA PULVERIZADA ESQUISTO
 - 4.2. TESIS : "RESISTENCIA DEL CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA COMBINACIÓN DE ARCILLA Y ESQUISTO"
5. **LUGAR DE RECEPCION** : LABORATORIO Nro. 12-FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0 C; Humedad Relativa: 62%
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X SHIMADZU , EDX 800 – HS.

Otilio Rocha

8. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA OXIDOS	RESULTADO EXPERIMENTAL %	METODO UTILIZADO
OXIDO DE CALCIO ,CaO	87.064	ESPECTROMETRIA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
DIOXIDO DE SILICIO ,SiO2	5.723	
TRIOXIDO DE ALUMINIO , Al2O3	3.426	
OXIDO DE POTASIO , K2O	2.106	
TRIOXIO DE HIERRO , Fe2O3	1.442	
OXIDO DE ESTRONCIO, SrO	0.197	
TRIOXIDO DE AZUFRE , SO3	0.043	

9. VALIDEZ DEL INFORME TECNICO

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

ANEXO III

ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL



Trujillo, 07 de Noviembre del 2016

INFORME N° 27 - NOV-16

Solicitante: **Bresnet Carlos Tomas Llamo**
Chimbote

RUC/DNI: 72797149

Supervisor:

1. MUESTRA: Esquisto de yacya (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	EY-11N	52 mg	Huari

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 52 mg.

Jefe de Laboratorio:
Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa
Ing. Danny Chávez Novoa



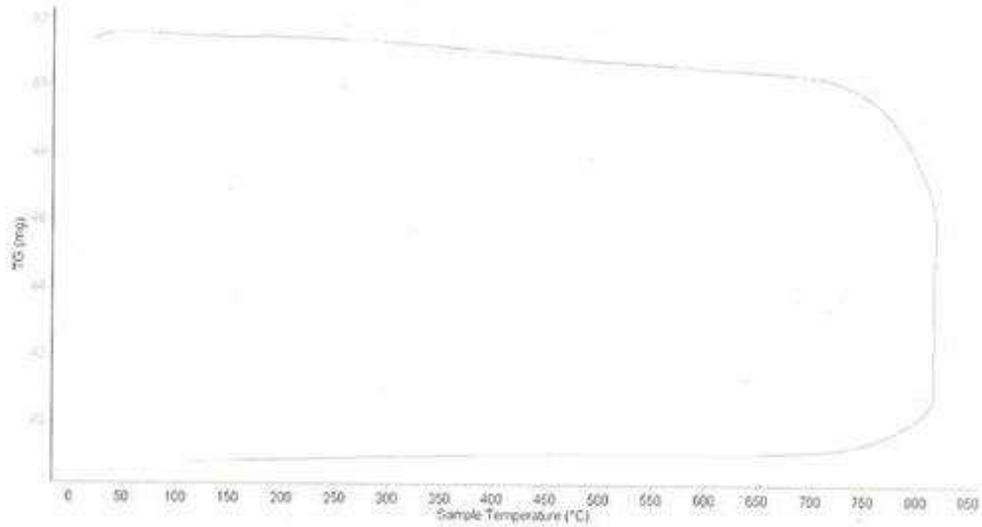


Trujillo, 07 de Noviembre del 2016

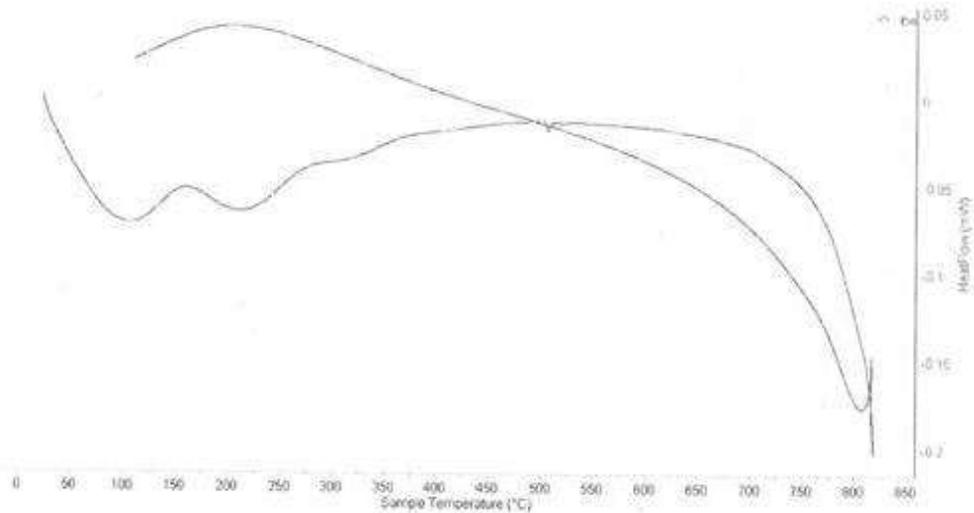
INFORME N° 27 - NOV-16

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica DSC



Tel: 44-203510/049200880/058060003 | lanzabucosi@untrujillo.edu.pe / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria






Trujillo, 07 de Noviembre del 2016

INFORME N° 27 - NOV-16

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una estabilidad térmica generando una importante pérdida de masa recién a los 750°C.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente entre 80 y 110°C y una (1) región térmica entre 190 y 240°C. Posteriormente la curva experimenta un ligero pico endotérmico a 500°C lo que indicaría un cambio de fase y cambio en sus propiedades.

Trujillo, 11 de noviembre del 2016




Mésias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



Trujillo, 28 de Octubre del 2016

INFORME N° 28 - OCT-16

Solicitante: Tomas Llamo Bresnet Carlos - Universidad San Pedro - Chimbote
RUC/DNI: ..72797149..
Supervisor:

1. MUESTRA: Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	AO-2801	25.1 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 25.1 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

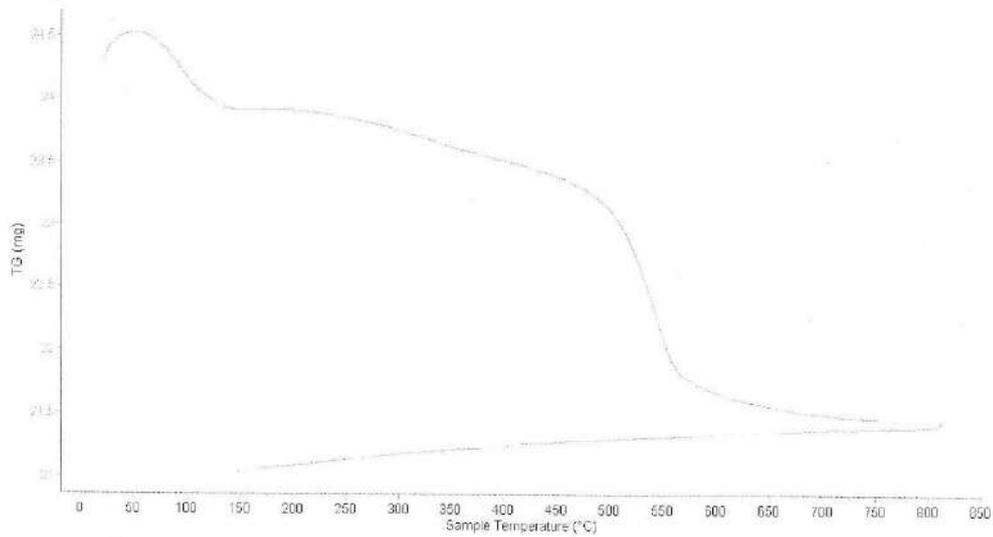


Trujillo, 28 de Octubre del 2016

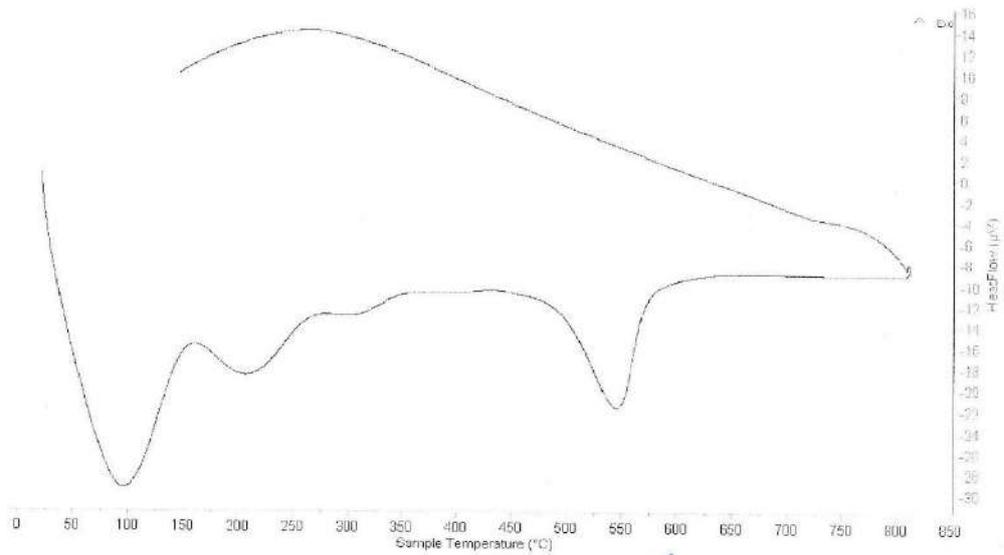
INFORME N° 28 - OCT-16

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica DSC





Trujillo, 28 de Octubre del 2016

INFORME N° 28 - OCT-16

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una pérdida de masa desde 70 hasta 130°C luego otra pérdida de masa entre 500 y 550°C, posteriormente se va reduciendo muy ligeramente hasta la temperatura analizada que registra una pérdida total del 6% respecto a su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente entre 90 y 110°C y una (1) región térmica entre 190 y 240°C. Posteriormente la curva muestra un intenso pico endotérmico a 550°C en donde existiría cambio de fase a esa temperatura.

Trujillo, 28 de octubre del 2016




Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros

Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

ANEXO IV

RESULTADOS Y ENSAYOS



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 25/02/2019

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso especifico de masa 2.64
- Peso unitario suelto 1604 kg/m³
- Peso unitario compactado 1755 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.70 %
- Módulo de fineza 2.53

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.81
- Peso unitario suelto 1419 kg/m³
- Peso unitario compactado 1552 kg/m³
- Contenido de humedad 0.43 %
- Absorción 0.79 %





SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 205 / 0.684 = 299.71 kg/m³ = 7.05 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708 kg/m ³
Agua efectiva.....	210.954 lts/m ³
Agregado fino.....	848.575 kg/m ³
Agregado grueso.....	1013.279 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{848.575}{299.71} : \frac{1013.28}{299.71}$$

$$1 : 2.83 : 3.38 : 29.91 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 2.64 : 3.56 : 29.91 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE





DISEÑO DE MEZCLA
(7% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 25/02/2019

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedic 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"+2%ARCILLA+5%ESQUISTO
- Peso especifico 3.20

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso específico de masa 2.64
- Peso unitario suelto 1604 kg/m³
- Peso unitario compactado 1755 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.70 %
- Módulo de fineza 2.53

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.81
- Peso unitario suelto 1419 kg/m³
- Peso unitario compactado 1552 kg/m³
- Contenido de humedad 0.43 %
- Absorción 0.79 %





SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m³)	0.089
2% Arcilla+5%Esquisto.....	(m³)	0.007
Agua efectiva.....	(m³)	0.205
Agregado fino.....	(m³)	0.320
Agregado grueso.....	(m³)	0.359
Aire.....	(m³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	278.73	kg/m3
2% Arcilla+5%Esquisto.....	20.980	kg/m3
Agua efectiva.....	205.00	lts/m3
Agregado fino.....	844.89	kg/m3
Agregado grueso.....	1008.95	kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	278.73	kg/m3
2% Arcilla+5%Esquisto.....	20.980	kg/m3
Agua efectiva.....	210.95	lts/m3
Agregado fino.....	848.58	kg/m3
Agregado grueso.....	1013.28	kg/m3

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{848.575}{299.71} : \frac{1013.28}{299.71}$$

$$1 : 2.83 : 3.38 \quad 29.91 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN PESO EXPERIMENTAL

$$\frac{278.73}{278.73} : \frac{20.980}{278.73} : \frac{848.58}{278.73} : \frac{1013.28}{278.73}$$

$$1 : 0.08 : 3.04 : 3.64 \quad 29.91 \text{ lts / bolsa}$$





DISEÑO DE MEZCLA
(10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH:TOMÁS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 FECHA : 25/02/2019

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedic 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"+3%ARCILLA+7%ESQUISTO
- Peso especifico 3.25

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : VESIQUE

- Peso especifico de masa 2.64
- Peso unitario suelto 1604 kg/m³
- Peso unitario compactado 1755 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 0.70 %
- Módulo de fineza 2.53

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.81
- Peso unitario suelto 1419 kg/m³
- Peso unitario compactado 1552 kg/m³
- Contenido de humedad 0.43 %
- Absorción 0.79 %





SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.086
3% Arcilla+7%Esquisto.....	(m ³)	0.010
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.320
Agregado grueso.....	(m ³)	0.359
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	269.74	kg/m3
3% Arcilla+7%Esquisto.....	29.971	kg/m3
Agua efectiva.....	205.00	lts/m3
Agregado fino.....	844.89	kg/m3
Agregado grueso.....	1008.95	kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	269.74	kg/m3
3% Arcilla+7%Esquisto.....	29.971	kg/m3
Agua efectiva.....	210.95	lts/m3
Agregado fino.....	848.58	kg/m3
Agregado grueso.....	1013.28	kg/m3

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{848.575}{299.71} : \frac{1013.28}{299.71}$$

$$1 : 2.83 : 3.38 \quad 29.91 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN PESO EXPERIMENTAL

$$\frac{269.74}{269.74} : \frac{29.971}{269.74} : \frac{848.58}{269.74} : \frac{1013.28}{269.74}$$

$$1 : 0.11 : 3.15 : 3.76 \quad 29.91 \text{ lts / bolsa}$$



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 25/02/2019

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1132.6	1162.2
TARA + SUELO SECO (gr)	1128.2	1158.1
PESO DEL AGUA (gr)	4.4	4.1
PESO DE LA TARA (gr)	169.1	169.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	959.1	989
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.46	0.41
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.44	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 25/02/2019

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1443.2	1413.14
TARA + SUELO SECO (gr)	1438.1	1407.5
PESO DEL AGUA (gr)	5.1	5.64
PESO DE LA TARA (gr)	169.1	169.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1269	1238.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.40	0.46
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.43	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH. TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 25/02/2019

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr	665.10	665.10
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)	cm ³	965.10	965.10
D	Peso de picnometro + agua + material	gr.	852.20	852.20
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	cm ³	112.90	112.90
F	Peso de material seco en estufa	gr	297.90	297.90
G	Volumen de masa (E-(A-F))		110.80	110.80
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.639	2.639
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.657	2.657
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.689	2.689
K	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$		0.70	0.70

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.639
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.657
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.689
 Absorción (%) : 0.70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 25/02/2019

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1100.70	1140.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	713.60	737.30
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)	387.10	403.60
D	Peso de material seco en estufa	1093.20	1130.70
E	Volumen de masa (C-(A-D))	379.60	393.40
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.824	2.802
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.843	2.827
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.880	2.874
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.69	0.90

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.813
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.835
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.877
 Absorción (%) : 0.79



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH. TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 25/02/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7850	7800	7800
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4524	4474	4474
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1623	1605	1605
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1611		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1604		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8250	8220	8250
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4924	4894	4924
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1766	1755	1766
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1763		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1755		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH.TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 25/02/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18350	18400	18600
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13230	13280	13480
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1414	1420	1441
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1425		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1419		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19750	19550	19800
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14630	14430	14680
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1564	1543	1569
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1559		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1562		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



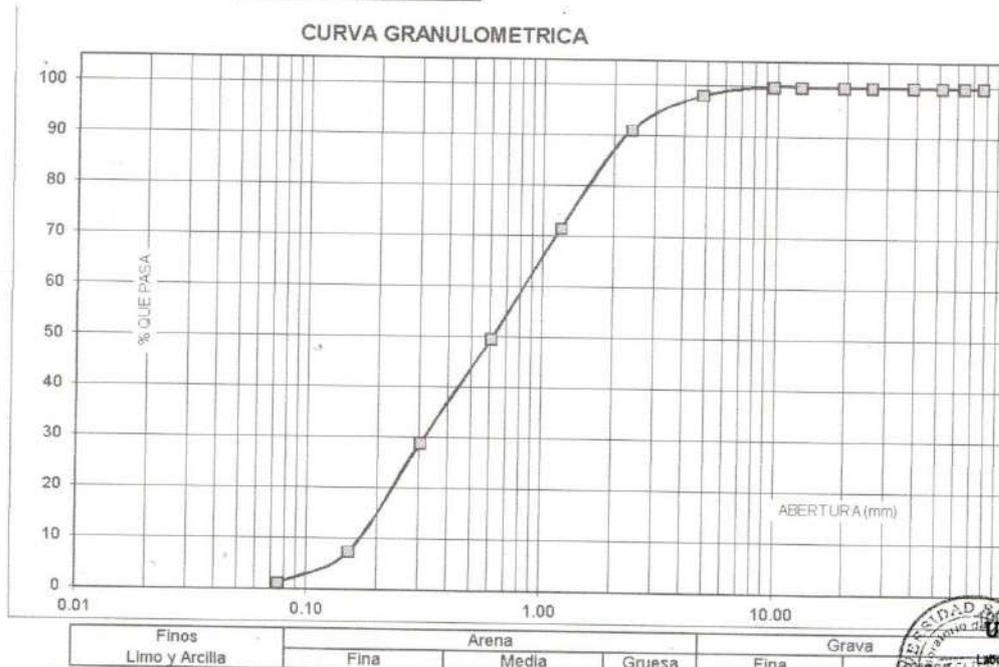
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 25/02/2019

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
Nº	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.76	16.1	1.8	1.8	98.2
Nº 8	2.36	61.7	7.0	8.8	91.2
Nº 16	1.18	173.1	19.5	28.3	71.7
Nº 30	0.60	195.4	22.0	50.3	49.7
Nº 50	0.30	184.6	20.8	71.1	28.9
Nº 100	0.15	190.4	21.5	92.6	7.4
Nº 200	0.08	55.2	6.2	98.8	1.2
PLATO	ASTM C-117-04	10.8	1.2	100.0	0.0
TOTAL		887.3	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.53

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos		Arena			Grava	
Limo y Arcilla	Fina	Media	Gruesa	Fina		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Jefe



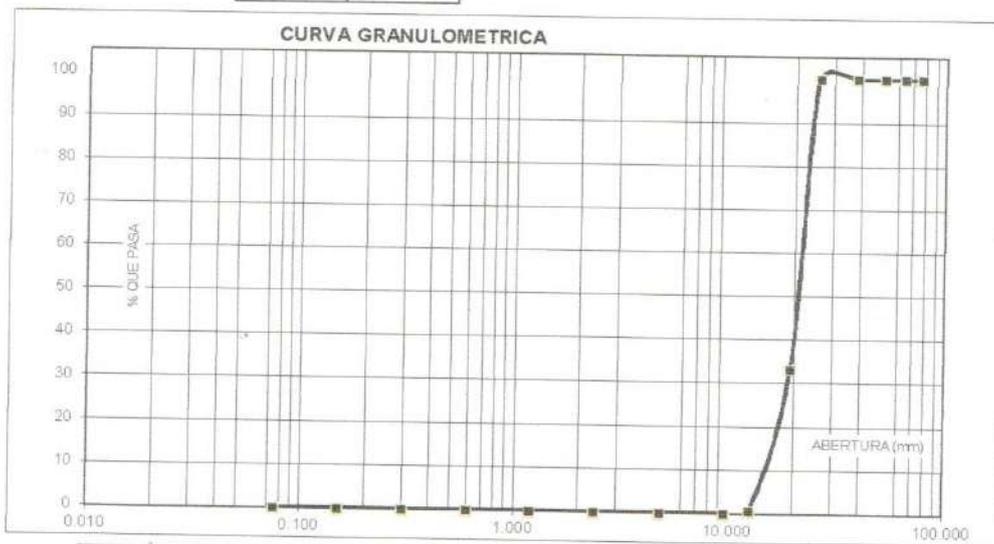
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 25/02/2019

TAMIZ	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
Nº 3"	76.200	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	789.4	66.7	33.3
3/8"	12.500	387.3	32.7	67.3
2/8"	9.520	6.2	0.5	99.5
Nº 4	4.760	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0
TOTAL	1182.9	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	Nº 5
	Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante



Finos Limo y Arcilla	Arenia			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa

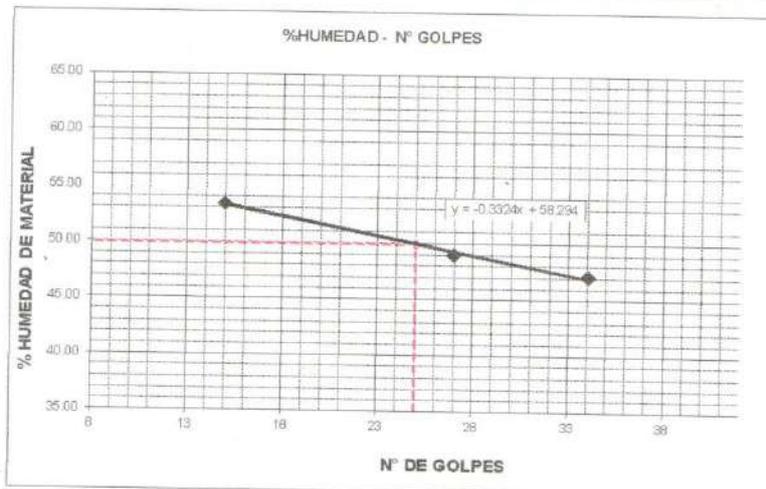
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 MATERIAL : ARCILLA
 LUGAR : SAN MIGUEL DE ACO-CARHUAZ-ANCASH
 FECHA : 25-02-2019
 PROF(m) : 1.50

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	51.68	45.95	50.75	20.68	23.42	20.68
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	39.92	35.87	40.37	20.40	23.10	20.40
PESO DE LA TARA (gr.)	17.90	15.32	18.36	19.56	21.77	19.56
PESO DEL AGUA (gr.)	11.76	10.08	10.38	0.28	0.32	0.28
PESO SUELO SECO (gr.)	22.02	20.55	22.01	0.84	1.33	0.84
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	53.41	49.05	47.16	33.33	24.06	33.33
Nro. DE GOLPES	15	27	34	30.24		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 49.98

LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 30.24

INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 19.74



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

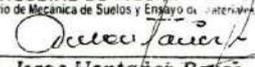
SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 25/02/2019

F' C : 210 Kg/cm²

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	21/10/2016	28/10/2016	7	151.17	71.99
02	PATRON	-	21/10/2016	28/10/2016	7	167.31	79.67
03	PATRON	-	21/10/2016	28/10/2016	7	154.18	73.42
04	PATRON	-	21/10/2016	04/11/2016	14	199.61	95.05
05	PATRON	-	21/10/2016	04/11/2016	14	187.57	89.32
06	PATRON	-	21/10/2016	04/11/2016	14	194.72	92.72
07	PATRON	-	21/10/2016	18/11/2016	28	211.19	100.57
08	PATRON	-	21/10/2016	18/11/2016	28	210.58	100.27
09	PATRON	-	21/10/2016	18/11/2016	28	222.38	105.89

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 7%

SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 25/02/2019

F' C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F' C (%)
			MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	29/10/2016	7	169.31	80.62
02	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	29/10/2016	7	166.30	79.19
03	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	29/10/2016	7	158.77	75.61
04	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	05/11/2016	14	200.01	95.24
05	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	05/11/2016	14	195.02	92.87
06	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	05/11/2016	14	193.12	91.96
07	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	19/11/2016	28	219.38	104.46
08	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	19/11/2016	28	210.51	100.24
09	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	19/11/2016	28	217.98	103.80

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 10%

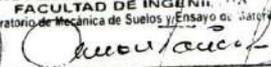
SOLICITA : BACH:TOMAS LLAMO BRESNET CARLOS
 TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 7% Y 10% POR LA
 COMBINACION DE ARCILLA Y ESQUISTO
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 25/02/2019

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/FC
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(9b)
01	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	29/10/2016	7	179.29	85.38
02	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	29/10/2016	7	177.15	84.35
03	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	29/10/2016	7	176.95	84.26
04	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	05/11/2016	14	208.75	99.40
05	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	05/11/2016	14	207.73	98.92
06	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	05/11/2016	14	179.58	85.52
07	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	19/11/2016	28	224.17	106.75
08	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	19/11/2016	28	224.00	106.67
09	EXPERIMENTAL	-	22/10/2016	19/11/2016	28	220.32	104.91

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

ANEXO V

INFORME PETROGRAFICO ESQUISTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-03-2017

INFORME PETROGRÁFICO

Solicitado por:

Albañil Cadenillas Franklin Hugo
Alzamora Balladares Oscar Eduardo
Eliás Coveñas Henry Manuel
León Caldas Stefani Liliana
López Salgado Carlos Eduardo
Ruiz Sánchez Aderlly
Tomas Llamó Bresnet

Muestra:

Muestra - 1

Proyecto:

Sustitución al Cemento

Abril, 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Laboratorio de Mineralogía

1.0. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO SOLICITADO

El estudio se realizó siguiendo el protocolo de identificación de los minerales y luego su asociación para identificarlo con la clasificación petrográfica que corresponde.

Se desarrolló dos tipos de evaluaciones para determinar el tipo de roca para cada uno de los casos, a continuación se detalla:

Macroscópica; descripción de componentes en dimensiones mayores iguales a 1 mm

Microscópica; descripción de componentes en dimensiones menores a 1 mm

2.0. METODOLOGÍA

Para cada caso se describirá los procedimientos seguidos:

2.1. *Macroscópico*

Mediante observación a través del microscopio estereoscópico y de la lupa de 10X de aumento; se describe la morfología e interrelación de los componentes. Así mismo se identifica los minerales que la componen.

2.2. *Microscópico*

De la muestra proporcionada se analizó desde su superficie con el microscopio estereoscópico, considerándose a la fotografía desde la zona más representativa.

Este análisis consiste en la identificación de los minerales que componen la muestra que nos permitirán determinar la clasificación y el nombre de la roca. Adicionalmente las características propias de la misma.

3.0. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS RECEPCIONADAS



La muestra es un fragmento de roca de morfología subredondeada presentando fractura irregular.

Poseen color gris oscuro, se reconoce de grano medio a fino(Observar la vista adjunta).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Laboratorio de Mineralogía

4.0. Descripción del procedimiento de selección de muestra para reconocimiento

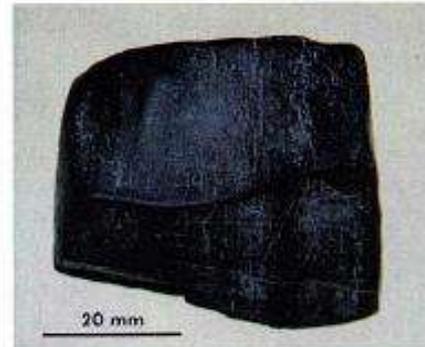
En ambos casos se realizó la reducción de muestra, con el criterio principal de homogenizarla. Sobre ella se hicieron pruebas de identificación macroscópicas, microscopia estereoscópica y de luz transmitida (polarizada).

4.1. MUESTRA - 1

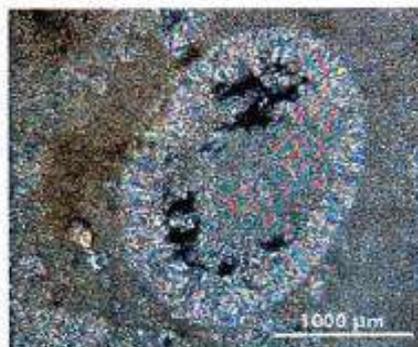
Se observa color gris oscuro con tonalidades grises y fracturamientos finos rellenados por carbonatos recristalizados de segunda generación.

El relieve regular producto de la mineralogía equigranular de grano fino, además mostrar sectores redondeados producto del transporte.

La foto adjunta registra la muestra analizada



Distribución de la Petrografía (Macroscópica):



Mineralogía:

Cristales anhedrales de carbonatos equigranulares y microfracturas rellenadas por carbonatos (calcita) de segunda generación. Ausencia de minerales de alteración.

Se identifica cristales de carbonatos (calcita) en acumulaciones de formas nodulares y de distribución aleatoria.

Petrografía Macroscópica

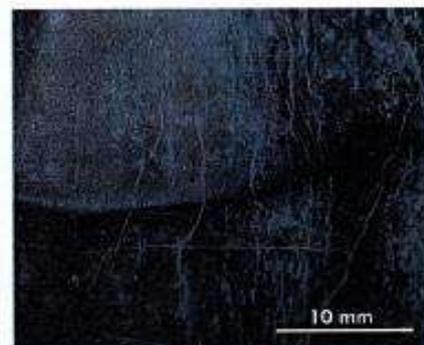
Textura : Clástica cristalina
Estructura : Masiva
Fábrica : Isotrópa

Roca:

Color gris oscuro con tonalidades grises, finas laminaciones. Ausencia de alteración.

Exhibe superficie granular homogénea y regular, fractura concoidal y es moderadamente resistente al golpe de martillo. Alta reactividad al HCL en frío.

Denominación: Roca Sedimentaria, Esquisto Calcáreo grano muy fino, mostrando microfracturas lineales rellenadas por calcita anhedral de segunda generación.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Laboratorio de Mineralogía

5.0. Resultados de Análisis Petrográfico

A continuación presentamos los resultados en los cuadros adjuntos. Debemos indicar que en anexo adjunto se incluyen las fotografías que muestran los detalles y las descripciones correspondientes a cada una de las muestras.

TABLA NRO.1

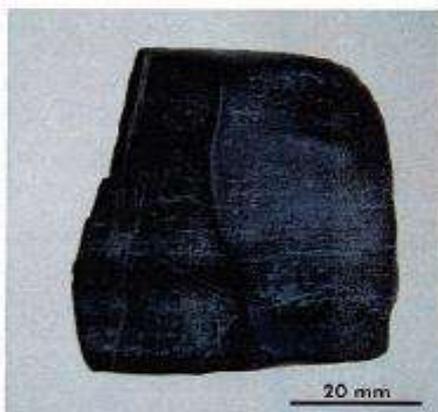
CUADRO RESUMEN DE LA IDENTIFICACIÓN PETROGRÁFICA: MUESTRA M - 1		
Tipo de Roca	Nombre	Alteración
Sedimentaria Carbonatada	Roca Sedimentaria, Esquisto Calcáreo grano muy fino, mostrando microfracturas rellenas por carbonatos anhedrales. Alta reactividad al HCl en frío y moderada resistencia al golpe de martillo. Según clasificación de Dunham, para rocas carbonatadas, Mudstone.	No observable

Norma Técnica: BGS Rock Classification Scheme, British Geological Survey Research Report

TABLA NRO.2

Especie Mineral	Nombre	% Abund.	Condición Alteración
Mineral	Calcita	100.00	---
Minerales Opacos	Otros	--	No observable
Materia Orgánica	-	---	No observable

Norma Técnica: BGS Rock Classification Scheme, British Geological Survey Research Report



DENOMINACIÓN PETROGRÁFICA Muestra - 1

Roca Sedimentaria, Esquisto Calcáreo grano muy fino, mostrando microfracturas lineales rellenas por calcita anhedral de segunda generación.

Mineralogía:

Cristales anhedrales de carbonatos equigranulares y microfracturas rellenas por carbonatos (calcita) de segunda generación. Ausencia de minerales de alteración.

Textura:

Clástica cristalina mostrando microfracturas lineales rellenas por calcita anhedral, de segunda generación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Laboratorio de Mineralogía

6.0. Conclusiones

Podemos arribar a las siguientes conclusiones de acuerdo a la evaluación petrográfica y caracterización mineralógica:

Muestra - 1:

Roca Sedimentaria, Esquisto Calcáreo grano muy fino, mostrando microfracturas lineales rellenas por calcita anhidral de segunda generación.

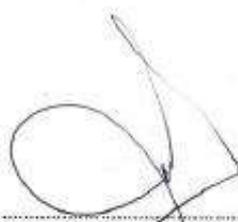
Compuesta por minerales menos resistentes al fracturamiento (calcita (CaCO_3)) con dureza relativa < 5 en la escala de Mohs)

Respecto a la capacidad de conservación y resistencia a los agentes naturales externos, entiéndase su exposición al intemperismo (variación de temperatura por modificación climática y otros agentes geológicos asociados) es moderada

La presencia de calcita (CaCO_3) mayoritariamente, de grano muy fino con distribución homogénea y masiva; favorece su condición para ser componente de concreto.

El informe presentado es el resultado de los estudios y ensayos realizados en las instalaciones de nuestro laboratorio, señalando que las muestras evaluadas y los datos de campo fueron proporcionados por los solicitantes.

Sin otro particular



Ing. César A. Mendoza Tarazona
CIP Nro. 275202
Laboratorio de Mineralogía

7.0. Referencias

- Melgarejo, Juan Carlos "Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada" Departamento de Cristalografía y Mineralogía – Universidad de Barcelona.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Laboratorio de Mineralogía

LabMinUNI-03-2017

INFORME PETROGRÁFICO

Anexo I

DESCRIPCIÓN MINERALÓGICA EN FOTOMICROGRAFÍAS

Muestras:

Muestra – I

Proyecto:

Sustitución al Cemento

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 482-7392 (511) 362-2174 Central Telefónica: (511) 481-1070, Anexo 346
e-mail: laboratorio_mineralogia@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
Laboratorio de Mineralogía

Código de Muestra: Muestra - 1

Descripción Microscópica:



Sección Delgada

500 μ



Foto: 01 //s

Foto: 02 Xs

Textura clástica de finos cristales anhedrales de carbonatos (Calcita), distribuidos linealmente a modo de flujo no homogéneo. Se reconoce la granulometría fina (micrita)

Denominación: Roca Sedimentaria Clástica. Esquisto Calcáreo con presencia de

Descripción Microscópica:



Sección Delgada

250 μ



Foto: 03 //s

Foto: 04 Xs

Vista mostrando la textura clástica de grano fino con los lineamientos de flujo no homogéneo.

Microfracturas rellenadas con calcita anhedral de segunda generación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Laboratorio de Mineralogía

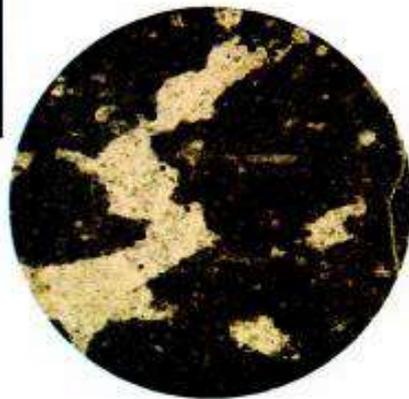
Código de Muestra: Muestra - 1

Descripción Microscópica:



Sección Delgada

250 μ



250 μ

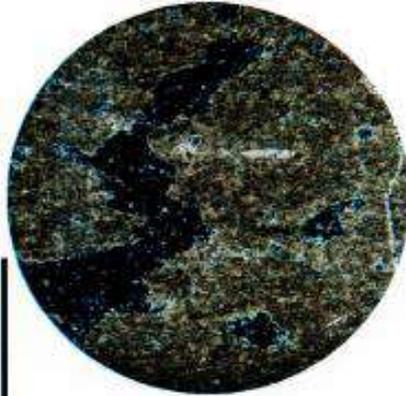


Foto: 05 //s

Detalle de la presencia de calcita anhedral de grano fino, con cristales anhedralas de mayor dimensión de calcita también anhedral.

Foto: 06 Xs

Descripción Microscópica:



Sección Delgada

100 μ



100 μ

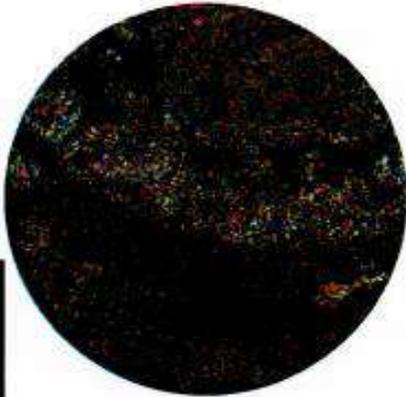


Foto: 07 Xs

Detalle de borde de nódulo de calcita, en el cual se muestra el contacto con la calcita de grano fino.

Foto: 08 Xs