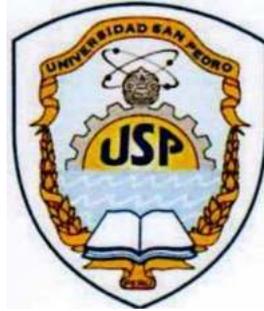


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL**



**INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR  
CAOLÍN, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM<sup>2</sup>**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autores:**

**Tello Bazán, Omar Gerald**

**Prieto Marrero, Willie**

**Asesor:**

**Salazar Sánchez, Dante**

**CODIGO ORCID: 0000-0003-2710-3416**

**Chimbote - Perú**

**2017**

## ÍNDICE GENERAL

<b>TÍTULO</b> -----	<b>i</b>
<b>Palabras Clave</b> -----	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> -----	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> -----	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> -----	<b>5</b>
<b>METODOLOGÍA DEL TRABAJO</b> -----	<b>84</b>
<b>RESULTADOS</b> -----	<b>90</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> -----	<b>122</b>
<b>CONCLUSIONES</b> -----	<b>135</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> -----	<b>137</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	<b>138</b>
<b>APÉNDICES Y ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

### FIGURAS.....

<b>Fig. N° 01</b> La prueba del Slump mide la Trabajabilidad del Concreto -----	49
<b>Fig. N° 02</b> Ensayo de Compresión Diametral -----	51
<b>Fig. N° 03</b> Cono de Abrams -----	72
<b>Fig. N° 04</b> Ensayo de Peso unitario -----	73
<b>Fig. N° 05</b> Ensayo de contenido de aire -----	74
FIGURA N° 01.- Análisis Termo gravimétrico -----	94
FIGURA N° 02.- Curva Cartométrica ATD -----	94
FIGURA N° 03.- Ensayo de Asentamiento vs Diseño -----	102
FIGURA N° 04.- Ensayo Peso Unitario vs Diseño. -----	104
FIGURA N° 05.- Ensayo de Contenido de Aire vs Diseño. -----	105
FIGURA N° 06.- Ensayo de Exudación vs Diseño. -----	106
FIGURA N° 07.- Ensayo de Compresión –Rotura de Probetas a los 7 días -----	111
FIGURA N° 08.- Ensayo de Compresión –Rotura de Probetas a los 14 días -----	111
FIGURA N° 09.- Ensayo de Compresión –Rotura de Probetas a los 28 días -----	111
FIGURA N° 10.- Ensayos de Compresión según Promedio en % de las Probetas a los 7 días de Curado. -----	112
FIGURA N° 11.- Ensayos de Compresión según Promedio en % de las Probetas a los 14 días de Curado. -----	112
FIGURA N° 12 Ensayos de Compresión según Promedio en % de las Probetas a los 28 días de Curado. -----	112
FIGURA N° 13.- Comparación de Resistencia a la Compresión $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7,14 y 28 días. -----	113
FIGURA N° 14.- Representación Mediante la Curva para el Análisis de los Ensayos de Resistencia a la Compresión. -----	113

FIGURA N° 15.- Ensayo de Resistencia a Compresión Diametral Promedios Formula vs Promedios Modulo t (resumen de promedios con probetas de 14 días de curado). -----	116
FIGURA N° 16.- Ensayo de Resistencia a Compresión Diametral Promedios Formula vs Promedios Modulo t (resumen de promedios con probetas de 28 días de curado). -----	117
FIGURA N° 17.- Representación mediante la Curva para el Análisis de los Ensayos de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral – método brasileño. -----	117
FIGURA N° 18.- Ensayo de Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión C° Patrón VS %MK (resumen de promedios a los 28 días de curado). -----	119
FIGURA N° 19.- Rotura de Vigas a los 28 días de curado -----	121
FIGURA N° 20 Promedio en % de la Rotura de Vigas (Ensayo de flexión) a los 28 días de curado -----	121
<b>Fig. N° 06</b> Representación de la resistencia a compresión mediante la Curva a los 7,14 y 28 días de curado. -----	126

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLAS.....</b>	
<b>TABLA N° 01.-</b> Requisitos Granulométricos / ASTM C-33 -----	20
<b>TABLA N° 02.-</b> Uso de los Cementos Portland -----	29
<b>TABLA N° 03.-</b> Principales Óxidos Del Clinker -----	29
<b>TABLA N° 04.-</b> Composición Química Del Clinker -----	30
<b>TABLA N° 05.-</b> Fases Minerales (Compuestos) Del Clinker -----	30
<b>TABLA N° 06.-</b> Tiempo de Fraguado de acuerdo con la resistencia -----	32
<b>TABLA N° 07.-</b> Propiedades Físicas del Cemento Tipo I (NTP) vs Cemento Tipo I (Pacasmayo).	32
<b>TABLA N° 08.-</b> Procesos subsiguientes de obtención del Caolín -----	42
<b>TABLA N° 09.-</b> Graduación del agregado fino. -----	54
<b>TABLA N° 10.-</b> Cantidades aproximadas de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire. -----	61
<b>TABLA N° 11.-</b> Volumen de agregado grueso compactado en seco por m <sup>3</sup> de concreto. -----	61
<b>TABLA N° 12.-</b> Relación agua/cemento vs f'c. -----	61
<b>TABLA N° 13.-</b> Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos -----	62
<b>TABLA N° 14.-</b> Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra. -----	63
<b>TABLA N° 15.-</b> Resistencia a la Compresión Promedio en MPa-----	63
<b>TABLA N° 16.-</b> Consistencias y Asentamientos. -----	64
<b>TABLA N° 17.-</b> Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados. -----	65
<b>TABLA N° 18.-</b> Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto. -----	66
<b>TABLA N° 19.-</b> Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición. -----	66
<b>TABLA N° 20.-</b> Tamaño Máximo del Agregado grueso y Modulo de fineza. -----	68
<b>TABLA N° 21.</b> Variables e indicadores Dependientes. -----	81
<b>TABLA N° 22.-</b> Variables e indicadores independientes. -----	82
<b>TABLA N° 23.-</b> Esquema de diseño de investigación para el ensayo de Compresión -----	84
<b>TABLA N° 24.-</b> Esquema de diseño de investigación para el ensayo de Compresión Diametral. -----	84
<b>TABLA N° 25.-</b> Esquema de diseño de investigación para el ensayo de permeabilidad. -----	85
<b>TABLA N° 26.-</b> Esquema de diseño de investigación para el ensayo de Flexión. -----	85
<b>TABLA N° 27.-</b> Esquema de diseño de investigación para la Comparación técnica. -----	85
<b>TABLA N° 28.-</b> Datos del Peso Específico del MK y la Mezcla de las diversas sustituciones experimentales. -----	90
<b>TABLA N° 29.-</b> Limite de Attenberg para materiales arcillosos. -----	90
<b>TABLA N° 30.-</b> Limite Liquido, Plastico e Indice de plasticidad-----	91
<b>TABLA N° 31.-</b> Composición Química del Metacaolín. -----	91

<b>TABLA N° 32.-</b> Composición Química del Cemento Tipo I Pacasmayo. -----	92
<b>TABLA N° 33.-</b> Principales compuestos químicos del cemento no hidratado. -----	92
<b>TABLA N° 34.-</b> Informe del Potencial Hidrogeno del Caolín y Mezcla del caolín con Cemento. -----	95
<b>TABLA N° 35.-</b> Informe del Potencial Hidrogeno del Caolín calcinado (MK) y Mezcla con el Cemento. -----	95
<b>TABLA N° 36.-</b> Resultados de la Relación A/C. -----	96
<b>TABLA N° 37.-</b> Resultado Asentamientos del diseño de Mezcla de la Investigación. -----	102
<b>TABLA N° 38.-</b> Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto Patrón. -----	103
<b>TABLA N° 39.-</b> Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto con 12% MK. -----	103
<b>TABLA N° 40.-</b> Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto con 15% MK. -----	103
<b>TABLA N° 41.-</b> Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto con 20% MK. -----	104
<b>TABLA N° 42.-</b> Resultados del Ensayo de Contenido de Aire. -----	105
<b>TABLA N° 43.-</b> Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 7 días de curado. -----	107
<b>TABLA N° 44.-</b> Resultados del ensayo de compresión del concreto patrón a los 14 días de curado. -----	107
<b>TABLA N° 45.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón a los 28 días de curado. -----	107
<b>TABLA N° 46.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 12% mk caolín a los 7 día de curado. -----	108
<b>TABLA N° 47.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 12% mk caolín a los 14 días de curado. -----	108
<b>TABLA N° 48.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 12% mk caolín a los 28 días de curado. -----	108
<b>TABLA N° 49.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 15% mk caolín a los 7 días de curado. -----	109
<b>TABLA N° 50.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 15% mk caolín a los 14 días de curado. -----	109
<b>TABLA N° 51.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 15% mk caolín a los 28 días de curado. -----	109
<b>TABLA N° 52.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 20% mk caolín a los 7 días de curado. -----	110
<b>TABLA N° 53.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 20% mk caolín a los 14 días de curado. -----	110
<b>TABLA N° 54.-</b> Resultado del ensayo de compresión del concreto patrón + 20% mk caolín a los 28 días de curado. -----	110
<b>TABLA N° 55.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón a los 14 días de curado. -----	114

<b>TABLA N° 56.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón a los 28 días de curado. -----	114
<b>TABLA N° 57.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón + 12% MK Caolín a los 14 días de curado. -----	114
<b>TABLA N° 58.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón + 12% MK Caolín a los 28 días de curado. -----	115
<b>TABLA N° 59.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón + 15% MK Caolín a los 14 días de curado. -----	115
<b>TABLA N° 60.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón + 15% MK Caolín a los 28 días de curado. -----	115
<b>TABLA N° 61.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón + 20% MK Caolín a los 14 días de curado. -----	116
<b>TABLA N° 62.-</b> Resultado del ensayo por tracción indirecta del concreto patrón + 20% MK Caolín a los 28 días de curado. -----	116
<b>TABLA N° 63.-</b> Resultado del ensayo por penetración de agua bajo presión del concreto Patrón a los 28 días de curado. -----	118
<b>TABLA N° 64.-</b> Resultado del ensayo por penetración de agua bajo presión del concreto Patrón + 12% MK caolín a los 28 días de curado. -----	118
<b>TABLA N° 65.-</b> Resultado del ensayo por penetración de agua bajo presión del concreto Patrón + 15% MK caolín a los 28 días de curado. -----	118
<b>TABLA N° 66.-</b> Resultado del ensayo por penetración de agua bajo presión del concreto Patrón + 20% MK caolín a los 28 días de curado. -----	119
<b>TABLA N° 67.-</b> Resultado del ensayo por flexión del concreto patrón a los 28 días de curado. -----	120
<b>TABLA N° 68.-</b> Resultado del ensayo por flexión del concreto patrón + 12% MK caolín a los 28 días de curado. -----	120
<b>TABLA N° 69.-</b> Resultado del ensayo por flexión del concreto patrón + 15% MK caolín a los 28 días de curado. -----	120
<b>TABLA N° 70.-</b> Resultado del ensayo por flexión del concreto patrón + 20% MK caolín a los 28 días de curado. -----	121
<b>TABLA N° 71.-</b> Comparación de resultados de la composición química del Metacaolín vs Cemento tipo I. -----	122
<b>TABLA N° 72.-</b> Porcentajes en relación de los ensayos a compresión del concreto. -----	126
<b>TABLA N° 73.-</b> Control de calidad del Concreto mediante la Media y Desv. Estándar. -----	127

**“INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN  
PARCIAL DEL CEMENTO POR CAOLÍN, EN  
LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F’C = 210  
KG/CM<sup>2</sup>”**

## **PALABRAS CLAVE**

ESPAÑOL:

PUZOLANA, METACAOLÍN, CONCRETO, CEMENTO, DISEÑO DE MEZCLA

ENGLISH:

POZZOLANA, METACAOLÍN, CONCRETE, CEMENT, MIX DESIGN

**Línea de investigación:** Construcción y gestión de la construcción

**Area:** Ingeniería

**Subárea:** Ingeniería Civil

**Disciplina:** Ingeniería Civil

## RESUMEN

La investigación toma de base al Caolín como un material cementante complementario que hace uso de la microsílíce con un gran efecto positivo en la fabricación de concretos de alta resistencia. Aplicaremos el estudio experimental del Caolín de la Cía. Minera COMACSA Agregados Calcáreos S.A.

El objetivo, sustituir parcialmente el (Cemento Pacasmayo) portland TIPO I por el Caolín, para luego realizar los Ensayos de calidad del concreto y Analizar si existen mejoras de las propiedades físico-mecánica del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Teniendo el diseño de mezcla de un concreto patrón  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , se realizarán los diseños de mezcla reemplazando al cemento por el caolín en 12%, 15% y 20%, realizando los ensayos de concreto haremos su análisis y comparación frente a los concretos con porcentajes sustituidos de caolín.

El Caolín será calcinado (con  $T 750 \text{ C}^\circ$ ) y llevado a su análisis de absorción atómica mediante FRX (Fluorescencia de rayos X) para especificar sus componentes, justificando que el uso de arcillas caoliníticas y la reacción álcali - sílice en el concreto hace que crezca la resistencia a los diferentes ensayos que analizaremos. La utilización de este material está considerada en la **NTP 334.104:2001**.

## ABSTRACT

The research is based on Kaolin as a complementary cementing material that makes use of microsilice with a great positive effect in the manufacture of high-strength concretes. We will apply the experimental study of the Kaolin de la Cía. Minera COMACSA Agregados Calcáreos S.A.

The objective is to partially replace the (Pacasmayo Cement) Portland TYPE I with Kaolin, and then carry out the concrete quality tests and analyze if there are improvements in the physical-mechanical properties of the concrete  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ . Having the mix design of a standard concrete  $f'c = 210 \text{ Kg / cm}^2$ , the mix designs will be made, replacing the cement with kaolin at 12%, 15% and 20%, performing the concrete tests we will make their analysis and comparison compared to concretes with kaolin substituted percentages.

The kaolin will be calcined (with T 750 C°) and taken to its atomic absorption analysis by X-ray fluorescence (X-ray fluorescence) to specify its components, justifying that the use of kaolinitic clays and the alkali-silica reaction in the concrete make it grow the resistance to the different tests that we will analyze. The use of this material is considered in the NTP 334.104: 2001.

## INTRODUCCIÓN

El uso de Concretos con mayor resistencia en obras de Ingeniería civil conlleva a tomar en cuenta la utilización frecuente de minerales y aditivos químicos. El Desarrollo de esta Investigación apunta a obtener resultados de la evaluación en la propiedades físico-mecánicas de una arcilla caolinita, Caolín en estado calcinado (Meta caolín - MK) a fin de ser utilizado como sustituto del cemento portland.

Se Conoce el Proceso de que llevan a cabo las empresas al producir Clinker Puzolánico, pero no sabemos que Arcillas utilizan las Cementeras, es por ello que el primer paso es conocer sus características tanto físicas como químicas del material experimental a trabajar como es el Caolín calcinado (MK) y seguir con el desarrollo del proceso de Investigación.

Existe una problemática que llevan muchos años respecto a los concretos de alta resistencia, en cuanto a la durabilidad, inversión de tiempo y dinero. Por tal motivo, para contrarrestarlo se recoge antecedentes previos sobre investigaciones correspondiente al uso y experimentación de un material Puzolánico que nos permita aparte de brindar una de sus características que son las altas resistencias a la compresión, nos reporte a nosotros también mejores propiedades físico- mecánico al realizar nuestros diseños de concreto. Es ahí donde nos focalizamos en el producto nacional Caolín que tiene características similares a la microsílíce y es muy económico (Sanchez Stasiw C. , 2013) .

El desgaste que tiene un concreto se relaciona por actos físicos, químicos y mecánicos, cuyas características tienen efecto, - con los componentes que se adquiere, el proceso en el trabajo de elaboración que corresponden al fraguado, curado y el medio ambiente de la zona expuesta-. Estos desconfiguran la porosidad del concreto, evitando o retardando la entrada de los medios agresivos cuyo efecto ya sea mayor o menor del desgaste penderá de la composición química, mineralógica y finura frente a la reacción de estas sustituciones parciales activas al cemento portland.

La sustitución de materiales con características puzolánicas como es el Caolín en diseños de mezcla, será un buen elemento de estudio por lo cual dejaremos análisis y comparaciones que serán de ayuda para posteriores investigaciones.

## ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

### **Antecedentes a Nivel Internacional:**

(Restrepo Gutierrez, 2006): Afirma que el Caolín Calcinado ejerce una respuesta frente al hidróxido de calcio libre  $[Ca(OH)_2]$  del proceso de humedecimiento del cemento por consiguiente construye el C2S secundario, luego sigue la formación del gel de silicato de calcio hidratado o gel de tabernerita, y el silico aluminato bicálcico hidratado (gehlenita), que son detonantes para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de las mezclas del concreto.

(Blanco-Varela, Martinez-Ramirez, & Fortes-Revilla, Propiedades y Durabilidad de los Morteros de Cal y Metacaolín, 2007): Afirma que, el Metacaolín (MK) que se adquiere por calcinamiento del caolín a 600-700°C de temperatura es un material sin forma, de muy alta superficie específica y contenido de óxidos ácidos ( $Al_2O_3 + SiO_2$  superior al 90%) que hacen que reaccione rápidamente con la portlandita.

Frente al estudio realizado de Morteros con aditivo MK estos presentan mayores resistencias a compresión y menores porosidades que los morteros convencionales. Si se tiene que comparar morteros de cal y MK respecto a la durabilidad estas se comportan similarmente, pero los morteros de Metacaolín son ligeramente superiores a las de los morteros de cal en resistencia.

(Acuña & Figueredo, s.f.): Señala que si el caolín se calcina a partir los 750° su índice de actividad puzolánica gana 75% de garantía y en su estudio evaluó que el Caolín, reacciona la mayor actividad puzolánica a temperatura de 950 °C, constatando que al sustituir 20% del cemento por Metacaolín en la mezcla, se desarrolló mayores y mejoras en la resistencia a la compresión.

(Blanco-Varela, Martinez-Ramirez, & Fortes-Revilla, APFAC, 2007): Analiza el comportamiento que tienen los morteros de Cal y Metacaolín frente a morteros solo de cal, lo cual descubre que:

- Las resistencias mecánicas que presentan los morteros de cal y Metacaolín son mayores a la de los morteros de cal.
- Respecto a la porosidad los valores de los Morteros de MK y Cal también son mayores, debido a que en el ensayo se sustituyó el 50% de la cal por Metacaolín.
- Al practicársele la cristalización de sales a los morteros de cal, arena y Metacaolín se sufrió un deterioro apreciable al tomarse 7 ciclos de ensayo.

(Abbas, Salah, & El-Sayed, 2010): Señala que En los Concretos con MK presenta resultados sobre resistencia resaltantes en compresión-flexión más rápidas y a edades ligeramente más tempranas (1-3 días) que en el concreto convencional.

En Concretos con la misma relación agua/cemento, la resistencia a la compresión tiene un comportamiento espectacular respecto a su incremento cuando los ensayos son tomadas en todas las edades mientras se va incrementando el porcentaje de proporción (en peso) de MK de alta reactividad en la mezcla.

Los ensayos experimentados, para los especímenes curados a los 7 y 28 días al incorporársele el MK señala su estudio que existe una mejora de la resistencia en un 70 y un 50%, mientras que la sustituirse al cemento por MK mejoraba la resistencia en un 67 y un 39%, respectivamente.

(Escalante, Navarro, & Gomez, 2011): experimento respecto a las mejores temperaturas para que el caolín adquiriera el mejor beneficio, poniendo en práctica el rango a temperaturas de 550 °C hasta 1050°C. y sustituyendo solo el 20%MK por el Cemento Portland (CP).

- Para los especímenes con MK calcinado a 750°C y 850°C en los 90 días de curado resuelve que hay similitud en el comportamiento de resistencia a la compresión de los especímenes, llegando alcanzar los 40MPa
- Los Calcinados a 550, 950 y 1050°C, en 90 días de curado tuvieron resistencias a la compresión más bajas, alcanzando los 35 MPa.
- Se notó una excepción de datos a tomar en cuenta respecto a las temperaturas de 550 y 1050°C con 28 días de curado, pues se llegó a 30MPa, Señalando que al remplazar según investigación (20% del CP) tiene un comportamiento similar respecto a los morteros con 100% CP.
- Las curvas que presentan las resistencias para morteros con 100% CP respecto a los de los morteros con MK blanco calcinado a 650°C, 750°C y 850°C siguieron los puntos más cercanos, señalando que con estas temperaturas el MK obtiene las mejores características como reemplazo del cemento.

(Courard & Daimont, 2003): La sustitución del MK en concretos con Cementos Portland reduce la degradación por sulfatos y la toma de un excelente reemplazo está entre el 10 y 15% de MK está en relación con la calidad y cantidad de cemento.

(Khatib & Wild, 1998); (Remlochan & Thomas, 2000); (Malopesk & Pytel, 2000): Describe y recomienda sobre la resistencia a sulfatos, lo cual dice que este aumenta al tomar un contenido de MK por encima del 25%. Las diferencias resaltan por los diferentes tipos de cemento analizados en los estudios, primordialmente se habla del contenido de aluminato tricálcico (AC3) que a ella le corresponde. Se sugiere para mezclas de Cementos Portland con contenido del 8% al 11% de AC3, utilizar MK en proporciones superiores al 20% con respecto a la cantidad de cemento, para obtener buenos resultados.

#### **Antecedentes a Nivel nacional:**

(UPN, 2018) demostraron por intermedio del uso del caolín en moldes de ladrillo obtener un buen acabado y una buena resistencia frente al apilamiento de los muros.

Se encontró una mejora en el comportamiento respecto a la resistencia por compresión axial de los ladrillos King Kong fabricadas artesanalmente con el 10% de arcilla caoliníticas frente a una muestra patrón (0 % arcilla caolín), mejorando 74.73% esta propiedad.

**Tello, & Flores (2014)** En el estudio “Efectos del caolín en el cemento Portland para Mejorar las propiedades Físico-Mecánicas del Concreto” demostraron que en general la resistencia a Compresión del Concreto  $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  incrementa con un contenido de MK por el rango de 10% - a 20% trabajándose con una temperatura de  $750^\circ\text{C}$  para la calcinación del Caolín indicando que se reduce la Eflorescencia y se mejora la resistencia al pasar los días de curado.

## JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En nuestro presente el material más utilizado en el sector de la construcción es el cemento portland, por las virtudes que ofrece al compararlos con otros materiales. La resistencia y durabilidad son dos de las características asociadas al concreto desde los orígenes de su empleo.

Pero, debido al acrecentamiento de los elementos agresivos, los materiales a base de cemento revelan una deficiencia en la resistencia y durabilidad, especialmente de los concretos armados.

En nuestro transcurrir, las cualidades para tener una adecuada resistencia y durabilidad está cambiando constantemente, se aumenta la proporción del cemento, se usa aceros reciclados y sin mantenimiento, también se toma al factor agua/cemento llevándolo a su mínima relación, y dar paso una nueva generación de concretos denominados de alta y muy altas prestaciones. A pesar de obtener beneficios al realizar estas investigaciones, no se podría obtener un concreto resistente y durable a mediano o largo plazo sin la incorporación de sustituciones activas.

La sustitución de Puzolanas activas para la preparación de concretos resistentes incorpora usualmente puzolanas naturales de origen volcánico y subproductos industriales como ceniza volante y humo de sílice.

En gran medida, los concretos incluyendo materiales con características puzolánicas poseen porosidades iguales o mejores al concreto en relación. Teniendo cuenta de ello, es conveniente indicar que, siempre se producirá un refinamiento de la estructura porosa capilar, mostrando una red de poro más sinuoso, frenando la llegada de los medios agresivos, los cuales producirán un deterioro de los materiales conglomerantes a través de diferentes mecanismos. Esta acción, ocasionará un mejoramiento de las prestaciones, puntualmente de la resistencia al concreto  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

El uso de arcillas ofrece una nueva disyuntiva con una significativa contribución en el aspecto técnico, legal, económico y social.

## **Aspecto Técnico**

La Tesis denominada **“INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO POR CAOLÍN, EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO F’C = 210 kg/cm<sup>2</sup>.”** es una Investigación que busca una alternativa de solución reemplazando

parcialmente al cemento Portland por arcillas naturales (caolinita), que permita mejorar las características en todos los sentidos respecto a la calidad del concreto, haciendo comparaciones respecto a los usos y ventajas frente a los Cementos puzolánicos.

El estudio de la actividad puzolánica es primordial para conocer a la puzolana natural. La ASTM C 618, dice: Para usarse como sustituyente del cemento portland estos materiales puzolánicos tiene que cumplir con diversos requerimientos físicos y químicos. (Rodríguez-Camacho, Damazo Juarez, & Uribe-Afif, 2000)

## **Aspecto Legal**

En nuestra Legislación hay una estricta responsabilidad sobre delegar las nuevas coyunturas respecto a la conservación del agua como bien en salud y por derecho, así como el respeto al medio ambiente lo cual conlleva a constituir las leyes y normas siguientes: Ley general de aguas Decreto Ley N° 17752 (MINSA, 1970) actualizada con la ley de recursos hídricos N° 29338 (ANA, 2019), el reglamento de ley general de aguas, el reglamento de límites máximos permisibles para el efluente líquido del ministerio de energía y minas y finalmente el decreto supremo de los estándares de calidad ambiental en aguas del ministerio del ambiente con Ley General del Ambiente N° 28611 (SINIA, 2005). Muchos de los reglamentos y pocos acá nombrados dictan que ninguna persona o ente debe contaminar el medio ambiente y principalmente el agua.

## **Aspecto Económico**

En el Perú, y otros países, la economía y el desarrollo tecnológico tienen muy poca participación en la elaboración y empleo del cemento con subproductos industriales, por el escaso aprovechamiento de estos materiales.

Frente a los requisitos que priman para procesar un buen concreto como son: La Resistencia, Durabilidad, Trabajabilidad y Adquirir los máximos beneficios con la mínima disposición de costos; La utilización de arcillas naturales en nuestro caso EL CAOLÍN que existe en abundancia en el Perú cuyo proceso de producción es utilizada en la parte artesanal y mecánico de bajo costo será evaluado, conociendo que hoy este nuevo material viene siendo investigado por sus altas propiedades puzolánicas.

## **Aspecto Social**

La minería hoy en el Perú resalta bastante por que juega un papel muy importante en nuestra economía, pero respecto al respeto del medio ambiente existe un descuido ya que se generan conflictos, la mayor cantidad de conflictos está relacionada a la minería ilegal e informal. Siendo los pobladores urbanos y campesinos los principales consumidores del agua contaminada afectándolo en su consumo y su producción agrícola. (C.I.P. & Ardito, s.f.)

Para tener un concreto fuerte, resistente y durable se tiene a los materiales puzolánicos cuyo uso preserva el medio ambiente teniendo un impacto de minimizar el consumo de las canteras naturales cuyas materias son necesarias en la fabricación del Clinker (Sanchez de Rojas & Frias, 1996).

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los autores del presente deber indican que el Caolín calcinado (MK) manifiesta un comportamiento más próximo al humo de sílice que a la ceniza volante, correspondiente a su finura, composición química y la influencia puzolánica. Esta postura del Caolín calcinado (MK) tendrá su trascendencia en la microestructura, especialmente en la estructura porosa coincidentemente con las partículas del Clinker del cemento portland tipo I.

La finalidad principal de esta investigación es proponer un nuevo sustituto, Caolín calcinado denominado MK como material cementico para el cemento portland y obtener un diseño de concreto más resistente que el concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual brinde una alternativa para el mejoramiento en la construcción de edificaciones y que genere la calidad requerida y a un bajo costo.

Hoy en día la tecnología del concreto lleva muchos años como ciencia en la Ingeniería de la construcción, el mucho trabajo realizado durante esta etapa respalda esta afirmación, Se ha pasado actualmente a buscar un concreto no convencional que experimente con aditivos químicos pues estos ya han tomado postura y tienen presencia dentro de una mezcla. La Utilización de este mineral Caolín, en otros países se ha experimentado como Material Puzolánico que responden positivamente y mejorando las prestaciones de los concretos mixtos.

El Caolín calcinado MK es un material puzolánico que ha sido tomado en cuenta estos últimos años por su composición química  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ , explícitamente se ha tomado a su cal puzolánica artificial para producir morteros y concretos, ya que se reconoce su importante aporte en las resistencias mecánicas, durabilidad del concreto, y reducción de la permeabilidad.

En el Perú aun todavía no se utiliza este material como sustituto parcial del cemento portland, ya que este material es de más uso para hacer cerámicos, lo cual gracias a investigaciones realizadas en otros países comprueban que es un material innovador y alternativa importante para el Cemento Portland y diseño del Concreto. Siendo necesario probarlas en nuestra Localidad como una alternativa de solución en el desarrollo y construcción de edificaciones con más tiempo de vida.

La tecnología del concreto como herramienta de investigación en la década pasada tuvo un auge con la participación de grandes investigadores, llevándolo ellos a su más alto desarrollo consignado por dos puntos:

Desarrollo por desarrollo, no hay posibilidad que una tecnología crezca sola, es por ello la relación que existe:

- Desarrollo en Tecnologías especiales, por avance en la industria química de aditivos.
- Desarrollo de modelos con aproximaciones coherentes, racionales y científicamente fundadas para caracterizar las propiedades del concreto, por la implementación de los modelos por intermedio de programas que nos permitan un manejo más fácil y sencillo(Academia, s.f.)

Según lo señalado se plantea la pregunta sobre el problema de investigación:

***¿Cuál es la influencia al sustituir parcialmente el cemento por Caolín en las propiedades del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ?***

## CONCEPTUALIZACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

### CONCRETO:

Durante el progreso de la investigación resulta importante saber los atributos y características de un concreto convencional con la idea de compararla a un concreto en desarrollo modificado, para obtener resultados favorable o desfavorable al sustituir el Caolín calcinado por el cemento tipo I, y determinar un nuevo tipo de concreto.

- **La Norma Técnica Peruana:**

Dice sobre la definición del concreto que es una Mezcla de varios elementos (cemento Portland u otro cemento hidráulico, agregado fino y grueso más el agua, incluyendo aditivos o excluyéndolos) (SENCICO, 2020).

- **El Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y Normas Técnicas (ITINTEC), lo define:**

Define como mezcla hecha de cemento, agregados, agua y selectivamente aditivos, con las proporciones bien dosificadas para ganar resultados favorable en sus propiedades mecánicas. (ITINTEC, 2006)

- (Porrero J. , Ramos, Grases, & Velazco, 2012) **indican:**

“El concreto lo Define de dos maneras, como un producto pastoso que se moldea adaptándose a diferentes formas estructurales al endurecerse con el transcurrir del tiempo, y la otra son partes pétreas que se encapsulan en una pasta” (UNAP, 2019)

- (Portugal, 2010), define el concreto de alto desempeño como:

Aquel concreto con características equivalentes y alto rendimiento que son hechas para un uso y tipo de ambiente singular. Todo su desarrollo escapa conservando especificaciones que conlleva un concreto convencional.

- (Swany, 2004), lo define el concreto de alto desempeño como:

“Un concreto proyecto cuyo resultado procure obtener un desempeño optimo respecto a su uso, consistencia, resistencia y condiciones de exposición con la evaluación referente a minimizar su costo y poca participación de procesos tecnológicos complejos sin perjudicar en su ciclo de vida, y durabilidad”

Por lo tanto, se define al Concreto en su estado suelto a una mezcla de elementos áridos (agregado fino y grueso), cemento, agua y aditivos. Y Concreto en su estado endurecido aquella mezcla formada como una roca resistente, endurecida que adquiere resistencia cuyo uso es muy variado en estructuras (SISTEMAMID, 2014)

El concreto es el material tradicional más utilizado en el sector construcción.

### **COMPONENTES DEL CONCRETO:**

De acuerdo a (Porrero J. , Ramos, Grases, & Velazco, 2014). el concreto tiene componentes de manera proporcional en su mezcla como son:

- Los cuerpos inertes: Agregados (fino y grueso)
- Los cuerpos activos: Cemento y agua
- Los cuerpos perjudiciales: huecos de aire y partículas inorgánicas

### **AGREGADOS**

Las características físicas, químicas y mecánicas que tienen los agregados surgen efecto en las propiedades del concreto. Sabiendo la influencia de cada característica de los agregados en el comportamiento del concreto, será posible realizar buenos diseños de Mezclas a menor costo. (Leon & Ramirez, 2010)

Es muy importante tener en consideración que al ejecutar un proyecto todas las mezclas de concreto tienen que emplear el mismo material, es decir los mismos agregados: “La capacidad del agregado grueso tomado buscando la excelencia, no cambia para todas las mezclas pero la capacidad del agregado fino varía solo en relación con su control en rendimiento” (URP, s.f.).

En nuestro caso se utilizaron agregados de la cantera de Sain Thomas tomando el Agregado Grueso de 1/2” a 3/4”, Esta Empresa tiene un vínculo importante con las Municipalidades de la localidad abasteciendo desde su moderna planta de chancado, zarandeo, y tamizado. Y para el Agregado Fino se obtuvo de la Cantera Vesique. Estas dos Empresas cumplen las Normas ASTM y NTP.

Los Agregados aceptados en el proceso de producción de los concretos tienen que cumplir con la Norma, tal como lo dice (Tufino, 2019):

- NTP 400.010
- NTP 400.011
- NTP 400.012
- NTP 400.017
- NTP 400.018
- NTP 400.019
- NTP 400.021
- NTP 400.022
- NTP 400.037
- Norma ASTM C33 “Especificación Normalizada de Agregados para Concreto”.
- Norma ASTM C136 “Método de prueba estándar para análisis granulométrico de agregados finos y gruesos”

Antes de poder definir agregados es necesario conocer definiciones de algunos Autores y sus Normas

- (A, Carhuaricra, & Ramos, 2016) **(ACI)**, lo define como:

Medios inactivos de los concretos conglomerados al cemento y agua que fortalecen a su estructura. Del volumen total se apropia de las  $\frac{3}{4}$  partes, las cualidades de ellas afectan en gran medida el producto resultante, toma en algunos casos relevancia comparada con el cemento contribuyendo en la mejora de las propiedades del concreto. (Ing. Enrique Pasquel Carbajal, 1999)

- (NTP, Norma Técnica Peruana, 2008), lo define:

De acuerdo a la NTP, los agregados vienen a ser un conglomerado de granos finos o gruesos de procedencia inherente o artificial, los cuales pueden ser usados o elaborados, teniendo en cuenta que los tamaños de sus granos deben estar comprendidos por los límites fijados en la NTP. Asimismo, también se les denomina áridos.

- (Rivva López, 2006). Sostiene que:

Abundando con relación a los agregados, debemos mencionar que estos ocupan un gran porcentaje dentro del volumen de la mezcla, nos sin antes advertir que estos son granulares; naturales o artificiales. Por su utilidad es necesario separarlos en agregado fino y grueso. Por otro lado, debemos acotar que todo tipo de agregado es proveniente de rocas, sin embargo, se pueden emplear los agregados artificiales. Los agregados tanto gruesos

como finos, son considerados como una llenante a los cambios volumétricos de la pasta, influyendo sobre las propiedades físicas del concreto.

Por otro lado, debemos mencionar que los agregados vienen a ser el factor fundamental para llevar a cabo un adecuado diseño de mezcla, teniendo en cuenta que estos aportan en las propiedades físicas del concreto como son: la dureza, resistencia y maleabilidad. Sin embargo, no debemos olvidar que los agregados para ser seleccionados en un diseño de mezcla, deben cumplir con las normativas y al mismo tiempo deben ser sometidos a diferentes procesos de ensayos con la finalidad de poder determinar y verificar la calidad que se brindará al momento de su uso.

Los agregados vienen a ser materiales tanto naturales como artificiales, independientemente de su origen, ya sea mineral, pétreo o sintético, su finalidad es combinarse con conglomerantes para obtener concretos o morteros.

- (Porrero J. , Ramos, Grases, & Velazco, 2014), lo definen como:

Los agregados vienen a ser partículas de origen pétreo, de diferentes tamaños y granulometría, que representan el 80 % del peso del concreto, sus propiedades resultan tan importantes para controlar la calidad final de la mezcla.

Asimismo, los agregados vienen a ser fragmentos o granos, comúnmente pétreos, donde la finalidad principal es la de abaratar la mezcla dotándolas de determinadas características que le son favorables, destacándose sobre todo en la disminución de la retracción de fraguado o retracción plástica.

## **AGREGADO FINO**

(López, Aguilar, Garibay, Sanchez, & Lizeth, s.f.) determina que los granos arena gruesa originan mezclas mucho más fuertes comparadas con las de granos finos, sin embargo, existe una desventaja por su baja cohesión de las partículas granulares que conlleva a utilizar mayor cantidad de conglomerante para subsanar los espacios vacíos. Además, es importante mencionar que la forma y textura tiene efectos favorables y desfavorables lo cual debe observarse como criterio de calidad: por ejemplo, si el grano de arena es redondo y suave implica usar menor cantidad de agua al realizar una mezcla.

Basándonos en la trayectoria:

- Observando Concretos en su estado suelto: las arenas con granos finos generan mezclas con consistencia pegajosa, fluida y de difícil compactibilidad.
- Las arenas con granos medios y gruesas otorgan mezclas más Trabajables y en su estado endurecido mejor resistencia a compresión.

(BolgSpot.Com, 2009) Señala que el agregado fino o arena cumple la función de llenante, actuando como un lubricante de los agregados gruesos, deslizándose para brindar un mayor maniobrado al concreto. Cuando al concreto tiene escasez de arena, esta se puede apreciar en la aspereza que representa la mezcla, pero si hay un derroche de la misma exige mayor proporción de agua con la finalidad de elaborar un asentamiento conveniente, teniendo en cuenta que entre mayor cantidad de arena que pueda tener la mezcla, esta se torna más cohesiva; por lo tanto, al demandar más cantidad de agua va a ser necesario más cantidad de cemento con el ánimo de mantener una buena relación agua cemento.

Para elaborar pastas de concreto mejor compactadas, se debe contar con buenos agregados, tanto agregado fino como agregado grueso, los mismos que deben cumplir con los requisitos mínimos en cuanto a su fineza o graduación, con el objetivo de ocupar en mayoría los campos huecos o vacíos. Asimismo, si el agregado fino pasa las mallas # 50 y 100, surgen efectos en la manejabilidad, los buenos acabados, la textura superficial, así como la exudación del concreto.

(Villegas, 2017) En una Mezcla se determina el módulo de finura (rango entre 2,3 y 3,1) que el agregado fino debe contar con la finalidad de que no exista segregación con los agregados grueso cuando estos son muy finos. No deja de ser una cualidad resaltante a tener en cuenta que, al tener agregados finos más gruesos, el manejo de la mezcla induce a obtener acabados más ásperos. Ahora, si en la elaboración de concreto se advierte presencia de materia orgánica en el agregado fino, esta tendrá efectos tardíos sobre el fraguado del cemento de manera parcial o totalmente.

## **PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO**

(Martinez, 2018) En cuanto al uso del agregado fino para la elaboración del concreto, estos deben pasar por un criterio de calidad mínimos de acuerdo a las especificaciones técnicas de la NTP. Estos son factores denominados propiedades físicas que arrojan valores cuantitativos para ser analizados y utilizados en la confección de los diseños de mezclas de concreto. Asimismo, debemos saber y reconocer que las propiedades físicas a determinar son: Peso unitario, peso específico, contenido de humedad, absorción, granulometría, módulo de finura y porcentaje de finos que pasa la malla N° 200.

### **▪ Peso Unitario**

La ASTM C 29 conceptualiza el peso unitario del agregado fino, viene a ser la masa que logra alcanzar un determinado volumen unitario de agregado fino; aquí en este volumen

participan las mismas partículas del agregado grueso junto a los vacíos que se forma entre partículas. Al medirla consiste en determinar la densidad total que viene a ser la división de la masa de una arena seca (en una correspondiente escala consolidada o compactada) entre el volumen que la masa ocupa con inclusión de los vacíos de aire y los de absorción, cuya unidad está en kg/m<sup>3</sup>.

- **Peso Especifico**

El Peso Específico, viene a ser la relación que existe entre el peso y volumen del material. Sin embargo, comparado con el peso unitario, difiere en que el peso específico no considera el volumen asignado a vacíos cohesivos del material. Para poder determinar una dosificación adecuada, se debe tener en consideración los valores del peso unitario, no sin antes verificar que la arena a utilizar sea el material de peso normal.

- **Contenido de Humedad**

El contenido de humedad del agregado fino viene a ser la cantidad de agua que este contiene. Sin embargo, debemos tener en cuenta que esta cantidad de agua (en porcentaje) juega un rol importante al momento de la elaboración del concreto, sabiendo que esta puede variar de acuerdo al contenido de humedad del agregado fino.

Asimismo, el contenido de humedad o porcentaje de humedad se puede definir como la toma de pesos en natural y los pesos producto del secado en horno (24 horas) donde se busca su diferencia para ser dividido entre el peso natural del material, y sacar el dato porcentual multiplicando todo por 100.

- **Absorción**

La absorción viene a ser la capacidad de asimilación que tiene el agregado fino para absorber agua al momento que entra en contacto con él. También juega un papel muy importante en la búsqueda de la calidad de los ensayos de concreto sobre los cambios en la relación agua/cemento.

- **Granulometría**

La granulometría viene a ser como una forma de asignar una ración equitativa según su tamaño de las partículas del agregado fino por intermedio de los diferentes tamices que participan en la división de una muestra, respetando las especificaciones que dicta la NTP.

Asimismo, respecto a la calidad del concreto su análisis es muy importante y es uno de los primeros con que se va a trabajar, verificando su cumplimiento frente a las normas. Decimos pues que la calidad del concreto está en función de las propiedades del mortero, específicamente de la granulometría y demás características de la arena. Ha quedado determinado que la granulometría del agregado fino es difícil de modificar en comparación con el agregado grueso que se puede seleccionar y almacenar de manera separada sin dificultad alguna y fijándonos primordialmente en el control de su homogeneidad.

**TABLA N° 01**  
**Requisitos Granulométricos / ASTM C-33**

Malla	% que pasa
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 100
N° 30	25 - 60
N° 50	10 - 30
N° 100	0

Fuente: Granulometria-de-Agregados-ASTM-C33

#### ▪ **Módulo de Fineza**

El módulo de fineza viene a ser un índice o valor cercano que represente al tamaño promedio de las partículas que contiene la muestra de arena y se usa para controlar la uniformidad de los agregados a utilizar.

De acuerdo a Norma dicta que el módulo de fineza de la arena debe de seguir este rango:

$$2.30 \geq \text{Módulo de Fineza} \leq 3.10.$$

Para el cálculo del módulo de fineza se realiza una sumatoria de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas #4, #8, #16, #30, #50 y #100 y se le divide por 100.

Se puede apreciar que, con la estimación del Módulo de Fineza cuyos valores se encuentran comprendidos entre 2.2 y 2.8, los concretos tienen una buena reacción a la trabajabilidad y la segregación se ve reducida. Sin embargo, el Módulo de Fineza que se encuentra comprendido entre 2.8 y 3.2, resultan más favorables para aquellos concretos de alta resistencia.

#### **AGREGADO GRUESO (Martinez, 2018)**

(Martinez, 2018), manifiesta el agregado grueso es uno de los componentes principales, motivo por el cual su calidad es de suma importancia a fin de que al preparar una estructura de concreto resulte un buen garante.

Para poder determinar un concreto de buena durabilidad, se debe tener en cuenta una buena elección del agregado, ya que esta determinará la estabilidad del mismo y a la vez advertir que no lo altere el medio ambiente. Un buen agregado grueso permite una mejor adherencia con la pasta de cemento, nos facilita la puesta en obra y a la vez no permite que se produzcan segregación alguna.

Está demostrado que mientras mayor sea el tamaño máximo del agregado grueso, se necesitará menos agua al amasarlo y al participar el cemento este será menor para la determinación de la resistencia del concreto. Asimismo, teniendo en cuenta que la limitación de los agregados finos determina un mayor aporte de agua, debemos considerar la calidad de su granulometría para asegurar una mejor homogeneidad y de esta manera reducir los huecos, Tanto la granulometría como la forma de la arena, deben permanecer constantes al momento y durante proceso de desarrollo del concreto, estas pueden ser continuas con el objetivo de obtener un concreto compacto y resistente.

Desde una fuente(cantera) se trae el agregado grueso cuya forma, tamaño, tenacidad, ruptura, limpieza y color juega un papel muy importante en su selección para la elaboración del concreto lo cual puede ser una roca zarandeada o grava triturada, estas pasan un control de calidad en laboratorio, con un previo análisis y selección de acorde al diseño tratado y dar paso a su certificación.

- Su tamaño: el Mínimo correspondiente es de 4,8 mm,
- Su Limpieza: En caso el agregado presente materia extraña, se recomienda eliminarlo o efectuar un procedimiento estándar como es el lavado.
- Su Forma: En todo momento debe evitarse el uso de agregados planos o alargados, porque estos tienden a bajar las masas unitarias, así como su resistencia mecánica.
- Su colocación: Si se colocan horizontalmente, debajo de esta superficie se llegan a formar bolsas de agua, la cuales, debido a la sedimentación, estas suben a la superficie y dejan espacios vacíos, originándose cangrejas. Como consecuencia, de este proceso, el concreto tiende a reducir su resistencia a la compresión.

## **PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO**

Según (Martinez, 2018), para que los agregados gruesos sean considerados material predominante en los concretos de grande performance tendrán que tomar los requisitos de la NTP.

Asimismo, los agregados gruesos tienen que tomar requerimientos mínimos que las normas de control (ASTM-C33) dicta, Las propiedades físicas son muy importantes, pero hay que tratar que se mantengan al margen respecto a dichas normas de calidad.

#### ▪ **Peso Unitario**

El peso unitario del agregado grueso, viene a ser la masa que logra alcanzar un determinado volumen unitario de agregado grueso, aquí en este volumen participan las mismas partículas del agregado grueso junto a los vacíos que se forma entre partículas. Al medirla consiste en determinar la densidad total, cuya unidad está en kg/m<sup>3</sup>.

Esta (P.U) depende de determinadas condiciones de los agregados:

- Su granulometría, tamaño y forma
- Su porcentaje de humedad
- Otros factores externos (el nivel de compactación, la dimensión máxima del árido en relación al volumen del recipiente, su consolidación, etc.)

#### ▪ **Peso Específico**

Siguiendo la línea de Calidad de los agregados el Peso específico del agregado grueso es un indicador cuyos valores están entre 2.5 a 2.8. Sin embargo, los valores cuyos rangos son inferiores son un indicador que corresponden a un agregado de mala calidad (porosos, muy húmedas y de fácil ruptura, etc.).

#### ▪ **Contenido de Humedad**

El contenido de humedad del agregado grueso Viene a ser la cantidad de agua que este contiene. Asimismo, esta propiedad es de vital importancia porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) el volumen de agua en el concreto presenta una variación.

#### ▪ **Absorción**

Viene a ser la capacidad del agregado grueso para absorber agua cuando entra en contacto con él. La absorción hace que se incremente la masa del agregado debido a que se tiene agua en los poros del agregado grueso dejando de lado el agua adherida en la superficie exterior de las partículas de rocas, expresado como un porcentaje de la masa seca. El agregado se le dice "seco" cuando la temperatura se mantiene en  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  en un buen lapso de tiempo para remover toda el agua no combinada.

- **Granulometría**

La Granulometría para agregados gruesos, se refiere a la separación de las partículas que representan una muestra a ser analizadas de forma mecánica o manual según sus tamaños. Estas determinan un peso que se da en cada tamiz por intermedio de sus diferentes aberturas cuadradas (unid: pulgadas).

Las NTP especifican la granulometría de los agregados gruesos en 10 series, estas son: 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", ¼", # 4.

- **Resistencia**

Como se sabe, los agregados ocupan un elevado porcentaje dentro de la mezcla y la resistencia de éstos es decisiva y de vital importancia para definir la resistencia del concreto fabricado con ellos, sin pretender que las resistencias de estos agregados gruesos sean mayores a todos los granos pétreos que la conforman.

- **Tamaño Máximo <sup>TM</sup>**

Es muy sabio conocer el TM del agregado grueso, Al tener como elemento aditivo al caolín los agregados deben conservar un mínimo, en el orden de ½" a 3/8", y en poca proporción los agregados de ¾", descartando para este caso el de 1". Es por ello que se debe tener en consideración razones por la cual los tamaños menores de agregados gruesos ayudan a desarrollar mezclas de concreto con mejores resistencia producto de la poca concentración de esfuerzos cerca a sus partículas, provocados por una desigualdad que existen entre los módulos de elasticidad de la pasta y el agregado.

- **Tamaño Máximo Nominal**

Se refiere al valor del menor y primer tamiz retenido de la serie utilizada.

- **Módulo de Fineza**

El módulo de fineza viene a ser un índice o valor cercano que represente al tamaño promedio de las partículas que contiene la muestra de agregado grueso y se usa para controlar la uniformidad de los agregados.

Su cálculo se estima por la sumatoria de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 ½", ¾", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, dividido entre 100.

- **Densidad**

La densidad de los agregados gruesos es uno de los controles de calidad que se cataloga como importante cuando se busca diseños de concreto con mayor o menor peso unitario. También hay que tener en cuenta que el material con densidad baja es débil, poroso y de alta absorción.

- **Impurezas**

Se debe tener en cuenta que muchos de los agregados pueden estar acompañados de determinadas impurezas perjudiciales, en su mayoría de origen natural como las sales solubles, limos, entre otras, las cuales se encuentran limitadas por la Norma ASTM C33.

- **Porosidad**

Viene a ser otra de las propiedades más resaltantes del agregado grueso al realizar los controles de calidad, se le denomina como el espacio que no ha sido cubierto por materia sólida en la partícula del agregado. Destaca mucho por que influye en la estabilidad química, resistencia mecánica y de abrasión, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

Los laboratorios practican los siguientes ensayos según la NTP:

-  **Peso Unitario**

- **NTP 400.017:1999** AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

-  **Peso Específico y Absorción**

- **NTP 400.021:2002** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para espeso específico y absorción del agregado grueso.
- **NTP 400.022:2002** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

-  **Contenido de Humedad**

- **NTP 339.185:2002** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

-  **Granulometría**

- **NTP 400.012:2001** AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

 **Sustancias Dañinas**

- **NTP 400.015:2002** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en los agregados. Material más fino que la Malla N° 200
- **NTP 400.018:2002** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (200) por lavado en agregados.
- **NTP 400.013:2002** AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones.
- **NTP 400.024:1999** AGREGADOS. Método de ensayo para determinar cualitativamente las impurezas orgánicas en el agregado fino para concreto.

## CEMENTO

Embarcándonos en el desarrollo de nuestra investigación tomamos como definición atractiva al Cemento Portland Adicionado que se asemeja con el concepto de sustitución de este material por el MK donde (Arenas Bernal, 2016) indica; que es un cemento generado en conjunto con el Clinker y otros participes como puzolanas, escorias, fillers y eventualmente el sulfato de calcio, dando resultados favorables en las propiedades del cemento. Pero, siempre tomando en cuenta que al adicionar se cumpla con las Normativas o especificaciones Técnicas.

Para plegarnos con definiciones de este componente en diferentes autores y obtener mejores conocimientos nos basamos de:

- (Rosaly, 2015)

Nominación: conglomerado, aglutinante o aglomerante hidráulico

Formación: De caliza y arcilla calcinada previamente mezcladas y luego molidas, para pasar a la clinkerización, agregando yeso y ser nominado Cemento.

Función: Adherirse a los elementos del concreto para obtener una consistencia pétreo.

Uso: muy representativo en la construcción.

- El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA, s.f.):

El cemento es un material no Orgánico que tiene una finura conveniente que, al ser combinado y revuelto con agua, moldea una mezcla pétreo que endurece al fraguar y reacciona con el proceso de hidratación; que siendo componente del concreto esta se mantiene estable bajo el agua, conserva su resistencia y volumen por mucho tiempo.

- (Carpio, 2017) :

Es un conglomerante hidráulico, polvo obtenido de rocas como la caliza y arcilla horneadas con adiciones de yeso. Su cualidad es que al contacto con el agua tiene la propiedad de endurecimiento y ser mecánicamente resistente.

- (Ministerio de Vivienda, 2009)

Elemento molido en una finura conveniente que al ser adicionado una cantidad de agua se convierte en una pasta aglomerante, al secarse se endurece y alcanza mecánicamente resistencias apropiadas, tanto bajo el agua como en el aire. La Norma no toma en cuenta las cales aéreas, cales hidráulicas, y los yesos.

- (Carbajal, 2016), afirma lo siguiente:

Es todo elemento aglomerante, que se cohesiona con otras fracciones de diferentes propiedades físicas. Por ejemplo, las calizas en natural trituradas, molidas y calcinadas. Al cemento técnicamente se le denomina cemento portland. Es un material pulverizado producto de la mezcla de piedras calizas, arcillas a temperaturas controladas, más la incorporación del yeso. Reacciona con el agua, siendo capaz de unir todos los fragmentos de grava y arena creando un elemento sólido o piedra artificial, llamado concreto hidráulico.

- (Navarro, 2008), lo define como:

Materia prima aglomerante de origen mineral que tiene la propiedad de unir grava y arena, que mezclado con agua forma una masa resistente, durable en el tiempo, y capacidad de adoptar formas distintas. Para la industria de la construcción es un factor indispensable por que se contribuye al bienestar de la sociedad.

## **TIPOS DE CEMENTO:**

Según (Diaz Ponce, 2012) : Cualesquiera de los cementos son conglomerados obtenidos por el paso del horno a la clinkerización , a posteriori pasan de óxido de calcio llevados a altas temperaturas a sílice, alúmina y óxido de hierro para obtener (silicatos, aluminatos y ferritas de calcio) con finuras correspondientes a especificaciones técnica de la NTP 334.009:2016. Estos materiales artificiales, son de dos tipos:

### **A.- CEMENTOS NATURALES:**

Existen los Cementos naturales lentos y los cementos naturales rápidos; las dos calcinan rocas de caliza arcillosas a temperaturas medias moderadas en el rango de 1000 – 1400 °C., Mientras el lento inicia su fraguado a los 30 min. de su aplicación, el rápido inicia su fraguado muy rápido, entre 1 y 2 minutos a 20°C. Dentro del marco de Observación y advertencia para el proceso de construcción y composición no son apropiados por su baja resistencia de los elementos estructurales pues su empleo cada vez es más reducido. (Construmática, Cemento)

### **B.- CEMENTOS ARTIFICIALES:**

Son productos fabricados de la mezcla de calizas y arcillas, con reacciones convenientes de acorde a las proporciones preparadas y dosificadas. A diferencia de los cementos Naturales la temperatura para coaccionar está en el rango de 1450 y 1480 C°.

obteniéndose el Clinker, con una finura correspondiente que queda apto como componente básico para la fabricación del cemento. Distinguímos los siguientes cementos artificiales:

- ☞ Cemento portland
- ☞ Cemento portland puzolánico
- ☞ Cemento Hidráulico
- ☞ Cemento Siderúrgico

### **CEMENTO PORTLAND:**

El cemento tomado para el respectivo trabajó es del Tipo I de la Empresa “Cementos Pacasmayo S.A.” que cumple con las siguientes normas:

- **Especificaciones;** según (Vaquez A & Pacasmayo):

NTP 334.009:2005 - ASTM C 150.

NTP 334.082:2008 Cementos Portland, Especificación de la performance.

NTP 334.090:2007 Cemento Portland Adicionado.

NTP 334.069:1998 cemento de albañilería.

El Cemento Portland se produce con: Polvo fino del Clinker portland + adición del químico industrial sulfato de calcio.

Respecto a las adiciones de otros productos se debe considerar el 1% en peso del total previamente pulverizados y teniendo en cuenta las normas para que no afecten las propiedades del cemento resultante. (SENSICO, 2019)

- **Cemento Pacasmayo Portland Tipo I,** (Santillan, 2019)

Es un Cemento que se emplea generalmente en las Obras de Construcción siempre con el cumplimiento de las Normas técnicas del Perú NTP 334.009 y ASTM C 150. Se fabrica buscando la fineza adecuada del Clinker Tipo I más el yeso, dándonos una resistencia inicial mayor con menores tiempos de fraguado.

#### **Aplicaciones**

- Construcciones que dan uso del concreto simple
- Construcciones que se realizan con concreto armado
- Estructuras de rápido desencofrado
- Cimientos y sobre cimientos
- Concretos para climas fríos
- Materiales de construcción prefabricados
- Pavimentos.

De acuerdo a (Calameo, s.f.), el cemento Portland se puede utilizar de la siguiente manera:

**TABLA N° 02.- Uso de los Cementos Portland**

<b>Tipo*</b>	<b>Descripción</b>	<b>Características Opcionales</b>
<b>I</b>	Uso General	1, 5
<b>II</b>	Uso general; calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos	1, 4, 5
<b>III</b>	Alta Resistencia inicial	1, 2, 3, 5
<b>IV</b>	Baja calor de hidratación	5
<b>V</b>	Alta resistencia a los sulfatos	5, 6
<b>Características Opcionales</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aire incluido, IA, IIA, IIIA.</li> <li>2. Resistencia moderada a los sulfatos: C3A máximo, 8%</li> <li>3. Alta resistencia a los sulfatos: C3A máximo, 5%.</li> <li>4. Calor de hidratación moderado: calor máximo de 290 kJ/kg (70cal/g) a los 7 días, o la suma de C3S y C3A, máximo 58%.</li> <li>5. Álcali bajo: máximo de 0.60%, expresado como Na<sub>2</sub>O equivalente.</li> <li>6. El límite de resistencia Alternativa de sulfatos está basado en el ensayo de expansión de barras de mortero.</li> </ol>		

Fuente: <https://es.calameo.com/read/00635025435b1af10eaa8>

#### ▪ **Componentes Del Cemento Portland**

Al Fabricar el cemento Portland se tiene que adquirir las siguientes materias primas:

- Caliza y Marga, aportantes del Oxido de calcio
- Arena silícea, aportantes de los óxidos metálicos.
- Arcilla.
- otras adicciones (yeso o materiales puzolánicos)

Su elaboración pasa por la trituración de las materias primas mezclando las rocas calcáreas y las arcillas en proporciones cuyo resultado tenga una fineza y homogeneidad adecuada (polvo crudo), este pasa por la cocción en un horno rotatorio a temperaturas de 1450°C-1600°C, cuyo resultado de esa fusión se le denomina Clinker de cemento. (Díaz Ponce, 2012).

**TABLA N° 03.- Principales Óxidos Del Clinker**

<b>Compuesto</b>	<b>Formula</b>	<b>Abreviatura</b>
<b>Cal</b>	CaO	C
<b>Sílice</b>	SiO	S
<b>Alumina</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A
<b>Hierro</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F

<b>Agua</b>	H <sub>2</sub> O	H
<b>Anhídrido Sulfúrico</b>	SO <sub>3</sub>	g
<b>Oxido Magnésico</b>	MgO	M
<b>Oxido Sódico</b>	Na <sub>2</sub> O	N
<b>Oxido Potásico</b>	K <sub>2</sub> O	K

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo-Componentes del Clinker

**TABLA N° 04: Composición Química Del Clinker**

<b>SO<sub>3</sub></b>	0.1 – 2.5 %	<b>Si O<sub>2</sub></b>	16 - 26 %
<b>Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0 - 3.0 %	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4 – 8 %
<b>Ti<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	0 – 0.5 %	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	2 - 5 %
<b>P<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0 - 1.5 %	<b>CaO</b>	58 – 67 %
<b>PxC</b>	0.5 – 3.0 %	<b>MgO</b>	1 – 5 %
		<b>Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O</b>	0 – 1 %

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo-Componentes del Clinker

**TABLA N° 05  
Fases Minerales (Compuestos) Del Clinker**

<b>DESIGNACION</b>	<b>FORMULA</b>	<b>ABREVIATURA</b>
<b>Silicato tricálcico</b>	3CaO, SiO <sub>2</sub>	C3S
<b>Silicato Dicálcico</b>	2CaO, SiO <sub>2</sub>	C2S
<b>Aluminato tricálcico</b>	3CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A
<b>Ferro aluminato tetracalcico</b>	4CaO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 3CaO Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF
<b>Cal libre</b>	CaO	
<b>Magnesia libre (periclasa)</b>	MgO	

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo-Componentes del clinker

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CEMENTO PORTLAND**

Según (Díaz Ponce, 2012) Todos los cementos tienen algunas propiedades físicas y químicas, que dejan la posibilidad para hacer cambios en él, mejorando o alterando su rendimiento. Respecto a las características físicas del cemento Portland esta enlazada con su contextura (su forma, su tamaño, su reacción, y su transformación a estímulos de origen físico)., Explicaremos de manera muy breve alguna de ellas:

### ☞ **Finura de molido**

Es una característica muy enlazada al valor hidráulico del cemento debido a que influye decisivamente en la rapidez de las reacciones químicas que poseen a lo largo de su fraguado y primer endurecimiento.

### ☞ **Tiempo de fraguado**

Tiempo que tarda la pasta de cemento en conseguir rigidez. La rapidez de fraguado viene reducida por las reglas, estableciendo un lapso de tiempo, comenzando desde el amasado, se debe considerar un inicio y un fin del fraguado.

**TABLA N° 06**  
**Tiempo de Fraguado de acuerdo con la resistencia**

Resistencia del cemento	Principio del Fraguado (min)	Final del fraguado (horas)
Muy alta	>45	<12
Alta, Media y Baja	>60	<12

Fuente: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3377\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3377_C.pdf)

### ☞ **Potencial de Hidrógeno**

La Portlandita define al potencial de hidrogeno como alcalino y como factor preponderante a la durabilidad del concreto; protegiendo al material como el acero de la oxidación en diseños de concreto armado.

### ☞ **Expansión y retracción**

Se mide la expansión tardía al cemento fraguado con el método de ensayo de estabilidad de volumen, así como la retracción por secado y por carbonatación que son dos puntos a considerar pues la primera actúa en la pasta hidratada de cemento perdiendo agua en los poros y el otro se presenta por reacción de esta pasta con Oxido de carbono en el aire frente a ambientes húmedos.

### ☞ **Calor de hidratación**

Reacción química del cemento con el agua, conocido como hidratación que genera un calor producto del proceso exotérmico.

En estructuras de mayor envergadura es clave el control de esta propiedad del cemento ya que se pueden crear fisuras en el concreto, su bajo contenido de C3S generara baja calor de hidratación y los incrementos de finura, contenido de cemento, así como el tiempo de curado aumentarían su calor de hidratación.

**Rigidez y resistencia mecánica**

Las dos propiedades que se adquieren:

- Rigidez. - Cuando la pasta fragua,
- Resistencia. - Con el tiempo.

Se cumple siempre que la mayor resistencia del concreto se da, si la resistencia de su cemento lo es. Pero, siempre teniendo la capacidad de la búsqueda de calidad del concreto respecto a su durabilidad.

**TABLA N° 07**  
**Propiedades Físicas del Cemento Tipo I (NTP) vs Cemento Tipo I (Pacasmayo)**

Requisitos	Método de Ensayo NTP	Tipo de Cemento	
		Tipo I	Cemento Pacasmayo
Contenido de aire del mortero[B] Volumen%: Max. Min.	334.048	12 -	8 -
Finura.[C] Superficie Específica, (m <sup>2</sup> /kg) (Métodos Alternativos): Ensayo de Turbidímetro Min. Max.	334.072	150 -	4000 -
Ensayo de Permeabilidad al aire Min. Max.	334.002	260 -	
Expansion en autoclave, Max. %	334.004	0.8	0.07
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación: Resistencia a la Compresión kg/cm <sup>2</sup> 1 día 3 días 7 días 28 días	334.051	 122.366 193.746 285.521	 299.7966 373.2161 461.9314
Tiempo de Fraguado Ensayo de Vicat [D], minutos Tiempo de fraguado no menor que: Tiempo de fraguado no mayor que:	334.006	 45 375	 139 250
Falso Fraguado, penetración final, min. %	334.065	50	
Calor de Hidratación 7 días, max. kJ/kg 28 días, max. kJ/kg	334.064	- -	

Fuente: (NTP, Cementos Portland. Requisitos, 2017); (Pacasmayo) ; Elaboración propia

A.- Los tipos de cemento indicados y que cumplen con los requisitos de la presente NTP, no están disponibles en todas las regiones del país. Antes de especificar el uso de un cemento diferente al Tipo I, se debe verificar si el cemento propuesto está disponible o puede estarlo

B.- El cumplimiento con los Requisitos de esta NTP, no necesariamente asegura que el contenido de aire deseado será obtenido en el concreto

C.- El Laboratorio de ensayo debe elegir el método de finura a ser usado. Sin embargo, cuando la muestra no cumpla con los requisitos del ensayo de permeabilidad en aire, debe usarse el ensayo del turbidímetro y deben gobernar los requisitos dados por esta tabla para el método turbidimétrico.

D.- El tiempo de fraguado es el descrito como tiempo inicial de fraguado en el método de ensayo NTP 334.006

## **PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND:**

Según (Valdivia Mejia & Benero Valdivia, 2014) Antes de conocer el proceso de fabricación del cemento tenemos que saber que hay dos métodos de producción del cemento Portland:

El conocido sistema de producción por vía húmeda que es cuando la molienda se realiza en presencia de agua; Tiene la ventaja de facilitar el transporte y disminuir la contaminación del aire o el agua. Así como la desventaja por el encarecimiento de la producción al tener mayor consumo de combustible en la cocción para extraer el exceso de agua.

El otro sistema es el de producción por vía seca, en este proceso la harina producto de la molienda puestos en silos especiales se homogenizan por medio de agitación por aire.

Según (Hero, s.f.) cuando fabricamos el cemento se lleva un estricto control de calidad, cumpliendo las regularizaciones internacionales y ambientales en las siguientes etapas.

- Explotación del Producto Natural (materia prima del cemento)
- Trituración de la Materia Prima
- Pre homogenización de la Materia Prima
- Diseño y Dosificación del polvo crudo (Harina)
- Molienda del Polvo crudo
- Homogenización del Polvo crudo
- Calcinación y Clinkerización
- Almacenamiento del Clinker
- Transformación del Clinker a Cemento (Molienda de Cemento)
- Empaque y Despacho

### ☛ **Explotación del producto Natural**

Lo primero en la producción es la búsqueda de la materia prima (Rocas de caliza y rocas de arcilla)

Se utilizan los sistemas de voladuras de fracturación y extracción por medio de los cargadores.

De la caliza se obtienen: el carbonato cálcico, sílice, alúmina y el mineral de hierro,

De la arcilla se obtienen: la creta y la pizarra arcillosa.

### ☛ **Trituración de la Materia Prima**

El material extraído pasa por una trituración primaria de granulometría apropiada para el proceso (Tamaño máximo de 1 a 2 pulgadas) Luego pasa a una trituración secundaria que consta en la reducción del material al tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$  pulgadas para que los molinos no hagan mucho desgaste y luego llevarlas a su almacenamiento.

### ☛ **Pre homogenización de la Materia Prima**

Este Proceso consta en asegurar una mayor uniformidad en la distribución (tamaño y composición química de los materiales) pues estas, se almacenan y luego son transportadas separadamente a las tolvas, para ser dosificadas.

### ☛ **Diseño y Dosificación del Polvo Crudo**

Consta en la realización del diseño de mezcla con el fin de encontrar una dosificación de las materias primas que nos facilite la composición deseada del polvo crudo. El diseño del crudo es muy importante ya que permite el manejo de los recursos que garanticen que los materiales tengan mejor vida útil.

### ☛ **Molienda del Polvo Crudo**

Al tener el material dosificado en las tovas se sigue con los siguientes Pasos y supervisiones:

- a. Transporte del material al molino de bolas; supervisión: recibir el material triturado y pre homogenizado
- b. Actuación del Molino; supervisión: Tener cuerpos moledores y paredes blindadas en buen estado, Observación de desmenuzamiento del material producto del choque y fricción.

- c. Análisis del Material Producto de la molienda teniendo como objetivo facilitar la reacción química de este material en el horno; supervisión: Realizar muestreos, verificando y analizando la composición química por rayos x. en lapsus de cada hora.
- d. Pruebas de Finura usando tamices; supervisión: Obtener el mejor resultado retenido en un tamiz 170 (90 $\mu$ ) de 18-20%.
- e. Secado de los materiales; supervisión: verificar antes de ponerlas en hornos de altas temperaturas.

### **☛ Homogenización**

Después de la molienda el producto pasa por:

- a. El Silo de Homogenización; Se mezcla el material usando el sistema de fluidificación que mantiene el polvo crudo en constante movimiento con la intención de mejorar su uniformidad en la composición química.
- b. El Silo de Almacenamiento; De estos silos se proporciona polvo crudo de buena calidad transportándose en una tolva de nivel constante hacia el horno de calcinación.

### **☛ Des carbonatación y Clinkerización**

Teniendo el material molido y homogenizado se sigue con los procesos:

- a. El sistema de Torre de precalentado (Intercambiador); Se transporta el material a la torre, calcinándola a 870 °C de manera previa.
- b. El horno rotatorio; Cuyo material es calcinado y semi-fundido al someterlo a altas temperaturas que alcanzan 1500°C que permite la transformación del polvo crudo en Clinker.
- c. Enfriador Rotatorio; Aquí se recibe el material del horno rotatorio para exponer el material a una corriente de aire que enfría el Clinker hasta una temperatura de 120C.
- d. Producto enfriado; se le da el nombre de Clinker (granulado, redondeado y color gris obscuro).

### **☛ Molienda de Cemento**

La molienda del Clinker, se caracteriza por que conjuntamente se utilizan minerales que le aportan propiedades específicas al cemento.

- El yeso, por ejemplo, es usado para que el tiempo de fraguado de la mezcla se retarde y así sea más manejable.
- Las puzolanas, por ejemplo, generan trabajos de concretos con mejor durabilidad, con bajo calor de hidratación y no permeables, respecto a los de un cemento Portland ordinario compuesto sólo por Clinker y yeso.

### **CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO:**

De acuerdo a (Díaz Ponce, 2012), define el Cemento Puzolánico como la Mezcla de Clinker de Portland, más una eventual sustitución o adición de sulfato de calcio y la puzolana (material silíceo o silico-aluminoso con poca actividad hidráulica llevada a proceso de fineza que al ser expuesto a humedad tiene una reacción química con el hidróxido de calcio a temperaturas comunes y formar componentes con propiedades hidráulicas). Al tomar el contenido puzolánico debe estar dentro el rango de 15% - 40% en peso del total.

Dentro de sus características están:

- ✓ Endurecen más lentamente (en climas fríos)
- ✓ Respecto a la trabajabilidad de amasado utiliza más agua que el Cemento Portland normal.
- ✓ Superan las resistencias de concretos con Cementos Portland ordinario, elevando la densidad, resistencia química, compacidad y la impermeabilidad.

La recomendación de la Ingeniería dicta su uso en obras de pavimentación, canales, ambientes medianamente agresivos, concretos bajo el agua, obras marítimas, etc.

Se tiene los siguientes tipos:

- **Cemento Portland Puzolánico Tipo IP**

De uso general para los concretos. Al tomar el contenido puzolánico debe estar dentro el rango de 15% - 40% en peso del total.

- **Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo IPM**

De uso general en las construcciones con concreto. En este caso al adicionar hay que tomar puzolana menor al 15% en peso del total.

## **CEMENTO HIDRÁULICO:**

Cemento que al contacto con el agua tiene reacción química de endurecimiento en un entorno superficial y bajo el agua. Este Material fino torna una masa que fragua y se endurece, preservando la propiedad de ser resistente y estable. (Chipatecua, s.f.)

## **CEMENTO SIDERÚRGICO O DE ESCORIA**

De acuerdo a (Díaz Ponce, 2012), define el Cemento Siderúrgico como la mezcla de:

**Clinker de Portland, + Yeso + Escoria de alto horno**

La escoria de alto horno es un material con propiedades hidráulicas, se adquiere con el enfriamiento activo de esta en fusiones adecuadas (Mineral de hierro + 2/3 en masa de la suma de CaO, MgO y SiO) así como Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y además cantidades pequeñas de óxidos.

Estos cementos fraguan y endurecen de manera lenta, su utilización es de acorde el tipo de construcción. No tomamos mucho riesgo si lo utilizamos para grandes estructuras macizas. Por la misma razón, existe en ella la sensibilidad a bajas temperaturas, que no son convenientes ya que retardan su endurecimiento, advirtiéndose que no debe utilizarse por debajo de los + 5 °C. y si queremos acelerar este proceso debe ser con la presencia de algo que libere cal, como el Clinker de Portland.

Tenemos los siguientes tipos:

- **Cemento Portland de Escoria Tipo IS:**

Cuyo Cemento Portland de escoria de alto horno que se obtiene de la Molienda del Clinker del cemento Portland con la escoria de alto horno, teniendo cuenta que la escoria estará en el rango de 25% a 70% en masa del cemento Portland.

- **Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I(SM):**

Tiene las mismas características del Cemento Portland de escoria tipo IS, pero, esta tiene la restricción de que la escoria no exceda en 25% la masa.

## **ADICIONES AL CEMENTO**

Según (Díaz Ponce, 2012) reconoce su uso hace mucho tiempo porque su trabajo es modificar las propiedades físicas – químicas de los concretos y cementos.

Definiendo: Son materiales orgánicos/inorgánicos que cumplen ciertas normas establecidas de cada país.

- ✓ Son activas, cuando hay reacción en la pasta de cemento completamente hidratada, modificando la resistencia del concreto.
- ✓ Son inactivas, cuando no aportan resistencia. Pero, si tienen finura se gana homogeneidad.

Su Uso:

Individual. - Como ingrediente dosificado incorporadas al cemento.

Mezclado: Al concreto o al cemento usando diferentes porcentajes.

## **AGUA**

Su cometido es humedecer el cemento y conceder trabajabilidad al concreto, así también ser participe en la reacción química en el cemento, activándolo para que tenga respuesta en las propiedades del concreto.

Al realizar la comparación de resistencias debe hacerse con morteros cilíndricos similares, teniendo a cuenta que el agua de mezclado será preparados y ensayados según la NTP 334.051.

### **Requisitos:**

- ✓ Debe estar libre de impurezas, no contener aceites, ácido, residuos de desperdicios industriales, azúcares o álcalis detonantes, sustancias orgánicas.
- ✓ Cumplir con la siguiente norma: NTP 339.088:1982 HORMIGON (CONCRETO). Agua para concretos y morteros de cementos Portland. (Ministerio de Vivienda, 2009).
- ✓ Al emplear el agua en la elaboración de la mezcla de concreto como en su curado, debe elegirse preferentemente agua potable.
- ✓ El uso del agua no potable sería si:
  - Están en un estado pulcro, libre de elementos perjudiciales que no dañen al concreto y su acero de reforzamiento.
  - Al determinar un determinado diseño de mezcla se ha elegido una fuente donde el agua ha tenido participación en su dosificación y proporción.

- Los especímenes utilizados para los ensayos hechos con agua no potable, deben cumplir con resistencias en los días 7 y 28, una ganancia de 90% de resistencia a ensayos de compresión en comparación con los especímenes hechas con agua potable.

## ADITIVOS

**Según** (Caballero, 2015) lo define como: Producto capaz de disolverse en agua, cuya mezcla porcentual no pasa el 5% respecto a proporción de cemento, la intención es adquirir mejoras en el comportamiento de concreto (antes y durante el fraguado). Esta definición deja de lado, a las fibras metálicas, las puzolanas y otros.

### ✓ **Especificaciones:** (Ministerio de Vivienda, 2009)

- NTP 334.089. Para los aditivos incorporadores de aire.
- NTP 334.088 - ASTM C 1017M: para los aditivos reductores de agua, retardantes, acelerantes, reductores de agua y retardantes, y reductores de agua y acelerantes,
- NTP 334.104: para los aditivos compuesto por las cenizas volantes u otras puzolanas.
- (ASTM C 989): para los aditivos compuesto por la escoria molida granulada de alto horno.
- NTP 334.156: para os aditivos usados en la fabricación de concreto que contenga cemento expansivo deben ser compatibles con este cemento y no producir efectos nocivos.
- NTP 334.087: La microsílíce usada como aditivo.

### ✓ **Beneficios en el uso:**

#### **En estado fresco:**

- Que la pasta sea trabajable sin agregar más de agua.
- Que se conserve una buena trabajabilidad sin la disminución del contenido de agua.
- Realizar cambios en el fraguado, Retardando o acelerando el proceso.
- Realizar cambios en el asentamiento que prevengan, así como también reduzcan la velocidad de perdida de ella.
- Realizar cambios en la exudación tanto en velocidad como volumen.
- Realizar cambios en la segregación, reduciéndola.
- Facilidad en la actitud de bombeo.

### **En estado endurecido:**

- Bajar el calor de hidratación
- Ganar resistencia temprana.
- Mejorar la resistencia mecánica.
- Mejorar la durabilidad del concreto.
- Buscar la impermeabilidad
- Producir expansión o controlar la contracción.
- Que se Incremente la adherencia del concreto vs acero de refuerzo.
- Que no exista corrosión del acero.
- Controlar la reacción álcali-agregado.

### ✓ **Precauciones de almacenamiento y en el uso:**

- Respecto a su almacenamiento se seguirán las indicaciones de los fabricantes. Su recomendación hará que no exista contaminación, no se evapore y no sufra deterioro.
- Tener mucho cuidado con el almacenamiento de los aditivos líquidos pues tienen que estar protegidos de temperaturas congelantes y de fluctuaciones en el medio ambiente, con la consigna de protegerlo de la afectación en sus características.
- Tener en cuenta que su almacenamiento en obra no debe darse por un tiempo mayor de seis meses desde la fecha del último ensayo. Por lo contrario, se debe realizar ensayos de calidad necesarios antes de usar el aditivo.
- Descartar en uso a los aditivos vencidos en fecha.

### **EL CAOLIN:**

Según (Gonzales, 2012) El caolín obtenido de la Cía. Minera COMACSA Agregados Calcareos S.A. es una arcilla Puzolánica, donde predomina la caolinita; dentro de sus características tenemos:

- Su peso específico: 3.05,
- La dureza: 2,
- Color: blanco, u otros colores de acuerdo a sus impurezas,
- Brillo: Terroso mate,
- Es Higroscópico (absorbe agua),
- Su plasticidad: baja a moderada.
- No tiene olor

- Es Compacto
- Es aislante
- Es absorbente
- Suave al tacto
- No es abrasivo
- No es toxico
- Tiene baja viscosidad
- Es un material Dificilmente fundible, resistente a altas Temperaturas
- Es inerte a los agentes químicos, que actúa también como agente protector
- Son Fuentes de Sílice y aluminio.

Los yacimientos donde podemos encontrarlos tienen su origen sedimentario o residual.

#### ➤ **Origen Sedimentario**

Son aquellos caolines sedimentados en el Mar, los lagos, creados por arrastre de las aguas a depósitos de agua libre o estancadas de ríos, golfos, tramos de confusión formando fangos de mar-ríos y por los glaciares.

#### ➤ **Origen Residual**

Son aquellos caolines que se forman por la vejez de algunas rocas superficiales que se tornan a medida que se disuelva y desintegra los silicatos. Se forman también por la subida de aguas de origen ígneo carbonatadas o sulfatadas. Así como por los filtros en soluciones de sulfato.

### **PROCESO DE OBTENCION DEL CAOLIN**

(Economía, 2014) Teniendo en cuenta a la calidad del caolín hay dos tipos de obtención: seco y húmedo. Así como de tecnología reciente Estándar.

El Seco: Su uso se da con caolines que tienen más contenido de sílice, aquí hay que remover la arena, seleccionar el caolín por tamaño y se lleva a secar

El Húmedo: Su uso se da con caolines que cuentan con más contenido de alúmina, este se procesa con intervención del agua para su lavado respectivos con el objetivo de adquirir un caolín más fino de mejor calidad y pureza.

### **EXTRACCIÓN**

El caolín se extrae de las minas a la intemperie y se transporta con un promedio de 10 a 18%, grados de humedad hacia la planta de tratamiento.

## TRITURACIÓN

Teniendo el mineral caolín, se reduce el tamaño de su roca usando la maquinaria denominada Chancadora de quijada con la intención de obtener un producto uniforme.

Luego de pasar por los dos primeros pasos, existen diferencias de los siguientes procesos de obtención del caolín (seco, húmedo y Tec.Standard) que se ven en la siguiente tabla:

TABLA N° 08  
Procesos subsiguientes de obtención del Caolín

Seco	Húmedo	Tec. Estándar
Procesos: - Secado - Molienda - Clasificación - Colector - Micronización - Envase - Embarque	Procesos: - Atricionado - Agitado - Clasificación - Espesado - Lavado-Filtrado- secado / Filtrado-secado - Almacén - Envasado - Embarque	Procesos: - Mezcla y Desarenado - Cribado - Clasificación - Separación magnética - Filtración rotaria al vacío - Remezcla / Redispersión - Secado de Spray - Fabricación de sólidos en suspensión.

Fuente: Elaboracion propia

Respecto al tratamiento térmico controlado del caolín, se generan cambios estructurales para adquirir el Metacaolín ( $2SiO_2 \cdot Al_2O_3$ ). Este nuevo material concede mejoras en las propiedades de los morteros y concretos al sustituirlo parcialmente por el cemento en un determinado Diseño de concreto (Torres, M de Gutierrez, Castelló, & Vizcayno, 2011).

El caolín traído desde Lima por la Cía. minera COMACSA de gran contenido de caolinita, se calcino a  $750^{\circ}C$  en un horno de alta temperatura durante dos horas transformándola en Metacaolín de tonalidad blanca.

## PUZOLANAS

De acuerdo a la norma ASTM C 618-01, (Sanchez Stasiw K. , 2008) Son aquellos materiales que sin tener actividad hidráulica por sí solos, contienen elementos que al ser combinados con la cal y agua reaccionan formando mezclas estables, que no se pueden disolver y con propiedades hidráulicas.

Pueden ser:

### a) Natural:

**Rocas Volcánicas:** Pertenecen a los silicatos de aluminio hidratados o asociadas de agua por sí mismas existen diversas variedades.

- **Cenizas Volantes (NTP 334.104):** Se forman por explosiones volcánicas donde los pequeños fragmentos llevados a estados templados adquieren aspectos sólidos con alguna rigidez y dureza.

- **Tobas Volcánicos:** Se forma por acumulaciones de cenizas u otros fragmentos arrojados de los respiraderos volcánicos al erupcionar, se enfría más rápido por eso está considerada como roca ígnea, ligera y consistencia porosa.
- **Escoria volcánica:** Acá se consideran todos los materiales de origen volcánico con un tamaño del diámetro en el rango de 2 – 64 mm.
- **Obsidiana:** Se forman por la emisión de lava félsica con enfriamiento simultaneo, no es un verdadero mineral por ser cristalina (mineraloide), tiene 70% a más de dióxido de silicio y por la presencia del agua su proceso de descomposición es mas rápida.

**b) Artificial:**

- **Cenizas Volantes (ASTM C 618-03):** Restos de cenizas producidas en la combustión del carbón que se generan en las plantas Termoeléctricas. Se caracteriza por ser un fragmento particularmente fino con propiedades puzolánicas, cuyo diámetro varía entre 1 a 100  $\mu\text{m}$  Se tienen dos clases:
  - La que es generada por el carbón bituminoso calcinado.
  - La que es generada por el carbón sub-bituminoso calcinado de propiedades cementicias.
- **Arcillas activadas térmicamente**

No existe arcilla de manera natural que presente actividad puzolánica, pero si a ellas se les da un tratamiento térmico con temperaturas en el rango de 600 a 900 °C su estructura cristalina será destruida.
- **Microsilíce (NTP 334.087)**

Por la forma como se genera también se llama “humo de sílice”, son Residuos que se generan en la industria de la fundición de metales silico ferrosos a través de los hornos de arco al reducir el cuarzo a silicio a temperaturas mayores de los 2000 °C. sus tamaños son más finos que del cemento lo cual aportan reactividad altamente puzolánica.
- **Cenizas de cáscara de arroz**

La tecnología del concreto a tomado gran interés en este mineral por sus cualidades técnicas, económicas y ambientales; Si estas cenizas se procesan por combustión genera una puzolana de gran actividad puzolánica que puede dar resultados de

resistencias de concreto a temprana edad, pero siempre teniendo cuidado al llevarlas a temperaturas por debajo de los 700°C.

Respecto a la calidad del producto se tienen también a las cenizas de cascara de arroz, pero con condiciones de quema no controlada, que producen puzolanas de menor calidad denominada como residual, donde, para mejorar sus propiedades se ve en la necesidad de que pase por un proceso de optimización usando una molienda adecuada que favorezca su actividad puzolánica.

### **VENTAJAS DE LAS SUSTITUCIONES**

- Mejora el desempeño de los concretos dentro de sus dos estados (fresco y endurecido). Como son: La trabajabilidad, la durabilidad y la resistencia.
- Satisface al productor de concretos, poder realizar diseños de mezcla con la aplicación deseada.
- Controla los efectos que se generan al usar mayores cantidades de cemento Portland como son las fisuraciones y el alto calor de hidratación.

### **UTILIZACION DE PUZOLANAS EN CEMENTOS (Restrepo Gutierrez, 2006)**

Al usarse puzolanas en el cemento determinara efectos como:

- Bajar el calor de hidratación que se presenta en el Cemento portland durante el fraguado, disminuyendo los capilares y darnos una mayor densidad y compacidad.
- Disminuir el uso de la cantidad de agua para el curado.
- Mejoras en las propiedades de los morteros como los concretos(resistencias y durabilidad), más allá de las que se alcanzarían sin el uso de puzolanas.
- Disminución en la exudación del concreto.
- Actuar de acelerante del fraguado.

### **EFFECTO PUZOLÁNICO DEL CAOLÍN (MK) (Restrepo Gutierrez, 2006)**

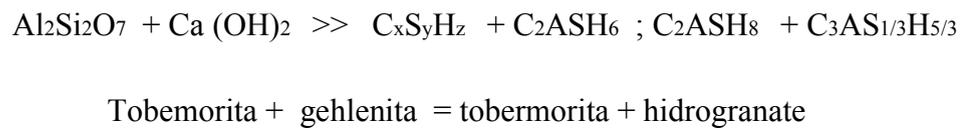
Se debe reconocer la composición química del Caolín:  $Al_2Si_2O_7$ , y su estructura cristalina amorfa para pasar a estudiar a su subproducto MK(Metacaolín).

El MK es un componente secundario del caolín que se obtiene al calcinar a temperaturas en el rango de 700°C y 800°C; El Caolín calcinado produce un cambio en su estructura cristalina por la pérdida de agua cuyo efecto rompe vínculos Van de Waals(OH). Se puede tomar otros rangos como: 700°C y 900°C tomando importancia no solo en temperatura sino en el tiempo que se quiera para calcinar, estado o situación de la maquina calcinadora(horno),

pureza y tamaño de las partículas de caolín con el objetivo de adquirir un producto de buena y mejor calidad.

El hidróxido de calcio [Ca (OH)<sub>2</sub>] actúa como detonante reactivo del MK su performance hidratante actúa libre del cemento y formar C2S secundario, este forma luego el llamado gel de silicato de calcio hidratado o gel de tobermorita, mas el silicoaluminato bicálcico hidratado (gehlenita) y en algunas ocasiones hidrogranates (hydrogamet), que cumplen con la función de mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas.

La reacción:



Se producen variedad de productos por diferentes conjugaciones de sílice/alúmina del MK. Se aprovecha su composición química y reactividad (puzolana artificial) pues contribuyen en las resistencias mecánicas, reducción de la permeabilidad y aumento de la durabilidad de los concretos. También conlleva a crear productos como el cemento blanco por lo característico de su color.

Ventajas de la actividad puzolánica del Caolín MK vs cementos Portland sin adiciones

- Se ven mejoras de las propiedades mecánicas del concreto a edades tempranas de curado.
- Mejoras en las resistencias por ataque de sulfatos.
- Crece la resistencia a la reacción álcali-sílice (ASR)
- Existencia de mejoramientos en el refinado de poros.
- Crece la Impermeabilidad.
- Mejoras por la baja corrosión del refuerzo.
- Perdida en el progreso del calor de hidratación.

## PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CAOLIN (MK)

(Restrepo Gutierrez, 2006) Existen muchas investigaciones que evalúan respecto al uso y comportamiento del MK sobre los efectos que se puedan presentar en sus propiedades mecánicas principalmente su resistencia a la compresión, permeabilidad y durabilidad cuando se produce concretos.

**Reacción Puzolánica:** Son aquellos cambios de fase y transformaciones micro estructurales como los iones OH que se crean al hidratarse el cemento, estos se ubican en los huecos que

representan la porosidad del concreto y al toparse con la Sílice amorfa del MK adquieren un gel extra de silicato de calcio hidratado, pero con una disminución del hidróxido de Calcio (efecto de microrelleno).

Después que se ha dado la reacción puzolánica, se presentan variaciones en los contenidos de CH ó  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  al sustituir con diferentes porcentajes el cemento por el MK.

El MK es una **alternativa importante** pues, su uso como sustituto del cemento implica obtener varias medidas del comportamiento respecto a propiedades físicas como la de resistencias del concreto para diversos tiempos de curado a ensayar. Una de las investigaciones por ejemplo dicta: Que al tomar 10% de remplazo de MK se obtienen los máximos valores de resistencias a compresión y valores mayores al 10% no reportan resultados representativos; dándose estas máximas resistencias relativas durante los 14 días de curado.

**Su finura;** El MK tiene un importante potencial Puzolánico dada su composición química y su tamaño de partícula el cual oscila entre 0.5  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ . Comparando el área superficial Mk vs Cemento, el MK oscila desde 310  $\text{m}^2/\text{kg}$  a 1500 $\text{m}^2/\text{kg}$ , frente al cemento oscila entre 320  $\text{m}^2/\text{kg}$  476  $\text{m}^2/\text{kg}$ .

### **OBTENCIÓN DEL CAOLÍN CALCINADO (MK):**

Para la obtención del MK es necesario tener en cuenta como material principal el caolín, el mismo que debe someterse a un procedimiento de cocción controlada por un espacio de dos horas a una temperatura de 750 °C, y con velocidad de calentamiento no mayor de 10 °C/min en un horno eléctrico. Para la preparación del concreto se utilizará el Cemento Tipo I con una proporción del 12% - 20% de %MK. A continuación, se explicará paso a paso el proceso experimental del cemento portland utilizando como aditivo el Metacaolín (MK) para un diseño de concreto más resistente y durable que el concreto convencional. Para este fin es necesario contar con materiales convencionales como el concreto, realizar dos diseños de mezcla, uno para un concreto convencional y otro para un concreto utilizando el MK, de esta manera obtener las probetas y someterlos a los respectivos ensayos con diferentes parámetros. Una vez obtenidos las probetas, se podrá determinar si los resultados han afectado los diseños de mezcla. Por último, con los resultados obtenidos se podrá determinar las conclusiones.

## **APLICACIONES:**

- Producción industrial y en obra de concreto de media y alta resistencia.
- Producción industrial de concreto de alto desempeño.
- Concretos expuestos a condiciones agresivas: marítimo, suelos y aire con sulfatos, aguas cloradas, aguas servidas o sales.
- Prefabricación liviana y pesada de concreto.
- Concretos de alta resistencia.
- Estructuras con alta demanda de durabilidad.

Para poder determinar nuestro estudio, los suscritos hemos usado las Normas en que se basó esta investigación, para lo cual se ha tenido en consideración (Prezi, 2016), las mismas que se detallan a continuación:

- **NTP 334.090:2001 CEMENTOS:** Cementos Portland Adicionados.
- **NTP 334.087:1999 CEMENTOS:** Adiciones minerales en pastas, morteros y Concretos; microsílíce. Especificaciones.
- **NTP 334.104:2001 CEMENTOS:** Adiciones minerales del hormigón (concreto): puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante.
- **NTP 334.066:1999 CEMENTOS.** Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánica utilizando cemento portland.
- **ASTM C 595 - 00** Standard Specifications for Blended Hydraulic cements.
- **ASTM C 311 - 98** Standard Specifications for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use as a Mineral Admixture in Portland- Cement Concrete.

## **CONCRETO:**

### **PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO:**

Es muy importante tener en cuenta la docilidad del concreto en su estado fresco en busca de medidas adecuadas y necesarias para cuantificarlas se desarrollan diversos sistemas que se presentan como propiedades de las cuales nombramos, pero describimos las de mayor uso.

- Trabajabilidad: No se tiene un sistema cuantificador, pero, se le observa en los ensayos de Consistencia
- Estabilidad: Cuantificada por la segregación y exudación
- Compactibilidad: Hay diversidad de métodos que establecen el factor de compactación
- Movilidad: Se tiene a la viscosidad, la cohesión y la resistencia interna como factores que influyen en el concreto fresco.
- Segregación: Es Notable por la descomposición mecánica del concreto, al verse separaciones del agregado grueso.
- Exudación: Medidas que se toman en la mezcla respecto a la elevación de una parte del agua hacia la superficie.
- Peso Unitario: Determinación del peso específico (masa unitaria, densidad y peso de volumen)
- Contenido de aire: Verificar la cantidad de aire que tiene la mezcla
- Asentamiento: Medida de consistencia respecto al grado indicador seco-fluido del concreto; así como su **revenimiento** expresado por la distancia en cm.

### **Trabajabilidad:**

Propiedad por la cual determina docilidad en el concreto (Material homogéneo, capaz de ser transportado, colocado en un molde sin segregarse con la mayor compacidad), que influyen en comportamiento y apariencia de ella. También tiene relación con:

- El contenido de cemento en la mezcla
- Las características granulométricas
- La relación de los agregados finos y gruesos
- La proporción de los agregados en la mezcla
- La cantidad de agua en la mezcla
- La cantidad de aire en la mezcla y
- Las condiciones ambientales.

## Asentamiento

Esta propiedad es medida por el ensayo (Slump) desarrollada por Duff Abrams, es una prueba sencilla practicada en campo o laboratorio. El ensayo se realiza cogiendo una muestra de concreto fresco, afianzándolo en un molde cónico, y luego de desmoldarlo pasar a medir el asentamiento de la mezcla.

Se tiene a dos partes conceptuales que determina el comportamiento del concreto durante este ensayo:

- La consistencia, es decir la capacidad para adaptarse al encofrado o molde sin dificultad, conservando homogeneidad y un mínimo de vacíos. Esta sufre modificaciones al variar el contenido del agua de mezcla, lo cual, no debe confundirse a la consistencia con la trabajabilidad.
- El revenimiento, es la distancia que se toma de la diferencia de alturas (altura superior del cono y altura superior de la mezcla asentada al retirar el molde) que varía según la fluidez del concreto.

En la búsqueda de mejores proporciones del concreto fresco para la producción de un asentamiento adecuado se debe tener en cuenta al contenido de agua por los siguientes factores:

- Se requiere más agua con agregados de forma angular y textura rugosa,
- Se reduce su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

El Cono de Abrams o Slump es el método tradicional para medir el asentamiento



Fig. N° 01: La prueba del Slump mide el asentamiento del Concreto

## Exudación

Esta propiedad se verifica cuando se observa elevación de parte del agua en la mezcla hacia la superficie que conlleva a una separación de la pasta de concreto. Se nota poco después de terminada la colocación del concreto, sin la existencia de la evaporación rápida. Es un caso típico de sedimentación, en que los sólidos se asientan dentro de la pasta.

Existe influencia respecto a la proporción de la finura de los elementos del concreto fresco (agregados finos, cementos y adiciones), la exudación será menor, pues la finura retiene el agua de mezcla.

## **PROPIEDADES DEL CONCRETO ENDURECIDO**

Se dice concreto en estado endurecido cuando la mezcla de concreto preparada pasa de su estado plástico a sólido, donde inicia y se gana resistencia del concreto con el paso de los días. Según (Terrones Rojas, 2016), define las propiedades siguientes:

- ✓ Resistencia a la compresión
- ✓ Resistencia a la Flexión
- ✓ Permeabilidad
- ✓ Resistencia a la tracción Indirecta

### **Resistencia a la Compresión (NTP 339.034:2015):**

Se define como la competencia para abordar una carga en términos de esfuerzo por unidad de área, cuyas unidades generalmente son kg/cm<sup>2</sup>, Mpa. Se mide realizando pruebas de concreto mediante moldes cilíndricos con el fin obtener datos de ensayos con la intención que esta mezcla suministrada reporte información según los requerimientos de la resistencia especificada ( $F'c$ ) de diseño apropiadas. Esta propiedad física es fundamental pues es un referente muy usado para los cálculos de diseño de estructuras.

Es muy importante controlar la relación del agua como factor relevante ya que si se tiene menor relación agua-cemento, mayor será la resistencia a la compresión del concreto.

### **Resistencia a la Flexión (ISO 178):**

La resistencia a la flexión es una magnitud referida a la resistencia a tracción de un concreto. Esta resistencia se ensaya por intermedio de la obtención de una falla de momento que se le practica a una viga o losa de concreto no reforzada. Aquí se aplica unas cargas puntuales a las vigas de concreto.

### **Permeabilidad:**

Esta propiedad consta en determinar la cantidad de filtración de agua u otras sustancias líquidas en el concreto endurecido por los poros en un determinado tiempo.

Los poros en el concreto, determinan un efecto crítico como es la corrosión del acero y la pérdida de calidad que viene ligado a la durabilidad de concretos.

### Resistencia a la Tracción Indirecta (NTP 339.084:2012):

Conocido también como método brasileño o Método de compresión diametral. El ensayo se efectúa hasta romper una probeta cilíndrica de 6" x 12" que recibe cargas de manera diametral, la figura lo representa de mejor manera incluyendo su fórmula representativa.

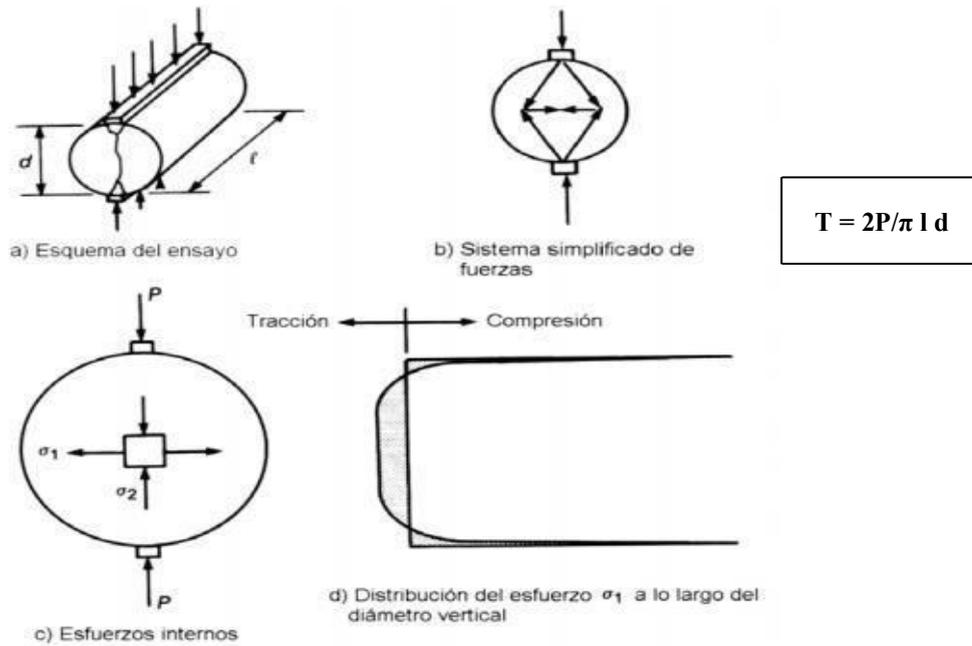


Fig. N° 02: Ensayo de Compresión Diametral

## DISEÑO DE MEZCLA

De acuerdo a (Arauco Vera, 2010), define de manera sintetizada, como la elección de opciones para encontrar las proporciones adecuadas de cada uno de los elementos en la Mezcla del Concreto.

Es necesario que por intermedio del proceso de Diseño de concretos tengamos en relación características como:

- La Calidad del concreto
- Mínimos costos económicos
- Cumplimiento de los requisitos según necesidades.

Existen muchos métodos de Diseño de Mezcla, donde juega un papel importante la experiencia y práctica empírica ya que en la realidad no existe una regla general de manejo de Diseños que abarque todos los casos, la preparación del profesional influye sobre el desarrollo del Diseño, el encargado no solo debe basarse en tablas y proporciones establecidas.

Esta etapa va a la búsqueda de un diseño de mezcla que represente mejor las características y propiedades del concreto para cierto caso en particular y que pasa por verificaciones y correcciones tantas veces sean superadas para poder convertirse en el Diseño del Proyecto.

De acuerdo a (Huanca, 2006) lo define como procesos en busca de un buen proporcionamiento que conjugue dependencias respecto a:

- Una buena selección de los elementos de la mezcla (cemento, agregados, agua y aditivos).
- Una Resolución de las cantidades concernientes al diseño de Mezcla.
- Una Búsqueda del diseño de mezcla económico posible,
- Un concreto con características físico mecánicas mejoradas respecto a su aplicación en particular.

Estas definiciones toman requisitos como:

- Que los agregados obedezcan a lo que dicta la ASTM C 33-02<sup>a</sup> sobre sus requisitos físicos y granulométricos.
- El agua que se toma para la mezcla es mediante una decisión empírica respecto al tamaño Máximo del agregado y los resultados que arroja el ensayo Slump para tener una mejora en la Trabajabilidad.
- También se opta de una forma empírica tomar los datos del tamaño máximo de la roca y el módulo de fineza de la arena para obtener el volumen de agregado grueso compactado en seco.
- Correlacionar al agua/cemento en peso con la resistencia en compresión.

- Tener en cuenta la dosificación en el Diseño para obtener docilidad evitando la segregación y exudación excesiva.

## **PASOS Y CARACTERISTICAS PARA LOS ENSAYOS DE LOS AGREGADOS**

### **Información Requerida para el Diseño De Mezclas, obtenido de (Pacsi, 2018)**

- Granulometría de los agregados
- Peso unitario en compactado y seco de los agregados (fino y grueso)
- Contenido o porcentajes de humedad y de absorción en los agregados tanto fino como grueso.
- Forma y estructura de los agregados
- Marca del cemento, su peso específico y su Tipo
- Para mezclas convenientes de cemento y agregados que posibiliten el desarrollo de un buen concreto tomando una correlación entre resistencia y la relación agua/cemento,

### **CARACTERISTICAS Y ENSAYOS DE LOS AGREGADOS:**

Las características de los agregados se ven establecidas por:

#### **GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO:**

##### **▪ Especificaciones:**

- Norma de la ASTM C 33-90
- Norma ITINTEC 400.037.

Estas Normas brindan las especificaciones técnicas requeridas extensamente por los cambios que se dan en la granulometría del agregado fino.

El estudio de la granulometría en la arena cuyo propósito es obtener la cantidad de partículas de ciertos tamaños presentes y ser distribuidas se hace utilizando mallas de cernir con diferentes Numeraciones o escalas: 4#, 8#, 16#, 30#, 50# y 100#.

El ensayo consiste en hacer pasar el material fino (arena) a través de dichas mallas calculando el porcentaje retenido en cada una de estas. Los resultados son graficados connotando específicamente los límites porcentuales válidos de cada uno de los tamaños con la intención de visualizar una distribución de tamaños adecuada. (ASTM, 2012)

La granulometría más favorable para el agregado fino depende de la calidad de la mezcla (contenido de cemento), modelo de trabajo, y del tamaño máximo de su agregado grueso.

El agregado fino deberá estar graduado dentro de los límites siguientes:

**TABLA N° 09**  
**Graduación del agregado fino**

Malla		Porcentaje que pasa
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	# 4	95 a 100
2.36 mm	# 8	80 a 100
1.18 mm	# 16	50 a 85
600 µm	# 30	25 a 60
300 µm	# 50	10 a 30
150 µm	#100	2 a 10

Fuente: (ASTM, 2012)

### **Procedimiento**

- Secar la muestra a peso constante a  $T^{\circ} = 110^{\circ}\text{C} \pm 5$ .
- Tomar un peso necesario de muestra.
- Juntar y cernir manual o mecánicamente (sacudidor de mallas) los tamices por un periodo suficiente, hasta que no más del 1% en peso del retenido en el tamiz pase por este en un minuto de cribado manual continuo.
- Realizar gráficos y determinar cálculos.
- Analizar los resultados y compararlos con las especificaciones.

## **GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO**

### **▪ Especificaciones**

- NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- Norma ITINTEC 400.037.

### **a. Tamaño Máximo (TM)**

También conocido como tamaño máximo absoluto, Dícese a la malla con el menor tamiz donde la muestra pasa al 100%.

### **b. Tamaño Máximo Nominal (TMN)**

Es otro parámetro granulométrico que se le define como tamiz menor donde la mayor parte de la muestra puede pasar. Este tamiz corresponde al próximo tamiz de la serie cuyo porcentaje retenido acumulado pasa por el 5% al 15%.

Los especificadores granulométricos trabajan con indicadores correspondientes al tamaño máximo nominal y tratando que se cumplan las normativas con los siguientes requisitos que El TMN no debería ser superior:

- A 1/5 de la magnitud menor de la estructura, correspondiente a los lados de los encofrados.
- A 1/3 del grosor de una losa.
- A 3/45 de separación libre máximo que existen en los aceros de refuerzo.

### **Procedimiento**

- Seleccionamos el material, esto es, del tope, del centro, de los lados y de la parte de abajo, lo recogemos en una bandeja grande. Luego mezclamos bien. Luego de mezclar recogemos una muestra representativa de agregado, en una bandeja en este caso es de 15 kg.
- Pesamos la muestra.
- Nos aseguramos tener en buenas condiciones las mallas o tamices para la prueba. Acomodándolos de la siguiente orden 2'', 1½''- ½'', 1'', ¾'', ½'', 3/8'', #4, #8, #16 y bandeja.
- Posteriormente se cierne el material, para asegurar de que la muestra requerida es la correcta.
- Pesamos el material retenido en cada tamiz, anotamos esto en la hoja de datos.
- Guardamos el material sobrante. Nota: Use la misma balanza al pesar los agregados antes y después de llevarlos a los tamices con la intención de disminuir errores de instrumentación
- Calculamos el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y el porcentaje pasando en cada tamiz. (ver en resultados).

### **PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS:**

#### **▪ Especificaciones**

- NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el Peso unitario del agregado.
- ASTM C29/C29-97 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate.

Se nomina al peso de la unidad de volumen del agregado (fino o grueso) suelto, las condiciones para realizar su análisis son determinados por el ensayo compactación y humedad cuya unidad está en kg/m<sup>3</sup>.

Hay que tener en cuenta que es muy utilizado el dato obtenido del peso unitario del agregado grueso pues, sirve como factor de dosificación en los concretos.

### **PESO UNITARIO SUELTO (PUS)**

La Determinación de este ensayo tiene relación con el empleo, conducción y depósito de los materiales o áridos en estado suelto. Es por ello, en la practica el material se coloca en condición seca en un recipiente acondicionado con límites para el derrame. Se usará sin variación para la conversión de peso a volumen, es decir para saber el consumo de material por metro cubico de concreto.

#### **Procedimiento**

- Resolver y registrar el valor de la masa del recipiente vacío( $m_r$ )
- Llenar el recipiente por intermedio de una pala hasta rebalsarlo, Se permite realizar la descarga desde una altura que no pase los 5 cm del borde del recipiente. Es muy importante evitar que la muestra se separe.
- Tratar de poner al ras el agregado visible.
- Resolver y registrar el valor de la masa del recipiente más su contenido( $m_r+a$ ).

### **PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC):**

Lo denominamos PUC por el hecho de que los agregados son compactados lo cual aumentan el nivel de acoplamiento en sus partículas, en efecto el valor de su masa unitaria. En los diseños de mezclas es muy relevante porque determina el volumen absoluto de los agregados pues, estas se someten a compactación durante el proceso de colocación del concreto. Este valor se da uso cuando apilamos volúmenes de materiales lo cual están expuestos a acomodamiento o asentamiento, transita sobre ellos o por el paso del tiempo. Hay que considerar también su utilidad para el cálculo de porcentaje de vacíos de los materiales.

#### **Procedimiento:**

- Resolver y registrar el valor de la masa del recipiente vacío.
- Llenar el recipiente en un tercio de su capacidad y nivelarla al ras de manera manual.
- Realizar la compactación en las 3 capas de agregado dando 25 golpes con la varilla de tal manera que sea uniforme su distribución para toda la superficie.
- Tener en cuenta el llenado de cada capa a 2/3 de su capacidad compactando sin penetrar la capa previa ya compactada.

- También observar y realizar el proceso del llenado del recipiente hasta que desborde y se compacta con 25 golpes de la varilla, respetando que la varilla no golpee las capas previas ya compactadas.
- Se acomoda el material con la varilla al ras del borde del recipiente.
- Se resuelve y registra el valor de la masa del recipiente más su contenido

## **ENSAYO DE HUMEDAD**

### ▪ **Especificaciones**

- Contenido de humedad del agregado fino: Norma ASTM C-535 o NTP339.185
- Contenido de humedad del agregado grueso: Norma ASTM C-535 o NTP 339.185

Este ensayo busca una muestra que al ser puesta a temperaturas de cocción convenientes no tenga residuos perjudiciales al momento de medir la pérdida de humedad para no variar su peso, otra recomendación muy importante es que, al medir el material a analizarse no debe ni secarse y ni lavarse ya que alteraríamos su humedad.

### **Procedimiento**

- Se elige el lugar o cantera donde se selecciona el material a analizarse.
- Se recoge parte de material superficial de ella, que está expuesta de manera natural al sol, viento, etc., y que no refleja humedad de la mayoría del material.
- En una bandeja colocar parte de la muestra al cuartear siguiendo las normas que señalan los ensayos de materiales.
- Se pesa la muestra húmeda obteniéndose  $P_{mh}$  = peso de la muestra inicial/húmeda. (son tres las muestras pesadas)
- Se coloca las muestras al horno a 110°C por espacio de 24 horas. y se vuelve a pesar obteniéndose  $P_{ms}$  = peso de la muestra final/seca.
- Se realizan los cálculos para obtener el porcentaje de contenido de humedad

## **GRAVEDAD ESPECÍFICA:**

### ▪ **Especificaciones:**

- ASTM C 128 – 01. Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (Gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

Para entender que Medimos se tiene que tener muy claro que los agregados cuentan con poros en cierta medida, haciendo que el agua penetre en ellos, teniendo un agregado con agua tanto dentro y externamente, Conocer a **la Densidad** de un material como la masa por unidad de volumen, expresada en  $\text{kg/m}^3$  y **la Absorción** como el aumento de la masa del

material producto de la inserción de agua en poros de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

En cuestión de los agregados se obtienen diversos valores según la condición de que masa se considera para el cálculo, estas condiciones serian:

- ✓ Los Secados al horno (SH), Considerado así porque se calienta en un horno a 110 °C en un tiempo determinado para obtener la ansiada masa constante.
- ✓ Los Saturados superficialmente secos (SSS), Considerado así porque se lleva al agregado a sumergirse en agua por un determinado tiempo que prescribe, pero No dejando agua en la parte superficial de las partículas.

**La densidad relativa (gravedad específica)** Es aquel cálculo que implica al agregado sobre el volumen que ocupa en mezclas de concreto con elementos bituminoso y otras contando con el análisis del volumen absoluto. Es utilizada esta medida también para el cálculo de vacíos en los agregados.

**La densidad relativa (gravedad específica) (SSS)** su determinación está dada por la humedad que presenta el agregado fino de manera superficial por desplazamiento del agua. También se usa para cálculos de agregado húmedo resaltando la absorción satisfecha e insatisfecha,

**La densidad o densidad relativa (gravedad específica) (SH)** se usa para los cálculos de agregados seco o aparentemente secos.

**La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)** Es un valor no muy usado en la tecnología de la construcción, Este incluye solo al material solido sin considerar a los poros que se forman entre partículas y donde el agua accede.

Determinar cuánto cambio la masa de agregado seca debido al agua absorbida tanto por los poros y espacios entre partículas por un periodo de tiempo sumergidas en agua nos lleva a obtener el cálculo de una absorción potencial. Cuyo ensayo procede en tomar una muestra y sumergirla por 24 h en agua con la idea de llenar los poros. Terminado el periodo señalado la muestra se extrae del agua, se seca solamente la parte superficial de las partículas y se determina la masa, luego parte de la muestra es puesta en un recipiente graduado para hallar su volumen con el método gravimétrico o volumétrico, como último paso se lleva al horno la muestra y se determina una nueva masa de esta. Usando estos valores es posible tener los datos para los ensayos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

## **GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO**

### **▪ Procedimiento**

- Seleccionar convenientemente la muestra de arena a ensayar.
- Agarrar 1.5 kg gramos de muestra y colocarlo en una bandeja adecuada y sumergirla en agua sin moverla o en estado de reposo por  $24 \pm 4$  horas.
- Luego la muestra se lleva a una superficie limpia y plana, lo que se les expone a determinados vientos naturales, para obtener un secado uniforme de manera continua hasta que fluya libremente.
- Colocar la arena suelta en un molde cónico, dar 25 golpes con el pisón sobre la superficie, la prueba trata de que no exista presencia de humedad superficial dándonos cuenta de que todavía existe humedad por la forma que se conserva el árido, por ello; se sigue realizando el mismo proceso de apisonado hasta que ocurra el desmoronamiento del agregado fino cuando se levante el cono.
- El proceso termina cuando el árido fino llegue a de manera natural a un saturado sin humedad superficial (SSS).

## **GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO**

Cuartear y Coger una muestra de agregado grueso, aproximadamente 5.0 kg descartando todo material que pase el tamiz No. 4, luego se lava para sacar todo tipo de impurezas en las partes externas de las partículas para ser sumergidas en agua por un tiempo de 24 horas con la intención de que los poros permeables se saturen de agua.

### **▪ Procedimiento**

- Cumplido el tiempo de estar sumergida en agua, la muestra es retirada y es secada con un paño absorbente tratando que no se note humedad superficial (saturada superficialmente seca [SSS]).
- Pesar y anotar el valor de 2.0 kg de la muestra SSS (B).
- Pesar y anotar el valor de la cesta sumergida (E).
- Poner la muestra en la bandeja y Pese y anote el valor de la bandeja más la muestra sumergida (D).
- Sacar la muestra de la bandeja y ponerla en una tara, para llevarla al horno 24 horas con una  $T^{\circ} = 110^{\circ}C$ .

- Luego de transcurrir el tiempo en el horno retiramos la muestra para dejarlo secar a temperatura ambiente, luego se pesa la grava seca obteniéndolo para posterior calculo de la gravedad específica de la manera siguiente:
  - Gravedad Específica corriente
    - $GE = A / (B - C)$
  - Gravedad Específica en condición saturada superficialmente seca.
    - $GE_{sss} = B / (B - C)$
  - Gravedad Específica Aparente
    - $Ge_a = A/A - C$
  - Calcule el porcentaje de absorción, como sigue:
    - $Absorción, \% = [(B - A)/A] \times 100$

La recomendación ACI precisa data del año 1944, para 1991 la ASTM C 33-02a, define Datos empíricos como:

- ✓ El agua de mezcla será tomada respecto al Tamaño Máximo del agregado.
- ✓ La medida de trabajabilidad al ensayo del slump (asentamiento Tabla 16)
- ✓ El volumen de agregado grueso compactado en seco en relación al Tamaño Máximo de la piedra y el Módulo de Fineza de la arena (Tabla 11 y 12),
- ✓ La resistencia en compresión (Tabla 14) con la relación a/c en peso.

**TABLA N° 10**  
**Cantidades aproximadas de amasado para diferentes slump, tamaño máximo de agregado y contenido de aire**

Slump	Tamaño máximo del agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	2"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
% Aire incorporado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	195	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...
% Aire incorporado en función al grado de exposición								
Normal	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Moderado	8	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Externa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: <https://es.slideshare.net/HebertPoemape/diseo-de-mezclas-23718139> (Vizconde Poémape, 2013)

**TABLA N° 11**  
**Volumen de agregado grueso compactado en seco por m<sup>3</sup> de concreto**

Tamaño máximo de agregado	Volumen de agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de fineza de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.75	0.73	0.72	0.69
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.82	0.79	0.78	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Vizconde Poémape, 2013)

**TABLA N° 12**  
**Relación agua/cemento vs f'c**

F'c a 28 días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	...
400	0.42	...
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Fuente: <https://es.slideshare.net/HebertPoemape/diseo-de-mezclas-23718139> (Vizconde Poémape, 2013)

## **PASOS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DEL DISEÑO DE MEZCLA**

Avanzamos una secuencia de pasos como sigue:

1. Estudiar sobre detalles en los planos y determinación técnica de la obra.
2. Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ).
3. Elección del Asentamiento (Slump)
4. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
6. Selección de la relación agua/cemento (a/c).
7. Cálculo del contenido de cemento.
8. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
9. Ajustes por humedad y absorción.
10. Cálculo de proporciones en peso.
11. Cálculo de proporciones en volumen.
12. Cálculo de cantidades por tanda.

## ELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (F'cr):

### Cálculo de la Desviación Estándar (Narro Vidaurre, 2013)

En caso tengamos el registro de resultados de ensayos de obras anteriores, este registro deberá:

- ✓ Tener similitud sobre materiales, procedimientos de control de calidad y condiciones al iniciar la obra.
- ✓ Suplir a concretos elaborados con resistencia de diseño  $f'$  dentro del rango de  $\pm 70$  kg/cm<sup>2</sup> determinadas al iniciar la obra.
- ✓ En caso se tenga el registro de 30 ensayos consecutivos su cálculo se hará con la siguiente fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

Dónde:

s = Desviación estándar, en

X<sub>i</sub> = Resistencia de la probeta de concreto, en kg/cm<sup>2</sup>

X = Resistencia promedio de n probetas, en kg/cm<sup>2</sup>

n = Número de ensayos consecutivos de resistencia

- ✓ En caso no se ajuste a las condiciones anteriores se utilizará el factor de modificación representada por la siguiente tabla

**TABLA N° 13**  
**Factor de modificación para la desviación estándar de la muestra cuando se dispone de menos de 30 ensayos**

Número de Ensayos (*)	Factor de modificación para la Desviación estándar de la muestra (+)
<b>Menos de 15</b>	<b>Emplea Tabla N° 16</b>
15	1,16
20	1,08
25	1,03
<b>30 o mas</b>	<b>1,00</b>

(\*) Se permite interpolar para un número de ensayos intermedios

(+) Desviación estándar de la muestra modificada, S<sub>x</sub>, para usar en la determinación de la resistencia promedio requerida f' cr de 5.3.2.1

Fuente: <https://es.slideshare.net/estefanynarrovidaurre/diseo-de-mezclas-24071074> (Narro Vidaurre, 2013)

### Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida (F'cr).

Teniendo los datos de Desviación Estándar la resistencia a compresión promedio requerida se resuelve con las ecuaciones (1) y (2), tomando el valor mayor.

La ecuación (1) Al realizar 3 ensayos consecutivos existe una mayor probabilidad que el promedio este por debajo de la resistencia especificada.

La ecuación (2) Corre la misma suerte al tomarse ensayos individuales estas probablemente estarán por debajo de la resistencia especificada  $f'c$ . en  $35 \text{ kg/cm}^2$

- a. Si la desviación estándar se ha calculado de acuerdo a lo indicado, la resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las fórmulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

$$F'_{cr} = f'c + 1.34 s \dots\dots\dots (1)$$

$$F'_{cr} = f'c + 2.33s - 35 \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

$f'c$  = Resistencia especificada a la compresión del concreto

$s$  = Desviación estándar, en  $\text{kg/cm}^2$

- b. Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla N°14 para la determinación de la resistencia promedio requerida.

**TABLA N° 14**

**Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra**

Resistencia especificada a la compresión, $\text{kg/cm}^2$	Resistencia promedio requerida a la compresión, $\text{kg/cm}^2$
$f'c < 210$	$f'_{cr} = f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'_{cr} = f'c + 84$
$f'c > 350$	$f'_{cr} = f'c + 98$

Fuente: <https://es.slideshare.net/estefanynarrovidaurre/diseo-de-mezclas-24071074> (Narro Vidaurre, 2013)

**TABLA N° 15**

**Resistencia a la Compresión Promedio en MPa**

$f_c$	$f_{cr}$
Menos de 21	$f_c + 7.0$
21 a 35	$f_c + 8.5$
sobre 35	$1.1f_c + 5$

Fuente: <https://es.slideshare.net/estefanynarrovidaurre/diseo-de-mezclas-24071074> (Narro Vidaurre, 2013)

## ELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO (SLUMP)

En obra se requiere una determinada consistencia, por lo cual su asentamiento se elige con la siguiente tabla:

**TABLA N° 16**  
**Consistencias y Asentamientos**

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4"(100mm)
Fluida	≥ 5" (125mm)

Fuente: <https://es.slideshare.net/estefanynarrovidaurre/diseo-de-mezclas-24071074> (Narro Vidaurre, 2013)

## SELECCIÓN DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN) DEL AGREGADO

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que TMN elegido deberá aportar en lo económico y la compatibilidad en sus dimensiones y características estructurales.

**La Norma Técnica de Edificación E. 060** dicta y señala que el TMN de los agregados gruesos no deberán ser mayores de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- 1/3 del ancho de la losa; o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo.

En pertenencia:

- ✓ El tamaño máximo nominal = tamaño máximo simplemente
- ✓ Si se incrementa el tamaño máximo del agregado, baja la proporción del agua en la mezcla, aumentando la resistencia del concreto, pero, siendo válido solo para tamaños hasta 40mm (1½"). Mayores a este la mezcla tendrá menos contenido de cemento.

## ESTIMACION DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

La TABLA N° 18, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos entrega una primera apreciación respecto al agua de mezclada para aquellos concretos producidos en diferentes tamaños máximos de agregado con o sin la incorporación de aire.

**TABLA N° 17**

**Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados**

<b>Agua en lt/m<sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados</b>									
<b>ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)</b>	10 mm	12.5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm	
	(3/8")	(1/2")	(3/4")	(1")	(1 1/2")	(2 ")	(3")	(6")	
<b>CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO</b>									
<b>30 a 50 (1" a 2")</b>	205	200	185	180	160	155	145	125	
<b>80 a 100 (3" a 4 ")</b>	225	215	200	195	175	170	160	140	
<b>150 a 180 (6" a 7 ")</b>	240	230	210	205	185	180	170	...	
<b>Cantidad aproximada de aire atrapado (%)</b>	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
<b>CONCRETO CON AIRE INCORPORADO</b>									
<b>30 a 50 (1" a 2")</b>	180	175	165	160	145	140	135	120	
<b>80 a 100 (3" a 4 ")</b>	200	190	180	175	160	155	150	135	
<b>150 a 180 (6" a 7 ")</b>	215	205	190	185	170	165	160	...	
<b>Contenido total de aire incorporado (%) en función del grado de exposición.</b>	Exposición suave	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
	Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
	Exposición severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: <https://es.slideshare.net/estefanynarrovidaurre/diseo-de-mezclas-24071074> (Narro Vidaurre, 2013)

## **ELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO (A/C)**

Hay dos criterios que hace que cumplamos los requisitos que dictan las especificaciones técnicas

- La elección por resistencia
- La elección por durabilidad

De estos se elige el menor de los valores

### **Por Resistencia**

Para concretos realizados con cemento Portland tipo I o cementos comunes, se puede coger la relación a/c de la tabla N° 19.

**TABLA N° 18**  
**Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del**  
**concreto**

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'cr) (kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	...
450	0.43	...
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: <https://es.slideshare.net/estefanynarrovidaurre/diseo-de-mezclas-24071074> (Narro Vidaurre, 2013)

### Por Durabilidad

La Norma Técnica de Edificación E.060 (Ministerio de Vivienda, 2009) dicta que si se requiere un concreto impermeable, o este ha de estar expuesto a congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla N°19.

**TABLA N° 19**  
**Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometida a condiciones especiales de exposición**

RELACION CONDICIONES DE EXPOSICION AGUA/CEMENTO MAXIMA	
<b>Concreto de baja permeabilidad.</b>	
a) Expuesto a agua dulce	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales.	0.45
<b>Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición humedad</b>	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
<b>Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.</b>	0.40
<b>Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15mm.</b>	0.45

Fuente: (Huanca Samuel, 2006)

$$\text{Agua} \left( \frac{\text{Lts}}{\text{Blts}} \right) = \frac{\text{Cantidad de agua por } m^3}{\left( \frac{\text{Peso cemento por } m^3}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5)}} \right)}$$

### Proporciones en volumen:

$$\begin{aligned} & \text{Cemento} \quad : \quad \text{agregado fino} \quad : \quad \text{agregado grueso/agua (Lts/Bls)} \\ & \frac{\text{Vol. Cemento}}{\text{Vol. Cemento}} : \frac{\text{Vol A. fino humedo}}{\text{Vol. del cemento}} : \frac{\text{Vol. del A. Grueso}}{\text{Vol. del cemento}} : \text{Agua efectiva} \left( \frac{\text{Lts}}{\text{Bls}} \right) \\ & C \quad : \quad F \quad : \quad G \quad / \quad A \end{aligned}$$

### CÁLCULO DE CANTIDADES POR TANDA

#### Datos necesarios

- Capacidad de la mezcladora
- Proporciones en volumen

#### Cantidad de bolsas de cemento requerido

$$\text{Cant. de bls de cemento requerida} = \frac{(\text{capacidad mezcladora (pie}^3\text{)})(0.0283\text{m}^3)(\text{Peso cemento (kg)})}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5 kg)}}$$

#### Eficiencia de la Mezcladora

Debido a que la mezcladora debe ser abastecida por un número entero de bolsas de cemento, la cantidad de bolsas de cemento por tanda será igual a un número entero menor a la cantidad de bolsas requerida por la mezcladora.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Cantidad de bolsas de cemento portland}}{\text{Cantidad de bls de cemento requeridas}} \times 100$$

#### Volumen de Concreto por tanda

$$\text{Vol de C}^{\circ} \text{ por tanda} = (\text{Capacidad mezcladora (pie}^3\text{)})(0.028\text{m}^3) \left( \frac{\text{Eficiencia (\%)}}{100} \right)$$

#### Cantidades de materiales por tanda

Teniendo las proporciones en volumen (C:F:G/A), calculamos las cantidades de materiales por tanda:

Cemento:  $1 \times 2 = 2$  bolsas

Agregado fino:  $F \times 2 =$  Cantidad de A. fino en  $\text{m}^3$

Agregado Grueso:  $G \times 2 =$  Cantidad de A. grueso en  $\text{m}^3$

Agua:  $A \times 2 =$  Cantidad de agua en *Lts.*

## CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

La cantidad de cemento según el volumen del concreto está dada por el cociente entre la cantidad de agua sobre la relación a/c. Las especificaciones de un proyecto singular puedan que:

Requiera una cantidad de cemento mínima, considerado para acabados satisfactorio, calidad de la superficie vertical o su trabajabilidad en la mezcla.

$$\text{Contenido de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{(\text{contenido de agua de mezclado } \left(\frac{\text{lbs}}{\text{m}^3}\right))}{\text{Relación } \frac{a}{c} (\text{para } f'_{cr})}$$

$$\text{Volumen de cemento } (\text{m}^3) = \frac{(\text{contenido de cemento } (\text{kg}))}{\text{Peso específico del cemento } (\text{kg}/\text{m}^3)}$$

## ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO

### Método del comité 211 del ACI:

La tabla N°20 elaborada por el Comité 211 del ACI, otorga y resuelve mediante el coeficiente b/b<sub>0</sub> donde: b= peso seco del agregado grueso y b<sub>0</sub>= peso unitario seco y compactado del agregado grueso cuya unidad esta en [kg/m<sup>3</sup>].

**TABLA N° 20**  
**Tamaño Máximo del Agregado grueso y Modulo de fineza**

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
		MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
mm.	Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
10	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
20	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
40	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
70	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Huanca Samuel, 2006)

Obtenido el coeficiente el siguiente paso es calcular la cantidad de agregado grueso que se necesita en un metro cúbico de concreto, como sigue:

$$\text{Peso seco del A. Grueso } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = \frac{b}{b_0} \times (\text{Peso unitario compactado del A. grueso})$$

Ahora los volúmenes de los agregados serán:

$$\text{Volumen del A. grueso } (\text{m}^3) = \frac{\text{Peso Seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Vol. Del A. fino (m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. Agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento} + \text{Vol. A. grueso})$$

Por consiguiente, el peso seco del agregado fino será:

$$\text{Vol. Del A. fino (kg/m}^3\text{)} = 1 - (\text{Vol. A. fino}) * (\text{Peso específico del A. fino})$$

Sin dejar de lado al Módulo de finura que se obtiene empíricamente eligiendo la centésima parte de la sumatoria porcentual de los retenidos acumulados en cada uno de los tamices (#4 hasta #100).

### **AJUSTES POR HUMEDAD Y ABSORCIÓN**

La capacidad de agua agregada al realizar una mezcla de concreto será estropeada por: el contenido de humedad de los agregados.

- Si Los agregados están secos al aire **absorberán agua** tendrán efectos de disminuir la relación a/c y su trabajabilidad
- Si los agregados tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) su efecto es **aportar agua** a la mezcla, incrementando la relación a/c, la trabajabilidad, pero Disminuyendo la Resistencia a compresión

Es por ello que se realiza los ajustes necesarios a tener en cuenta.

Por lo tanto:

Si:

$$\text{Agregado Grueso} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%Wg \\ \% \text{ de Absorción} = \% Ag \end{array} \right.$$

$$\text{Agregado Fino} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%Wf \\ \% \text{ de Absorción} = \% Af \end{array} \right.$$

Pesos de los Agregados Húmedos:

$$\text{Peso del Agregado Grueso Húmedo (kg)} = \text{Peso del A. grueso} \times (1 + \%Wg/100)$$

$$\text{Peso del Agregado Fino (kg)} = \text{Peso del A. fino} \times \left(1 + \frac{\%Wf}{100}\right)$$

Agua Efectiva:

$$\text{Agua en A. grueso} = \text{Peso A. grueso seco} \times \left(\frac{\%Wg - \%ag}{100}\right) = x$$

$$\text{Agua en A. fino} = \text{Peso A. fino seco} \times \left(\frac{\%Wf - \%af}{100}\right) = y$$

$$\text{Agua Efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (x+y)$$

### CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN PESO (Huanca Samuel, 2006)

Cemento : agregado fino : agregado grueso / agua

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A. fino húmedo}}{\text{Peso del cemento}} : \frac{\text{Peso del A. grueso}}{\text{Peso del cemento}} : \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso del cemento}}$$

### CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES EN VOLUMEN (Huanca Samuel, 2006)

#### Datos necesarios:

- Del Cemento tomar su peso unitario suelto (1500 kg/m<sup>3</sup>).
- De los agregados tomar sus pesos unitarios sueltos (en condición de humedad a la que se ha determinado la dosificación en peso).

#### Volúmenes en estado suelto:

$$\text{Cemento} : \text{Vol. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso cemento (kg)}}{\text{P. U. cemento (1500 kg/cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Agregado Fino} : \text{Vol. A. fino (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.f. húmedo (kg)}}{\text{P. U. A.fino (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Agregado Grueso} : \text{Vol. A. grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso A.grueso húmedo (kg)}}{\text{P. U. A. grueso (kg/m}^3\text{)}}$$

En el caso del Agua, éste se calculará en litros por bolsa de cemento (Lts Bls), de la siguiente manera:

$$\text{Agua} \left( \frac{\text{Lts}}{\text{Bls}} \right) = \frac{\text{Cantidad de agua por m}^3}{\left( \frac{\text{Peso cemento por m}^3}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5)}} \right)}$$

Proporciones en volumen:

Cemento : agregado fino : agregado grueso / agua (Lts Bls)

$$\frac{\text{Vol. cemento}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Vol. A. fino húmedo}}{\text{Vol. del cemento}} : \frac{\text{Vol. del A. grueso}}{\text{Vol. del cemento}} : \text{Agua Efectiva (Lts Bls)}$$

C : F : G / A

### CÁLCULO DE CANTIDADES POR TANDA (Huanca Samuel, 2006)

#### Datos necesarios:

- Capacidad de la mezcladora.
- Proporciones en volumen.

### **Cantidad de bolsas de cemento requerido:**

$$\text{Cantidad de bls de requeridas} = \frac{(\text{Capacidad mezcladora (pie}^3\text{)})(0.028)(\text{Peso cemento (kg)})}{\text{Peso cemento por bolsa (42.5 kg)}}$$

### **Eficiencia de la mezcladora**

Se determina de acorde a que cantidad de bolsas de cemento tendremos que abastecer a la mezcladora, Esta será un numero entero que representa la tanda en cantidad de bolsas de cemento sobre la cantidad de bolsas requerida por la mezcladora.

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Cantidad de bolsas de cemento portland}}{\text{Cantidad de bolsas requeridas}} \times 100$$

### **Volumen de Concreto por tanda**

$$\text{Vol de C}^{\circ} \text{ por tanda} = (\text{Capacidad mezcladora (pie}^3\text{)})(0.028\text{m}^3) \left( \frac{\text{Eficiencia (\%)}}{100} \right)$$

### **Cantidad de materiales por tanda**

Teniendo las proporciones en volumen (C:F:G/A), calculamos las cantidades de materiales por tanda:

Cemento:  $1x2 = 2$  bolsas

Agregado fino:  $Fx2 =$  Cantidad de A. fino en  $\text{m}^3$

Agregado Grueso:  $Gx2 =$  Cantidad de A. grueso en  $\text{m}^3$

Agua:  $Ax2 =$  Cantidad de agua en *Lts.*

## ENSAYOS AL CONCRETO.

### ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO FRESCO (CEF).

De acuerdo a (Valencia Elguera & Ibarra Navarro, 2013) La norma que se debe tener en cuenta para ensayos de CEF es:

- ASTM C143-00 Sampling Freshly Mixed Concrete

#### a) Asentamiento

La determinación de la medida de asentamiento favorece en el control de las mezclas de concreto respecto a la búsqueda de uniformidad de los elementos que intervienen al diseñar la pasta. El ensayo se realiza por intermedio del Cono de Abraham, tomando una muestra de concreto recién mezclada se coloca en el molde cónico y se compacta con una varilla metálica (chuceo), se saca el molde levantándola cuidadosamente donde el concreto fluye. Luego se mide de manera vertical la distancia desde el centro de la altura de la mezcla a la altura del tamaño del molde.

#### ▪ Especificaciones

- NTP 339.035:1999 HORMIGON. Método de ensayo para la medición del Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.

#### ▪ Procedimiento:

- 1) Se busca un área limpia, plana, lisa y que no tenga elementos que absorben agua para la realización del ensayo, se toma el cono de Abrams y se coloca el concreto recién mezclado por capacidades que incluya 3 capas en el proceso de llenado del molde chuseando 25 golpes en cada capa, finalmente enrasarlo a nivel del molde.
- 2) Tomar el molde cuidadosamente y sacarlo cogiéndola de sus orejuelas y levantarla de manera vertical.
- 3) Se mide el asentamiento de la mezcla desde la parte superior del molde hasta el centro de la mezcla, se anota y registra el dato.

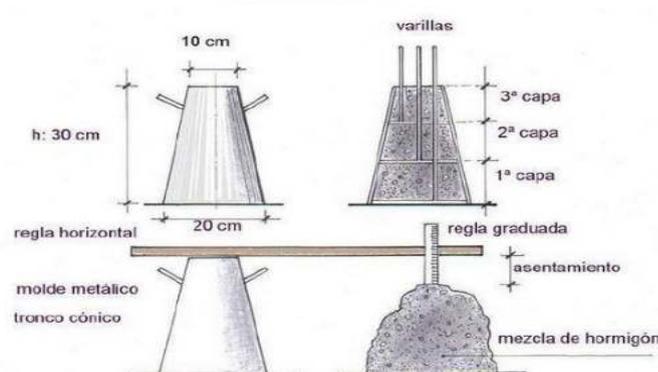


Fig. N° 03: Cono de Abrams

## b) **Peso Unitario(PU)**

Se le denomina al peso que tiene  $1\text{m}^3$  de concreto, ¿el PU es siempre igual en una mezcla?, Rpta: No, ya que existen diferentes concretos que se usan en una obra determinada.

- Para un concreto convencional( $175\text{-}350\text{kg/cm}^2$ ) el PU está entre  $2200\text{kg/m}^3$  a  $2400\text{kg/m}^3$ .
- Para un concreto ligero el peso unitario No supera  $1900\text{kg/m}^3$  y su resistencia queda limitada.
- Para un concreto pesado el peso unitario supera al concreto convencional hasta alcanzar los  $6,000\text{ kg/m}^3$ , usados para plantas Nucleares.

El rendimiento y contenido de aire se calcula conociendo las masas de c/u de los elementos (áridos, cemento, agua) de la mezcla y las densidades de ellas.

### ▪ **Especificaciones**

- ASTM C138/, IT-CA-32 y NTP 339.046:2008 (revisada en el 2013) Mediante el ensayo del PU determinar la densidad y mediante el ensayo con el método gravimétrico determinar contenido de aire y su rendimiento de los concretos

### **Procedimiento:**

- 1) Se trae a uso un recipiente o molde estándar lo cual se debe conocer la capacidad de volumen.
- 2) Se pesa el recipiente vacío (en kg)
- 3) Se extrae una muestra de mezcla de la Mezcladora o de un batido manual.
- 4) Teniendo claro el proceso de revenimiento del concreto determinamos el método a tratar para la consolidación del concreto (apisonado o vibrado)
- 5) Se pone la muestra en el recipiente para ser consolidado por intermedio del método apisonado dando 25 golpes en cada una de las tres capas.
- 6) Se enraza la superficie del concreto dando un acabado suave.
- 7) limpiar el recipiente completamente en su parte externa y tomar nota del peso en la balanza, con este dato podemos calcular la densidad del concreto o peso unitario.



**Fig. N° 04 Ensayo de Peso unitario**

### Fórmulas para el cálculo:

- **PESO UNITARIO CONCRETO FRESCO**

$$PUCF = \frac{\text{Peso Total (kg)} - \text{Peso del recipiente (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

- **RENDIMIENTO**

$$R = \frac{\text{Peso Total de la tanda (kg)}}{\text{Peso Unitario Promedio } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \text{ (promedio de 3 ensayos)}}$$

### c) Contenido de aire (N.T.P 339.046 2008)

El método por presión aplica la ley de Boyle que toma la presión con el volumen en una relación donde se comprime el aire de los elementos del concreto. Este contenido de aire esta mayormente ocupada dentro del rango 1% al 3% del volumen de mezcla.

- **Especificaciones**

- NTP 339.080:1981 Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas. Ensayo tipo hidráulico.
- ASTM C231-17e1 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed concrete by the Pressure Method.

Antes de realizar el ensayo se debe conocer sobre el medidor de aire tipo Washington a usar. Este equipo de 7lts. de capacidad es muy usado ya que no se necesita conocer las proporciones de la mezcla, ni la gravedad específica de los elementos del concreto. Además, el tiempo requerido para realizar el ensayo es menor. Se debe calibrar el equipo según las altitudes del nivel del mar. Algunos aparatos utilizan el cambio de presión de un volumen conocido de aire y no se perjudican sobre los cambios de altitudes.

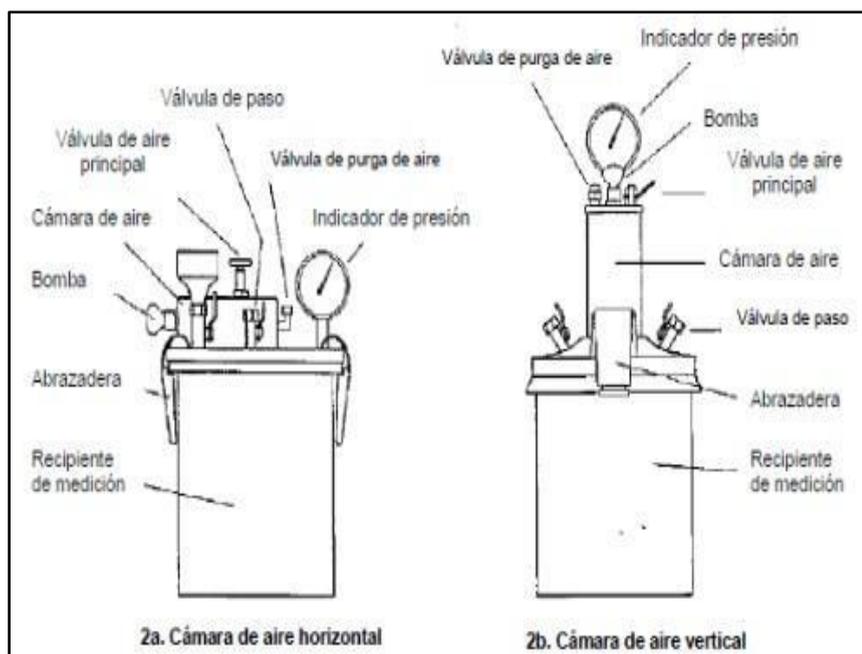


Fig. N° 05 Ensayo de contenido de aire

▪ **Procedimiento:**

- Tomar una muestra de concreto respetando las normas especificadas.
- Verter la muestra en el recipiente por medio de tres capas de igual volumen, apisonando 25 veces y dar 10 a 15 golpes con el chapulín (maceta) para cada capa.
- Una vez completada las 3 capas, enrasamos según Norma especificadas.
- Lleno el recipiente, limpiar en los bordes del recipiente residuos de exceso de concreto con un paño limpio con el hecho de tratar de no impedir el ajuste de la tapa.
- Ensamblar la tapa del medidor de aire con el recipiente, asegurando los ajustes en manera cruzada para garantizar el cierre hermético.
- Cerrar la válvula de purga de aire.
- Verter el agua en una de las válvulas para empujar el aire hacia la otra válvula y llenar el espacio vacío que queda entre el concreto y la tapa. Prevenir golpeando las paredes del recipiente para que no quede aire en forma de burbujas.
- Bombear aire dentro de la cámara de la tapa, llevando la aguja hasta la lectura del punto inicial, golpeando el manómetro suavemente para estabilizar la aguja y calibrarla, esperando que el aire comprimido se enfríe.
- Cerrar las 2 válvulas de paso en la tapa del medidor y abrir la válvula de aire principal dando un golpe seco con la maseta lo cual notara el movimiento de la guja en el manómetro.
- Anote el valor de la presión indicada al leer correctamente el manómetro.

**d) Exudación (N.T.P. 339.077)**

Característica que se presenta al separarse parte del agua de la masa de la mezcla. Al subir el agua ocurre la sedimentación de los sólidos siendo inevitable en el concreto, hay que tener en consideración su evaluación y control respecto a los efectos negativos que pudiera darse en la exudación.

Según la norma ASTM C 232:

▪ **Procedimiento:**

- Tomar una muestra de concreto respetando las normas especificadas.
- Verter la muestra en el molde por medio de tres capas de igual volumen, apisonando 25 veces y dar 10 a 15 golpes con el chapulín (maceta) para cada capa.
- Una vez completada las 3 capas, enrasamos según Norma especificadas.
- Anotar el valor del Peso del molde con la muestra, anotar también el tiempo o activar el cronometro.

- Colocar el molde en una zona estable y taparlo por un  $t = 10\text{min}$ .
- Cumplido el tiempo sacamos agua acumulada en la parte externa del concreto con una pipeta y la colocamos en la probeta de medición.
- Estos dos pasos anteriores se realizan hasta cumplir los primeros 40 min. Y después se llevan a intervalos de 30 min hasta que termine la exudación.
- Calcular la velocidad de exudación y determinar las fórmulas a ser usadas según la N.T.P. 339.077 se presentan a continuación:

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{Exudación}(\%) = \frac{V}{C} \times 100$$

Dónde:

C: Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w: Agua efectiva, en L

W: Cantidad total de materiales, en kg

S: Peso del concreto, en kg

V: Volumen final exudado, en L

#### e) Tiempo de fragua

Es aquel proceso gradual del concreto, cuyo tiempo requerido alcanza valores especificados de resistencia a la penetración. Surgen efectos en el contenido de agua, marca, tipo y cantidad de material cementicio; o adiciones.

##### ▪ Especificaciones

- NTP 339.082:2001 Método de ensayo para la determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la compresión.

Antes de continuar el procedimiento para realizar el ensayo de tiempo de fraguado debemos tener una herramienta conocida como penetrometro que es un dispositivo de reacción que nos permite aplicar una fuerza hasta de 500 N y cuenta con una escala para medir la fuerza que se aplica. Este equipo tiene agujas de varios diámetros (1 pulg<sup>2</sup>, ½”, ¼”, 1/10 “, etc.)

##### ▪ Procedimiento:

- Al realizar la mezcla con su dosificación especificada al momento que tiene participación el cemento y se da un contacto al echar el agua se toma nota del tiempo o se activa el cronometro.

- Se toma una muestra regular de concreto que tenga capacidad del molde luego con el tamiz #4 se cierne manualmente para que tengamos una pasta o mortero del concreto, tratando de homogenizarlo la muestra.
- Llenamos el recipiente realizando una compactación con la varilla y propinamos 10 golpes por cada 100 cm<sup>2</sup> distribuidos de manera uniforme en la sección transversal. Y dando golpes leves con el chapulín o maso en la parte lateral del molde para no dejar espacios vacíos al utilizar solo la varilla.
- Se utiliza la aguja de 1 pulg<sup>2</sup> para la primera penetración transcurrido 3 horas desde que se inició el cronometro. Para luego hacerlo cada 1 hora para concretos convencionales.
- Se aplica la penetración con 25mm de la superficie del mortero, teniendo cuidado la uniformidad y graduación vertical. Midiendo la fuerza se obtiene el primer valor aplicado.
- Transcurrido una hora se aplica de nuevo el ensayo con la aguja de 1 pulg<sup>2</sup> penetrando 25mm y se anota el valor de la fuerza aplicada. Y seguimos realizando la penetración, pero cada vez a más tiempo utilizando agujas más finas comprobando los 25mm de penetración para el cambio de agujas.
- Sabiendo las superficies de las agujas y las fuerzas aplicadas en cada aguja se calcula la presión ejercida en MPa.
- Sabiendo el tiempo transcurrido del contacto del agua con el cemento se visualiza una regresión, y según Norma el tiempo inicial de Fraguado será la primera nota de resistencia en un tiempo señalado. Y el Fraguado final la última penetración realizada a un tiempo determinado.

## **ENSAYOS AL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.**

De acuerdo a (Valencia Elguera & Ibarra Navarro, 2013), el cual sostiene lo siguiente:

### **a) Resistencia a la Compresión**

La resistencia a la compresión del concreto es la medida de la capacidad del concreto para soportar cargas que tienden a aplastarlo. Comúnmente lo emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras ya que se obtiene una medida de desempeño mediante su ensayo.

Este método de ensayo emplea especímenes cilíndricos de concreto que pasan de ser curados en sus correspondientes días de ensayo para ser llevados a una máquina de presión que nos reporta el valor de las cargas que se le aplica producto de la ruptura cuya unidad puede estar en (MPa) o con el SI (kg/cm<sup>2</sup>).

Para su interpretación de resultados hay que ser cauto respecto a otra información que tiene relación no solo por los materiales proporcionados, sino de otros factores como:

- Tamaño del espécimen
- Forma del espécimen,
- La fabricación de la mezcla
- El procedimiento de batido
- Los métodos de muestreo,
- La edad de curado
- La temperatura ambiente, y
- Las Condiciones de curado de los especímenes.

Los cálculos hallados según este método son importantes porque se lleva los distintos controles como son: la proporcionalidad, mezcla y colocación del concreto, conformidad en las especificaciones y la efectividad de las adiciones.

#### **▪ Especificaciones:**

- NTP 339.034:1999 HORMIGON. Método de ensayo para el esfuerzo a la Compresión de muestras cilíndricas de concreto. 2a. ed.
- NTP 339.037:2003 HORMIGON (CONCRETO). Práctica normalizada para el refrendado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto)
- ASTM C39/C39M-01 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- ASTM C617-98 Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

▪ **Procedimiento:**

1. Se sacan los especímenes de concreto dejándolo en reposo a temperatura ambiente un día antes de realizar el ensayo.
2. Medimos el Diámetro[ $\phi$ ] cuya unidad será (cm).
3. Calculamos su Volumen y su área transversal. ( $A = (\pi D^2) / 4 = 0.786 D^2$ )
4. Llevamos el espécimen de concreto y la ubicamos en la prensa hidráulica
5. Al tener el reporte de resistencia que marca la prensa visualizando la ruptura en el concreto anotamos y registramos el dato.

**Dimensiones de las Probetas**

Según la Norma ASTM C-42 Y ASTM C-39, La dimensión referencial de la probeta para esta práctica será de 6” (lo equivalente a 15cm.) de diámetro y 30cm. de altura.

**b) Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral**

Para que se de este ensayo de debe aplicar una carga a un espécimen cilíndrico de concreto en su longitud transversal.

Comparando con la resistencia a la compresión su ruptura se presenta más rápida debido a que el área donde se le aplica la carga está en estado compresión triaxial, lo cual permite resistir con mucho mayor esfuerzo a la compresión que un esfuerzo a la compresión uniaxial. Decimos entonces que la carga aplicada genera esfuerzos a la tensión en el área plana y esfuerzos a la compresión posiblemente altos en el área alrededor de la carga aplicada.

- NTP 339.084:2002 (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del hormigón, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.
- ASTM C496-96 Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

**c) Permeabilidad**

Es uno de los ensayos no destructivo, donde se toma el espécimen de concreto curado a los 28 días y es llevado a una máquina de presión (balde de presión) de confinamiento unidireccional sometidos a 50 metros de columna de agua. Luego los especímenes sometidos a presión por 3 días son llevadas para su ruptura y pronta medición de la penetración del agua.

#### **d) Resistencia de flexión de Viga de Concreto**

Según la norma ASTM C78 “Ensayo de tracción por flexión”, consiste en la aplicación de una carga en los tercios de la luz a una viga simplemente apoyada.

Para la confección de Las vigas se dosificaron los porcentajes remplazando al cemento por caolín calcinado [MK]; en 0% para el concreto patrón, 12, 15 y 20% con cemento Puzolánico Atlas.

La probeta tiene forma de viga de 6 x 6 pulgadas, con una longitud mínima de 21 pulgadas.

#### **Especificaciones:**

- ASTM C31 explica la preparación de muestras y probetas de concreto fresco tomado in situ
- ASTM C42 explica sobre las probetas aserradas tomadas
- ASTM C192 hace referencia a las probetas elaboradas en el laboratorio.
- ASTM C78 explica sobre las velocidades de carga, la orientación adecuada de las probetas y la aplicación para asegurar un contacto "sin espacios" entre la probeta y la utilidad del ensayo

300DX es un sistema servo controlado que da un resultado esperanzador del cálculo del módulo de rotura mediante la falla o ruptura dentro del tercio medio de la longitud de separación en el área de tracción o la parte inferior de la probeta. En caso ocurra un fallo fuera del tercio medio de la probeta, pero no más del 5% de la longitud de separación se tendrá que utilizar otra fórmula para el cálculo de su módulo, caso contrario no se podrá usar el resultado.

## VARIABLES

### VARIABLE DEPENDIENTE

- **Propiedades del Diseño del Concreto.**

TABLA N° 21

#### Variables e indicadores Dependientes

VARIABLE	Indicadores	Und. de medida
<b>Propiedades Físico - Mecánicas del Concreto <math>F^c=210 \text{ kg/cm}^2</math>.</b>		
<b>Para un Concreto Fresco</b>		
<b>Ensayo de Asentamiento:</b> <i>Consiste en la Medida de consistencia respecto al grado indicador seco-fluido del concreto; así como su revenimiento expresado por la distancia en cm.</i>	<b>Consistencia</b>	Cm, pulg
<b>Ensayo de Peso Unitario:</b> <i>Es aquel ensayo que busca obtener el volumen de un concreto hecho con la participación de los materiales conocidos a términos de verificar una buena dosificación y rendimiento de ellos.</i>	<b>Densidad</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>Ensayo de contenido de aire:</b> <i>Consta en encontrar el contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto en estado fresco, siempre llevando un determinado control para conservar una calidad que nos reporte mejores datos en cuanto a sus propiedades..</i>	<b>Porosidad</b>	%
<b>Ensayo de exudación:</b> <i>Consta en la búsqueda de un dato porcentual que exponga la cantidad relativa de agua que se produce al asentarse la mezcla de concreto fresco en un determinado tiempo..</i>	<b>Absorción</b>	%
<b>Ensayo de Fluides</b> <i>Consta en analizar el estado u comportamiento de una muestra de mezcla de concreto respecto a su componente objetivo, el agua, ya que de esta depende resaltar no solo la fluidez, sino también su trabajabilidad, plasticidad y segregación como también que al fraguar cuan resistente será.</i>	<b>Consistencia diametral</b>	Cm, pulg.
<b>Para un Concreto Endurecido</b>		
<b>LA RESISTENCIA A LA COMPRESION</b> <i>Es uno de los ensayos principales para una Mezcla de concreto en estado endurecido, es frecuentemente usado y su empleo fortalece en la obtención de cálculos para un buen diseño de puentes, edificaciones y demás estructuras.</i>	<b>Rigidez</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b> <i>Es un ensayo de comportamiento interesante correspondiente al mejor desempeño y control en la calidad del concreto. Son dos los métodos conocidos; el ensayo de tracción directa y el ensayo por hendimiento denominado también de comprensión diametral.</i>	<b>Rigidez Diametral</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>RESISTENCIA A LA FLEXIÓN</b> <i>Este ensayo consta en medir la resistencia a la tracción del concreto. Se toma una viga o losa de concreto no reforzada para obtener la falla por momento que por intermedio de cargas aplicadas en su tercio equidistante se halla su Resistencia.</i>	<b>Rigidez por Flexión</b>	kg/cm <sup>2</sup>
<b>PERMEABILIDAD</b> <i>Este ensayo trata de buscar la capacidad que tiene un concreto de permitir pasar a través de sus poros a los fluidos mediante un ensayo que se da por intermedio de un balde de presión.</i>	<b>Porosidad</b>	cm., pulg

Fuente: Elaboracion propia

**VARIABLE INDEPENDIENTE:**

- **Aplicación del Caolín calcinado MK como sustituto parcial del Cemento Portland.**

**TABLA N° 22**

**Variables e indicadores independientes**

<b>VARIABLE</b>	<b>INDICADORES</b>
Variable Independiente:	Concreto cemento Tipo I (Pacasmayo) Concreto Patrón
Aplicación del Caolín calcinado MK como sustituto parcial del Cemento Portland.	Concreto con 12% de MK
	Concreto con 15% de MK
	Concreto con 20% de MK

Fuente: Elaboracion propia

## **HIPOTESIS:**

“El sustituir 12%, 15% Y 20% al cemento Portland por el Caolín como insumo tradicional del concreto, se logrará tener influencia en las propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  lo cual generen características de acorde a las normas de calidad del concreto.”

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Evaluar la las propiedades físico- mecánicas en un diseño de concreto  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , aplicando Caolín (MK) como sustituto parcial del cemento Portland en 12%, 15% y 20%.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Caracterización Física del Caolín (MK).
- ✓ Determinación de la composición química del Caolín mediante FXR
- ✓ Determinar el Análisis térmico Diferencial y Termo gravimétrico
- ✓ Determinar el PH del Caolín (MK) y mezcla del Cemento con MK.
- ✓ Determinación de la relación a/c del Concreto Patrón y concreto Experimental
- ✓ Determinar la Resistencia a Compresión del concreto Patrón y concreto Experimental a días correspondientes de curado siguiendo las normas que competen el desarrollo de la Investigación.
- ✓ Determinar la Resistencia a la Tracción del concreto Patrón y Concreto Experimental a días correspondientes de curado siguiendo las normas que competen el desarrollo de la Investigación.
- ✓ Determinar la Resistencia a la Flexión del concreto Patrón y Experimental a días correspondientes de curado siguiendo las normas que competen el desarrollo de la Investigación.
- ✓ Determinación de la Permeabilidad del Concreto Patrón y Experimental a días correspondientes de curado siguiendo las normas que competen el desarrollo de la Investigación.
- ✓ Comparar y Analizar Resultados.

## METODOLOGÍA DEL TRABAJO

### TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

#### Tipo de Investigación:

#### TIPO CORRELACIONAL:

La metodología utilizada en la presente investigación será del tipo Correlacional porque el objetivo es medir que tan relacionados están dos o más variables, en un contexto en particular.

#### Diseño de Investigación:

#### DISEÑO EXPERIMENTAL:

Diseño Experimental, ya que vamos a realizar pruebas y ensayos para obtener resultados donde se formule un análisis que conlleve a demostrar la hipótesis formulada.

#### Esquema de Diseño de Investigación:

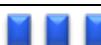
**TABLA N° 23. Esquema de diseño de investigación para el ensayo de Compresión**

Ensayos de Calidad: Compresión del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$				
Días de Curado	Concreto Patrón	12% MK	15% MK	20% MK
7				
14				
28				

**TABLA N° 24. Esquema de diseño de investigación para el ensayo de Compresión Diametral**

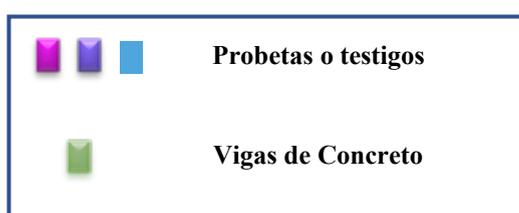
Ensayos de Calidad: Compresión del concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$				
Días de Curado	Concreto Patrón	12% MK	15% MK	20% MK
14				
28				

**TABLA N° 25**  
**Esquema de diseño de investigación para el ensayo de permeabilidad**

Ensayos de Calidad: Compresión del concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>				
Días de Curado	Concreto Patrón	12% MK	15% MK	20% MK
28				

**TABLA N° 26**  
**Esquema de diseño de investigación para el ensayo de Flexión**

Ensayos de Calidad: Compresión del concreto F'c=210 kg/cm <sup>2</sup>				
Días de Curado	Concreto Patrón	12% MK	15% MK	20% MK
28				



**TABLA N° 27.**  
**Esquema de diseño de investigación para la Comparación técnica**

COMPARACION TECNICA		
Concreto Patrón (0% MK)	vs	Concreto con 12% MK
		Concreto con 15% MK
		Concreto con 20% MK

**ENFOQUE DE INVESTIGACION**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se hace una recolección de datos con la idea de probar nuestra hipótesis planteada, Todo esto a través de análisis estadístico y medidas numéricas para obtener patrones de comportamiento y descartar teorías estudiando sus variables.

**POBLACIÓN Y MUESTRA:**

- **Unidad De Análisis:** Probetas, Vigas
- **Población o Muestra:**

n1 = 72 probetas de concreto, n2 = 12 vigas de concreto

## **TÈCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

### **Técnica de Investigación:**

En el proyecto se utilizará el tipo de técnica de Investigación: La observación, En Laboratorio se realizarán los ensayos de investigación, por lo que tomaremos notas de los resultados que observaremos para luego pasar a comprenderlos y describirlos con tablas y graficas estadísticas y confrontarlos para llegar a una conclusión y recomendación.

### **Instrumento de Investigación:**

- Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP.
- El Instrumento será una guía de observación, donde se mostrará la población, muestra y variables del proyecto de investigación.
- Planilla de notas: Utilizada para tomar datos sobre información que represente de interés antes, durante y después de la producción de la mezcla de concreto practicando los diversos ensayos a analizar.
- Planilla de datos: Utilizada para tomar nota de toda la información respecto a la realización de los ensayos planteados.
- Cámara Fotográfica: Elemento utilizado para realizar tomas de los diferentes ensayos para la realización de las mezclas tanto patrón como de concreto con MK.

## **RECOLECCIÓN, PROCESO Y ANALISIS DE LOS DATOS**

### **Obtención de los Materiales**

- Primero fuimos a la Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A.C (COMACSA) ubicado en la ciudad capital de Perú - Lima para la compra del Caolín.
- Luego adquiriremos los agregados; de las canteras de Saint Thomas el Agregado grueso y de la Cantera Besique la arena.
- Se llevó los materiales al Laboratorio de Ensayo de materiales de la USP.

### **Determinar la composición del caolín utilizando Fluorescencia de Rayos X**

Se procedió a calcinar el caolín a 750°C durante 2 horas como valor referencial, se deja enfriar durante 24hrs, este trabajo es realizado en la UNT (Laboratorio de Química/ Metalurgia de la Universidad Nacional de Trujillo). Luego se lleva una muestra referencial de 1 kg. Para proceder su análisis en laboratorios LABICER de la Universidad de Ingeniería para determinar los contenidos de Sílice, aluminato, etc.

### **Determinar el Potencial hidrogeno (PH) del cemento, caolín (MK) y compuesto de cemento con caolín (MK)**

Se procede a pesar 10gr de cemento, 10gr. De Caolín (MK), Mezclamos 85%Cemento + 15%Caolin y cogemos una muestra de 10gr. luego determinamos los grados de alcalinidad mediante el potenciómetro en el laboratorio COLECBI en el Distrito de Nuevo Chimbote.

### **Determinar la relación A/C del Concreto patrón y experimental**

Para determinar este ensayo se comenzó a obtener datos de los ensayos a los agregados fino, grueso tanto del concreto patrón como de los sustituyentes con MK.

Se comienza por elegir la dosificación del concreto, y escoger cuidadosamente los materiales que utilizaríamos para su fabricación.

Primero realizaremos el diseño de mezcla para un concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Con cemento Tipo I (Denominado patrón) cuyos materiales son:

- **Materiales:**
  - ✓ Cemento Tipo I (Cementos Pacasmayo)
  - ✓ Agregado Grueso-Grava
  - ✓ Agregado Fino- Arena
  - ✓ Agua.

Y otro concreto utilizando caolín calcinado (denominado metacaolin) MK. en la cual describimos sus componentes.

- **Materiales:**
  - ✓ Caolín
  - ✓ Caolín calcinado (MK)
  - ✓ Cemento Tipo I
  - ✓ Agregado Grueso-Grava.
  - ✓ Agregado Fino- Arena
  - ✓ Agua

A continuación, se realizan las probetas, variando diferentes parámetros para ver como afectarían los resultados a los ensayos que se irían realizando. Por último, se estudiarán los resultados obtenidos en los ensayos y se extraerían las conclusiones.

## **Recolección de Datos:**

Para la recolección de Datos se sigue los siguientes pasos:

- Cálculo del diseño de mezcla con los datos obtenidos de las características de los agregados, con el fin de elaborar las 72 probetas y 12 vigas (concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) para el Patrón, Patrón Comparativo, 12% MK, 15%MK y 20% MK.
- Con el resultado del Diseño de mezcla, se toman los datos en proporción de peso (kgs) de los materiales (Arena, piedra y cemento) a usar para las probetas patrón: el cemento tipo I (Pacasmayo), y porcentajes de sustitución del caolín (MK), la arena de Besique, la grava de 1" de Saint Thomas, y el agua potable de la USP

## **Para los Ensayos de Concreto fresco:**

Se realizarán los siguientes ensayos;

- ✓ Ensayo De asentamiento con el cono de Abraham,
- ✓ Ensayo de exudación.
- ✓ Ensayo de Peso Unitario.
- ✓ Ensayo de Aire atrapado por el método de presión.

**Para las probetas:** Mezclaremos los agregados, cemento y agua en la mezcladora, y realizamos los siguientes ensayos

- ✓ **Ensayo de Compresión:** Un total de 9 probetas (3 probetas para 7 días de curado, 3 probetas para 14 días de curado y 3 probetas para 28 días de curado). Luego de realizar dichos ensayos se pasa a colocarlos en cilindros con agua para el respectivo curado de las 9 probetas patrón.
- ✓ **Ensayo de Tracción Indirecta o compresión Diametral:** Un total de 6 probetas (3 probetas para 14 días de curado y 3 probetas para 28 días de curado)
- ✓ **Ensayo de permeabilidad:** Un total de 3 Probetas (3 probetas para 28 días de curado).

**Para las Vigas:** Mezclaremos los agregados, cemento y agua en la mezcladora, y realizamos las vigas de acuerdo a la proporción volumétrica de 6 probetas, para determinar el siguiente ensayo:

- ✓ **Ensayo de Flexión:** Un total de 3 Vigas (3 Vigas para 28 días de curado)
  - Se Deberá calcular la dosificación con el caolín calcinado (MK). Para poder dar el uso del caolín calcinado sustituyendo cemento tipo I en (12% de MK, 15% de MK y 20%MK).
  - Haremos los Ensayos de concreto en estado fresco y endurecido con todas las proporciones de caolín calcinado de manera similar al Concreto patrón.
  - Se Analizan y comparan los resultados del Concreto Patrón vs el Concreto con 12% de MK, 15% de MK y 20% de MK realizando cuadros estadísticos.
  - Realización de las conclusiones y Recomendaciones del informe.

## RESULTADOS

### CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL PARA LA INVESTIGACION

En la presente intentamos resaltar las características físicas del Caolín en su estado natural y estado artificial (caolín Calcinado MK).

#### DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO

Se conoce por intermedio de textos e investigaciones que el Peso específico del Caolín en su estado natural es de 2.6 gr/cm<sup>3</sup>. Pero para realizar nuestro diseño de concreto es importante conocer el peso específico del material a usar en la cual según los análisis nos arroja el presente resultado de la Tabla N°28.

**TABLA N° 28**  
**Datos del Peso Específico del MK y la Mezcla de las diversas sustituciones experimentales**

MATERIAL	PESO ESPECIFICO PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )
Caolín (MK)	3.05
Cemento Tipo I Pacasmayo	3.11
cemento 88%+Caolín 12%	3.17
cemento 85%+Caolín 15%	3.28
Concreto 20% MK	3.44

Fuente: laboratorio Universidad San Pedro

#### DETERMINACION DEL LIMITE LÍQUIDO Y LIMITE PLASTICO

Para obtener el Limite Liquido del caolín, se promedió el material caolinita según sus iones cambiables de la siguiente tabla:

**TABLA N° 29**  
**Limite de Atterberg para Minerales arcillosos**

MINERAL	ION CAMBIABLE	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD	LIMITE DE RETRACCION
Montaorillonita	Na	710	54	656	9.9
	K	660	98	552	9.3
	Ca	510	81	429	10.5
	Mg	410	60	350	14.7
	Fe	290	75	215	10.3
	Fe*	140	73	67	--
Ilita	Na	120	53	67	15.4
	K	120	60	60	17.5
	Ca	100	45	55	16.8
	Mg	95	46	49	14.7
	Fe	110	49	61	15.3
	Fe*	79	46	33	--
Caolina	Na	53	32	21	26.8
	K	49	29	20	--
	Ca	38	27	11	24.5
	Mg	54	31	23	28.7
	Fe	59	37	22	29.2
	Fe*	56	35	21	--

Fuente: <http://uniingenierocivil.blogspot.pe/2011/03/consistencia-limites-de-atterberg.html>

**TABLA N° 30**  
**Límite Líquido, Plástico e Índice de plasticidad**

Material	Límite Líquido %	Límite Plástico %	Índice de Plasticidad %
Caolín	51.5	31.83	19.60
Meta Caolín (MK)	45.03	33.03	11.70

Fuente: Laboratorios Universidad San Pedro

Se debe tener a cuenta otras propiedades que el caolín tiene: Se tiene a su color blanco representativo, su resistencia ante agentes químicos, no cuenta con un olor representativo, no es toxico, es muy usado en la parte eléctrica pues tiene propiedades aislantes, de fácil extrusión y moldeable; resiste altas temperaturas, tiene elevada facilidad de dispersión, Es compacto, suave al tacto y difícilmente fusible, tiene gran poder cubriente y absorbente y baja viscosidad en altos porcentajes de sólidos.

**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAOLÍN (MK) MEDIANTE FRX.**

**TABLA N° 31:**  
**Composición Química del Metacaolín**

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)
<b>Oxido de Aluminio, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	53.302
<b>Oxido de Silicio, SiO<sub>2</sub></b>	45.753
<b>Oxido de Fosforo, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.402
<b>Oxido de Titanio, TiO<sub>2</sub></b>	0.163
<b>Oxido de Calcio, CaO</b>	0.087
<b>Óxido de Azufre, SO<sub>3</sub></b>	0.071
<b>Oxido de Vanadio, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.018
<b>Oxido de galio, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.004

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería Laciber (Laboratorio 12)

**Nota: Los Análisis de la fuente se encuentra en anexos**

Se aprecia los dos elementos más característicos de las puzolanas según los antecedentes la cual son:

- Oxido de aluminio (Aluminato Tricálcico) con un 53.502%
- Oxido de Silicio (Disilice) con un 45.753%

Estos 2 elementos suman 99.255% del total.

Hay un tercer elemento considerable de 0.402% denominado Fosforo en su mayor alcance. Estos datos nos indican que al haber calcinado la puzolana natural (Caolín) la cristalización de los elementos se destruye y la transforma en Metacaolín.

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CEMENTO

En el cemento existe una ligación con las reacciones químicas que se presentan al ser estimulados por un componente químico.

**TABLA N° 32**  
**Composición Química del Cemento Tipo I Pacasmayo**

COMPOSICION QUIMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009/ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.8	Máximo 3.0
Perdida de ignición	%	3.1	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.66	Máximo 1.5

Fuente: Cementos Pacasmayo SAA Anexo

Los Componentes químicos del CP están representados en la tabla N° 33

**TABLA N° 33**  
**Principales compuestos químicos del cemento no hidratado**

Compuesto	Formula	Abreviaturas	Porcentaje
<b>Silicato tricálcico (alita)</b>	3CaOSiO <sub>2</sub>	S3C	40 - 60
<b>Silicato bicálcico (belita)</b>	2CaOSiO <sub>3</sub>	S2C	30 - 20
<b>Aluminato Tricíclico</b>	3CaOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C3A	7 - 14
<b>Ferroaluminato Tetracalcio (celita)</b>	4CaOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C4AF	5 - 12

### ❖ **Silicato Tricálcico (C<sub>3</sub>S):**

- Fase denominada “alita”.
- Constituye del 50% al 70% del Clinker.
- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Responsable, en gran parte, del inicio del fraguado.
- Aporta resistencia a corto y largo plazo (a mayor porcentaje de C<sub>3</sub>S mayor resistencia)

❖ **Silicato dicálcico (C2S):**

- Fase denominada “belita”.
- Constituye del 15% al 30% del Clinker.
- Se hidrata y endurece lentamente.
- Contribuye al incremento de la resistencia a edades mayores de 7 días.

❖ **Aluminato tricálcico (C3S)**

- Constituye aprox. del 5% al 10% del Clinker.
- Libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento
- Contribuye al desarrollo de las resistencias muy tempranas y al fraguado del cemento.
- Vulnerable a la acción de los sulfatos: forman producto expansivo (etringita).
- Constituye aprox. del 5% al 15% del Clinker.
- Se hidrata con rapidez, pero contribuye muy poca a la resistencia

❖ **Ferroaluminato tetracálcico (C4AF):**

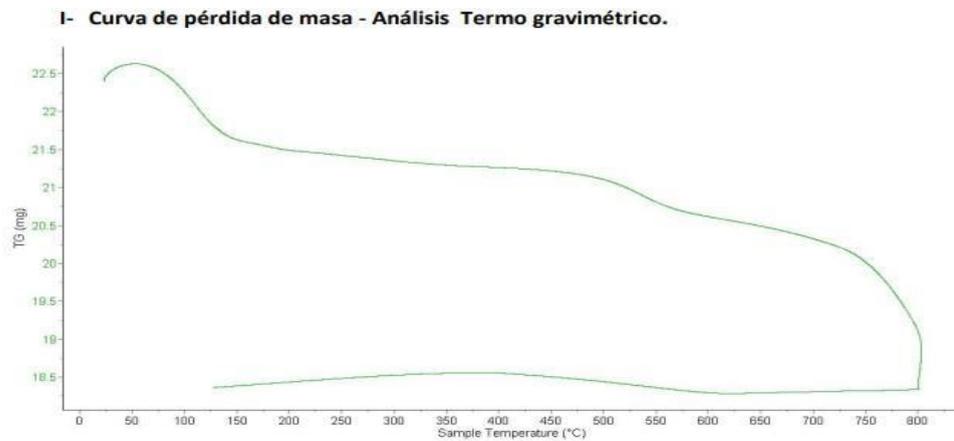
- Constituye aprox. del 5% al 15% del Clinker.
- Se hidrata con rapidez, pero contribuye muy poca a la resistencia.
- Su formación reduce la T de clinkerización

❖ **Sulfato de calcio:**

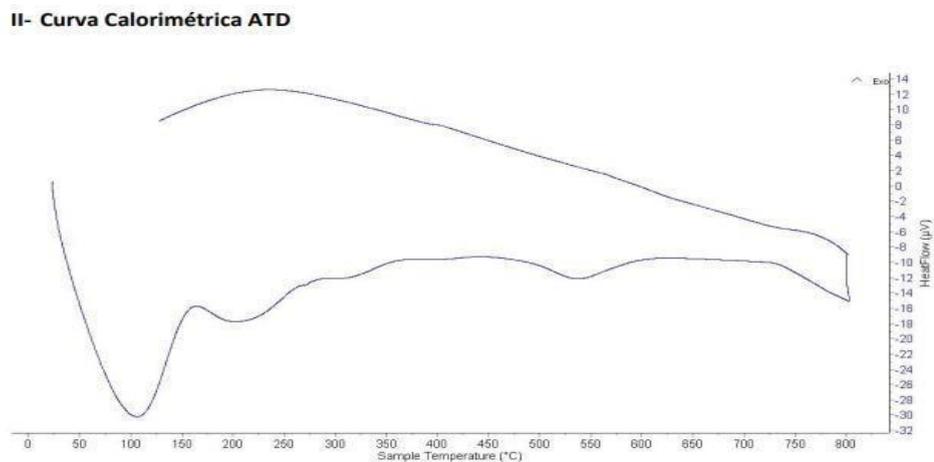
- Se adiciona al cemento (aprox. 5%), durante su molienda, para controlar el fraguado: controla la hidratación del C3A.
- Ayuda a controlar la contracción por secado y puede influenciar la resistencia

## RESULTADOS DEL ENSAYO TDA Y TGA

En los presentes gráficos son resultados del análisis Termo gravimétrico y termo diferencial.



**FIGURA N° 01.- Análisis Termo gravimétrico**  
Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
(Departamento de Ingeniería de Materiales)



**FIGURA N° 02.- Curva Calométrica ATD**  
Fuente: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
(Departamento de Ingeniería de Materiales)

Según la Curva de Pérdida de masa – Análisis Termo gravimétrico realizadas, en la temperatura experimental se muestra una curva que indica una descomposición multietapa, así como también la degradación de los polímeros parcialmente.

En la Grafica Curva Calométrica (ATD) se observa que al trazar perpendicularmente la temperatura experimental (750 ° C) apreciamos un cambio brusco, indicador que nos dice que el material cambia.

## DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL HIDROGENO

**TABLA N° 34.- Informe del Potencial Hidrogeno del Caolín y Mezcla del caolín con Cemento**

Muestras	Ensayos
	PH
Cemento Tipo I	12.47
Caolín 100%	8.79
Cemento 88% + Caolín 12%	13.68
Cemento 85% + Caolín 15%	13.71
Cemento 80% + Caolín 20%	13.65

Fuente: ENSAYO N° 20170914-013 "COLECBI" S.A.C

**TABLA N° 35.- Informe del Potencial Hidrogeno del Caolín calcinado (MK) y Mezcla con el Cemento**

Muestras	Ensayos
	PH
Cemento Tipo I	12.47
Caolín (MK) 100%	5.02
Cemento 88% + Caolín (MK) 12%	14.19
Cemento 85% + Caolín (MK) 15%	13.77
Cemento 80% + Caolín (MK) 20%	13.83

Fuente: ENSAYO N° 20170922-009 "COLECBI" S.A.C

Nota: Los Análisis de la fuente se encuentra en anexos

## DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN A/C DEL CONCRETO PATRÓN Y CONCRETO EXPERIMENTAL

**TABLA N° 36.- Resultados de la Relación A/C**

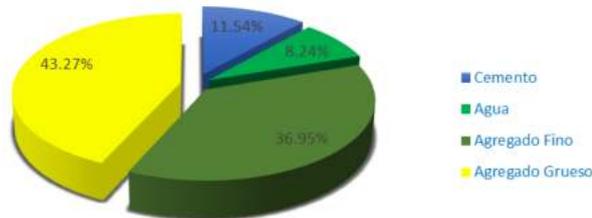
DISEÑOS DE CONCRETO	RELACIÓN A/C
Concreto Patrón	0.684
Concreto 12% MK	0.703
Concreto 15% MK	0.703
Concreto 20% MK	0.703

### MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS (7, 14 y 28 días de curado)

<b>DIAMETRO (m)</b>	0.15	<b>%DESPERDICIO</b>	20.0%
<b>ALTURA (m)</b>	0.30	<b>NUMERO DE PROBETA</b>	9
<b>P.E. C°</b>	2444.73    Kg/m <sup>3</sup>	<b>VOLUMEN</b>	0.0055    m <sup>3</sup>

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.684**

Cemento:	16.8081    Kg
Agua:	12.0007    Lt
Agregado Fino:	53.8051    Kg
Agregado Grueso:	63.0156    Kg

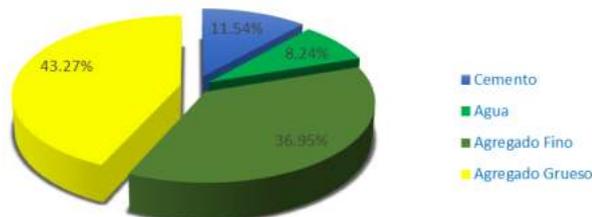


### MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm<sup>2</sup> ENSAYO DE COMPRESION DIAMETRAL (14 y 28 días de curado)

<b>DIAMETRO (m)</b>	0.15	<b>%DESPERDICIO</b>	20.0%
<b>ALTURA (m)</b>	0.30	<b>NUMERO DE PROBETA</b>	6
<b>P.E. C°</b>	2444.73    Kg/m <sup>3</sup>	<b>VOLUMEN</b>	0.0055    m <sup>3</sup>

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.604**

Cemento:	11.2054    Kg
Agua:	8.0005    Lt
Agregado Fino:	35.8701    Kg
Agregado Grueso:	42.0104    Kg

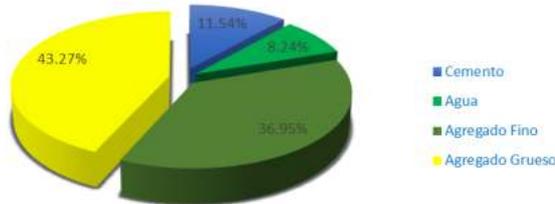


**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2  
ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	3
P.E. C°	2444.73	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0055 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.604**

Cemento:	5.6027	Kg
Agua:	4.0002	Lt
Agregado Fino:	17.9350	Kg
Agregado Grueso:	21.0052	Kg

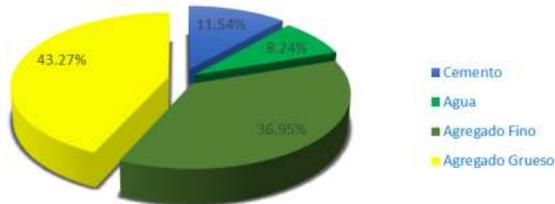


**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2  
ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	12
P.E. C°	2444.73	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0055 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.604**

Cemento:	22.4108	Kg
Agua:	16.0010	Lt
Agregado Fino:	71.7401	Kg
Agregado Grueso:	84.0208	Kg



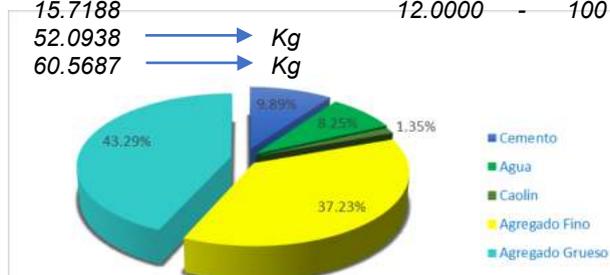
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 12% MK  
ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	9
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0053 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 12% por 12%MK**

Cemento:	15.7188	→	15.7188	-	1.88626	=	13.8326	Kg	
Agua:	11.5373	→				=	11.5373	Lt	
Caolin:	15.7188	→		12.0000	-	100	=	1.88626	Kg
Agregado Fino:	52.0938	→	Kg						
Agregado Grueso:	60.5687	→	Kg						



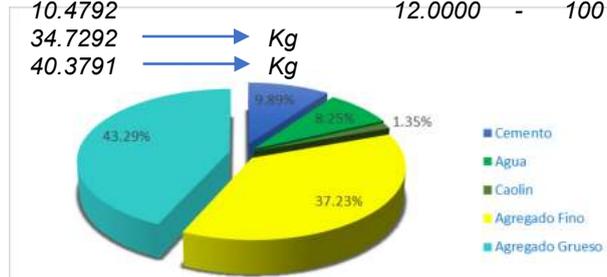
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 12% MK  
ENSAYO DE COMPRESION DIAMETRAL (14 y 28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	6
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0053 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 12% por 12%MK**

Cemento:	10.4792	→	10.4792	-	1.25751	=	9.2217	Kg
Agua:	7.6915	→				=	7.6915	Lt
Caolin:	10.4792			12.0000	-	100	=	1.25751
Agregado Fino:	34.7292	→	Kg					
Agregado Grueso:	40.3791	→	Kg					



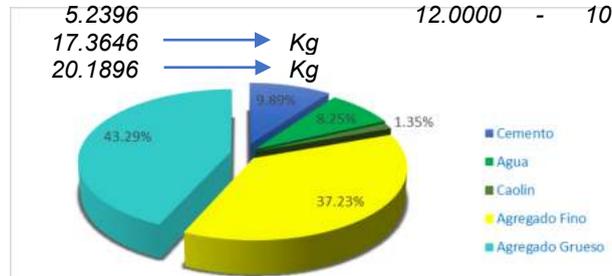
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 12% MK  
ENSAYO DE PERMEABILIDAD (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	6
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0053 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 12% por 12%MK**

Cemento:	5.2396	→	5.2396	-	0.62875	=	4.6109	Kg
Agua:	3.8458	→				=	3.8458	Lt
Caolin:	5.2396			12.0000	-	100	=	0.62875
Agregado Fino:	17.3646	→	Kg					
Agregado Grueso:	20.1896	→	Kg					



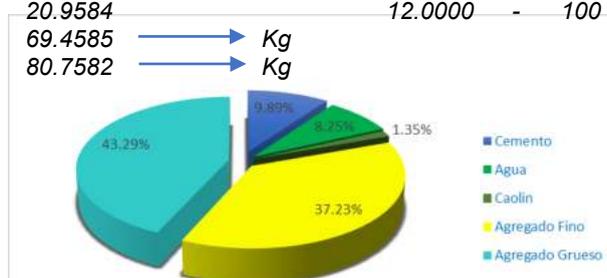
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 12% MK  
ENSAYO DE FLEXION EN VIGAS (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	12
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0053 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 12% por 12%MK**

Cemento:	20.9584	→	20.9584	-	20.51501	=	18.4484	Kg
Agua:	15.3830	→				=	15.3830	Lt
Caolin:	20.9584			12.0000	-	100	=	2.51501
Agregado Fino:	69.4585	→	Kg					
Agregado Grueso:	80.7582	→	Kg					



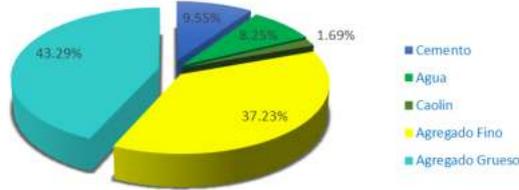
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 15% MK  
ENSAYO DE COMPRESION (7, 14 y 28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	9
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0053 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 15% por 15%MK**

Cemento:	15.7178	→	15.7178	-	2.35782	=	13.3610	Kg
Agua:	11.5373	→				=	11.5373	Lt
Caolin:	15.7178			15.0000	-	100	=	2.35782
Agregado Fino:	52.0938	→	Kg					
Agregado Grueso:	60.5687	→	Kg					



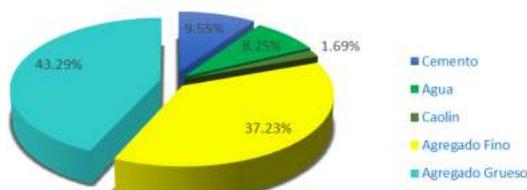
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 15% MK  
ENSAYO DE COMPRESION DIAMETRAL (14 y 28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	6
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0053 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 15% por 15%MK**

Cemento:	10.4792	→	10.4792	-	1.57188	=	8.9073	Kg
Agua:	7.6915	→				=	7.6915	Lt
Caolin:	10.4792			15.0000	-	100	=	1.57188
Agregado Fino:	34.7292	→	Kg					
Agregado Grueso:	40.3791	→	Kg					



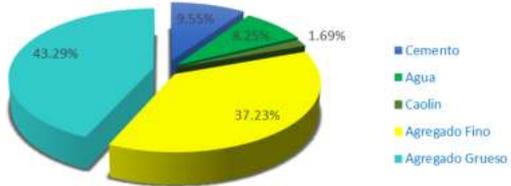
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 15% MK  
ENSAYO DE PERMEABILIDAD (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	3
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN
			0.0053 m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 15% por 15%MK**

Cemento:	5.2396	→	5.2396	-	0.78594	=	4.4537	Kg
Agua:	3.8458	→				=	3.8458	Lt
Caolin:	5.2396			15.0000	-	100	=	0.78594
Agregado Fino:	17.3646	→	Kg					
Agregado Grueso:	20.1896	→	Kg					



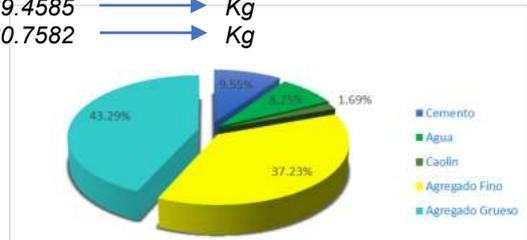
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 15% MK  
ENSAYO DE FLEXION CON VIGAS (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%		
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	12		
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN	0.0053	m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 15% por 15%MK**

Cemento:	20.9584	→	20.9584	-	3.14376	=	17.8147	Kg	
Agua:	15.3830	→				=	15.3830	Lt	
Caolin:	20.9584			15.0000	-	100	=	3.14376	Kg
Agregado Fino:	69.4585	→	Kg						
Agregado Grueso:	80.7582	→	Kg						



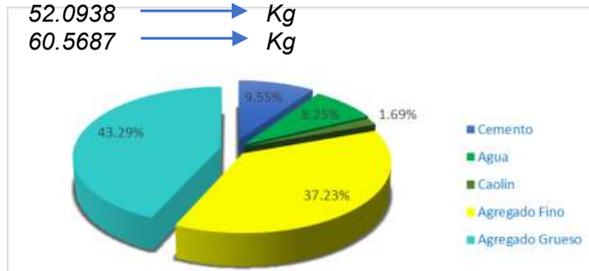
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 20% MK  
ENSAYO DE COMPRESION (7, 14 y 28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%		
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	9		
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN	0.0053	m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 20% por 20%MK**

Cemento:	15.7178	→	15.7178	-	3.14376	=	12.5751	Kg	
Agua:	11.5373	→				=	11.5373	Lt	
Caolin:	15.7178			20.0000	-	100	=	3.14376	Kg
Agregado Fino:	52.0938	→	Kg						
Agregado Grueso:	60.5687	→	Kg						



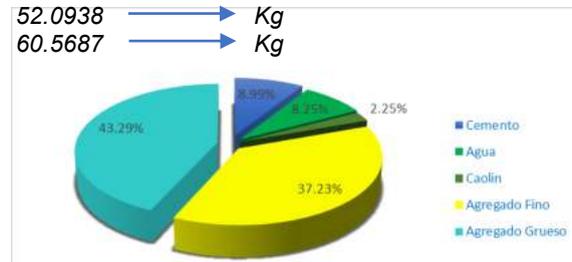
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 20% MK  
ENSAYO DE COMPRESION DIAMETRAL (14 y 28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	0.15	%DESPERDICIO	20.0%		
ALTURA (m)	0.30	NUMERO DE PROBETA	9		
P.E. C°	2443.75	Kg/m³	VOLUMEN	0.0053	m³

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 20% por 20%MK**

Cemento:	15.7178	→	15.7178	-	3.14376	=	12.5751	Kg	
Agua:	11.5373	→				=	11.5373	Lt	
Caolin:	15.7178			20.0000	-	100	=	3.14376	Kg
Agregado Fino:	52.0938	→	Kg						
Agregado Grueso:	60.5687	→	Kg						



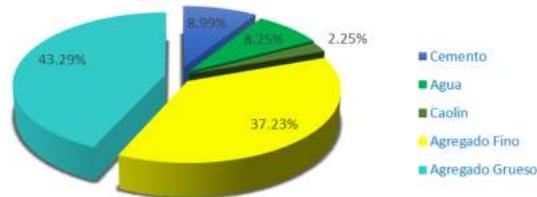
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 20% MK  
ENSAYO DE PERMEABILIDAD (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	<b>0.15</b>	%DESPERDICIO	<b>20.0%</b>
ALTURA (m)	<b>0.30</b>	NUMERO DE PROBETA	<b>3</b>
P.E. C°	2443.75	Kg/m <sup>3</sup>	VOLUMEN
			0.0053 m <sup>3</sup>

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 20% por 20%MK**

Cemento:	5.2396	→	5.2396	-	1.04792	=	4.1917	Kg
Agua:	3.4854	→				=	3.4854	Lt
Caolin:	5.2396			20.0000	- 100	=	1.04792	Kg
Agregado Fino:	17.3646	→	Kg					
Agregado Grueso:	20.1896	→	Kg					



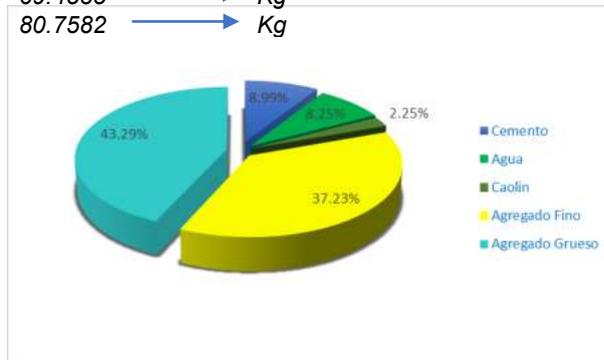
**MATERIALES PARA ELABORACION DE PROBETAS C° F'C=210 kg/cm2 CON 20% MK  
ENSAYO DE FLEXION CON VIGAS (28 días de curado)**

DIAMETRO (m)	<b>0.15</b>	%DESPERDICIO	<b>20.0%</b>
ALTURA (m)	<b>0.30</b>	NUMERO DE PROBETA	<b>12</b>
P.E. C°	2443.75	Kg/m <sup>3</sup>	VOLUMEN
			0.0053 m <sup>3</sup>

**Dosificación. – De una relación a/c = 0.703**

**Nota: Para esta elaboración optamos por la sustitución del peso del cemento del 20% por 20%MK**

Cemento:	20.9584	→	20.9584	-	4.19168	=	16.7667	Kg
Agua:	15.3830	→				=	15.3830	Lt
Caolin:	20.9584			20.0000	- 100	=	4.9168	Kg
Agregado Fino:	69.4585	→	Kg					
Agregado Grueso:	80.7582	→	Kg					



## RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO (CEF)

### Asentamiento de Cono

- **Especificaciones**

NTP 339.035:1999 HORMIGON. Método de ensayo para la medición del Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.

**TABLA N° 37**  
**Resultado Asentamientos del diseño de Mezcla de la Investigación**

Diseño de Mezcla F <sup>'</sup> c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	SLUMP (")
Concreto Patrón	4"
Concreto 12% de MK	3.0"
Concreto 15% de MK	2.4"
Concreto 20% de MK	1.8"

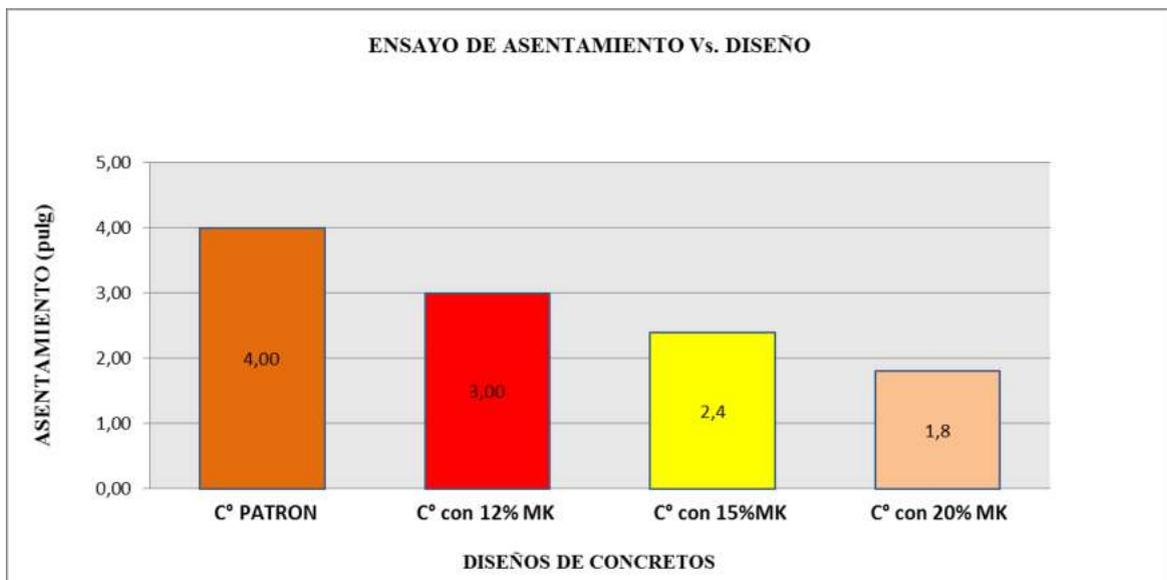


FIGURA N° 03.- Ensayo de Asentamiento vs Diseño

Fuente: Elaboración propia

## Peso Unitario

- **Especificaciones**

NTP 339.046:2008 (revisada en el 2013) HORMIGON (CONCRETO).  
Método de ensayo gravimétrico para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del hormigón.

**TABLA N° 38: Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto Patrón**

<b>ENSAYO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO PATRON</b>		
<b>PESO UNITARIO</b>	<b>TANDA 01</b>	<b>TANDA 02</b>
1.- PESO DEL MOLDE (kg)	3.420	3.420
2.- PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)	20.660	20.660
3.- PESO DE LA MUESTRA (kg) = ( 2 ) - ( 1 )	17.240	17.240
4.- VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.007079	0.007079
5.- PESO UNITARIO (kg/m3) = ( 3 ) / ( 4 ) / 1000	<b>2.435</b>	<b>2.435</b>
<b>PESO UNITARIO PROM. (kg/m3)</b>	<b>2.435</b>	

**TABLA N° 39: Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto con 12% MK**

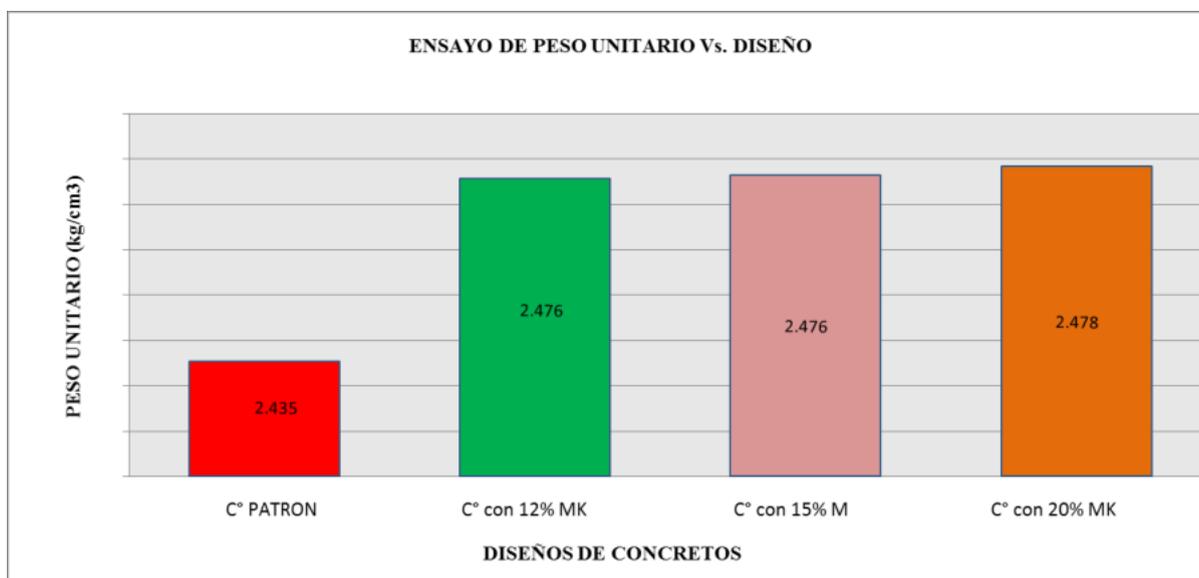
<b>P. UNITARIO DEL CONCRETO CON SUSTITUYENDO 12% DE MK</b>		
<b>PESO UNITARIO</b>	<b>TANDA 01</b>	<b>TANDA 02</b>
1.- PESO DEL MOLDE (kg)	3.432	3.432
2.- PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)	20.957	20.957
3.- PESO DE LA MUESTRA (kg) = ( 2 ) - ( 1 )	17.525	17.525
4.- VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.007079	0.007079
5.- PESO UNITARIO (kg/m3) = ( 3 ) / ( 4 ) / 1000	<b>2.476</b>	<b>2.476</b>
<b>PESO UNITARIO PROM. (kg/m3)</b>	<b>2.476</b>	

**TABLA N° 40: Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto con 15% MK**

<b>P. UNITARIO DEL CONCRETO CON SUSTITUYENDO 15% DE MK</b>		
<b>PESO UNITARIO</b>	<b>TANDA 01</b>	<b>TANDA 02</b>
1.- PESO DEL MOLDE (kg)	3.435	3.435
2.- PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)	20.966	20.966
3.- PESO DE LA MUESTRA (kg) = ( 2 ) - ( 1 )	17.531	17.531
4.- VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.007079	0.007079
5.- PESO UNITARIO (kg/m3) = ( 3 ) / ( 4 ) / 1000	<b>2.476</b>	<b>2.476</b>
<b>PESO UNITARIO PROM. (kg/m3)</b>	<b>2.476</b>	

**TABLA N° 41: Resultados del Ensayo de Peso Unitario del Concreto con 20% MK**

<b>P. UNITARIO DEL CONCRETO CON SUSTITUYENDO 20% DE MK</b>		
<b>PESO UNITARIO</b>	<b>TANDA 01</b>	<b>TANDA 02</b>
1.- PESO DEL MOLDE (kg)	3.432	3.432
2.- PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)	20.976	20.976
3.- PESO DE LA MUESTRA (kg) = ( 2 ) - ( 1 )	17.554	17.554
4.- VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.007079	0.007079
5.- PESO UNITARIO (kg/m3) = ( 3 ) / ( 4 ) / 1000	<b>2.478</b>	<b>2.478</b>
<b>PESO UNITARIO PROM. (kg/m3)</b>	<b>2.478</b>	



**FIGURA N° 04.- Ensayo Peso Unitario vs Diseño**

**Fuente:** Elaboración propia

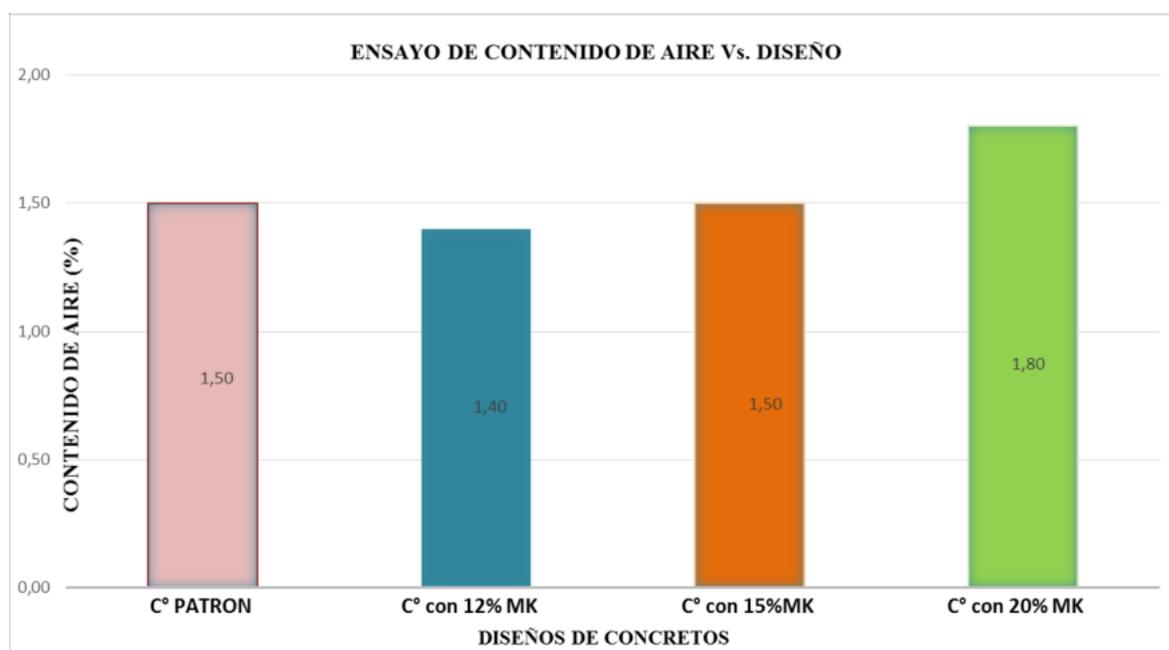
## Contenido de aire

- **Especificaciones**

NTP 339.080:1981 HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas. Ensayo tipo hidráulico.

**Tabla N° 42:** Resultados del Ensayo de Contenido de Aire

DESCRIPCION DE ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE	Nª TANDA	%
1.- CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO PATRON	01	1.50
3.- CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO CON 12% MK	03	1.40
4.- CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO CON 15% MK	04	1.50
5.- CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO CON 20% MK	05	1.80



**FIGURA N° 05.-** Ensayo de Contenido de Aire vs Diseño

Fuente: Elaboración propia

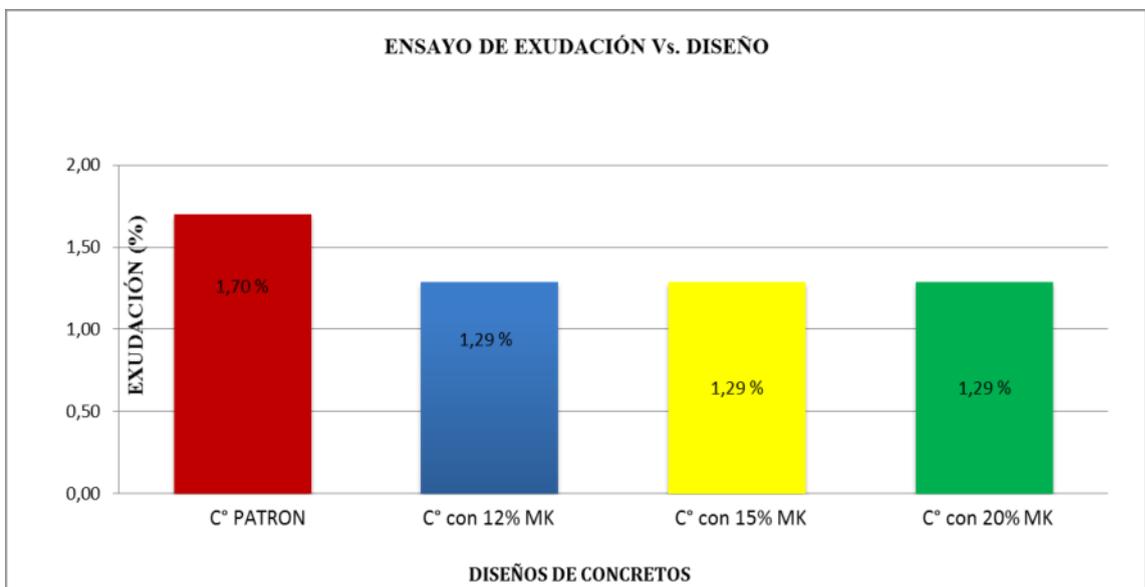
## Exudación de Agua:

- **Especificaciones**

Según la N.T.P. 339.077

Según la norma ASTM C 232,

Para este caso, según los antecedentes indican que conforme se va sustituyendo mayor cantidad de MK, la mezcla va obteniendo menor % de exudación, esto puede suceder debido a que la sustitución parcial de Caolín calcinado, por ser un elemento más fino presenta mayor % de absorción que ocasiona que la porción de agua sea absorbida por ella y ya no exuda.



**FIGURA N° 06.- Ensayo de Exudación vs Diseño**

**Fuente:** Elaboración propia.

## RESULTADOS DEL ENSAYO DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO (CEE)

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Se procesó una mezcla para el concreto convencional-patrón con 0%MK y tres mezclas de concreto sustituyendo de manera parcial el Caolín MK (12%, 15% y 20%). Se tomaron 09 muestras de especímenes o probetas para llevarlas a sus respectivos ensayos por compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, tomando la información con los siguientes resultados:

**TABLA N° 43**  
**RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON A LOS 7 DIAS DE CURADO.**

TESTIGO		F'C	F'C/F'CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON	161,64	76,97	165,45 (78.79%)
02	PROBETA PATRON	168,71	80,34	
03	PROBETA PATRON	166,01	79,05	

**TABLA N° 44**  
**RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON A LOS 14 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F'C	F'C/F'CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON	182,01	86,67	183,10 (87.19 %)
02	PROBETA PATRON	186,50	88,81	
03	PROBETA PATRON	180,79	86,09	

**TABLA N° 45**  
**RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F'C	F'C/F'CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON	206,30	98,24	209,17 (99.61%)
02	PROBETA PATRON	212,29	101,09	
03	PROBETA PATRON	208,93	99,49	

**TABLA N° 46:  
RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +  
12% MK CAOLIN A LOS 7 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F'C	F'C/F'CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 12% MK	148,83	70,87	145,96 (69.50%)
02	PROBETA PATRON + 12% MK	143,05	68,12	
03	PROBETA PATRON + 12% MK	145,99	69,52	

**TABLA N° 47:  
RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +  
12% MK CAOLIN A LOS 14 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F'C	F'C/F'CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 12% MK	164,68	78,42	163,41 (77.81%)
02	PROBETA PATRON + 12% MK	161,66	76,98	
03	PROBETA PATRON + 12% MK	163,88	78,04	

**TABLA N° 48  
RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +  
12% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F'C	F'C/F'CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 12% MK	197,46	94,03	191,09 (90.99%)
02	PROBETA PATRON + 12% MK	189,40	90,19	
03	PROBETA PATRON + 12% MK	186,40	88,76	

**TABLA N° 49:  
RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +  
15% MK CAOLIN A LOS 7 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F´C	F´C/F´CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 15% MK	171,30	81,57	170,14 (81.02%)
02	PROBETA PATRON + 15% MK	169,43	80,68	
03	PROBETA PATRON + 15% MK	169,70	80,81	

**Tabla N° 50:  
RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +  
15% MK CAOLIN A LOS 14 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F´C	F´C/F´CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 15% MK	186,48	88,80	184.04 (88.07%)
02	PROBETA PATRON + 15% MK	184,51	87,86	
03	PROBETA PATRON + 15% MK	183,83	87,54	

**Tabla N° 51:  
RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +  
15% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F´C	F´C/F´CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 15% MK	188,27	89,65	194,14 (92.45%)
02	PROBETA PATRON + 15% MK	196,77	93,70	
03	PROBETA PATRON + 15% MK	197,38	93,99	

**TABLA N° 52:**  
**RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +**  
**20% MK CAOLIN A LOS 7 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F' C	F' C/F' CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 20% MK	171,68	81,75	173,56 (82.65%)
02	PROBETA PATRON + 20% MK	173,00	82,38	
03	PROBETA PATRON + 20% MK	176,00	83,81	

**TABLA N° 53:**  
**RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +**  
**20% MK CAOLIN A LOS 14 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F' C	F' C/F' CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 20% MK	187,36	89,22	187,64 (89.35%)
02	PROBETA PATRON + 20% MK	189,78	90,37	
03	PROBETA PATRON + 20% MK	185,79	88,47	

**TABLA N° 54:**  
**RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESION DEL CONCRETO PATRON +**  
**20% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		F' C	F' C/F' CR	PROMEDIO
N°	ELEMENTO	kg/Cm2	(%)	kg/Cm2
01	PROBETA PATRON + 20% MK	218,63	104,11	220,07 (104.80%)
02	PROBETA PATRON + 20% MK	220,90	105,19	
03	PROBETA PATRON + 20% MK	220,69	105,09	



Figura N° 07.- Ensayo de Compresión - Rotura de Probetas a los 7 días



Figura N° 08.- Ensayo de Compresión - Rotura de Probetas a los 14 días



Figura N° 09.- Ensayo de Compresión - Rotura de Probetas a los 28 días



FIGURA N° 10.- Ensayos De Compresión según Promedio en % de las Probetas a los 7 días de curado, Fuente: Elaboración propia



FIGURA N° 11.- Ensayos De Compresión según Promedio en % de las Probetas a los 14 días de curado, Fuente: Elaboración propia

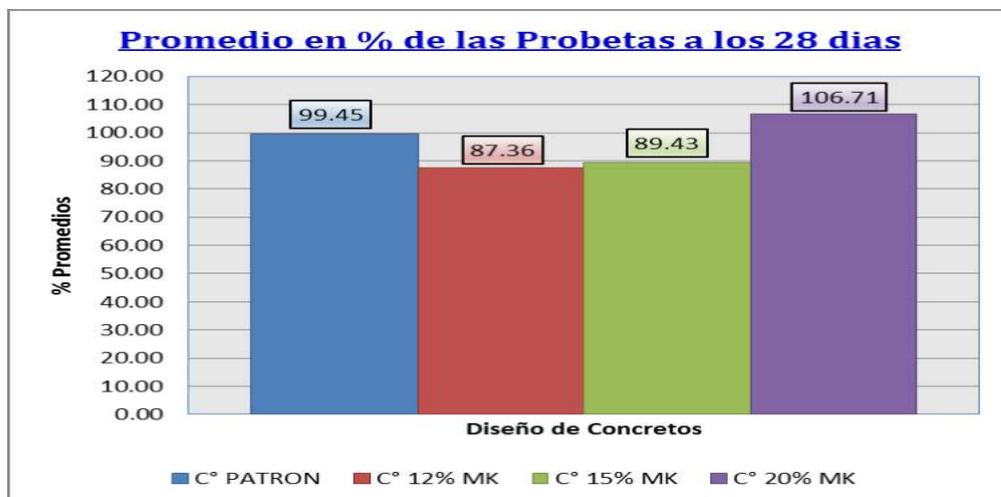
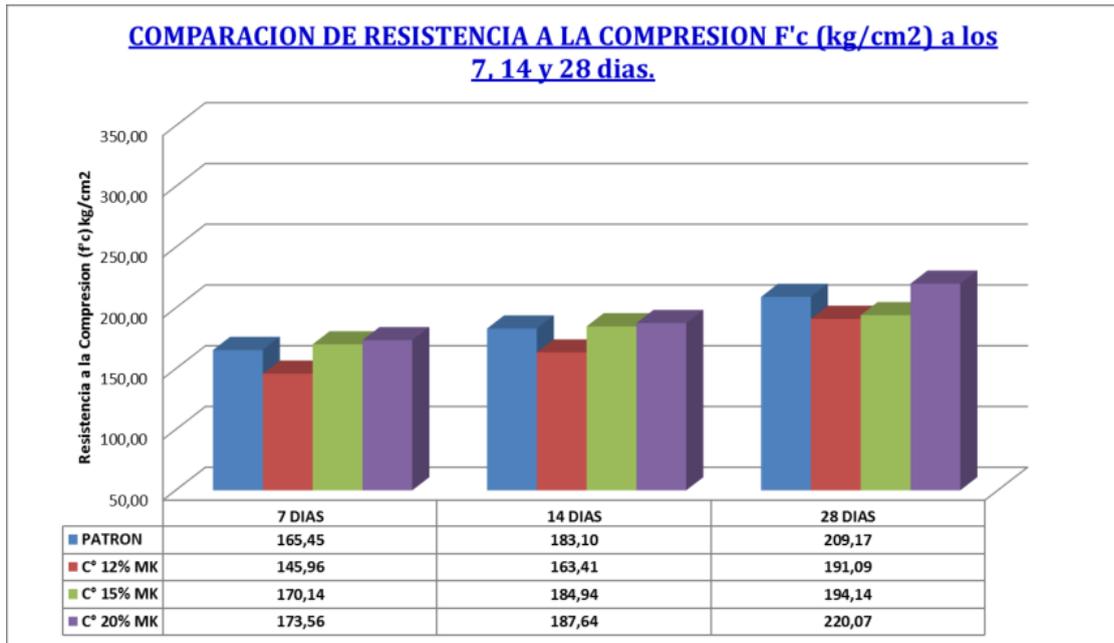
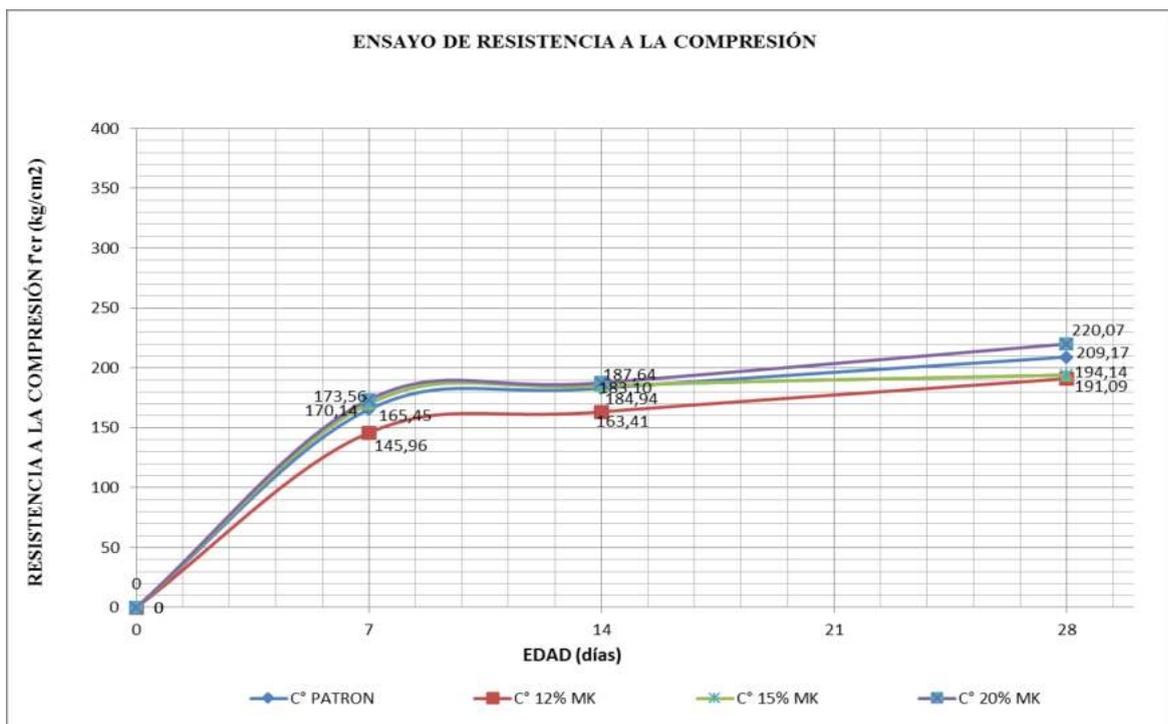


FIGURA N° 12.- Ensayos De Compresión según Promedio en % de las Probetas a los 28 días de curado Fuente: Elaboración propia



**FIGURA N° 13.-** Comparación de resistencia a la compresión  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> a los 7,14 y 28 días Fuente: Elaboración propia



**FIGURA N° 14.-** Representación Mediante la Curva para el Análisis de los Ensayos de Resistencia a la Compresión.

Fuente: Elaboración propia

**ENSAYO DE RESISTENCIA POR TRACCIÓN INDIRECTA O COMPRESIÓN  
DIAMETRAL SEGÚN METODO BRASILEÑO.**

**TABLA N° 55:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON A  
LOS 14 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON	15,20	30,20	15170	21,04
02	PROB. PATRON	15,20	30,10	15850	22,05
03	PROB. PATRON	15,10	30,20	14610	20,40

Promedio = **21.163**

**TABLA N° 56:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON A  
LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON	15,20	30,20	18560	25,74
02	PROB. PATRON	15,20	30,10	21990	30,50
03	PROB. PATRON	15,20	30,20	20610	28,58

Promedio = **28.273**

**TABLA N° 57:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON +  
12% MK CAOLIN A LOS 14 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON + 12% MK	15,20	30,20	17520	24,30
02	PROB. PATRON + 12% MK	15,30	30,10	20780	30,50
03	PROB. PATRON + 12% MK	15,25	30,20	16320	28,58

Promedio = **25.194**

**TABLA N° 58:**  
**RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON +**  
**12% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON + 12% MK	15,20	30,20	20570	28,53
02	PROB. PATRON + 12% MK	15,20	30,10	19005	26,44
03	PROB. PATRON + 12% MK	15,20	30,00	19850	27,71

Promedio = **27.562**

**TABLA N° 59:**  
**RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON +**  
**15% MK CAOLIN A LOS 14 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON + 15% MK	15,30	30,00	16910	23,45
02	PROB. PATRON + 15% MK	15,35	30,20	16415	22,54
03	PROB. PATRON + 15% MK	15,28	30,20	18625	25,69

Promedio = **23.897**

**TABLA N° 60:**  
**RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON +**  
**15% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON + 15% MK	15,32	30,20	20245	27,86
02	PROB. PATRON + 15% MK	15,28	30,20	20830	28,74
03	PROB. PATRON + 15% MK	15,25	30,00	22355	31,11

Promedio = **29.234**

**TABLA N° 61:**  
**RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON +**  
**20% MK CAOLIN A LOS 14 DIAS DE CURADO**

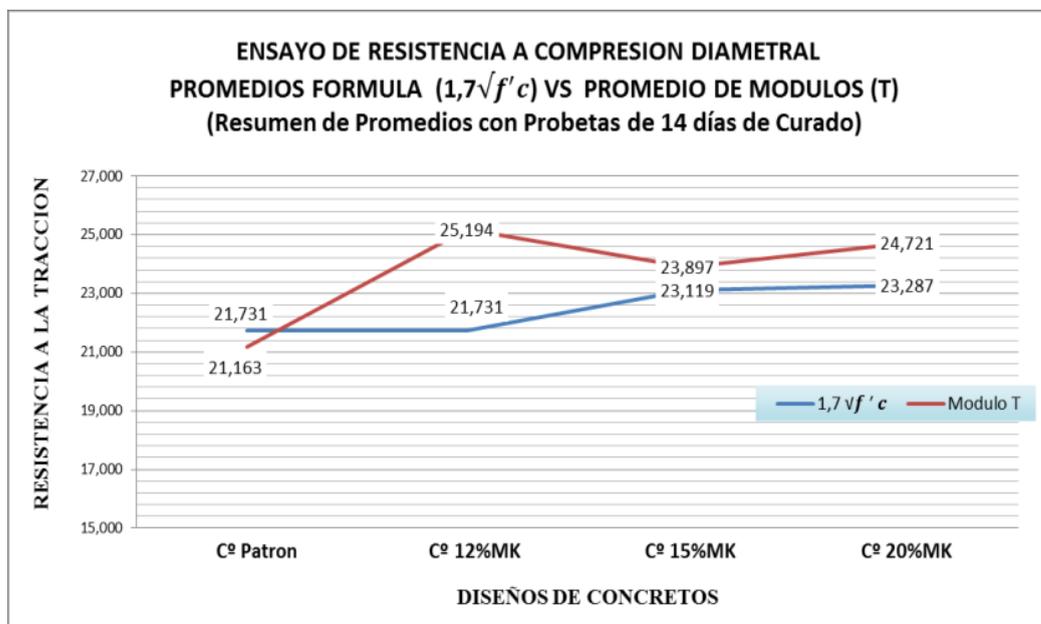
TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON + 20% MK	15,30	30,30	15025	21,46
02	PROB. PATRON + 20% MK	15,40	30,00	18105	24,95
03	PROB. PATRON + 20% MK	15,25	29,80	19815	27,76

Promedio = 24.721

**TABLA N° 62**  
**RESULTADO DEL ENSAYO POR TRACCION INDIRECTA DEL CONCRETO PATRON +**  
**20% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

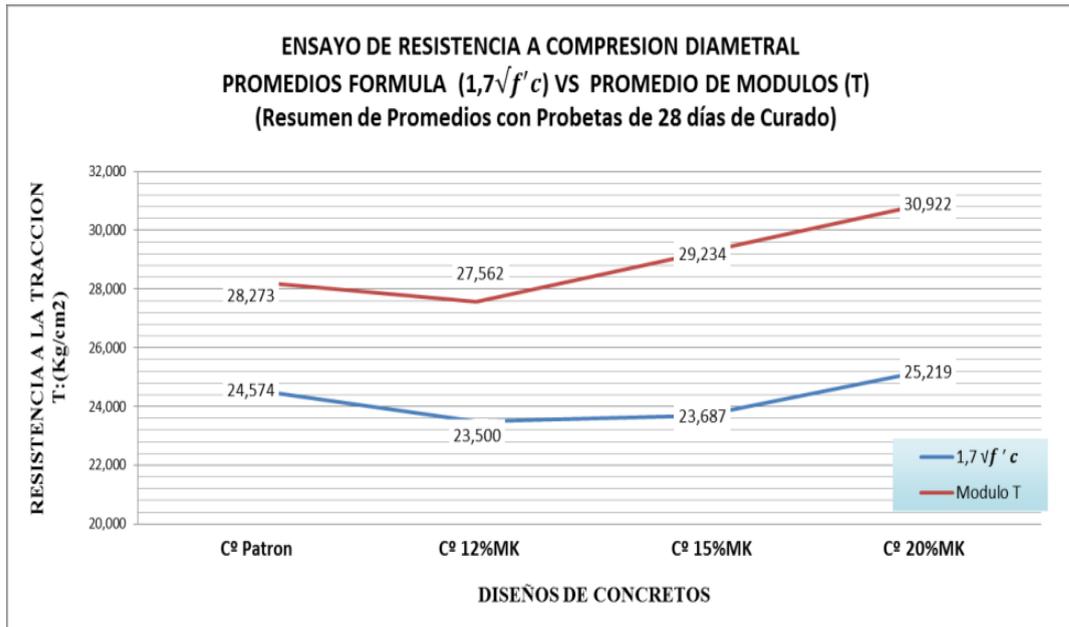
TESTIGO		DIAMETRO	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	d(cm)	l(cm)	P(kg)	T(kg/cm <sup>2</sup> )
01	PROB. PATRON + 20% MK	15,28	30,00	20435	28,38
02	PROB. PATRON + 20% MK	15,30	30,20	22930	31,59
3	PROB. PATRON + 20% MK	15,30	30,00	23645	32,79

Promedio = 30.922

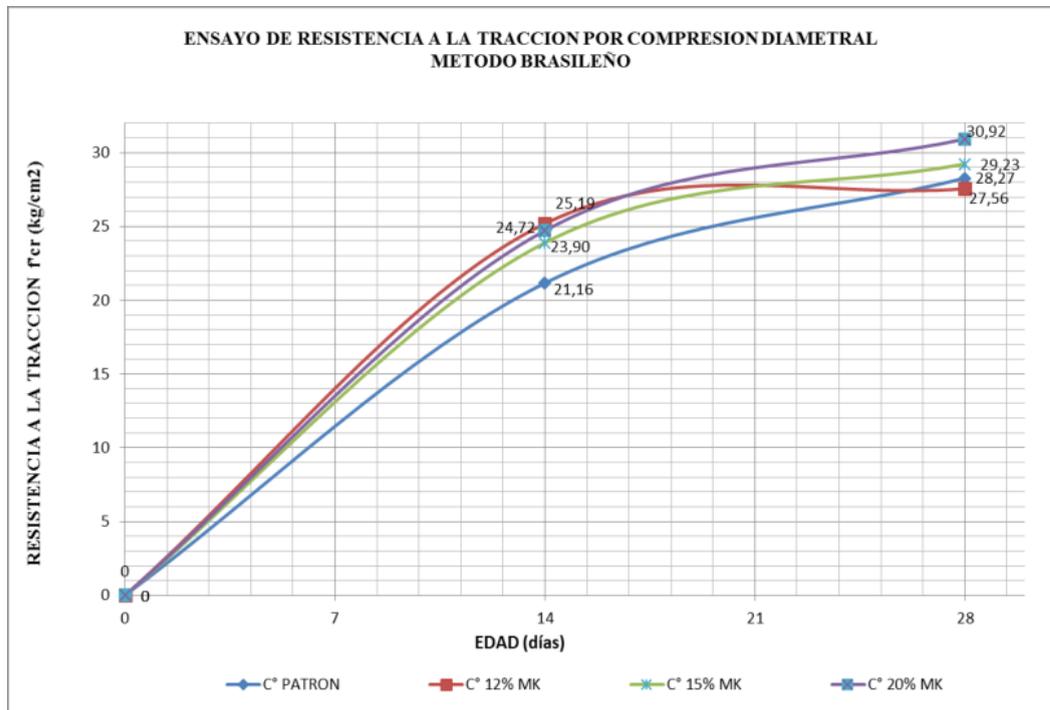


**FIGURA N° 15.- Ensayo de Resistencia a Compresión Diametral Promedios Formula vs Promedios Modulo t (resumen de promedios con probetas de 14 días de curado)**

Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA N° 16.-** Ensayo de Resistencia a Compresión Diametral Promedios Formula vs Promedios Modulo t (resumen de promedios con probetas de 28 días de curado)  
Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA N° 17.-** Representación mediante la Curva para el Análisis de los Ensayos de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral- método brasileño  
Fuente: Elaboración Propia

## ENSAYO DE PERMEABILIDAD POR PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION

**TABLA N° 63:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION  
DEL CONCRETO PATRON A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		PROFUNDIDAD PENTRAC.	P.P. PROMEDIO
N°	ELEMENTO	cm	cm
01	PROBETA PATRON	6,0 0	5,73
02	PROBETA PATRON	5,40	
03	PROBETA PATRON	5,80	

**TABLA N° 64:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION DEL  
CONCRETO PATRON + 12% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

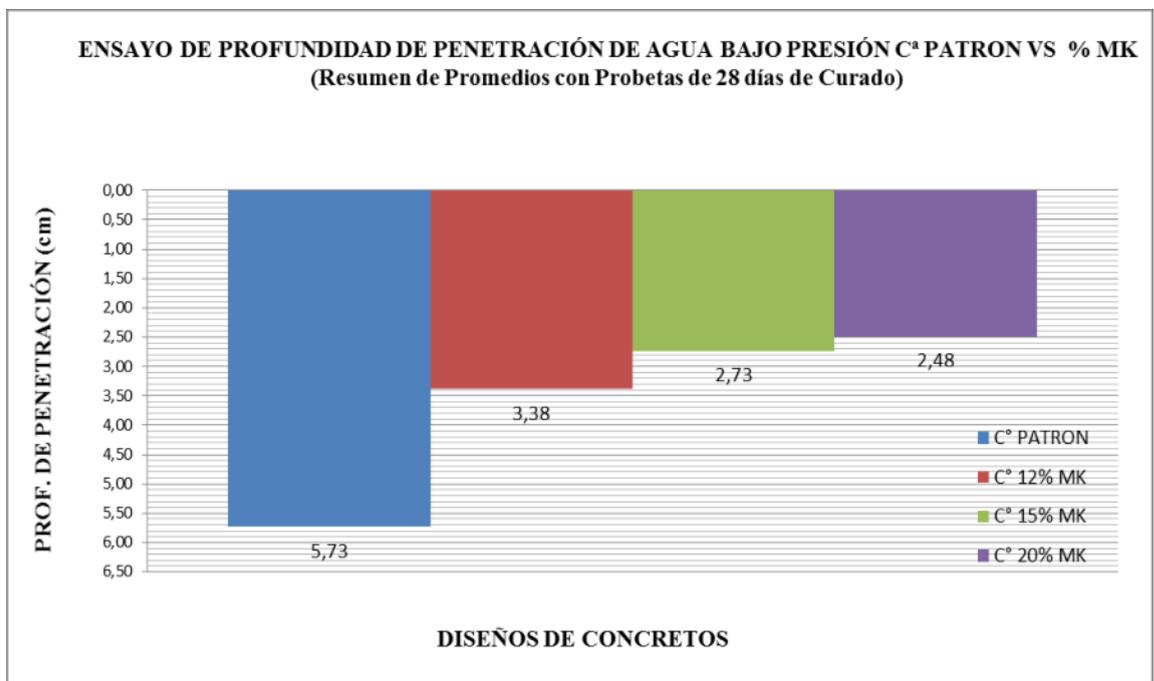
TESTIGO		PROFUNDIDAD PENTRAC.	P.P. PROMEDIO
N°	ELEMENTO	cm	cm
01	PROBETA PATRON + 12% MK	3,4 0	3,38
02	PROBETA PATRON + 12% MK	3,25	
03	PROBETA PATRON + 12% MK	5,80	

**TABLA N° 65  
RESULTADO DEL ENSAYO POR PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION DEL  
CONCRETO PATRON + 15% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		PROFUNDIDAD PENTRAC.	P.P. PROMEDIO
N°	ELEMENTO	cm	cm
01	PROBETA PATRON + 15% MK	2,8 0	2,73
02	PROBETA PATRON + 15% MK	2,80	
03	PROBETA PATRON + 15% MK	2,80	

**TABLA N° 66**  
**RESULTADO DEL ENSAYO POR PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION DEL**  
**CONCRETO PATRON + 20% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

TESTIGO		PROFUNDIDAD PENTRAC.	P.P. PROMEDIO
N°	ELEMENTO	cm	cm
01	PROBETA PATRON + 20% MK	2,40	2,48
02	PROBETA PATRON + 20% MK	2,60	
03	PROBETA PATRON + 20% MK	2,40	



**FIGURA N° 18.- Ensayo de Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión C° Patrón VS %MK (resumen de promedios a los 28 días de curado)**  
**Fuente: Elaboración Propia**

**ENSAYO DE RESISTENCIA POR FLEXION SEGÚN MÉTODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LUZ.**

**TABLA N° 67:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR FLEXION DEL CONCRETO PATRON A LOS 28 DIAS DE CURADO**

ESPECIMEN		ANCHURA	ALTURA	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	b(cm)	d(cm)	L(cm)	P(kg)	R(kg/cm <sup>2</sup> )
01	VIGA PATRON	15,20	15,20	50,00	2800,99	39,88
02	VIGA PATRON	15,20	15,15	50,01	2731,36	39,15
03	VIGA PATRON	15,30	15,10	50,02	2681,48	38,45

**TABLA N° 68:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR FLEXION DEL CONCRETO PATRON + 12% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

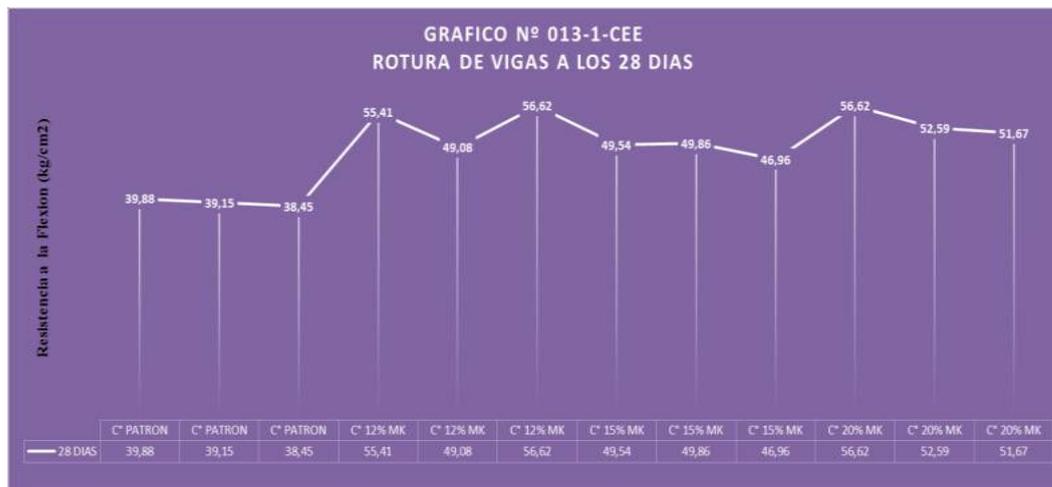
ESPECIMEN		ANCHURA	ALTURA	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	b(cm)	d(cm)	L(cm)	P(kg)	R(kg/cm <sup>2</sup> )
01	VIGA SUSTITUYENDO 12%MK	15,00	15,10	50,20	3774,81	55,41
02	VIGA SUSTITUYENDO 12%MK	15,00	15,00	50,00	3312,59	49,08
03	VIGA SUSTITUYENDO 12%MK	15,20	15,10	50,10	3917,04	56,62

**TABLA N° 69:  
RESULTADO DEL ENSAYO POR FLEXION DEL CONCRETO PATRON + 15% MK CAOLIN A LOS 28 DIAS DE CURADO**

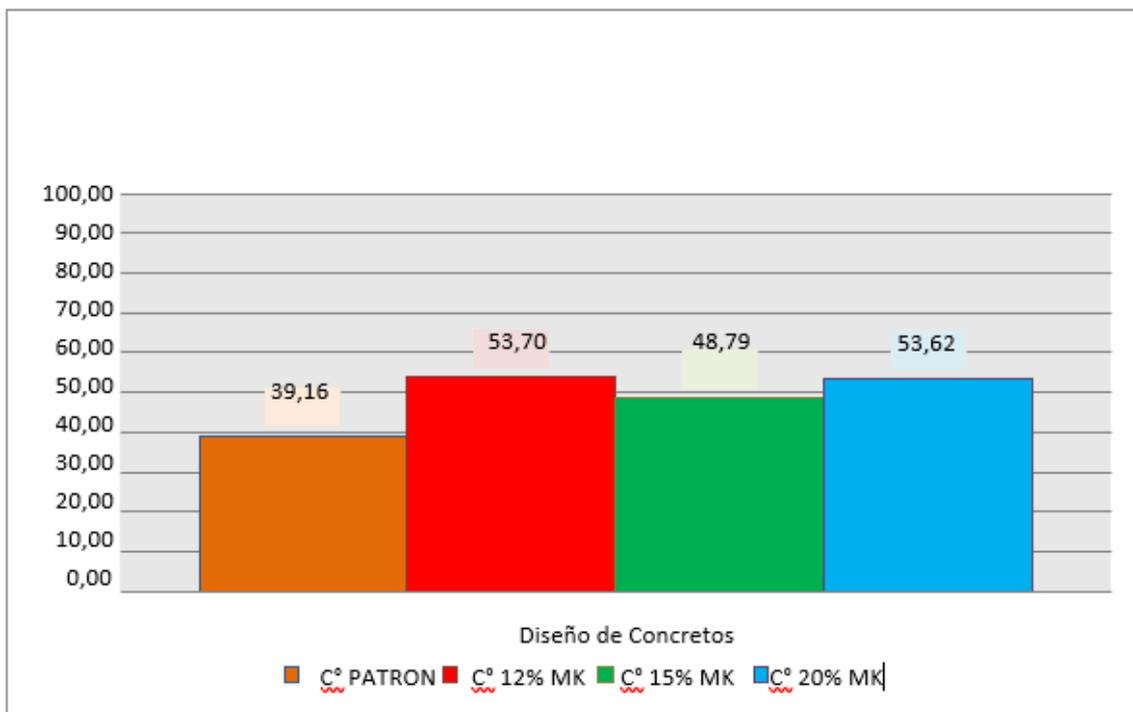
ESPECIMEN		ANCHURA	ALTURA	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	b(cm)	d(cm)	L(cm)	P(kg)	R(kg/cm <sup>2</sup> )
01	VIGA SUSTITUYENDO 12%MK	15,00	15,10	50,10	3382,22	49,54
02	VIGA SUSTITUYENDO 12%MK	15,20	15,10	50,00	3455,80	49,86
03	VIGA SUSTITUYENDO 12%MK	15,10	15,10	50,10	3205,93	46,96

**TABLA N° 70**  
**RESULTADO DEL ENSAYO POR FLEXION DEL CONCRETO PATRON + 20% MK CAOLIN**  
**A LOS 28 DIAS DE CURADO**

ESPECIMEN		ANCHURA	ALTURA	LONGITUD	CARGA	MODULO
N°	ELEMENTO	b(cm)	d(cm)	L(cm)	P(kg)	R(kg/cm <sup>2</sup> )
01	VIGA SUSTITUYENDO 20%MK D - 5	14,90	15,10	50,00	3846,96	56,62
02	VIGA SUSTITUYENDO 20%MK D - 5	15,00	15,10	50,00	3597,04	52,59
03	VIGA SUSTITUYENDO 20%MK D - 5	15,00	15,10	50,00	3534,32	51,67



**FIGURA N° 19.- Rotura de Vigas a los 28 días de curado** Fuente: Elaboración Propia



**FIGURA N° 20.- Promedio en % de la Rotura de Vigas (Ensayo de flexión) a los 28 días de curado** Fuente: Elaboración Propia

## ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LA COMPOSICION QUIMICA DEL CAOLIN(MK) MEDIANTE FRX.

TABLA N° 71  
COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LA COMPOSICION QUIMICA DEL METCAOLIN VS CEMENTO TIPO I

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	
	Metacaolín (%)	Cemento Portland Tipo I (Pacasmayo) (%)
Oxido de Aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53.502	5-10
Oxido de Silicio, SiO <sub>2</sub>	45.753	17-25
Oxido de Fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.402	
Oxido de Calcio, CaO	0.087	60-67
Oxido de Magnesio MgO		2.3

Existe una relación pre establecida de los minerales principales como son: El óxido de Calcio (CaO), el Bióxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>), el Óxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), y el Óxido de Hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que van a ser clave para que aporten al Clinker y este gane, mejorando sus características. En nuestro caso el Metacaolín cuenta con casi el 100% de estos Minerales con la correspondiente baja del Oxido de calcio, pero el aluminato contribuye para que los ensayos de calidad como son Compresión, Tracción y Flexión tengan resistencias altas característica que nominara al concreto de como de alta resistencia. Así como también la presencia del Silicato en gran porcentaje contribuye a que la reacción puzolánica se active más rápido Al mezclar con Hidróxido de calcio (Silicato Tricálcico, Silicato Dicálcico, Aluminato Tricálcico componentes del Clinker).

### DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS TERMICO DIFERENCIAL Y TERMOGRAVIMETRICO

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una ligera pérdida de masa entre 80 y 120°C, luego se aprecia que el material se estabiliza térmicamente y en torno a 480 y 530°C se muestra otra perdida, aunque ligera, el material pierde en total aproximadamente 4% respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.

De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra un primer pico endotérmico en torno a 100°C y 200°C, posteriormente a 540°C la curva muestra un pico de absorción térmico ligero y un cambio a 750°C que podría indicar algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

#### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL POTENCIAL HIDROGENO DEL CAOLIN(MK) Y MEZCLA DEL CEMENTO CON MK**

La TABLA N° 34 nos indica que el caolín a su 100% es un material alcalino cercano a lo neutro (PH: 7) y las mezclas de caolín con los distintos porcentajes de sustitución son consideradas sustancias altamente básicas por estar cerca al límite de (PH: 14).

La Tabla N° 35 nos indica que el caolín calcinado (MK) a su 100% nos arroja un PH de 5.02 indicándonos que es una sustancia acida cercano a lo Neutro, mientras que las mezclas con los distintos porcentajes experimentales muestran alcalinidad, correspondiendo a sustancias altamente básicas.

#### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA RELACION AGUA CEMENTO**

La relación agua/cemento para el concreto patrón es 0.684 que conlleva a obtener una fluidez óptima según la norma técnica peruana 334.051

La relación agua/cemento para los diferentes Concretos experimentales es 0.703 conservándose ya que la exudación corregida no tiene mucha influencia, obteniendo una fluidez óptima según la norma técnica peruana 334.051

## **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

### **ASENTAMIENTO:**

- En la Figura N° 03 se puede apreciar que el ensayo de asentamiento del C° patrón es mayor que el resto de asentamientos practicados en %MK.. Siendo un indicativo de consistencia Fluida ya que tiene 4”.
- Se observa también que a mayor % de MK sustituido el Slump se reduce, teniendo que, al sustituir 20%MK es 1.8” lo cual significa que tiene una consistencia seca; con aspecto suelto y sin cohesión respecto a un concreto trabajable, pero siendo recomendable para los diversos tipos de estructuras con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- La tendencia ascendente al sustituir los diferentes porcentajes nos indica que los resultados del Asentamiento del C° baja, se presenta una consistencia seca según el rango de asentamiento de 0” – 2” de la Tabla N° 16; esto se debe a que el caolín calcinado es más fino que el cemento y absorbe más cantidad de agua.

### **PESO UNITARIO**

- Según la Figura N° 04 se observa, que el C° con % de MK, tienen mayor uniformidad que el diseño de C° patrón, es decir que presenta características de un buen proceso de endurecimiento a temprana edad del concreto.
- Observamos que el concreto patrón y el concreto con %MK no están en el rango de los pesos unitarios del concreto convencional (2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>.) pero los indicadores son más altos esto nos auguran un buen concreto en un futuro.
- Se puede visualizar que a mayor SUSTITUCION, el peso unitario por m<sup>3</sup> de concreto, aumenta. Pero si bien es cierto, el incremento es mínimo hasta 20%, al seguir incrementando el %MK nuestro diseño servirá para otros fines que creamos convenientes.

### **CONTENIDO DE AIRE:**

Se puede visualizar en la Figura N° 05 que los %'s de aire atrapado son menores al 2% estando dentro del rango permitido para que el concreto no pierda calidad por causa de burbujas. El C° con 20% Mk se acerca al límite de calidad, siendo esta característica muy representativa para el uso de este diseño en zonas con climas fríos.

## **EXUDACION:**

- Según la Figura N° 06 se observó respecto a la trabajabilidad en el enrasado de las probetas que el C° Patrón era más húmeda que los C° con adición del 12%, 15% y 20% respectivamente en la cual estaban más secos y el enrase se tardaba en realizar no siendo el tiempo adecuado.
- Para este caso, se puede notar, que conforme se va sustituyendo mayor cantidad de MK, la mezcla va conserva su exudación, esto puede suceder debido a que la sustitución del MK por ser un elemento fino, y presenta mayor % de absorción es que ocasiona que la porción de agua sea absorbida por las partículas de MK y ya no exuda.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

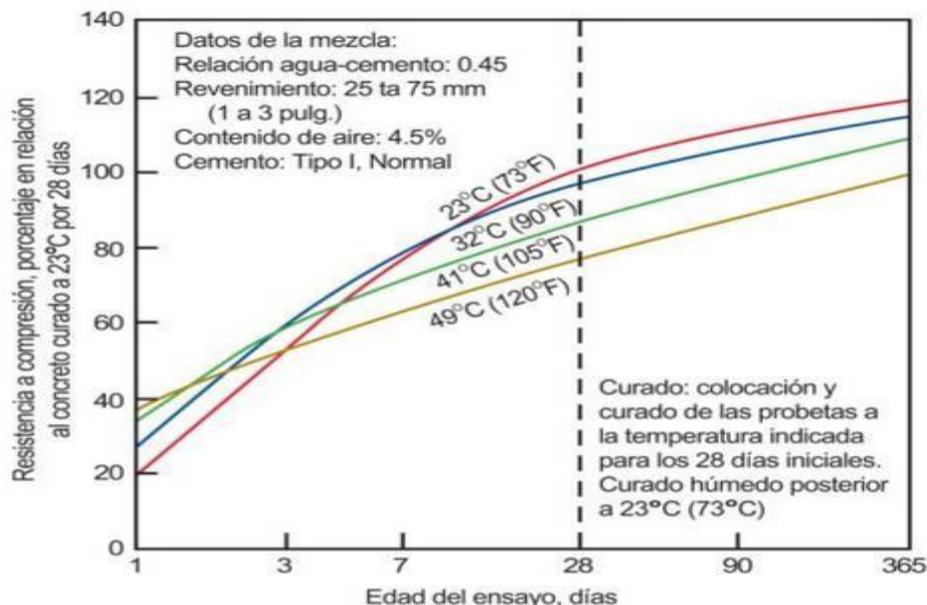
### ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN

Tendremos en cuenta la siguiente Tabla de estándares de control de calidad del concreto (Manual ACI 228,1R-95, manual Of concrete practice, paginas 214-7) así como la Grafica con los Porcentajes en relación al concreto curado en los 7, 14 y 28 días de la NTP 339-0 36 de Control de calidad del concreto.

**TABLA N° 72**  
**PORCENTAJES EN RELACIÓN S LOS ENSAYOS A COMPRESION DEL CONCRETO**

Desviación estándar para Diferentes controles de calidad (kg/cm <sup>2</sup> )					
Clases de Operación	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Regular	Pobre
Testigos de Construcción general	< 400 (28.1)	400 a 500 (28.1) (35.2)	500 a 600 (35.2) (42.2)	600 a 700 (42.2) (49.2)	> 700 (49.2)
Testigos de Ensayos Laboratorio	< 200 (14.1)	200 a 250 (14.1) (17.6)	250 a 300 (17.6) (21.1)	300 a 350 (21.1) (24.6)	> 350 (24.6)

Fuente: Consejo Superior de Investigaciones Científicas



**Fig. N° 06 Representación de la resistencia a compresión mediante la Curva a los 7.14 y 28 días de curado**

Se propuso y ejecuto el desarrollo de la mezcla convencional con un  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  lo cual denominamos Mezcla de Concreto Patrón con 0%MK en el trompo de 7 pies cúbicos mediante dos tandas, luego se cogieron nueve muestras o especímenes y llevadas a su curado durante el periodo de 7, 14 y 28 días, para realizar sus respectivos ensayos a compresión.

**TABLA N° 73**  
**Control de calidad del Concreto mediante la Media y Desv. Estándar**

Probetas	CURADO	A (Kg/cm <sup>2</sup> )	B (Kg/cm <sup>2</sup> )	C (Kg/cm <sup>2</sup> )	Media	Desviación Estándar
PATRON	7 DIAS	161,64	168,71	166,01	165,45	3,568
PATRON	14 DIAS	182,01	186,50	180,79	183,10	3,007
PATRON	28 DIAS	206,30	212,29	208,93	209,17	3,002
12% MK	7 DIAS	148,83	143,05	145,99	145,96	2,890
12% MK	14 DIAS	164,68	161,66	163,88	163,41	1,565
12% MK	28 DIAS	197,46	189,40	186,40	191,09	5,720
15% MK	7 DIAS	171,30	169,43	169,70	170,14	1,011
15% MK	14 DIAS	186,48	184,51	183,83	184,94	1,376
15% MK	28 DIAS	188,27	196,77	197,38	194,14	5,093
20% MK	7 DIAS	171,68	173,00	176,00	173,56	2,214
20% MK	14 DIAS	187,36	189,78	185,79	187,64	2,010
20% MK	28 DIAS	218,63	220,90	220,69	220,07	1,254

### **Análisis comparativo C° patrón vs C° %MK a los 7 Días de curado:**

La Figura N° 07 muestra las resistencias obtenidas en el periodo de 7 días de curado, a lo que podemos visualizar que con la sustitución de %'s. de MK y habiendo conservado la relación agua cemento, **la resistencia sube conforme se agrega más %MK** respecto a la del patrón.

También se observa que **al sustituir el 12% de MK no alcanza llegar al nivel del concreto patrón**, obteniendo luego ascenso en las resistencias de 15% y 20% de MK que sobrepasan del nivel de resistencia del Concreto patrón.

Según los ensayos de calidad del concreto obtenidos en los 7 días de curado basándonos según la Tabla N° 43 para los datos comparativos, es calificada como **EXELENTE**, con lo cual aceptamos una **uniformidad muy buena** en todos los especímenes que significa el manejo adecuado en el desarrollo del proceso.

Ahora se observa también una semejanza **Concreto patrón vs Concreto con 15%MK** ya que los valores de los especímenes ensayados se acercan mucho. Ahora los **resultados obtenidos con 20%MK** nos dieron resultados prometedores en la resistencia de ensayos.

### **Análisis comparativo C° patrón vs C° %MK a los 14 Días de curado:**

La Figura N° 08 muestra las resistencias obtenidas en el periodo de 14 días de curado, a lo que podemos visualizar que con la sustitución de %'s. de MK y habiendo conservado la relación agua cemento, los resultados de las resistencias a la compresión de probetas patrón ensayadas se asemejan a los demás ensayos con % MK. Excepto la de 12%MK.

**Dentro** de las variables para ganar resistencia se tiene a la finura del cemento que tiene gran influencia en la resistencia del concreto, se observa al concreto patrón alcanza la capacidad según NTP 339-036, señalando que no hubo homogeneidad al realizar las probetas. En cambio, para el concreto con 15%MK y 20%MK alcanza la capacidad y se comporta congruentemente homogéneo, mostrándonos un adelanto de como la reacción química que produce la puzolana velozmente gana resistencia.

Ahora respecto a la eficiencia del curado, se ve menguado en el concreto con 12%MK al observarse las menores resistencias.

### **Análisis comparativo C° patrón vs C° %MK a los 28 Días de curado:**

La Figura N° 09 muestra las resistencias obtenidas en el periodo de 28 días de curado, a lo que podemos visualizar que con la sustitución de %'s. de MK y habiendo conservado la relación agua cemento, los resultados de las resistencias a la compresión de las probetas ensayadas cumplen con la conformidad ya que Ningún ensayo individual de resistencia es menor que  $f'c$  en más de 35 kg/cm<sup>2</sup> cuando  $f'c$  es 350 kg/cm<sup>2</sup> o menor. Observamos que existe una probeta del Concreto patrón que registra la menor resistencia dentro del grupo de ensayo con 206.30 Kg/cm<sup>2</sup> reduciendo el promedio que es representativo para verificar la calidad del ensayo efectuado. Significando un tratamiento del ensayo no tan adecuado pues se pierde la homogeneidad, pero subsanable de acuerdo a la NTP.

Observamos también que los resultados de ensayo a compresión de las probetas para el Concreto con 12%MK y Concreto con 15% MK en forma individual y detallada no superan el 100% ya que son menores a  $f'cr= 210$  Kg/cm<sup>2</sup> y basándonos en la Norma peruana No cumplen con las especificaciones técnicas de control de calidad del concreto a los 28 días de curado, pero, son tolerantes a la revisión de aceptación del concreto de otros fines estructurales.

También observamos que los resultados de los ensayos de compresión en el Concreto con 20%Mk es parejo, consolidando un mejor desempeño al realizar el ensayo ya que cumple con los requerimientos de resistencia superando la media de  $f'cr= 210$  Kg/cm<sup>2</sup>.

### **Análisis comparativo del promedio C° patrón vs C° %MK a los 7 Días de curado**

En la Figura N° 10 Se observan los promedios o medias de los diferentes ensayos realizados en nuestra investigación durante los 7 días de curado, analizamos y comparamos con los datos de control de calidad de la N.T.P y se visualiza en la gráfica que los porcentajes superan el 70 %, exceptuando al promedio del concreto con 12%MK con un porcentaje de 57.30%.

Se visualiza con más claridad, como durante los primeros 7 días los concretos con 15% y 20%MK obtienen aceleradamente resistencia. Que al ser comparados con el concreto patrón son más altos.

### **Análisis comparativo del promedio C° patrón vs C° %MK a los 14 Días de curado**

En N° 11 Se observan los promedios o medias de los diferentes ensayos realizados en nuestra investigación durante los 14 días de curado, analizamos que los datos según N.T.P descrito en la gráfica de porcentajes para el control de calidad del concreto No superan el 90%, acercándose más el promedio del concreto con 20%MK que al ser redondeado resta 0.41% para ser aceptado en la cual cumple con la Norma.

Se observa también que el porcentaje promedio del C° 12%MK (68.94%) es menor que todas lo cual no supera el porcentaje adecuado de 90% - 95% significando que quizás no supere al 100 % de la Resistencia de Diseño que es  $f'_{cr} = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>.durante los siguientes días de curado.

Se observa también que el porcentaje promedio del C° 12%MK (68.94%) es menor que todas lo cual no supera el porcentaje adecuado de 90% - 95% significando que quizás no supere al 100 % de la Resistencia de Diseño que es  $f'_{cr} = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>.durante los siguientes días de curado.

Basándonos en la Tabla N° 72 de Desviación Estándar para diferentes controles de calidad y la Tabla N° 73 de nuestros datos de la Media y Desviación estándar hallados, los resultados de ensayos a compresión realizados en 14 días de curado para el concreto Patrón, 12%MK, 15%MK y 20%MK están en el rango de 200 – 250 kg/cm<sup>2</sup> y su desviación estándar son menores a 14.1 lo cual nos indican que el control de calidad de este grupo de probetas como son los referidos se califican como EXELENTE, con lo cual aceptamos una uniformidad muy buena en los especímenes del concreto

### **Análisis comparativo del promedio C° patrón vs C° %MK a los 28 Días de curado**

En la Figura N° 12 Se observan los promedios o medias de los diferentes ensayos realizados en nuestra investigación durante los 28 días de curado, analizamos que los datos según N.T.P descrito en la gráfica de porcentajes para el control de calidad del concreto no superan el 100%, exceptuando el promedio del concreto con 20%MK que califica como mejor Concreto.

Observamos que el Concreto patrón también alcanza el 100% al redondear lo cual refleja el manejo no tan adecuado del ensayo frente a las características que dictan la Normas pero que cumple con la valla porcentual.

También vemos que el promedio porcentual de concreto con 12%MK es el que se aleja más al porcentaje requerido según norma de calidad de concreto significando, que la aceptación se tiene que verificar al comportamiento de sus variables como el manejo eficiente del curado, la proporción de los agregados y la reacción del cemento con el Metacaolín.

### **Análisis comparativo de la Resistencia a la Compresión a los 7,14 y 28 días**

En la Figura N° 13 Observamos de manera resumida cómo se comporta el promedio de los resultados de los ensayos a compresión.

Mientras a los 7 días la resistencia sobrepasa la expectativa exceptuando lo del concreto con 12%Mk todos cumplen con la norma,

También decimos que a los 14 días se observa un crecimiento moderado de ellas de acorde a cómo vamos sustituyendo el MK, pero siempre por encima del concreto patrón Y En los 28 días de curado se observa el promedio de resistencias de concreto patrón con 209.17 Kg/cm<sup>2</sup> cercano de los 210.00 kg/cm<sup>2</sup> pero tolerante en  $\pm 5$  Kg/m<sup>2</sup> lo cual es aceptable respecto a la ganancia de resistencia, también resaltamos que los promedios porcentuales para los concretos de 12%MK y 15%MK no llegan, siendo más bajos que la del concreto Patrón.

Destaca con 220.07 Kg/cm<sup>2</sup> para el 20%MK que pasan el control de calidad del concreto según Norma Peruana. Significando esto el reforzamiento de que el concreto con MK se presenta mejor técnicamente en esta proporción

En la Figura N° 14 de curvas nos representa de una manera más visual cómo se comporta cada una de los correspondientes ensayos de calidad de concreto y la semejanza que conllevan.

Observamos que el concreto patrón tiene los mismos niveles y desniveles en los correspondientes días señalados con los ensayos de 20%MK, pero estos tienen mejores resistencias y están por encima de ella.

## **ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS POR TRACCIÓN INDIRECTA O COMPRESIÓN DIAMETRAL**

### **Análisis comparativo C° patrón vs C° %MK a los 14 días de curado:**

Según la Figura N° 15 los datos obtenidos del ensayo de tracción por Compresión diametral en laboratorio están encima los datos según formula equivalente cuya representación no es muy congruentemente a los **14 días** de curado.

El Comportamiento que se observa en el C° **Patrón** respecto a los datos del ensayo a compresión diametral obtenido en laboratorio y los datos de Formula equivalente según la **ACI y la NTP** se presenta con una diferencia de **0.568 Kg/cm<sup>2</sup>** lo cual tiene representación de holgura en estos **14 días de curado**. Pero los datos del Módulo T están por debajo de la formula equivalente.

La resistencia a la tracción por compresión diametral a los **14 días** de curado se ve incrementada en función del incremento de porcentaje de Metacaolín se reduce al pasar de 12%MK a 15%MK en **1.297 kg/cm<sup>2</sup>** y aumenta al pasar de 15%MK a 20%MK en **0.824 kg/cm<sup>2</sup>**. Promedio para ensayos según la formula equivalente y aumenta en **0.953 kg/cm<sup>2</sup>** promedio para los datos según laboratorio.

No obstante, podemos decir que la resistencia a tracción aumenta con la densidad. La mezcla al ser más densa tiene menor porcentaje de huecos y se consigue que haya menos zonas débiles de fractura por las cuales pueda romper.

### **Análisis comparativo C° patrón vs C° %MK a los 28 días de curado:**

Según la Figura N° 16 los datos obtenidos del ensayo de tracción por Compresión diametral están por encima de los datos respecto a la formula equivalente. Así como también nos representa que al aumentar mayor Porcentaje de sustitución de MK las resistencias aumentan.

El Comportamiento que se observa en el C° **Patrón** respecto a los datos del ensayo a compresión diametral obtenido en laboratorio y los datos de Formula equivalente según la **ACI y la NTP** se presenta con una diferencia de **3.699 Kg/cm<sup>2</sup>** lo cual existe representación de holgura en estos **28 días** de curado.

No hay diferencias significativas en los resultados de resistencia a tracción indirecta entre las probetas ensayadas en el laboratorio y los resultados hallados por la formula equivalente lo cual, nos indica que al trabajar con los datos de formula podría ser beneficioso pues representa el promedio de un ajuste respecto a varios resultados experimentales.

La resistencia a la tracción por compresión diametral a los **28 días** de curado se ve incrementada en función del incremento de porcentaje de Metacaolín en **1.68 g/cm<sup>2</sup>. Promedio Para** datos obtenidos en laboratorio y del mismo modo se da para el análisis según la formula equivalente pero el incremento es menor con **0.8595 kg/cm<sup>2</sup>.en Promedio.**

### **Análisis comparativo de la Resistencia a la Tracción C° patrón vs C° %MK a los 14 y 28 días de curado**

Según la Figura N° 17 Observamos que el concreto patrón tiene los mismos niveles y desniveles en los correspondientes días señalados con los ensayos de 20%MK, pero estos tienen mejores resistencias y están por encima de ella.

En esta grafica se ve más claro la tendencia de que el promedio de resistencias por tracción diametral crece al pasar los días en todos los diseños elaborados.

También se aprecia la distorsión del diseño con 12%MK respecto a los demás diseños de concreto, Indicándonos que por más mal ejecutado sea el ensayo se trata de subsanar durante todos los demás procesos.

También asentamos que con el método brasileño Es notoria la fuerte dispersión de los resultados frente a los resultados a tracción directa, pero son los más convincentes y mejor representación se tiene a los 28 días de curado.

### **ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD SEGÚN PROFUNDIDAD POR PENETRACIÓN BAJO PRESIÓN**

#### **Análisis comparativo de la Permeabilidad del C° patrón vs C° %MK a los 28 días de curado:**

Según la Figura N° 18 Observamos que el concreto Patrón tiene la mayor profundidad de penetración (5.73 cm) el cual nos indica según la Norma UNE- EN 12390-8 que no cumple con los 50mm de profundidad máxima.

También se aprecia que al sustituir las diferentes cantidades de %'es de MK la profundidad de Penetración está en el rango de 2 – 3, siendo el de 20%MK de menor longitud (2.48 cm) y que mejor se comporta para el uso de este concreto en elementos Pretensados

## **ANALISIS DE LOS ENSAYOS POR FLEXION CON EL METODO DE LA VIGA SIMPLE CARGADA EN EL TERCIO DE LA LUZ**

### **Análisis comparativo de los Ensayos Por Flexión del C° Patrón vs C° %MK:**

Según la Figura N° 19 Observamos que el concreto Patrón arroja resultados más homogéneos en los especímenes respecto a los diferentes Concretos con %`es de MK. También se observa en la Figura N° 20 que los ensayos de los especímenes del concreto patrón tienen el promedio más bajo frente a los concretos con sustituciones de MK.

Se aprecia que al sustituir al concreto 12%MK nos arroja un promedio mayor de resistencia por flexión de la viga que las sustituciones con 15%MK y 20%MK.

Se aprecia también que al sustituir mayor porcentaje de MK la resistencia a la flexión se incrementa.

## CONCLUSIONES:

- ☞ La fineza del caolín (MK) juega un papel importante en la reducción de la cantidad de agua producto de la absorción de su finura y la disminución del asentamiento en la mezcla de concreto, que a más cantidad de Caolín MK disminuyen estos respectivamente.
- ☞ Según el ensayo de Eflorescencia de Rayos X El caolín calcinado tiene mayor cantidad de Disilice (45.753 %) y aluminato (53.502 %), por consiguiente, mostró un comportamiento Puzolánico superior frente al Concreto Patrón. Ya que la mezcla Deslice y Calcio del Clinker generan la reacción puzolánica.
- ☞ El potencial hidrogeno de la Mezcla del Metacaolín y el Cemento es altamente alcalino lo cual es favorable en una reacción aglomerante.
- ☞ Al conservarse la relación a/c para los concretos con 12%MK, 15%Mk y 20%MK (0.703) se ha verificado que cuanto más proporción de MK empleamos menor trabajable será la mezcla de concreto o más cantidad de agua debemos emplear.
- ☞ En edades tempranas los resultados de las resistencias de concretos menos sobresalientes se dan cuando el porcentaje de MK es sustituido con la menor proporción (12%MK). Mientras el Concreto Patrón a los 28 días de curado alcanza su máxima resistencia cumpliendo con holgura la Norma al reajustarlo (209.17 kg/cm<sup>2</sup>), el concreto con sustitución de 20%MK sobrepasa la resistencia (220.07 kg/cm<sup>2</sup>) indicador que nos dice que a futuro seguirá aumentando.
- ☞ La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto según **NTP 339.084** con sustitución de 12%, 15% y 20% a los 28 días aumenta su porcentaje. El patrón de fisuración de las probetas ensayadas por compresión diametral es típico de los ensayos correctos por lo cual se cumple con la holgura respecto a la condición de fórmula aplicada ( $1.7\sqrt{f'c}$ ) y determinación según representación del 10% de la resistencia del concreto.

- ☞ La profundidad de penetración está en el rango de 2 – 3cm En representación a la menor profundidad se tiene al concreto con 20%MK con 2.58 cm indicador resultante para un concreto altamente permeable.
  
- ☞ La resistencia a la flexión en los diversos ensayos de diseños de concreto no genero falla de rotura ya que la fisura se produjo en el punto central del tercio medio. En representación de la mayor resistencia a la flexión se tiene al concreto de 20%MK con 53.62 kg/cm<sup>2</sup> y la menor resistencia a la flexión al concreto Patrón con 39.165 kg/cm<sup>2</sup>, indicador que nos dice que este diseño trabajaría de buena manera en pavimentos.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar una buena selección de las proporciones del concreto con el fin de tener un balance entre una economía razonable y los requerimientos para lograr la Trabajabilidad, resistencia, peso volumétrico y apariencias adecuadas, así como evaluar y controlar en cuanto a los efectos negativos de exudación que pudiera tener el concreto. Ya que es inevitable que no se presente por ser una de sus características inherente a su estructura.
- ✓ Es recomendable hacer una adecuada compactación de la mezcla para no tener burbujas de aire atrapado.
- ✓ En la USP debemos ser pioneros en la nanotecnología en el norte del Perú, comenzando con la iniciativa de la realización de ensayo químicos como la Fluorescencia y Difracción de rayos X.
- ✓ Se tiene que tener cuidado con el contenido de agua y la relación agua/cemento, pues si excedemos en agua parte de ella sobrara y formara espacios de aire en el interior, que afectara negativamente la resistencia del concreto.
- ✓ Buscar otro parámetro como es la EFICACIA al obtener dosificación donde actúan los elementos MK y relación a/c.
- ✓ Respecto a los análisis Termo gravimétricos hay que tener en consideración llevar a temperaturas mayores de los 750° para observar más claro el posible cambio del material.
- ✓ Aprovechar la pérdida de masa por efecto de la degradación de los polímeros para obtener una reacción Puzolánico significativa al obtener el aglomerante (disilice+aluminato+cemento+agua).
- ✓ Aprovechar La alcalinidad alta del material que conlleva a un aglomerante disoluto.
- ✓ Tener en cuenta los diseños del concreto para resistencias a Tracción ya que son tan importantes como las de compresión en la actualidad respecto a los nuevos parámetros de los movimientos telúricos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A, A., Carhuaricra, C., & Ramos, A. (2016). *Informe de Diseño de Mezcla ACI*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/HctorEliasVeraSalvad/informe-de-diseo-de-mezclas-aci>
- Abbas, R., Salah, A., & El-Sayed, E. (2010). *Dialnet*. Obtenido de uniriioja.es: [https://pdfs.semanticscholar.org/Academia.\(s.f.\).Concreto%20Traslucido](https://pdfs.semanticscholar.org/Academia.(s.f.).Concreto%20Traslucido). Obtenido de Monografias: [https://www.academia.edu/26047244/Concreto\\_transl%C3%BAcido\\_Monografias](https://www.academia.edu/26047244/Concreto_transl%C3%BAcido_Monografias) ; <https://enriquezd14.wordpress.com/2014/11/22/concreto-translucido/>
- Acuña, L., & Figueroa, M. (s.f.). *NANOPDF*. (C. U.–P. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, Editor) Obtenido de [https://nanopdf.com/download/elaboracion-de-hormigones-de-alta-resistencia-utilizando-metacaolin\\_pdf](https://nanopdf.com/download/elaboracion-de-hormigones-de-alta-resistencia-utilizando-metacaolin_pdf)
- ANA. (03 de 2019). *Autoridad nacional del Agua*. Obtenido de Repositorio Institucional ANA: <https://hdl.handle.net/20.500.12543/228>
- Arauco Vera, S. (2010). *Universidad Nacional de Ingeniería*. Obtenido de ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO UTILIZANDO CEMENTO DE LAREPÚBLICA DOMINICANA QUISQUEY A PORTLAND-TIPO 1: <https://docplayer.es/78314231-Universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-de-ingenieria-civil.html>
- Arenas Bernal, C. (2016). *UNSA(Universidad nacional de San Agustín)*. Obtenido de Repositorio Institucional: <http://repositorio.unsa.edu.pe>
- ASOCEM. (2013). *Asociacion de Productores de Cemento*. Obtenido de Boletin Tecnico N° 93: [http://web.asocem.org.pe/asocem/bib\\_img/98003-8-1.pdf?rand=1010Jun2021172236](http://web.asocem.org.pe/asocem/bib_img/98003-8-1.pdf?rand=1010Jun2021172236)
- ASTM, C. (2012). *Especificacion Normalizada de Agregados para Concreto*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/astm-c-33-4-pdf-free.html>
- Blanco-Varela, M., Martínez-Ramírez, S., & Fortes-Revilla, C. (2007). *APFAC*. Obtenido de [https://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2065\\_07.pdf](https://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2065_07.pdf)
- Blanco-Varela, M., Martínez-Ramírez, S., & Fortes-Revilla, C. (2007). *DÓCPLAYER*. Obtenido de <https://docplayer.es/50097198-Propiedades-y-durabilidad-de-los-morteros-de-cal-y-metacaolin.html>
- BolSpot.Com. (30 de Abril de 2009). *Concreto*. Obtenido de El agregado fino del concreto: <http://elconcreto.blogspot.com/search/label/EI%20Agregado%20Fino%20Del%20Concreto>.
- C.I.P., & Ardito, J. (s.f.). *Colegio de Ingenieros del Perú*. Obtenido de [https://www.cip.org.pe/publicaciones/2018/debate-nacional-agua-y-mineria12042018/Ing\\_Jose\\_Antonio\\_Ardito.pdf](https://www.cip.org.pe/publicaciones/2018/debate-nacional-agua-y-mineria12042018/Ing_Jose_Antonio_Ardito.pdf)
- Caballero, J. (09 de Nov de 2015). *slideshare*. Obtenido de Ingeniería: <https://es.slideshare.net/jaimcaballerohuman/aditivos-para-el-concreto-54892873>
- Calameo. (s.f.). *Cemento y sus Aplicaciones*. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/00635025435b1af10eaa8>
- Carbajal, S. (15 de Setiembre de 2016). *UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS*. Obtenido de INFORME N° 1 CEMENTO Y TIPOS: <https://es.slideshare.net/SHINEFERCARBAJAL/informe-n1-cemento>
- Carpio, A. (15 de Enero de 2017). *¿Qué es el Cemento?* Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/angelacarpioquispe/cemento-exposicin>
- Chipatecua, L. (s.f.). *Comunidad 360 en Concreto*. Obtenido de 360enConcreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/191cu193l-es-la-composici211n-qu205mica-del-cemento-y-c211mo-afecta-sus-propiedades>
- Construmática. (s.f.). *Construpedia*. Obtenido de Cemento: <https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento>
- Construmática. (s.f.). *Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción*. Obtenido de Construpedia: <https://www.construmatica.com/construpedia/Cemento>
- Courard, L., & Daimont, A. (2003). *scielo*. Obtenido de Ingeniería e Investigación: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092008000100012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092008000100012)
- David Osorio, J. (s.f.). *360 En Concreto*. Obtenido de Diseños de Mezcal de Concreto Conceptos básicos: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/calidad-y-aspectos-tecnicos/diseño-de-mezclas-de-concreto>
- Díaz Ponce, O. (04 de 2012). *UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*. Recuperado el 2016, de FACULTAD INGENIERIA: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3377\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3377_C.pdf)
- Díaz Ponce, O. (Abril de 2012). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3377\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3377_C.pdf)
- Economía, M. (Dic de 2014). *DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO MINERO*. Obtenido de [https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/minero/pm\\_caolin\\_2014.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_caolin_2014.pdf)

- Escalante, J., Navarro, A., & Gomez, L. (Mayo-Agosto de 2011). *SCRIBD*. Obtenido de bingj: <https://es.scribd.com/document/393404139/Mortero-Por-Reemplazo-de-Metacaolin>
- Gonzales, P. (27 de Febrero de 2012). *Prezi*. Obtenido de Presentación para Colproductos Industriales S.A.S.: [https://prezi.com/949clua\\_0-cy/caolin/](https://prezi.com/949clua_0-cy/caolin/)
- Hero, C. (s.f.). *Proceso de Fabricación del Cemento*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/47872688/PROCESO-DE-FABRICACION-DEL-CEMENTOdocx/>
- Huanca. (Marzo de 2006). *topodata*. Obtenido de Universidad Nacional del Altiplano.
- Huanca Samuel, L. (2006). *Universidad Nacional del Altiplano*. Obtenido de Diseño de Mezclas del Concreto: <https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/Dise%C3%B1o-de-Mezclas-de-Concreto-Ing.-Samuel-Laura-Huanca.pdf>
- IECA, I. E. (s.f.). *Componentes y Propiedades del Cemento*. Obtenido de <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- ITINTEC. (10 de Jun de 2006). *SCRIBD*. (E. Peruano, Editor) Obtenido de Norma ITINTEC: <https://es.scribd.com/doc/63161061/Norma-Itintec>
- ITINTEC-400.037. (s.f.). *Instituto de Investigacion Tecnologica Industrial y Normas Tecnicas*. Obtenido de monografias: <https://www.monografias.com/docs/Normas-para-agregados-F3YAVV7VF2A5>
- Khatib, J., & Wild, S. (1998). *Sulphate Resistance of Metakaolin Mortar* (Vol. 28). Pergamon. Obtenido de [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Sulphate+Resistance+of+Metakaolin+Mortar&author=Khatib+J.+M.&author=Wild+S.&publication\\_year=1998&journal=Cement+and+Concrete+Research&volume=28&issue=1&pages=83-92](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Sulphate+Resistance+of+Metakaolin+Mortar&author=Khatib+J.+M.&author=Wild+S.&publication_year=1998&journal=Cement+and+Concrete+Research&volume=28&issue=1&pages=83-92)
- Leon, P., & Ramirez, F. (08 de 2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista Ingenieria de Construccion*, 25, 02, 215-240. (www.ing.puc.cl/ric, Ed.) Bogota, Colombia. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732010000200003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003)
- López, A., Aguilar, J., Garibay, A., Sanchez, M., & Lizeth, M. (s.f.). *COSTOS DIRECTOS*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/AlanGaribay/costos-directos-12495559>
- Malopesk, J., & Pytel, Z. (2000). *Effect of metakaolinite on strength and chemical resistance of cement mortars*. Canmet. Obtenido de <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/5749>
- Martinez, L. (2018). *UNIVERSIDAD SAN PEDRO*. Obtenido de ESCUELA DE POST GRADO: [http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10854/Tesis\\_60692.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10854/Tesis_60692.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Minería, C. G. (Diciembre de 2014). *Perfil del Mercado del Caolin*. Obtenido de Dirección General de Desarrollo minero: [https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/minero/pm\\_caolin\\_2014.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/minero/pm_caolin_2014.pdf)
- Ministerio de Vivienda, C. y. (08 de MAYO de 2009). *NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.060 CONCRETO ARMADO*. Obtenido de DECRETO SUPREMO 010-2009-VIVIENDA: <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view>
- MINSA. (1970). *Ministerio de Salud*. Obtenido de gobierno del Peru: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/353220-ley-general-de-aguas-decreto-ley-n-17752-reglamento-de-los-titulos-i-ii-y-iii-en-la-parte-que-concierne-a-las-funciones-del-ministerio-de-salud-en-los-aspectos-de-preservacion-de-las-aguas>
- Narro Vidaurre, E. (9 de Julio de 2013). *Diseño de Mezclas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/estefanynarrovidaurre/diseo-de-mezclas-24071074>
- Navarro. (2008). *CEMENTO*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/09/def-y-elaboracion-cemento.pdf>
- Navarro Tello, R. (17 de Noviembre de 2011). *Dosificación y Diseño de Mezcla de Concreto*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/rogerjob/dosificacion-o-diseo-de-mezclas-del-concreto>
- NTP. (2008). *Norma Tecnica Peruana*. Obtenido de StuDocu: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/ntp-400011-agregados-definicion-y-clasificacion/8804956>
- NTP. (13 de 07 de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Norma Tecnica Peruana: <https://es.slideshare.net/ianjaelespinozacandia/356376665-ntp334009cementosportlandrequisitospdf>
- Pacasmayo. (s.f.). *cementospacasmayo*. Obtenido de pacasmayoprofesional: [https://storage.googleapis.com/pacasmayo-profesional/documents/FICHA\\_TECNICA\\_TIPOI.pdf](https://storage.googleapis.com/pacasmayo-profesional/documents/FICHA_TECNICA_TIPOI.pdf)
- Pacsi, R. (2018). *Repositorio Institucional UNA-PUNO*. Obtenido de Universidad Nacional del Altiplano: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6896/Pacsi\\_Catacora\\_Rub](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6896/Pacsi_Catacora_Rub)
- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2012). *Manual del Concreto Estructural* (4ta ed.). Venezuela. Obtenido de biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT2575.pdf

- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (Junio de 2014). *Libro Concreto -Amazon AWS*. Obtenido de Manual del Concreto Estructural: <https://pe56d.s3.amazonaws.com/p193k6ak6nqf8199a17uh1ukueue9.pdf>
- Portugal, P. (14 de Nov de 2010). *SCRIBD*. Obtenido de Tecnología del Concreto de alto Desempeño: <https://es.scribd.com/doc/42540958/Tecnologia-Del-Concreto-de-Alto-Desempeno>
- Prezi. (Octubre de 2016). *Normatividad del Cemento en el Perú*. Obtenido de <https://prezi.com/o07lsvg6dss/normatividad-del-cemento-en-el-peru/>
- Quispe Ttito, A. (2013). *Universidad Nacional del Cusco*. Obtenido de <https://1library.co/document/z3lgw4mz-granulometria-de-agregados-finos.html>
- Remlochan, T., & Thomas, M. (2000). *Effect of Metakaolin on External Sulfate Attack*. Conmet. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000086&pid=S0120-5609200800010001200020&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000086&pid=S0120-5609200800010001200020&lng=en)
- Restrepo Gutierrez, C. (13 de Mayo de 2006). *Universidad Nacional de Colombia, Grupo del Cemento y Materiales de Construcción*. (Dyna, Editor) Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49615017.pdf>
- Rivva López, E. (2006). *Durabilidad y Patología del Concreto*. Obtenido de PDF Slide: <https://pdfslide.tips/reader/f/durabilidad-y-patologia-del-concreto-enrique-rivva-1-59295b97b2e97>
- Rodriguez-Camacho, R., Damazo Juarez, D., & Uribe-Afif, R. (2000). *imcyc*. Obtenido de Construcción y Tecnología: <http://www.imcyc.com/revista/2000/julio2000/pusolanicos3.htm>
- Rosalay, K. (15 de Setiembre de 2015). *Tecnología de los Materiales*. Obtenido de <http://rosalay-another-sakakibaraymisaki.blogspot.com/2015/09/semana-v.html>
- Sanchez de Rojas, M., & Frias, M. (Jun de 1996). *DIGITAL.C SIC*. Obtenido de Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja: <http://hdl.handle.net/10261/39903>; <https://digital.csic.es/handle/10261/39903>
- Sanchez Stasiw, C. (19 de 03 de 2013). *Repositorio Academico UPC*. (U. P. (UPC), Editor) Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/273578>
- Sanchez Stasiw, K. (Marzo de 2008). *Repositorio Academico UPC*. Obtenido de Estudio experimental del empleo de diatomita en la producción de concreto de alto desempeño: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273578/CSanchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santillan, m. (2019). *Universidad Nacional de Cajamarca*. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3029/TESIS%20PARA%20TITULO%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SENCICO. (2020). *Norma Técnica Peruana (NTP)*. Obtenido de Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): <https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwwm6rDs47GV374avco2yIU5Kz/view>
- SENSICO. (2019). *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Obtenido de <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- SINIA. (2005). *Sistema Nacional de Información Nacional*. Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-general-ambiente>
- SISTEMAMID. (10 de 05 de 2014). *sistemamid*. Obtenido de Biblioteca: [https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-10\\_02-48-21100365.pdf](https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-10_02-48-21100365.pdf)
- Swany, I. (2004). *SCRIBD; ISSUU*. (J. Alva, Editor) Obtenido de Tecnología del Concreto de Alto Desempeño: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7810/1/D-39513.pdf>; <https://es.scribd.com/doc/42540958/Tecnologia-Del-Concreto-de-Alto-Desempeno>; <https://issuu.com/jazminalva/docs/42540958-tecnologia-del-concreto-de>
- Terrones Rojas, L. (2016). *ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6831/4/TESIS-AN%C3%81LISIS%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MEC%C3%81NICAS%20DE%20UN%20CONCRETO%20CONVENCIONAL%20ADICIONANDO%20FIBRA%20DE%20C%C3%81C%2091A.pdf>
- Torres, J., M de Gutierrez, R., Castelló, R., & Vizcayno, C. (Junio de 2011). *Scielo*. Obtenido de Análisis comparativo de caolines de diferentes fuentes para la producción de metacaolín: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0255-69522011000100006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522011000100006)
- Tufino, D. (2019). *UNIVERSIDAD RICARDO PÁLMA*. Obtenido de VARIACIÓN DE RESISTENCIAS VS. EDADES Y RELACIÓN A/C CON CEMENTO PÓRTLAND TIPO I (SOL): [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/129/tufino\\_dr.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/129/tufino_dr.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- UIS. (s.f.). *Universidad Industrial de Santander*. Obtenido de Biblioteca Base de Datos: <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co/login>; <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/>
- UNAP. (2019). *Universidad nacional del Altiplano Puno*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/presentation/419361556/El-concreto-en-la-construccion>; <https://portal.unap.edu.pe/>

- UNC. (s.f.). *Universidad nacional de Cajamarca*. Obtenido de Repositorio Institucional: <https://repositorio.unc.edu.pe/>
- UNJ. (s.f.). *Universidad de Jaen*. Obtenido de Repositorio Institucional: <http://repositorio.unj.edu.pe/>
- Unknown. (3 de Julio de 2016). *Tecnología del Concreto*. Obtenido de Propiedades del Concreto en el Estado Fresco: <http://tecnologia-concreto.blogspot.com/2016/07/semana-10-concreto-en-estado-fresco.html>
- UNS. (s.f.). *Universidad Nacional del Santa*. Obtenido de Repositorio Institucional: <http://repositorio.uns.edu.pe/>
- UNSM. (s.f.). *Universidad Nacional de San Martin*. Obtenido de Repositorio Institucional: <http://repositorio.unsm.edu.pe/>
- UPC. (s.f.). *Universidad Privada de Ciencias Aplicadas*. Obtenido de Repositorio Institucional: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/>
- UPN. (2018). *Universidad Privada del Norte*. Obtenido de Repositorio Institucional: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13752>
- URP. (s.f.). *Universidad Ricardo palma*. Obtenido de Repositorio Digital de Tesis: <http://cybertesis.urp.edu.pe/>; <http://repositorio.urp.edu.pe/>
- USP. (s.f.). *Universidad San Pedro*. Obtenido de Repositorio Institucional: <https://repositorio.usanpedro.edu.pe/>
- USS. (s.f.). *Universidad Señor de Sipan*. Obtenido de Repositorio Instirucional: <https://repositorio.uss.edu.pe/>
- Valdivia Mejia, E., & Benero Valdivia, M. (2014). *UNSA*. Obtenido de Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4024/IQvameea057.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valencia Elguera, G., & Ibarra Navarro, M. (Diciembre de 2013). *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Obtenido de ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR PATRONES DE CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN CONCRETO SIMPLE: [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5343/VALENCIA\\_GABRIELA\\_ESTUDIO\\_CORRELACION\\_RESISTENCIA\\_COMPRESION\\_VELOCIDAD\\_PULSO\\_ULTRASONICO\\_CONCRETO\\_SIMPLE.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5343/VALENCIA_GABRIELA_ESTUDIO_CORRELACION_RESISTENCIA_COMPRESION_VELOCIDAD_PULSO_ULTRASONICO_CONCRETO_SIMPLE.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vaquez A, R., & Pacasmayo. (s.f.). *Cementos Pacasmayo*. Obtenido de [http://www.dino.com.pe/download/?file=100611\\_Cemento\\_y\\_sus\\_aplicaciones.pdf](http://www.dino.com.pe/download/?file=100611_Cemento_y_sus_aplicaciones.pdf).
- Villegas, E. (2017). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA*. Obtenido de FACULTAD DE INGENIERÍA: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1094/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vizconde Poémape, H. (30 de Junio de 2013). *Diseño de Mezclas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/HebertPoemape/diseo-de-mezclas-23718139>

**APENDICES Y**

**ANEXOS**



**DISEÑO DE MEZCLA**

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LA  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 17/08/2017

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm<sup>2</sup>, 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 2.69
- Peso unitario suelto 1525 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1748 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.41 %
- Absorción 0.84 %
- Módulo de fineza 3.02

D.- Agregado grueso

**CANTERA : SAN THOMAS**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 1"
- Peso especifico de masa 2.83
- Peso unitario suelto 1472 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1618 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.33 %
- Absorción 0.49 %





### 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 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup>.

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

### FACTOR DE CEMENTO

F.C. :  $193 / 0.684 = 282.16 \text{ kg/m}^3 = 6.64 \text{ bolsas / m}^3$

### VALORES DE DISEÑO CORREGIDÓS

Cemento.....	282.164 kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	198.371 lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	813.895 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	1136.376 kg/m <sup>3</sup>

### PROPORCIONES EN PESO

$\frac{282.16}{282.16}$	:	$\frac{813.895}{282.16}$	:	$\frac{1136.38}{282.16}$	:	
1	:	2.88	:	4.03	:	29.88 lts / bolsa

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

1	:	2.83	:	4.09	:	29.88 lts / bolsa
---	---	------	---	------	---	-------------------



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



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

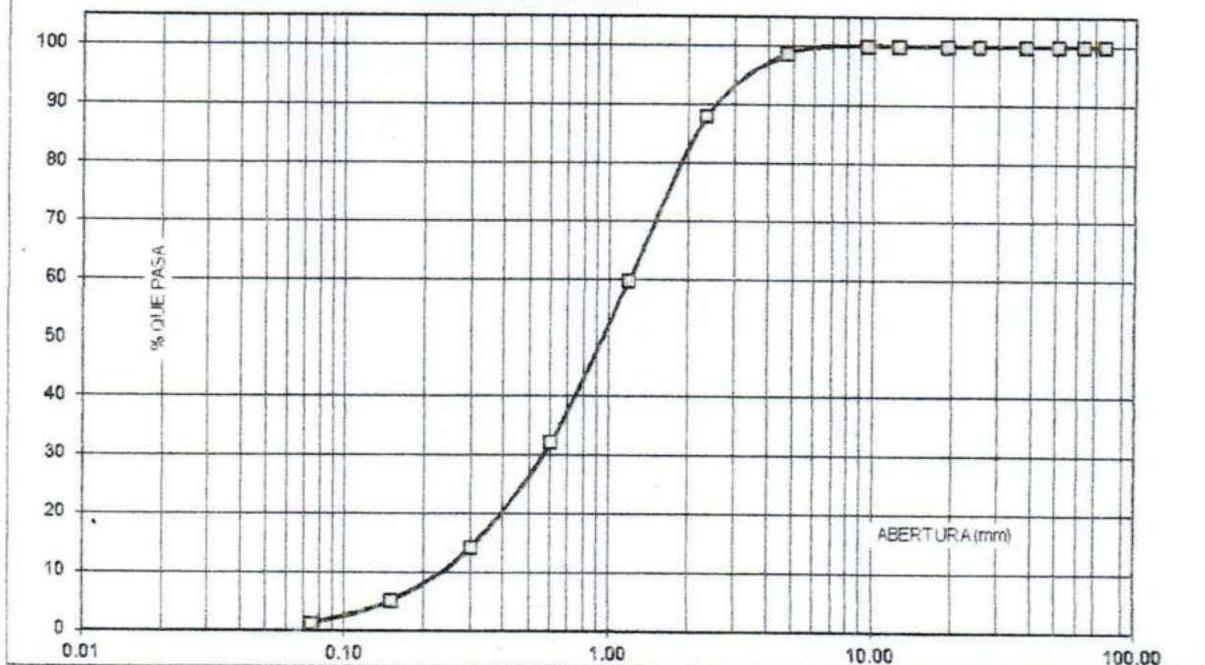
SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : VESIQUE  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 17/08/2017

TAMIZ	Peso retenido	% rel. Parcial	% rel. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
5/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	11.9	1.3	98.7
N° 8	2.36	95.9	10.7	86.0
N° 16	1.18	254.5	28.3	59.7
N° 30	0.60	247.2	27.5	67.9
N° 50	0.30	160.4	17.9	85.7
N° 100	0.15	81.6	9.1	94.8
N° 200	0.08	34.6	3.9	96.7
PLATO	ASTM C-117-04	12	1.3	100.0
TOTAL		896.1	100.0	

PROPIEDADES FISICAS	
Modulo de Fineza	3.02

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMETRICA



Finos Limo y Arcilla	Arena			Gravilla Fina
	Fina	Media	Gruesa	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 JEFATURA  
 Ing. Jorge Martínez Reyes  
 J.E.E.



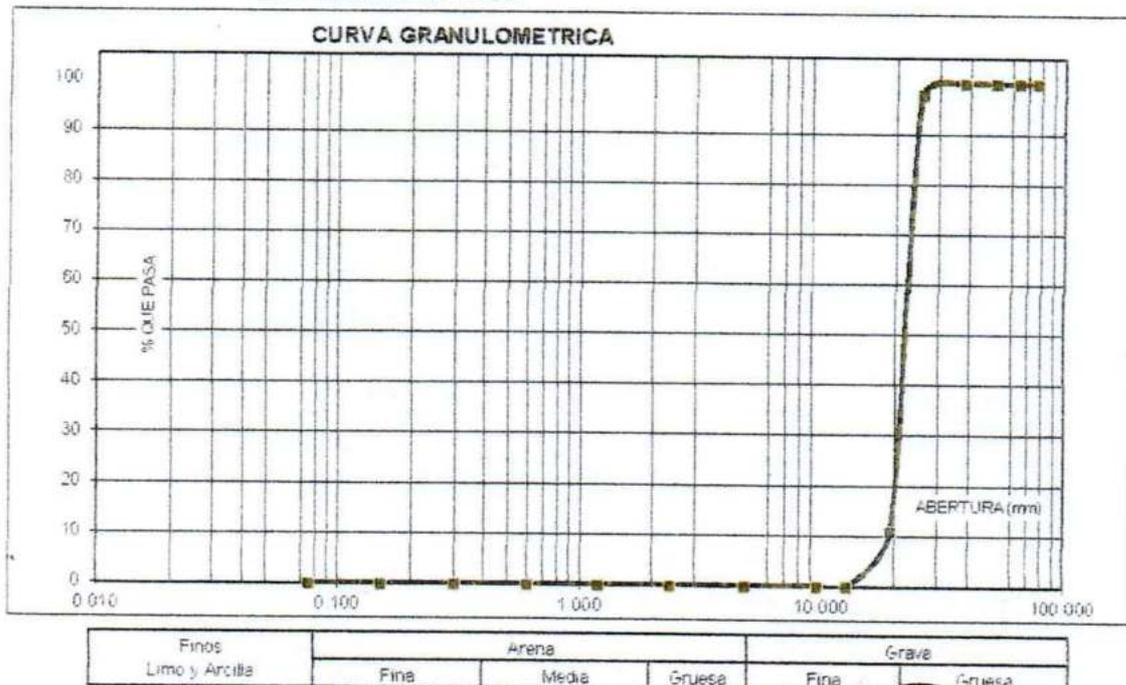
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-08)

SOLICITA: BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS: INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA: SAN THOMAS  
 MATERIAL: PIEDRA CHANCADA  
 FECHA: 17/08/2017

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu	% Que pase
N°	Abert. (mm)	(gr)	(%)	(%)	(gr)
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	224.1	2.3	2.3	97.7
3/4"	19.100	2550.0	26.7	29.0	71.0
1/2"	12.500	1086.0	11.0	100.0	0.0
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 8	2.380	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		9860.1	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Tamaño Máximo Nominal	1"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante



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



### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA: BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS: INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA: VESIQUE  
 MATERIAL: ARENA GRUESA  
 FECHA: 17/09/2017

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7844	7662	7506
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4324	4302	4186
Volumen de molde	2803	2803	2803
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1543	1556	1493
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>		1531	
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>		<b>1526</b>	

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8240	8218	8262
Peso de molde	3320	3320	3320
Peso de muestra	4920	4896	4942
Volumen de molde	2803	2803	2803
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1755	1747	1763
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>		1755	
<b>CORREGIDO POR HUMEDAD</b>		<b>1749</b>	



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



### PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA BACH. TELLO BAZAN GERALD BACH. PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA SAN THOMAS  
 MATERIAL PIEDRA CHANCADA  
 FECHA 17/09/2017

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	12060	12865	12860
Peso de molde	5110	5110	5110
Peso de muestra	13950	13755	13750
Volumen de molde	9355	9355	9355
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1491	1470	1470
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>		1477	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1472	

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20130	20330	20375
Peso de molde	5110	5110	5110
Peso de muestra	15020	15270	15265
Volumen de molde	9355	9355	9355
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1606	1632	1632
<b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b>		1623	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1619	



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



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO  
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 17/08/2017

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	932.1	943.3
TARA + SUELO SECO (gr)	929.4	939.9
PESO DEL AGUA (gr)	2.7	3.4
PESO DE LA TARA (gr)	208.6	161.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	720.8	778.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.37	0.44
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.41	



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



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : SAN THOMAS  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 17/08/2017

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1194.6	1050.2
TARA + SUELO SECO (gr)	1189.6	1048.9
PESO DEL AGUA (gr)	5	1.3
PESO DE LA TARA (gr)	208.6	181.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	981	867.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.51	0.15
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.33	



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



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

SOLICITA: BACH. TELLO BAZAN GERALD BACH. PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS: INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAQUIN, SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO/FC = 210 Y/G/CM2  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA: VESIQUE  
 MATERIAL: ARENA GRUESA  
 FECHA: 17/08/2017

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr	711.10	711.10
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm <sup>3</sup>	1011.10	1011.10
D	Peso de picnometro + agua + material	gr	900.30	900.30
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm <sup>3</sup>	110.80	110.80
F	Peso de material seco en estufa	gr	297.50	297.50
G	Volumen de masa (E-(A-F))		108.30	108.30
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.685	2.685
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.708	2.708
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.747	2.747
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100		0.84	0.84

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.685  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.708  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.747  
 Absorción (%) : 0.84



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

Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



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

SOLICITA BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA SAN THOMAS  
 MATERIAL PIEDRA CHANCADA  
 FECHA 17/06/2017

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1240.39	1201.40
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	809.39	774.99
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	431.00	426.41
D	Peso de material seco en estufa	1233.80	1196.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	424.41	421.01
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.863	2.805
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.878	2.817
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.907	2.841
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.53	0.45

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.834  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.848  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.874  
 Absorción (%) : 0.49



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



**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO PATRON**

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO TIPO I**

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	20.660	20.660
Peso de molde	3.420	3.420
Peso de muestra	17.240	17.24
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007079	0.007079
Peso unitario (Kg/m3)	2435	2435
<b>Peso unitario prom. (Kg/m3)</b>	<b>2435</b>	

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

**NOTA:** La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio.



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



PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO PATRON

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN.SOBRE LA:  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO PULZOLANICO 12 %MK

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	20.957	20.957
Peso de molde	3.432	3.432
Peso de muestra	17.525	17.525
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007079	0.007079
Peso unitario (Kg/m3)	2476	2476
Peso unitario prom. (Kg/m3)	2476	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

NOTA: La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio.



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



**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO PATRON**

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN.SOBRE LA:  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 17/08/2017

**PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO PULZOLANICO 15 %MK**

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	20.966	20.966
Peso de molde	3.435	3.435
Peso de muestra	17.531	17.531
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007079	0.007079
Peso unitario (Kg/m3)	2476	2476
<b>Peso unitario prom. (Kg/m3)</b>	<b>2476</b>	

**ESPECIFICACIONES:** El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

**NOTA:** La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio.



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



PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO PATRON

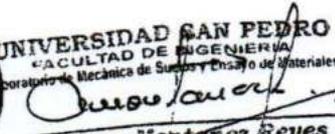
SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LA:  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

PESO UNITARIO DE CONCRETO FRESCO CON TIPO DE CEMENTO PULZOLANICO 20 %MK

Ensayo N°	01	02
Peso de molde + muestra	20.976	20.976
Peso de molde	3.432	3.432
Peso de muestra	17.544	17.544
Vol. De 1/4 pie 3 a m3	0.007079	0.007079
Peso unitario (Kg/m3)	2478	2478
<b>Peso unitario prom. (Kg/m3)</b>	<b>2478</b>	

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño NPT 339.046

NOTA: La muestra fueron realizadas por el interesado en este laboratorio.

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



AIRE ATRAPADO CEMENTO TIPO I-PATRON

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.684

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	2.0	2.1	1.9
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	2.00		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 338.036

NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio

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



**AIRE ATRAPADO-EXPERIMENTAL 12% MK**

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.684

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	1.3	1.5	1.4
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	1.40		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036

NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



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



AIRE ATRAPADO-EXPERIMENTAL 15% MK

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.684

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	1.5	1.4	1.6
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	1.50		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036  
NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



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



AIRE ATRAPADO-EXPERIMENTAL 20% MK

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 17/08/2017

CONTENIDO DE AIRE : CONCRETO PATRON Y RELACION A/C 0.684

Ensayo N°	01	02	03
CONTENIDO DE AIRE (%)	1.9	1.8	1.7
PROM. DE CONTENIDO DE AIRE (%)	1.80		

ESPECIFICACIONES : El ensayo corresponde a la norma de diseño NTP 339.036

NOTA : La muestra fue realizada por el interesado en este laboratorio



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



### ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO PATRON

SOLICITA: BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS: INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM<sup>2</sup>  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA: 17/08/2017

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:37:00 a. m.	10	3.0	3.0
09:47:00 a. m.	10	5.0	8.0
9:57:00 a. m.	10	4.0	12.0
10:27:00 a. m.	30	3.0	15.0
10:57:00 a. m.	30	3.0	18.0
11:27:00 a. m.	30	1.5	19.5
11:57:00 a. m.	30	1.7	21.2
12:27:00 a. m.	30	0.5	21.7
	30	0.0	21.7

$$C = \frac{W}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L  
 w : Agua efectiva, en L  
 W : Cantidad total de materiales, en kg  
 V : Volumen final exudado, en L

$$V = 0.0217 \text{ lt}$$

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.818 kg
w : Agua efectiva, en L	1.278 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	5.245 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	7.323 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	15.664 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.703$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
42	58

Peso del Recipiente kg	3425 kg
Peso del concreto + recipiente	3440.664 kg
S : Peso del concreto; en Kg	15.664 kg

$$C = 1.3 \text{ lt}$$

$$\text{EXUDACIÓN (\%)} = 1.70 \%$$



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



### ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO PATRON-EXPERIMENTAL 12% MK

SOLICITA : BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 17/08/2017

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:37:00 a. m.	10	2.0	2.0
09:47:00 a. m.	10	4.0	6.0
9:57:00 a. m.	10	3.0	9.0
10:27:00 a. m.	30	2.0	11.0
10:57:00 a. m.	30	2.0	13.0
11:27:00 a. m.	30	1.4	14.4
11:57:00 a. m.	30	1.6	16.0
12:27:00 a. m.	30	0.5	16.5
	30	0.0	16.5

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w : Agua efectiva, en L

W : Cantidad total de materiales, en kg

V : Volumen final exudado, en L

$$V = 0.0165 \text{ lt}$$

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.600 kg
Caolín kg/m <sup>3</sup>	0.218 kg
w : Agua efectiva, en L	1.278 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	5.245 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	7.323 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	15.664 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.703$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
42	58

Peso del Recipiente kg	3425 kg
Peso del concreto + recipiente	3440.664 kg
S : Peso del concreto; en Kg	15.664 kg

$$C = 1.3 \text{ lt}$$

$$\text{EXUDACIÓN (\%)} = 1.29 \%$$



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



**ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO PATRON-EXPERIMENTAL 15% MK**

SOLICITA BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA 17/08/2017

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:37:00 a. m.	10	2.0	2.0
09:47:00 a. m.	10	3.0	5.0
9:57:00 a. m.	10	4.0	9.0
10:27:00 a. m.	30	2.0	11.0
10:57:00 a. m.	30	2.0	13.0
11:27:00 a. m.	30	1.4	14.4
11:57:00 a. m.	30	1.2	15.6
12:27:00 a. m.	30	0.9	16.5
	30	0.0	16.5

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L  
 w : Agua efectiva, en L  
 W : Cantidad total de materiales, en kg  
 V : Volumen final exudado, en L

$$V = 0.0165 \text{ lt}$$

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.545 kg
Caolin kg/m <sup>3</sup>	0.273 kg
w : Agua efectiva, en L	1.278 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	5.245 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	7.323 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	15.664 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.703$$

AGREGADOS	
Ag Fino (%)	Ag. Grueso (%)
42	58

Peso del Recipiente kg	3425 kg
Peso del concreto + recipiente	3440.664 kg
S : Peso del concreto; en Kg	15.664 kg

$$C = 1.3 \text{ lt}$$

$$\text{EXUDACIÓN (\%)} = 1.29 \%$$



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

*Jorge Montañes Reyes*  
**Ing. Jorge Montañes Reyes**  
 JEFE



### ENSAYO DE EXUDACION DE CONCRETO PATRON-EXPERIMENTAL 20% MK

SOLICITA BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA 17/08/2017

TIEMPO (hrs)	INTERVALO (min)	VOLUMEN (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)
09:37:00 a. m.	10	2.0	2.0
09:47:00 a. m.	10	2.0	4.0
9:57:00 a. m.	10	3.0	7.0
10:27:00 a. m.	30	3.0	10.0
10:57:00 a. m.	30	3.0	13.0
11:27:00 a. m.	30	1.6	14.6
11:57:00 a. m.	30	1.1	15.7
12:27:00 a. m.	30	0.8	16.5
	30	0.0	16.5

$$C = \frac{w}{W} \times S$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = \frac{V}{C} \times 100$$

Donde :

C : Masa del agua en la muestra de ensayo, en L

w : Agua efectiva, en L

W : Cantidad total de materiales, en kg

V : Volumen final exudado, en L

$$V = 0.0165 \text{ lt}$$

Cemento kg/m <sup>3</sup>	1.454 kg
Caolin kg/m <sup>3</sup>	0.364 kg
w : Agua efectiva, en L	1.278 lt
Ag Fino kg/m <sup>3</sup>	5.245 kg
Ag Grueso kg/m <sup>3</sup>	7.323 kg
W : Cantidad total de materiales, en kg	15.664 kg

$$\text{Relacion a/c} = 0.703$$

AGREGADOS	
Ag. Fino (%)	Ag. Grueso (%)
42	58

Peso del Recipiente kg	3425 kg
Peso del concreto + recipiente	3440.664 kg
S : Peso del concreto; en Kg	15.664 kg

$$C = 1.3 \text{ lt}$$

$$\text{EXUDACION (\%)} = 1.29 \%$$



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

Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



## DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chaletier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
MATERIAL : CAOLIN100%  
FECHA : 25/09/2017

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.00	21.00
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.00	21.00
PESO ESPECIFICO		3.048	3.048
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm <sup>3</sup> )	3.05	



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

*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**

( Frasco de Le Chaletir)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 MATERIAL : CEMENTO 80% + CAOLIN 20%  
 FECHA : 25/09/2017

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	18.60	18.60
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	18.60	18.60
PESO ESPECIFICO		3.441	3.441
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm3)	3.44	



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



## DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

( Frasco de Le Chaletoir)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 MATERIAL : CEMENTO 85% + CAOLIN15%  
 FECHA : 25/09/2017

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	19.50	19.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.50	19.50
PESO ESPECIFICO		3.282	3.282
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm <sup>3</sup> )	3.28	



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

*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
 JEFE



**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO**

( Frasco de Le Chaletier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: TELLO BAZAN GERALD BACH: PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS : INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN.SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 MATERIAL : CEMENTO 88% + CAOLIN12%  
 FECHA : 25/09/2017

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.20	20.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.20	20.20
PESO ESPECIFICO		3.168	3.168
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	( gr / cm <sup>3</sup> )	3.17	



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



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA 17/08/2017

F' C : 210 kg/cm2

N°	TESTIGO	SL/CMF (%)	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F' C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	13/10/2014	29/10/2014	7	161.64	76.97
02	PATRON	-	13/10/2014	20/10/2014	7	168.71	80.34
03	PATRON	-	13/10/2014	20/10/2014	7	166.01	79.05
04	PATRON	-	13/10/2014	27/10/2014	14	182.01	86.67
05	PATRON	-	13/10/2014	27/10/2014	14	186.50	88.81
06	PATRON	-	13/10/2014	27/10/2014	14	180.79	86.09
07	PATRON	-	13/10/2014	10/11/2014	28	206.30	98.24
08	PATRON	-	13/10/2014	10/11/2014	28	212.29	101.09
09	PATRON	-	13/10/2014	10/11/2014	28	208.93	99.49

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 INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
 JEFE



### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 12%MK

SOLICITA BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA 17/08/2017

F C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	P.C.T.C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	26/11/2014	7	143.83	70.87
02	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	26/11/2014	7	143.05	68.12
03	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	26/11/2014	7	145.99	69.52
04	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	03/12/2014	14	164.68	78.42
05	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	03/12/2014	14	161.66	76.98
06	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	03/12/2014	14	163.38	78.04
07	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	17/12/2014	28	197.46	94.03
08	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	17/12/2014	28	189.40	90.19
09	EXPERIMENTAL 12% MK	-	19/11/2014	17/12/2014	28	186.40	88.76

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 INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 15%MK**

SOLICITA BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA 17/08/2017

F C : 210 kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	PCT C (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	09/12/2014	7	171.30	81.57
02	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	09/12/2014	7	169.43	80.68
03	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	09/12/2014	7	169.70	80.81
04	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	16/12/2014	14	156.48	80.80
05	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	16/12/2014	14	164.51	87.86
06	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	16/12/2014	14	183.83	87.54
07	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	30/12/2014	28	188.27	89.65
08	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	30/12/2014	28	196.77	93.70
09	EXPERIMENTAL 15% MK	-	02/12/2014	30/12/2014	28	197.30	93.96

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 INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

*Jorge Montañez Reyes*  
**Ing. Jorge Montañez Reyes**  
 JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 20% MK**

SOLICITA: BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS: INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA: 17/08/2017

F C : 210 Kg/cm2

Nº	TESTIGO	SLUMP (*)	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/FC (%)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	10/12/2014	7	171.60	81.75
02	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	10/12/2014	7	173.00	82.38
03	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	10/12/2014	7	176.00	83.81
04	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	17/12/2014	14	167.36	79.22
05	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	17/12/2014	14	189.76	90.37
06	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	17/12/2014	14	185.79	88.47
07	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	31/12/2014	28	216.63	104.11
08	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	31/12/2014	28	220.90	105.19
09	EXPERIMENTAL 20% MK	-	09/12/2014	31/12/2014	28	220.69	105.09

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 INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE



**ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA-PATRON**

SOLICITA BACH TELLO BAZAN GERALD BACH PRIETO MARRERO WILLIE  
 TESIS INFLUENCIA DE LA SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND POR EL CAOLIN, SOBRE LAS  
 PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL CONCRETO FC = 210 KG/CM2  
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA 17/08/2017

F C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	CARGA P(Kg)	FC Kg/Cm2
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	29/10/2014	11/11/2014	14	15170.00	21.04
02	PATRON	-	29/10/2014	11/11/2014	14	15850.00	22.05
03	PATRON	-	29/10/2014	11/11/2014	14	14610.00	20.40
04	PATRON	-	29/10/2014	25/11/2014	28	18560.00	25.74
05	PATRON	-	29/10/2014	25/11/2014	28	21990.00	30.50
06	PATRON	-	29/10/2014	25/11/2014	28	20610.00	28.58

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño MTC E 708.

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



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