



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“ANÁLISIS DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO
RECICLADO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN DE VEREDAS DE
CONCRETO ADICIONADO CON HUMO DE SILICE FRENTE A
ESFUERZOS DE COMPRESIÓN PARA EL REUSO EN VEREDAS EN
LA CIUDAD DEL CUSCO 2017-2018”**

PRESENTADO POR:

**VALENCIA PUMA JHALMAR FREDY
BACHILLER EN INGENIERIA CIVIL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR TÉCNICO
MG. ING. ESCOBAR MASIAS JUAN PABLO**

**ASESOR METODOLÓGICO
DR. AGUIRRE ESPINOZA EDWARDS**

CUSCO – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis familiares.

Que siempre han estado a mi lado apoyándome, y aportando toda su sabiduría para que pueda escoger el camino correcto. Por sus días, tardes y noches que pasaron a nuestro lado buscando la solución a problemas que se han presentado, y sobre todo por el infinito amor que han demostrado tenerme y ese extra que se siente al entrar a mi casa, gracias.

A mis profesores.

Por esa paciencia infinita, y ese enorme deseo de transmitir tanto sus conocimientos profesionales como personales y sobre todo por formar parte importante en nuestra estancia dentro de la universidad y a todos aquellos profesores que llegamos a decepcionar les agradecemos más, porque aun con todo estuvieron al pie del cañón día y noche.

El Autor

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres quienes sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron gran parte de su vida para educarme. A mis hermanos quienes la ilusión de su vida ha sido verme convertido en un hombre de provecho.

También agradecer a mis docentes de la Universidad Alas Peruanas por la calidad humana y profesional que me demostraron e inculcaron, y además gracias por haber influenciado positivamente en mi formación profesional.

Finalmente, agradecer a mis amigos por su compañía y apoyo incondicional en todo momento.

El Autor

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evalúa el comportamiento de la resistencia a compresión (F_c) con la sustitución del concreto reciclado en reemplazo del agregado piedra chancada de $\frac{1}{2}$ " en porcentajes de 15%, 20%, 25%, 30%, 40% y 60%, y a partir de los resultados obtenidos se determinó que la resistencia a la compresión en probetas -testigos de concreto de diseño FC 210 kg/cm², incrementa significativamente su resistencia.

Se utilizó el humo de sílice como aditivo en función para la resistencia de la compresión

Cabe precisar que los componentes o materiales de concreto, utilizados en los diferentes ensayos de la investigación, fueron sujetos al cumplimiento de las condiciones ideales de la Norma Técnica Peruana, para obtener resultados óptimos.

El agregado grueso fue obtenido de la cantera de vicho, el agregado fino de las canteras de cunyac y el concreto reciclado producto de las veredas y el humo de sílice es un producto procedente de la fabricación de silicio.

Asimismo este aditivo (humo de sílice) puede ser reciclado por parte de las industrias que es un sub producto que se origina en la reducción de cuarzo, de elevada pureza, con carbono en hornos eléctricos de arco para producción, pueden usar en la construcción de obras civiles de nuestro entorno contando con los implementos y equipos de seguridad necesaria.

Partiendo de los resultados, se obtuvieron conclusiones que la mejor resistencia adquirida en la sustitución del agregado piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ". por el concreto reciclado producto de la demolición de veredas y el humo de sílice a los 28 días, es al 25 % y los demás porcentajes evaluados están por encima del concreto patrón (control)

Palabra clave: probeta-testigo, concreto reciclado, humo de silice, agregdo grueso, agregado fino.

ABSTRACT

In the present work of investigation the behavior of the resistance to compression (F_c) is evaluated with the replacement of the recycled concrete in replacement of the aggregate crushed stone of $\frac{1}{2}$ " in percentages of 15%, 20%, 25%, 30%, 40% and 60%, and based on the results obtained, it was determined that the resistance to compression in specimens-concrete witnesses of design FC 210 kg / cm², significantly increases its resistance.

Silica smoke was used as additive in function for compression resistance.

It should be noted that the concrete components or materials, used in the different tests of the investigation, were subject to compliance with the ideal conditions of the Peruvian technical standard, in order to obtain optimal results.

The coarse aggregate was obtained from the quarry of vicho, the fine aggregate from the cunyac quarries and the recycled concrete from the sidewalks and the silica smoke is a product from the manufacture of silicon.

Also this additive (silica smoke) can be recycled by industries that is a sub product that originates in the reduction of quartz, high purity, with coal in electric arc furnaces for production, can be used in the construction of civil works of our environment counting on the necessary implements and safety equipment.

Based on the results, conclusions were obtained that the best resistance acquired in the replacement of the aggregate crushed stone of $\frac{1}{2}$ " . for the recycled concrete product of the demolition of sidewalks and the smoke of silica at 28 days, it is 25% and the other percentages evaluated are above the concrete pattern (control).

Keyword: test-core, recycled concrete, silica smoke, coarse aggregate, fine aggregate.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los materiales empleados en la construcción son básicamente los mismos sin ningún tipo de modificaciones, se ha observado en materiales como el concreto, el mortero, etc, que en el transcurso del tiempo no adquieren las resistencias requeridas, contaminan el ambiente y tienden a deteriorarse por diversos factores, por eso la innovación y la creación de materiales de construcción mejorados de alta calidad, ecomigables, reutilizables y perdurables en el tiempo está tomando mayor énfasis en la sociedad actual, es por esto la importancia de tener que introducir en la construcción algunos cambios que ayuden a la conservación y mejoramiento de nuestro entorno.

En años recientes ha cobrado mayor fuerza e importancia el reciclado y reutilización de los residuos de construcción y demolición, fundado ello tanto en razones de valorización comercial como medioambientales. Precisamente, a partir de estos residuos es posible obtener nuevas variedades de agregados factibles de utilizar en la elaboración de concretos, ya que el concreto es uno de los materiales más empleados en las construcciones civiles. Como tal, es un compuesto resultante de la combinación o mezcla íntima de agregados (piedras y arenas), cemento portland y agua, pudiendo usárselo tanto con fines estructurales como no estructurales.

Bajo esta premisa nuestra investigación busca analizar y evaluar las características físico mecánicas del concreto reciclado como material de construcción adicionado con microsilíce con el cual se busca mejorar la resistencia mecánica frente a esfuerzos de compresión.

La investigación consiste inicialmente en la reutilización del concreto reciclado producto de las demoliciones, posteriormente evaluar características físico mecánicas del agregado reciclado, una vez que estos agregados cumplan con la normativa ASTM C-33 se procederá a elaborar testigos de concreto y testigos de concreto con agregado reciclado de concreto producto de la demolición de veredas. Como parte final se hará el análisis y comparación del comportamiento y resistencia de los testigos, se realizan ensayos para la determinación de la resistencia a la

compresión, que presentan las unidades de concreto patrón, y el concreto fabricado con concreto reciclado como agregado adicionado con microsílíce.

INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT.....	VI
INTRODUCCIÓN	VII
INDICE	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1. Descripción Del Problema	1
1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROYECTO	2
1.2.1. Formulación interrogativa del problema general	2
1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. Justificación Técnica	3
1.3.2. Justificación Social	4
1.3.3. Justificación Por Viabilidad.....	4
1.3.4. Justificación Por Relevancia.....	5
1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos	6
1.6. HIPÓTESIS.....	7
1.6.1. Hipótesis General.....	7
1.6.2. Sub Hipótesis	7
1.7. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	8
1.7.1. Variables Independientes	8
1.7.2. Variables Dependientes	8
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	11

2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL	11
2.1.1. Antecedentes A Nivel Nacional	11
2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional	12
2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES	13
2.2.1. Definición del Concreto	13
2.2.2. Propiedades del Concreto	13
2.2.3. Características del Concreto	19
2.2.4. Componentes del Concreto	19
2.2.5. Propiedades del cemento	21
2.2.6. Tipos de cementos	22
CAPITULO III: METODOLOGÍA	62
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	62
3.1.1. Tipo de Investigación.....	62
3.1.2. Nivel De La Investigación	62
3.1.3. Método de Investigación.....	63
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	63
3.2.1. Diseño Metodológico	63
3.2.2. Diseño de Ingeniería	65
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	66
3.3.1. Población.....	66
3.3.2. Muestra	66
3.3.3. Instrumentos.....	68
3.3.4. Procedimientos de recolección de datos	76
CAPITULO IV: RESULTADOS	169
4.1. RESULTADOS DEL ANALISIS DE AGREGADO FINO, AGREGADOS GRUESOS Y AGREGADOSGRUESO RECICLADO	169
4.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO	175
CAPITULO V: DISCUSIÓN	178
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	182
6.1. CONCLUSIONES	182
6.2. RECOMENDACIONES	185

BIBLIOGRAFIA	186
ANEXOS	187

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de Operacionalización de Variables	9
Tabla 2: Consistencia/asentamiento	15
Tabla 3: Tabla de tolerancias	16
Tabla 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088	26
Tabla 5 requisitos granulométricos para el agregado grueso.....	34
Tabla 6 requisitos granulométricos para el agregado fino	35
Tabla 7 tabla de resistencias mecánicas de los agregados	36
Tabla 8: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción.....	38
Tabla 9 Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	40
Tabla 10: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto	41
Tabla 11: Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.....	42
Tabla 12: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.	43
Tabla 13: Cantidad de muestra	67
Tabla 14: Peso retenido agregado fino cantera de “Cunyac”	78
Tabla 15: Peso retenido agregado fino cantera de “Vicho”	79
Tabla 16: Peso retenido agregado	82
Tabla 17: Datos para el peso específico del agregado fino cantera de “Vicho”	85
Tabla 18: Datos para el peso específico del agregado fino cantera de “Cunyac”	86
Tabla 19: Datos para el peso específico del agregado grueso de la cantera de “Vicho”	89
Tabla 20: Datos para el peso unitario suelto del agregado fino cantera de “Cunyac”	91
Tabla 21: Datos para el peso unitario compactado del agregado fino cantera de “Cunyac”	92

Tabla 22: Datos para el peso unitario suelto del agregado fino cantera de “Vicho”	92
Tabla 23: Datos para el peso unitario Compactado del agregado fino cantera de “Vicho”	93
Tabla 24: Datos para el peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera de “Vicho”	96
Tabla 25: Datos para el peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera de “Vicho”	96
Tabla 26: Datos del ensayo granulometrico del agregado grueso reciclado	99
Tabla 27: Datos del ensayo de peso específico con superficie seca del agregado reciclado	100
Tabla 28: Datos del ensayo de peso unitario suelto de agregado reciclado	102
Tabla 29: Datos del ensayo de peso unitario compactado de agregado grueso reciclado	103
Tabla 30: Datos obtenidos de la rotura de briquetas a los 7 días.....	111
Tabla 31: Datos de la rotura de briquetas a los 14 días	112
Tabla 32: Datos de la rotura de briquetas de concreto con agregado reciclado a los 7 días al 8% de microsilice.....	112
Tabla 33: Datos de rotura de concreto elaborado con agregado reciclado a los 14 días al 8 % de microsilice.....	113
Tabla 34: Datos de rotura de briquetas de concreto con agregado reciclado a los 7 días al 9% de microsilice.....	113
Tabla 35: Datos de rotura de briquetas de concreto con agregado reciclado a los 14 días al 9% de microsilice.....	114
Tabla 36: Datos del ensayo de rotura de concreto con agregado reciclado a los 7 días con 10% de microsilice.....	114
Tabla 37: Datos del ensayo de rotura de concreto con agregado reciclado a los 14 días con 10% de microsilice.....	115
Tabla 38: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera de “Cunyac”	116
Tabla 39: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera de “Vicho”	116

Tabla 40: Análisis granulométrico agregados gruesos.....	119
Tabla 41: Pesos específicos del agregado fino cantera de “Vicho”	122
Tabla 42: Pesos específicos del agregado fino cantera de “Cunyac”	123
Tabla 43: Pesos Específicos del agregado grueso cantera de “Vicho”	125
Tabla 44: Peso Unitario Suelto del agregado fino de la cantera de “Cunyac”	127
Tabla 45: Peso Unitario Compactado del agregado fino de la cantera de “bicho”	128
Tabla 46: Peso Unitario Suelto del agregado fino de la cantera de “Vicho”	129
Tabla 47: Peso Unitario Compactado del agregado fino de la cantera de “Vicho”	129
Tabla 48: Peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera de “Cunyac”	132
Tabla 49: Peso unitario Compactado del agregado grueso de la cantera de “Cunyac”	133
Tabla 50: Datos del Ensayo de granulometría del Agregado Grueso Reciclado.....	134
Tabla 51: Resultados del ensayo de peso específico del agregado grueso reciclado	137
Tabla 52: Datos del peso unitario compactada del agregado reciclado	140
Tabla 53: Resultados del ensayo de peso unitario suelto de agregados Grueso Reciclado	143
Tabla 54: Resultados del ensayo de peso unitario compactado de Agregado Grueso Reciclado	143
Tabla 55: Características físicas y mecánicas del agregado fino de las canteras de vicho y cunyac	145
Tabla 56: Características Físicas y Mecánicas del agregado grueso de la Cantera de vicho	145
Tabla 57: Resistencia a la compresión promedio requerida.....	146
Tabla 58: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños maximos de agregado.	147
Tabla 59: Relacion agua cemento vs resistencia a la compresion	148

Tabla 60: Volumen de agregado grueso compactado en seco por metro cubico de concreto.	149
Tabla 61: Resultados de la rotura de concreto patron a los 7 dias.....	156
Tabla 62: Resultados e la rotura de briquetas de concreto patron a los 14 dias.....	157
Tabla 63: Resultados de la rotura de briquetas de concreto patron a los 28 dias.....	158
Tabla 64: Resultados de la rotura de concreto con agregado reciclado con microsilice 8% a los 7 dias	159
Tabla 65: Resultados de la rotura de concreto con agregado reciclado y microsilice al 8%, 14 dias	160
Tabla 66: Resultados de la rotura de concreto con agregado reciclado y microsilice al 8%, 28 dias	161
Tabla 67: Resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de silice al 9% a los 7 dias	162
Tabla 68: Resultados de la Rotura de Concreto adicionado con agregado reciclado y humo de sílice al 9% a los 14 días	162
Tabla 69: Resultados de la Rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de sílice al 9% a los 28 días	164
Tabla 70: Resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de silice al 10% a los 7 dias	165
Tabla 71: Resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de sílice al 10% a los 14 días	166
Tabla 72: Resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de sílice al 10% a los 28 días	167
Tabla 73: Resultados del Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas del Agregado Fino Proveniente de la Cantera de Cunyac	170
Tabla 74: Resultados del Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas del agregado fino proveniente de la cantera de bicho.....	171
Tabla 75: Resultados del análisis de propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso proveniente de la cantera de bicho.....	172

Tabla 76: Resultados del Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas del Agregado Reciclado Producto de la Demolición de Veredas	174
Tabla 77: Resultados de la rotura de cilindros de concreto.....	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista microscópica del gel.....	25
Figura 2: Tipos de fallas durante el ensayo.....	47
Figura 3: Diseño de Ingeniería	65
Figura 4: Cuarte del Agregado Fino Previo Al Ensayo De Granulometria	77
Figura 5: Maquina Tamizadora Realizando El Ensayo De Granulometría	77
Figura 6: Obtencion del Peso de Agregado Fino Retenido en Cada Tamiz	78
Figura 7: Tamices Normalizados para el Ensayo de Granulometria	80
Figura 8: Agregado grueso.....	81
Figura 9: Gradacion del Agregado Grueso.....	81
Figura 10: Picnometro con agua	83
Figura 11: Secado de material fino mediante la cocina a gas	83
Figura 12: Cono de Absorcion.....	84
Figura 13: Eliminacion de Aire Mediante el Empleo de la Bomba de Vacios	84
Figura 14: Toma del Peso del Picnometro con A.F Libre de Aure.....	85
Figura 15: Agregado Grueso Saturado Previo al Ensayo de Peso Específico	87
Figura 16: Secado de Agregado Grueso Mediante el uso de la Franela.....	87
Figura 17: agregado superficialmente seco dentro de la cesta	88
Figura 18: Secado del agregado grueso	88
Figura 19: Secado de Material Fino Usando la Cocina a Gas.....	90
Figura 20: Equipo Empleado en el Ensayo y Toma de peso de Molde mas A.F..	90
Figura 21: Material Grueso Colocado con caida Libre	94
Figura 22: Chuseado de Material Grueso para eliminar los vacios existentes	94
Figura 23: Enrasado de la Muestra Previa al Pesado	95
Figura 24: obtencion del peso del agregado compactado	95
Figura 25: Concreto Reciclado Producto de la Demolición de Veredas	97
Figura 26: trituración manual del agregado reciclado.....	98
Figura 27: Cuarteo del Agregado grueso reciclado previo a los ensayos de laboratorio	98
Figura 28: Agregado Reciclado Completamente Saturado Previo al Ensayo de Peso Específico Con Superficie Seca	100

Figura 29: Agregado reciclado Libre de Impurezas previo al Ensayo de peso Unitario Suelto	101
Figura 30: Concreto reciclado en briquetera, ensayo de peso unitario compactado	102
Figura 31: Briqueteras de Concreto Listas para el Vaciado	104
Figura 32: Preparacion de Testigos de Concreto	104
Figura 33: briquetas de concreto patrón.....	105
Figura 34: prueba del cono de brams.....	105
Figura 35: Microsilice o Humo de Silice	106
Figura 36: Chuseo de Testigos de Concreto	106
Figura 37: Testigos de Concreto Elaborados en Laboratorio de Suelos y Concretos	107
Figura 38: Extraccion de Testigos de Concreto de las Briqueteras.....	107
Figura 39: Curado de Testigos de Concreto	108
Figura 40:Medición de briquetas	108
Figura 41: Colocación de Briquetas	109
Figura 42: Briqueta de Concreto Sometida a cargas de compresion	109
Figura 43: Rotura de Briquetas	110
Figura 44: Briqueta de Concreto al Momento de la Falla.	110
Figura 45: Se Observa el Agregado Reciclado en las Briquetas de Concreto ...	111
Figura 46: Curva granulométrica agregado fino	118
Figura 47: Curva granulométrica agregado grueso	120
Figura 48: Curva Granulométrica Del Agregado Grueso.....	135
Figura 49: Curva granulometrica del analisis garanulometrico de agregados finos.....	172
Figura 50: Curva granulometrica del agregado grueso	173
Figura 51: Curva granulometrica del agregado reciclado.....	175
Figura 52: Diagrama de Barras de resistencia a la compresion axial a los 7 días.....	176
Figura 53: Diagrama de barras de resistencia a la compresion axial a los 14 días.....	176

Figura 54: Diagrama de Barras De Resistencia a La Compresion Axial a Los 28 Dias	177
Figura 55: Cuadro Comparativo de resistencia a compresion axial de Concreto Patron y concreto con Agregado Reciclado y % de microsilice	177
Figura 56: Colocación de Testigos de Concreto a la máquina de compresión axial	192
Figura 57: Rotura de briquetas de concreto	192

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Descripción Del Problema

En la actualidad se observa que los materiales de construcción empleados comúnmente tienden fallar y a deteriorarse en el transcurso del tiempo, debido a la mala calidad y el mal proceso constructivo empleado, se ha visto que un problema en las construcciones civiles es la falta de innovación, la falta de creación de tecnologías y nuevas alternativas de producción y empleo de materiales de construcción que posean calidad total, sean ecoamigables, se puedan reutilizar y sean más duraderos en el transcurso del tiempo, por otra parte surge el problema de la contaminación del medio ambiente debido a los residuos sólidos y desechos producidos por la demolición de edificaciones y otras obras civiles, los cuales han ido en aumento en el país, estos desechos usualmente son depositados en zonas como acantilados, quebradas, laderas de cerros, botaderos, etc. sin ningún tipo de control causando el deterioro del medio ambiente.

Entre los principales problemas medio ambientales se tienen, la contaminación de suelos, contaminación de ríos, entre otros efectos perjudiciales con el medio ambiente.

Motivo por el cual es necesario encontrar formas de reducir el impacto ambiental y reutilizar los residuos provenientes de la demolición de edificaciones y otras obras civiles, crear e innovar en la tecnologías de materiales, para que así se pueda contribuir con la disminución del daño ambiental que estos producen, una alternativa para contrarrestar la contaminación es mediante el reciclado del concreto para su uso como agregado en la fabricación de concreto y lograr un mayor desempeño cuando el material este puesto en obra.

1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROYECTO

1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el comportamiento frente a esfuerzos mecánicos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclado producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con microsílíce

1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

a) Problema específico N° 1

¿Cuál es el comportamiento frente a esfuerzos mecánicos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclado producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con humo de sílice para el reuso en veredas?

b) Problema específico N° 2

¿Cuáles son las características físicas de los agregados fino y grueso proveniente de la cantera de vicho ?

c) Problema específico N° 3

¿Cuáles son las características del agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto?

d) Problema específico N° 4

¿Cuál es la dosificación adecuada de microsilice para obtener un concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm²?

e) Problema específico N° 5

¿Cómo varía la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto a medida que se incrementa la cantidad de microsilice en porcentajes del peso del cemento?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación Técnica

Debido a la falta de innovación, empleo de alternativas de construcción y la alta contaminación ocasionada por los residuos sólidos provenientes de la demolición de edificaciones y demás obras civiles en la provincia del Cusco, se tiene que dar énfasis a este problema y buscar alternativas que contribuyan con la disminución de la contaminación ambiental, es por eso que estudiar el concreto elaborado con agregado reciclado proveniente de las demoliciones con un criterio técnico, puede ser la solución al problema.

Este concreto fabricado con agregado reciclado, podrá utilizarse en la fabricación de concreto, y para lograr que estas trabajen frente a esfuerzos de todo tipo, se tiene que fabricar un concreto con características similares a un concreto normal con resistencia a la compresión de 210 kg/cm², para lograr tal propósito se debe fabricar el concreto adicionando un aditivo llamado " humo de sílice" el cual se caracteriza por dar mayor resistencia y reducir la permeabilidad, para tal propósito se utilizara la norma" ACI 234R-06 Guide for the Use of Silica Fume in Concrete" y la norma "ASTM C-33",

Empleando estas normas en el proceso de fabricación del concreto, se podrá obtener un concreto reciclado con características mecánicas muy parecidas al concreto normal 210kg/cm, se evaluaron las muestras frente a esfuerzos de compresión axial.

1.3.2. Justificación Social

Con la presente investigación se busca introducir en la construcción algunos cambios que ayuden a mejorar las obras civiles es decir dar mayor seguridad, brindar rentabilidad, emplear alternativas de construcción mas económicas y mediante la innovación dar paso a nuevos materiales de construcción en los que se mejoren las propiedades y características físico mecánicas, por otra parte con esto lograr reducir el impacto ambiental causado por los residuos sólidos provenientes de las demoliciones de todo tipo de estructuras en el Cusco, esto mediante el uso y empleo de concreto reciclado como agregado, de este modo se reducirá la necesidad de depositar estos residuos en vertederos que son zonas de quebradas, ríos, laderas, acantilados, etc, se reutilizara el concreto demolido y así podrá tenerse una alternativa más de empleo de materiales en la construcción.

1.3.3. Justificación Por Viabilidad

La investigación será viable ya que dentro del laboratorio de concreto se cuenta con los equipos adecuados y necesarios para realizar los ensayos de la investigación, los cuales son de fácil manejo, como por ejemplo, la máquina de ensayos de compresión axial , trompo para mezcla de concreto, instrumentos y equipos para realizar las pruebas a los agregados etc.

Además de esto, los materiales que serán necesarios para realizar el trabajo están al alcance de la investigación.

1.3.4. Justificación Por Relevancia

Con la investigación se buscara innovar al momento de emplear agregado reciclado en la elaboración de concreto, esto con el fin de introducir una alternativa más de construcción la cual sea más económica, rentable y ecoamigable con el entorno.

La cantidad de demoliciones en la provincia del Cusco de un tiempo a esta parte se han visto incrementadas, lo cual trae consigo la contaminación del medio ambiente a causa de los residuos sólidos que son depositados en lugares que no tienen estudios ni tratamientos adecuados.

Es por este motivo que se buscas formas de reutilización de los escombros, en este caso del concreto, el cual será reutilizado como agregado para la fabricación de concreto nuevo.

1.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- a) Los agregados utilizados para la fabricación del concreto patrón serán de la reutilización del concreto reciclado.
- b) Para el concreto reciclado solo se utilizara material proveniente de demoliciones de veredas de concreto.
- c) El cemento a utilizar será el cemento portland IP
- d) El agua a emplear en la investigación, será agua potable de uso doméstico.
- e) Se utilizara concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ como concreto patrón.
- f) El diseño de mezcla se limita a los parámetros establecidos por el método ACI.
- g) La investigación se limitara a pruebas de compresión.
- h) La investigación se limitara a la ciudad del Cusco

1.5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

Analizar el comportamiento frente a esfuerzos mecánicos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclados producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con humo de sílice

1.5.2. Objetivos Específicos

a) Objetivo específico N° 1

Analizar y determinar el comportamiento frente a esfuerzos mecánicos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclado producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con humo de sílice para el reuso en veredas?

b) Objetivo específico N° 2

Determinar las características físicas de los agregados fino y grueso proveniente de la cantera de vicho.

c) Objetivo específico N° 3

Determinar las características físico mecánicas del agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto.

d) Objetivo específico N° 4

Determinar la dosificación adecuada de microsilice para obtener un concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm²

e) Objetivo específico N° 5

Determinar la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto a medida que se incrementa la cantidad de microsilice en porcentajes del peso del cemento.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis General

El comportamiento frente a esfuerzos mecánicos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclados producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con humo de sílice es mayor al del concreto patrón

1.6.2. Sub Hipótesis

a) Sub hipótesis N° 1

El comportamiento frente a esfuerzos mecánicos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclados producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con humo de sílice es mayor al del concreto patrón

b) Sub hipótesis N° 2

“Las características de los agregados finos y gruesos están comprendidas entre los límites fijados por la norma ASTM C-33 para la elaboración de mezclas de concreto”

c) Sub hipótesis N° 3

Los agregados reciclados limpios de contaminantes producto de la demolición de veredas de concreto cumplen con la norma ASTM C-33 para la elaboración de mezclas de concreto

d) Sub hipótesis N° 2

La dosificación adecuada de microsilice para obtener un concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm² es de 8%.

e) Sub hipótesis N° 3

El incremento de la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de

veredas de concreto es progresiva, a medida que se incrementa la cantidad de microsílíce en porcentajes del peso del cemento, a mayor cantidad de microsílíce mayor será la resistencia a compresión del concreto.

1.7. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.7.1. Variables Independientes

X₃: Agregado reciclado

Material graduado según especificaciones resultante del procesamiento de materiales de construcción recuperados.

Indicador: Kilogramos (kg).

X₄: Microsílíce

El humo de sílice (HS) es un material puzolánico de alta reactividad, subproducto del desecho de la fabricación de silicio metálico y aleaciones de ferrosilicio. Es un aditivo empleado en la construcción el cual se caracteriza por dar mayor resistencia e impermeabilidad al a concreto.

Indicador: kilogramos (kg)

1.7.2. Variables Dependientes

Y₁: Resistencia a la compresión.

Capacidad máxima de carga que soporta un material antes de llegar a su límite de ruptura. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.

Indicador: kg/cm².

Tabla 1: CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ANÁLISIS DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO RECICLADO PRODUCTO DE LA DEMOLICION DE VEREDAS DE CONCRETO ADICIONADO CON HUMO DE SILICE FRENTE A ESFUERZOS DE COMPRESION PARA EL REUSO EN VEREDAS				
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE DEPENDIENTE				
Y ₁ : Resistencia a la comprensión.	Capacidad máxima de carga que soporta un material antes de llegar a su límite de ruptura	Resistencia a los 7 días	Valor de la resistencia a la comprensión en kg/cm ²	Guías de observación de Laboratorio.
		Resistencia a los 14 días		Formatos de evaluación de resistencia a comprensión.
		Resistencia a los 28 días		Formatos de evaluación de resistencia a corte por flexión.
VARIABLE INDEPENDIENTE				
X ₁ : Cemento	Materiales pulverizados que poseen la propiedad de ser aglomerante	Tipo IP	Kilogramos (kg)	Guías de observación de Laboratorio.
X ₂ : Agua	Líquido que permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante	Potable No potable	Litros (lt)	Guías de observación de Laboratorio.

X ₃ : Agregado reciclado.	Material resultante del procesamiento de materiales de construcción recuperados.	50%	Kilogramos (kg)	Guías de observación de Laboratorio. Formatos de evaluación de resistencia a compresión.
X ₄ : Humo de sílice.	Material puzolánico de alta reactividad que da mayor resistencia e impermeabilidad al a concreto.	8%	Kilogramos (kg)	Guías de observación de Laboratorio.
		9%		
		10%		

Fuente: Elaboracion Propia

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA TESIS O INVESTIGACIÓN ACTUAL

2.1.1. Antecedentes A Nivel Nacional

En el Perú tenemos las siguientes investigaciones:

Título: Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I.

- Autor: Edher Huincho Salvatierra
- Lugar: Lima, Perú
- Objeto de investigación: Experimentar incorporando microsílíce, nanosílíce y superplastificante a la mezcla de concreto para obtener concretos de alta resistencia para lo cual se ha comparado en base a un concreto patrón.
- Tipo de investigación: experimental, hipotética – deductiva
- Conclusión: Se ha logrado obtener un concreto de alta resistencia a la compresión, con un valor de 1423 kg/cm² a la edad de los 90 días y que además tiene la propiedad de ser un concreto autocompactado.

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

A nivel internacional se ha estudiado el concreto reciclado de diferentes maneras, todo esto con el fin de solucionar problemas ambientales.

Título: Evaluación del comportamiento del concreto elaborado con sustitución del agregado grueso normal por agregado grueso reciclado producto de escombreras

Autor: Dr. Israel Miranda Paso

- Lugar: Hermosillo, Sonora
- Objeto de investigación: Estudiar el comportamiento mecánico del concreto a partir de sustitución de agregado grueso de banco por agregado reciclado.
- Tipo de investigación: experimental, hipotética – deductiva
- Conclusión: La caracterización de agregados producto de reciclaje como nuevo material para elaborar concretos hidráulicos, pueden ser utilizados ya que adquieren resistencias muy parecidas.

Título: Comportamiento de especímenes de concreto reciclado ante la acción acelerada de cargas ambientales

- Autor: Dr. José Antonio Domínguez Lepe
- Lugar: Chihuahua, México
- Objeto de investigación: La presente propuesta de investigación consiste en evaluar el comportamiento de especímenes de concreto preparados a base de agregados pétreos obtenidos de residuos de construcción y/o demolición de edificios, combinados con aditivos como PET y bagazo de caña de azúcar, principalmente, para obtener mejoras en su durabilidad.
- Tipo de investigación: experimental, hipotética – deductiva

- Conclusión: el comportamiento de los agregados provenientes de concretos reciclados, al agregar PET y bagazo de caña de azúcar, mejoran sus propiedades, como el fraguado rápido y la resistencia a los sulfatos.

2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

2.2.1. Definición del Concreto

El concreto es una mezcla de cemento Portland agregado fino, agregado grueso, aire y agua proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 1996)

El concreto es un material compuesto, en el cual existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en los agregados pétreos. Siendo éstas de carácter físico y químico, producen diferentes efectos, tanto en la trabajabilidad del concreto como en su comportamiento en estado endurecido, el cual regirá su vida de servicio. Este artículo presenta los avances recientes en el tema de los agregados para concreto y puede ser útil, tanto para el diseñador o el constructor de estructuras, como para el estudiante interesado en el tema de la tecnología del concreto, siendo una guía para lograr una mejor comprensión del importante papel que los agregados desempeñan en el material (Chan, 2003).

2.2.2. Propiedades del Concreto

A) En estado fresco

El Concreto en estado fresco es desde que se mezcla el concreto

hasta que fragua el cemento. El Comportamiento Reológico del concreto fresco depende de:

- Relación agua / cemento.
- Grado de hidratación.
- Tamaño de partículas.
- mezclado.

B) La Trabajabilidad

Esta definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas del proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

Por lo general un concreto es trabajable en la mayoría de circunstancias, cuando durante su desplazamiento mantiene siempre una película de mortero de al menos 1/4" sobre el agregado grueso. El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad, pues es fácilmente demostrable que se pueden obtener concretos con igual slump pero

trabajabilidades notablemente diferentes para las mismas condiciones de trabajo.

(Pasquel, 1998)

C) Consistencia

Denominamos consistencia a la mayor o menor facilidad que tiene el hormigón fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

Tipos de Consistencia:

- SECA – Vibrado enérgico.
- PLÁSTICA – Vibrado normal.
- BLANDA – Apisonado.
- FLUIDA – Barra.

(Torre, 2004)

Tabla 2: Consistencia/asentamiento

CONSISTENCIA	ASIENTO (cm)
SECA	0 – 2
PLÁSTICA	3 – 5
BLANDA	6 – 9
FLUIDA	10 – 15

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto

Tabla 3: Tabla de tolerancias

CONSISTENCIA	TOLERANCIA (cm)	INTERVALO
SECA	0	0 – 2
PLÁSTICA	± 1	3 – 5
BLANDA	± 1	6 – 9
FLUIDA	± 1	10 – 15

Fuente: Curso básico de tecnología del concreto

D) Homogeneidad y uniformidad

Homogeneidad: es la cualidad que tiene un concreto para que sus componentes se distribuyan regularmente en la masa.

Uniformidad: se le llama cuando es en varias amasadas. Esta depende:

- Buen amasado.
- Buen transporte.
- Buena puesta en obra.

Se pierde la homogeneidad por tres causas:

- Irregularidad en el mezclado.
- Exceso de agua.
- Cantidad y tamaño máximo de los agregados gruesos. Esto provoca:
 - **Segregación**: separación de los áridos gruesos y finos.
 - **Decantación**: los áridos gruesos van al fondo y los finos se quedan arriba.

(Torre, 2004)

E) Compacidad

Es la relación entre el volumen real de los componentes del hormigón y el volumen aparente del hormigón. No se tiene en cuenta el aire ocluido.

(Torre, 2004)

F) En estado endurecido

Pasquel (1998) indica las siguientes características del concreto en estado endurecido:

G) Elasticidad

En general, es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. El concreto no es un material elástico estrictamente hablando, ya que no tiene un comportamiento lineal en ningún tramo de su diagrama carga vs deformación en compresión, sin embargo, convencionalmente se acostumbra definir un "Módulo de elasticidad estático" del concreto mediante una recta tangente a la parte inicial del diagrama, o una recta secante que une el origen del diagrama con un punto establecido que normalmente es un % de la tensión última.

H) Extensibilidad

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse. Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del denominado flujo plástico, constituido por la deformación que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo.

El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperable, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes. La microfisuración aparece normalmente alrededor del 60% del

esfuerzo último, y a una deformación unitaria de 0.0012, y en condiciones normales la fisuración visible aparece para 0.003 de deformación unitaria.

I) Resistencia

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que complementan la estructura del concreto.

Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

Los concretos normales usualmente tienen resistencias en compresión del orden de 100 a 400 Kg/cm², habiéndose logrado optimizaciones de diseños sin aditivos que han permitido obtener resistencias sobre los 700 kg/cm².

Tecnologías con empleo de los llamados polímeros, constituidos por aglomerantes sintéticos que se añaden a la mezcla, permiten obtener resistencias en compresión que bordean los 1,500 kg/cm², y todo parece indicar que el desarrollo de estas técnicas permitirá en el futuro superar incluso estos niveles de resistencia.

2.2.3. Características del Concreto

Abanto (1996) dice que entre los factores que hacen del concreto un material de construcción universal tenemos:

- a) La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- b) Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- c) Su elevada resistencia al fuego y la penetración del agua.

Pero el concreto también tiene desventajas como pm ejemplo:

- Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno.
- El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por completo (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas u otros elementos sometidos a flexión)
- Para superar esta limitación se utiliza el acero, con su elevada resistencia a tracción. La combinación resultante de ambos materiales, se conoce como concreto armado, posee muchas de las mejores propiedades de cada uno.
- Esta combinación es la que permite la masiva utilización del concreto armado en la construcción de edificios, puentes, pavimentos, presas, tanques, pilotes, etc.

2.2.4. Componentes del Concreto

A) Cemento

Torre (2004) indica que la definición de cemento es:

Según la Norma Técnica Peruana **NTP 334.009**, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del

Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

El Clinker Portland

Es un producto semiacabado de forma de piedras negruzcas de tamaños de $\frac{3}{4}$ " aproximadamente, obtenido de la calcinación de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos en proporciones convenientes, hasta llegar a una fusión incipiente (Clinkerización) a 1450 °C. Está compuesto químicamente por Silicatos de calcio, aluminatos de calcio, ferro aluminatos de calcio y otros en pequeñas cantidades, los cuales se forman por la combinación de del Óxido de Calcio (CaO) con los otros óxidos: dióxido de silicio (SiO₂), óxido de aluminio (Al₂O₃) y óxido férrico (Fe₂O₃).

• **Materias primas del cemento Portland**

Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Portland son:

- a. Materiales calcáreos: Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio (Co₃Ca) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener mas de 1.5% de magnesia. Aquí tenemos a las margas, cretas v calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.
- b. Materiales arcillosos: Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice

- y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas en general.
- c. Minerales de hierro: Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
 - d. Yeso: Aporta el sulfato de calcio.

2.2.5. Propiedades del cemento

Rivva (2000) indica que las propiedades del cemento son:

A) Finura o Fineza

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m^2/kg .

A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

B) Peso Específico

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm^3 . En el laboratorio se determina por medio de:

Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005) Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas. Los pesos específicos de los cementos Portland son de aproximadamente $3.15 gr/cm^3$.

C) Cemento Portland Puzolánico

Es aquel cemento que contiene puzolana se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker Portland y puzolana con adición de Sulfato de calcio: El contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15 y 40% en peso total. La puzolana debe ser un material arcilloso o silico-aluminoso que por si mismo puede tener poco o ninguna actividad hidráulica pero que finamente dividida y en presencia de

humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas

2.2.6. Tipos de cementos

Rivva (2000) los clasifica en:

A) Cementos Portland sin adición

Constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

- *Tipo I* : Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- *Tipo II*: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- *Tipo III*: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales *Tipo IV*: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación
- *Tipo V*: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfates.

B) Cementos Portland Adicionados

Contienen además de Clinker Portland y Yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejm.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según Normas técnicas:

- Cementos Portland Puzolánicos (NTP 334.044)
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP: Contenido de

puzolana entre 15% y 40%.

- Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.
- Cementos Portland de Escoria (NTP 334.049)
- Cemento Portland de Escoria Tipo IS : Contenido de escoria entre 25% y 70%
- Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I (SM) : Contenido de escoria menor a 25%.

Usos y aplicaciones de los cementos Portland

Pasquel (1998) da los siguientes usos:

Cementos Portland estándar (Sin adición)

Tipo I Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.

Tipo II: En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos (ejm. Estructuras de drenaje) y/o moderado Calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos.

Tipo III: Para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (ejm: adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

Tipo IV: Para Estructuras se requiera bajo Calor de Hidratación, caso

de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

Tipo V: Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar También en canales, alcantarillas, túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos.

C) Agua Para el Concreto

Torre (2004) acerca del agua como componente del concreto indica lo siguiente:

Conceptos generales

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

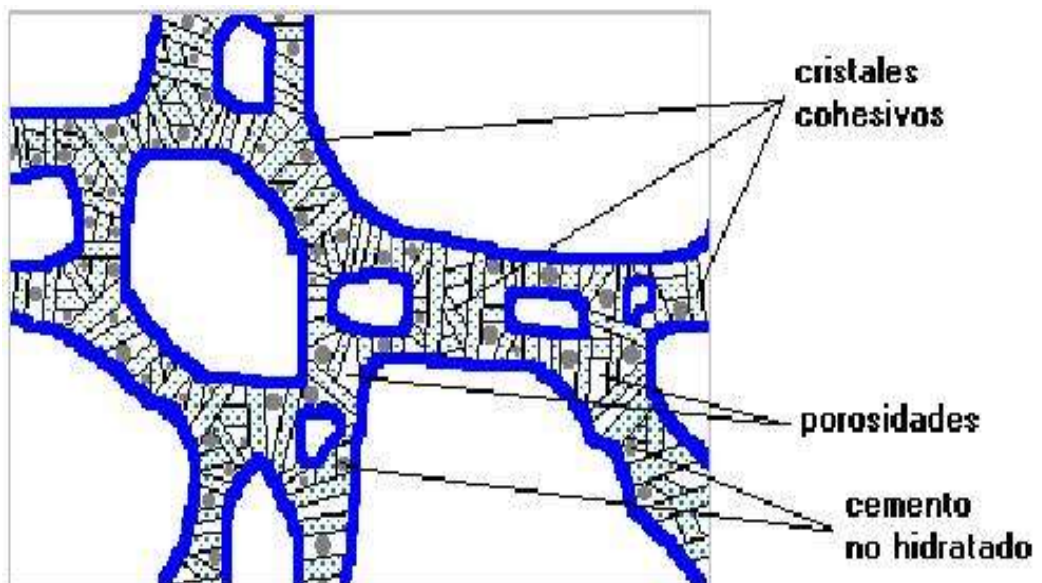
El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento) para lograr:

a) La formación de gel

Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas el conjunto de las cuales forman una red eslabonada que contiene material amorfo. El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en sus resistencias mecánicas y en su módulo de elasticidad.

Figura 1 Vista microscópica del gel



Fuente: Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles.

b) Curado del concreto

El aumento de resistencia continuará con la edad mientras se encuentre cemento sin hidratar, a condición de que el concreto permanezca húmedo o tenga una humedad relativa superior a aproximadamente el 80% y permanezca favorablemente la temperatura del concreto. Cuando la humedad relativa dentro del concreto sea aproximadamente del 80% o la temperatura del concreto descienda por debajo del punto de congelación, la hidratación y el aumento de resistencia virtualmente se detiene.

Si se vuelve a saturar el concreto luego de un periodo de secado, la hidratación se reanuda y la resistencia vuelve a aumentar. Sin embargo lo mejor es aplicar el curado húmedo al concreto de manera continua

desde el momento en que se ha colocado hasta cuando haya alcanzado la calidad deseada debido a que el concreto es difícil de restaurar.

c) Requisitos de calidad

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites:

Tabla 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión	5,000	ppm	Máximo
(residuo insoluble)			
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000	ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ion Cl ⁻)	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8		Máximo

Fuente: NTP: 339.088

d) Efectos de las Sustancias Disueltas:

El efecto que las sustancias orgánicas presentes en las aguas naturales puedan afectar el tiempo de fraguado del cemento Portland o en la

resistencia última del concreto, es un problema que presenta una complejidad considerable. Las aguas que estén muy coloreadas, las aguas con un olor notable o aquellas aguas en que tengan visibles algas verdes o cafés deberán ser vistas con desconfianza y en consecuencia ensayadas.

Sustancias Orgánicas; El efecto que las sustancias orgánicas presentes en las aguas naturales puedan tener en el tiempo de fraguado del cemento Portland o en la resistencia última del concreto, es un problema que presenta una complejidad considerable.

Las aguas que estén muy coloreadas, las aguas con un olor notable o aquellas aguas en que sean visibles algas verdes o cafés deberán ser vistas con desconfianza y en consecuencia ensayadas.

Sedimentos o partículas en suspensión; Se puede tolerar en el agua aproximadamente *2,000 ppm* de arcilla en suspensión o de partículas finas de roca. Cantidades mayores podría no afectar la resistencia, pero bien podrían influir sobre otras propiedades de algunas mezclas de concreto. Antes ser empleada, cualquier agua lodosa deberá pasar a través de estanques de sedimentación o deberá ser clarificada por cualquier otro medio para reducir la cantidad de sedimentos y de arcilla agregada a la mezcla. Cuando se regresan finos de cemento al concreto en aguas de enjuague recicladas, se pueden tolerar 50,000 ppm.

e) Requisitos del comité 318 del ACI

- a. El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.
- b. El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la

porción del agua de mezclado que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ion cloruro.

- c. No deberán emplearse en el concreto aguas no potables, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.
- d. La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.
- e. Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable. Los ensayos de comparación de resistencia deberán ser preparados con morteros, idénticos con excepción del agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la Norma ASTM C 109 "Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar" (Empleando especímenes cúbicos de 2" ó 50 mm)

D) Agregados para el concreto

Los agregados son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forman la mayor parte del volumen del material, se consideran componentes críticos en el concreto y tienen un efecto significativo en el comportamiento de las estructuras.

(Chan, 2003)

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

(Torre, 2004)

Importancia

Los agregados en el concreto ocupan alrededor de las tres cuartas partes del volumen, de ahí la justificación para su adecuada selección, además que agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto por otro parte son estos elemento los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad.

(Torre, 2004)

Tamaño Máximo

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

Tamaño Nominal Máximo

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

Módulo de Fineza

Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el Tamiz No 100 y esta cantidad se divide entre 100. A partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados retenidos (1 } \frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{3}{8}'' , N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50 \text{ y } N^{\circ}100)}{100}$$

(Torre, 2004)

Clasificación De Los Agregados Para Concreto.

Pasquel (1998) explica que :

Las clasificaciones que se describe a continuación no son necesariamente las únicas ni las más completas, pero responden a la práctica usual en Tecnología del Concreto.

a) Por su procedencia.

Se clasifican en:

➤ Agregados naturales.

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto

Estos agregados son los de uso más frecuente a nivel mundial y particularmente en nuestro país por su amplia disponibilidad tanto en calidad como en cantidad, lo que los hace ideales para producir concreto.

➤ Agregados Artificiales.

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto. Algunos agregados de este tipo los constituyen la escoria de altos hornos, la arcilla horneada, el concreto reciclado, la microsílíce etc.

b) Por su gradación.

La gradación es la distribución volumétrica de las partículas que como ya hemos mencionado tiene suma importancia en el concreto.

Se ha establecido convencionalmente la clasificación entre agregado grueso (piedra) y agregado fino (arena) en función de las partículas mayores y las menores de 4.75 mm (Malla Standard ASTM # 4).

Esta clasificación responde además a consideraciones de tipo práctico ya que las técnicas de procesamiento de los agregados (zarandeo, chancado) propenden a separarlos en esta forma con objeto de poder establecer un control mas preciso en su procesamiento y empleo.

c) Por su densidad.

Entendiendo densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se acostumbra clasificarlos en normales con $G_e = 2.5$ a 2.75 , ligeros con $G_e < 2.5$ y pesados con $G_e > 2.75$. Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

Funciones del agregado

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- a. Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las

acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Propiedades del Agregado

Torre (2004) menciona que las propiedades son:

a) Propiedades físicas

➤ Densidad

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

➤ Porosidad

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

➤ Peso Unitario

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios

entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

➤ **Porcentaje de Vacíos**

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29

$$\% \text{ de vacios} = \left(\frac{S * W - P. U. C.}{S * W} \right) * 100$$

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

➤ **Humedad**

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia esta en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{peso natural} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} * 100$$

Normas Y Requisitos de los Agregados Para el Concreto

Torre (2004) indica sobre normas y requisitos lo siguiente

a) Requisitos Obligatorios

➤ Granulometría

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños, Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logarítmico que permite apreciar la distribución acumulada.

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

Tabla 5 Requisitos Granulométricos para el Agregado Grueso

Tamaño Nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	100mm (4")	90mm (3½")	75mm (3")	63mm (2½")	50mm (2")	37.5mm (1½")	25mm (1")	19mm (¾")	12.5mm (½")	9.5mm (3/8")	4.75mm (Nº4)	2.36mm (Nº8)	1.18mm (Nº16)
90 mm a 37.5 mm (3½" a 1½")	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
63 mm a 37.5 mm (2½" a 1½")	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
50 mm a 25 mm (2" a 1")	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
50 mm a 4.75 mm (2" a Nº4)	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
37.5 mm a 19 mm (1½" a ¾")	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
37.5mm a 4.75mm (1½" a Nº4)	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
25 mm a 12.5 mm (1" a ½")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
25 mm a 4.75 mm (1" a Nº4)	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 65	--	0 a 10	0 a 5	--
19 mm a 9.5 mm (¾" a 3/8")	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
19 mm a 4.75 mm (¾" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
12.5mm a 4.75mm (½" a Nº4)	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
9.5mm a 2.38mm (3/8" a Nº8)	--	--	--	--	--	--	--	--	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.012

Tabla 6 Requisitos Granulométricos para el Agregado Fino

Tamiz	Límites Totales	% Pasa por los tamices normalizados		
		C	M	F
9.5 mm (3/8")	100	100	100	100
4.75 mm (N°4)	89 – 100	95 – 100	85 – 100	89 – 100
2.38 mm (N°8)	65 – 100	80 – 100	65 – 100	80 – 100
1.20 mm (N°16)	45 – 100	50 – 85	45 – 100	70 – 100
0.60 mm (N°30)	25 – 100	25 – 60	25 – 80	55 – 100
0.30 mm (N°50)	5 – 70	10 – 30	5 – 48	5 – 70
0.15 mm (N°100)	0 – 12	2 – 10	0 – 12*	0 – 12*

Fuente: NTP 400.012

➤ **Materia Orgánica**

El agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico de (Impurezas Orgánicas) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse impurezas orgánicas, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95%.

➤ **Requisitos Complementarios**

Los agregados que serán utilizados en concretos de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de resistencia de diseño y mayores, así como los utilizados en pavimentos deberán cumplir además de los requisitos obligatorios, los siguientes:

➤ **Resistencia Mecánica**

La resistencia mecánica del agregado, determinada conforme a la norma NTP correspondiente, será tal que los valores no excedan a los siguientes:

Tabla 7 Tabla de Resistencias Mecánicas de los Agregados

Tipo de Resistencia Mecánica	% Máximo
Abrasión (Método de los Ángeles)	50
Impacto	30

Fuente: curso básico de tecnología de concreto para ingenieros civiles

Especificaciones Técnicas de los agregados

Los agregados a utilizar en la obra deberán cumplir las especificaciones técnicas que aseguren la calidad final de la obra. Aquellos agregados que no cumplan algunos requisitos podrán ser empleados siempre que se demuestre con pruebas de laboratorio o experiencia en obra que se pueden producir concretos de la calidad especificada.

Los requisitos que deben cumplir los agregados para uso en concreto se encuentran estipulados en ASTM C33 así como en NTP 400.037.

Los agregados que van estar sometidos a humedecimiento, exposición prolongada a atmósferas húmedas, o en contacto con suelos húmedos no deberán tener ningún material que sea potencialmente reactivo con los álcalis del cemento a fin de evitar expansiones.

El ensayo de estabilidad de volumen se recomienda para agregados que van a ser empleados en concretos sometidos a procesos de congelación y deshielo. Aquellos agregados que no pasen esta prueba podrán ser usados sólo demostrando que un concreto de características similares en la zona tiene un registro de servicio satisfactorio en esas condiciones de intemperismo.

Asimismo es necesario utilizar agregados con contenido de sales solubles totales en porcentajes menores del 0.015% en peso del cemento.

a) Respecto al Agregado fino

Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

Debe estar graduado dentro de los límites dados en los requisitos obligatorios. El módulo de fineza debe estar entre 2.3 a 3.1

Deberá estar libre de materia orgánica, que es determinado mediante el ensayo indicado en ASTM C 40 ,si no cumple con esta especificación puede ser utilizado siempre que realizado el ensayo de compresión a los 7 días de morteros preparados con arena sana y otros con la arena en cuestión la resistencia no sea menor del 95% .

b) Respecto al Agregado grueso

Estará conformado de fragmentos cuyos perfiles sean preferentemente angulares o semiangulares, limpios, duros, compactos, resistentes y de texturas preferentemente rugosas y libres de material escamoso o partículas blandas.

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm², Estará graduado dentro de los límites especificados en la tabla de requisitos obligatorios. El tamaño máximo del agregado a tomar será:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó 1/3 de la altura de las losas ó
- 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

c) Diseño De Mezcla de Concreto por el Método del Comité 211 del Aci

Puede decirse que las propiedades del concreto se estudian primordialmente, con la finalidad de determinar el diseño de la mezcla. Para encontrar las proporciones más apropiadas de un diseño de mezcla,

será necesario prepara varias mezclas de prueba, las cuales se calcularan con base en las características de los agregados y la aplicación de las leyes o principios básicos preestablecidos. (Rivva, 2004)

d) Información requerida para el diseño de mezclas

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

(Laura, 2006)

e) Procedimiento

Laura (2006) explica este procedimiento de la manera que sigue:

1. Elección del asentamiento (Slump)

Seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar (tabla 8). Se deberán usar las mezclas de la consistencia más densa que puedan ser colocadas eficientemente.

Tabla 8: Asentamientos Recomendados para Varios Tipos de Construcción

TIPOS DE CONSTRUCCION	REVENIMIENTO (cm)	
	MAXIMO	MINIMO
- Zapatas y muros de cimentación reforzados	8	2
- Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
- Vigas y muros reforzados	10	2
- Columnas	10	2
- Pavimentos y losas	8	2
- Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: Comité 211 del ACI

2. Selección de tamaño máximo del agregado

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. La Norma Técnica de Edificación E. 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- 1/3 del peralte de la losa; o
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

El tamaño máximo nominal determinado aquí, será usado también como tamaño máximo simplemente. Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm (1½"). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

3. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

La tabla 9, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 9 Requerimientos Aproximados de Agua de Mezclado y de Contenido de aire para Diferentes Valores de Asentamiento y Tamaños Máximos de Agregados.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)		Agua en lt/m^3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados.							
		10mm (3/8")	12.5mm (1/2")	20mm (3/4")	25mm (1")	40mm (1½")	50mm (2")	70mm (3")	150mm (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")		205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")		225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")		240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).		3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")		180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")		200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")		215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*	1.0*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5*	3.0*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*	4.0*

Fuente: Comité 211 del ACI

Los valores del asentamiento para concreto con agregado más grande que 40mm (1½") se basan en las pruebas de Slump hechas después de retirar las partículas mayores de 40mm (1½") por tamizado húmedo.

Estos contenidos de agua de mezclado son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 o ITINTEC 400.037).

* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40mm (1½") antes de evaluar el contenido de aire, el porcentaje de aire esperado en material más pequeño que 40mm (1½") debe ser el tabulado en la columna de 40mm (1½"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

** Estos valores se basan en el criterio de que se necesita un 9% del contenido de aire en la fase de mortero del concreto.

La tabla 9 nos muestra también el volumen aproximado de aire atrapado, en porcentaje, a ser esperado en un concreto sin aire incorporado y los promedios recomendados del contenido total de aire, en función del grado de exposición, para concretos con aire incorporado intencionalmente por

razones de durabilidad a ciclos de congelamiento y deshielo, agua de mar o sulfatos. Obtenidos los valores de cantidad de agua y de aire atrapado para un metro cúbico de concreto procedemos a calcular el volumen que ocupan dentro de la unidad de volumen de concreto:

$$\text{Volumen de agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lts / m}^3\text{)}}{\text{Peso específico del agua (1000 kg / m}^3\text{)}}$$

4. Elección de la relación agua/cemento (a/c)

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

a) Por resistencia

Para concretos preparados con cemento Pórtland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla 10.

Tabla 10: Relación Agua/Cemento y Resistencia a la Compresión del Concreto

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)*	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Comité 211 del ACI

* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 9. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire.

b) Por durabilidad

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla 11.

Tabla 11: Máxima relación agua/cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.

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

Fuente: Comité 211 del ACI

(*) La resistencia f_c no deberá ser menor de 245 kg/cm² por razones de durabilidad.

5. Cálculo del contenido de cemento

Una vez que la cantidad de agua y la relación a/c han sido estimadas, la cantidad de cemento por unidad de volumen del concreto es determinada

dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Sin embargo es posible que las especificaciones del proyecto establezcan una cantidad de cemento mínima. Tales requerimientos podrían ser especificados para asegurar un acabado satisfactorio, determinada calidad de la superficie vertical de los elementos o trabajabilidad.

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

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

6. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla 12, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla 12 permite obtener un coeficiente b/b₀ resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg m³.

Tabla 12: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO		Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
		MÓDULO DE FINEZA DEL AGREG. 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: Comité 211 del ACI

* Los volúmenes de agregado grueso mostrados, está en condición seca y compactada, tal como se describe en la norma ASTM C29. Estos volúmenes han sido seleccionados a partir de relaciones empíricas para producir concretos con un grado adecuado de trabajabilidad para construcciones armadas usuales. Para concretos menos trabajables, tales como el requerido en la construcción de pavimentos, pueden incrementarse los valores en 10% aprox. Para concretos más trabajables, tales

como los que pueden requerirse cuando la colocación es hecha por bombeo, los valores pueden reducirse hasta en un 10%.

Obtenido b/b_0 procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso necesario para un metro cúbico de concreto, de la siguiente manera:

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

Entonces los volúmenes de los agregados grueso y fino serán:

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

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

Por consiguiente el peso seco del agregado fino será:

$$\text{Peso agregado fino (kg / m}^3\text{)} = (\text{Vol. agregado fino}) (\text{Peso específico del agregado fino})$$

E) Pruebas De Control

Ensayo de compresión en testigos de concreto

Las mezclas de concreto (Hormigón) se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura.

La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.

(CIP 35 , 2009)

Para ensayos de resistencia a compresión se utilizan probetas cilíndricas con una altura igual a dos veces su diámetro, o probetas cúbicas generalmente de 150 mm por lado. Las probetas cilíndricas más comunes

son las de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, pero con el uso cada vez más frecuente de hormigones de mayor resistencia.

(Camposano, 2009)

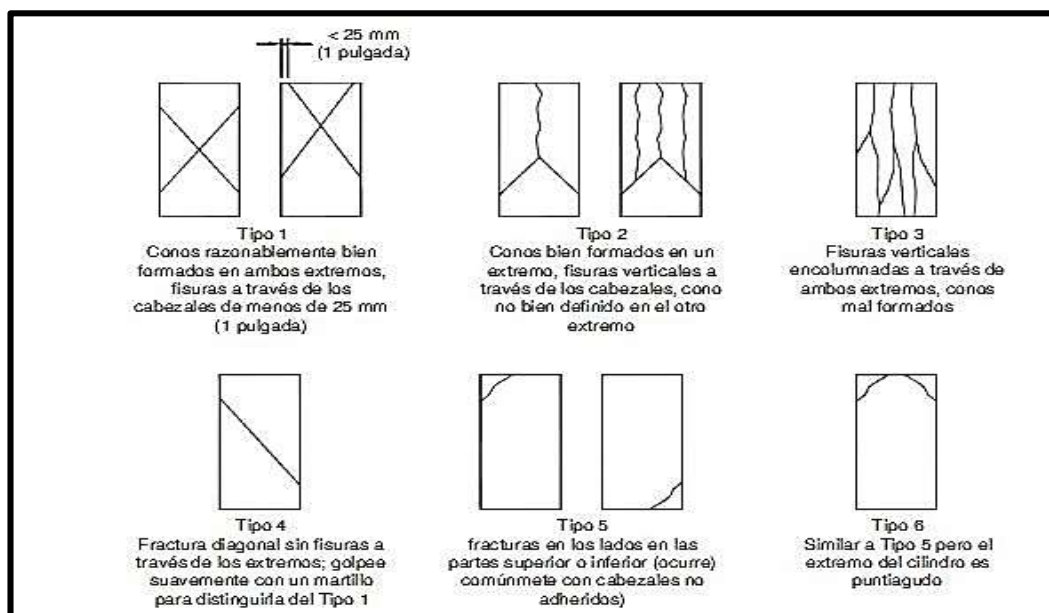
Procedimiento para realizar el ensayo de compresión

- Las probetas cilíndricas para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) ó 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm), cuando así se especifique.
- El registro de la masa de la probeta antes de colocarles tapa constituye una valiosa información en caso de desacuerdos.
- Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se tapan (refrentan) con mortero de azufre (ASTM C 617) o con tapas de almohadillas de neopreno (ASTM C 1231). Las cubiertas de azufre se deben aplicar como mínimo 2 horas antes y preferiblemente 1 día antes de la prueba.
- No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba
- El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más del 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.
- Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).
- Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 20 a 50 psi/s (0.15 a 0.35 MPa/s) durante la última mitad de la fase de carga.
- Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.
- La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura por (\div) el área promedio de la sección. en caso de que la razón longitud-diámetro del cilindro se

halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos 2 cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 10 psi (0.1 MPa).

- El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura, y todo defecto que presenten los cilindros o sus tapas. Si se miden, la masa de los cilindros también deberá quedar registrada.
- La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de concreto resultan en una menor resistencia medida. probados a la misma edad deberá ser en promedio de aprox. 2 a 3% de la resistencia promedio.
- Si 1 ó 2 de los conjuntos de cilindros se fracturan a una resistencia menor a $f'c$, evalúe si los cilindros presentan problemas obvios y retenga los cilindros sometidos a ensayo para examinarlos posteriormente. A menudo, la causa de una prueba malograda puede verse fácilmente en el cilindro, bien inmediatamente o mediante examen petrográfico. Si se desechan o botan estos cilindros, se puede perder una oportunidad fácil de corregir el problema. En algunos casos, se elaboran cilindros adicionales de reserva y se pueden probar si un cilindro de un conjunto se fractura a una resistencia menor.
- Una prueba a los 3 ó 7 días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.
- La norma ASTM C 1077 exige que los técnicos del laboratorio que participan en el ensayo del concreto deben ser certificados.
- Los informes o reportes sobre las pruebas de resistencia a la compresión son una fuente valiosa de información es por eso que deben ser acompañados con fichas técnicas e informes detallados. (CIP 35 , 2009)

Figura 2: Tipos de fallas durante el ensayo



Fuente: ASTM C 617 y ASTM C 1231.

Si la fractura es diferente y la resistencia registrada es menor que la esperada, examine el hormigón fracturado y analice si se presentan vacíos internos o segregación, que son evidencias de una mala elaboración de los cilindros, verifique también que el tratamiento dado a las caras de los cilindros esté de conformidad con las normas de capeo y uso de neoprenos, ASTM C 617 y ASTM C 1231.

F) Aditivos para el Concreto

Definición

Un aditivo es definido, tanto por el Comité 116R del ACI como por la Norma ASTM C 125, como “un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Nuestra Norma técnica peruana NTP 339.086 define a los aditivos como sustancias añadidas a los componentes fundamentales del concreto con el propósito de modificar alguna de sus propiedades.

Los aditivos se añaden a las mezclas de concreto generalmente durante el proceso de mezclado con el propósito de:

- Modificar una o algunas de sus propiedades, a fin de permitir que sean más adecuados para el trabajo solicitado.
- Mejorar su trabajabilidad facilitando su proceso de colocación.
- Posibilitar el rendimiento en la elaboración, transporte, y puesta en obra del concreto.
- Lograr mayor economía y mejores resultados, por cambios en la composición o Proporciones de la mezcla.

(Rivva L., 2000)

Razones de empleo

- Entre las principales razones de empleo de aditivos, para modificar las propiedades del concreto fresco, se puede mencionar: Reducción en el contenido de agua de la mezcla, que trae como consecuencia ahorro en la cantidad de cemento para una misma relación a/c (caso de los plastificantes y superplastificantes).
- Se logra obtener algunas propiedades en el concreto de manera más efectiva que utilizando otros medios.
- Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- Reducción, incremento o control del asentamiento
- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación
- Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.
- Asegurar la calidad de concreto durante las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado del concreto.

Entre las principales razones de empleo de los aditivos para modificar las

propiedades de los concretos, morteros o lechada endurecidos se puede mencionar:

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- Incremento en la durabilidad (resistencia a condiciones severas de exposición).
- Disminución de la permeabilidad del concreto
- Control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados;
- Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco
- Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión
- Control de la corrosión de los demonios metálicos embebidos en el concreto Producción de concretos o morteros celulares.
- Producción de concretos o morteros coloreados.

(Torre, 2004)

Clasificación

No es fácil clasificar los aditivos, debido a que ellos pueden ser clasificados genéricamente o con relación a los efectos característicos derivados de su empleo; pueden modificar más de una propiedad del concreto; así como a que los diversos productos existentes en el mercado no cumplen las mismas especificaciones.

Adicionalmente debe indicarse que los aditivos comerciales pueden contener en su composición materiales los cuales, separadamente podrían ser incluidos en dos o más grupos, o podrían ser cubiertos por dos o más Normas ASTM o recomendaciones ACI.

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

- TIPO A: Reductores de agua.

- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.
- TIPO F: Súper Reductores de agua.
- TIPO G: Súper Reductores de agua - acelerantes.

Existen otros tipos de clasificaciones de aditivos de acuerdo a los efectos de su empleo o a los tipos de materiales constituyentes. La Recomendación ACI 212 clasifica a los aditivos en los siguientes grupos:

Acelerantes

Los cuales tienen por finalidad incrementar significativamente al desarrollo inicial de resistencia en compresión v/o acortar el tiempo de fraguado. Deberán cumplir con los requisitos de las Normas ASTM C 494 ó C 1017, o de las Normas NTP 339.086 ó 339.087.

Incorporadotes de aire

Los cuales tienen por objetivo mejorar el comportamiento del concreto frente a los procesos de congelación y deshielo que se producen en sus poros capilares cuando el está saturado y sometido a temperaturas bajo 0 °C. Estos aditivos deberán cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.086 o de la Norma ASTM C

Reductores de agua y reguladores de fragua

Son empleados con la finalidad de reducir los requisitos de agua de la mezcla requerida para producir un concreto con cierto asentamiento, también permiten reducir la relación agua cemento o para aumentar el asentamiento, los reductores de agua típico reducen el contenido de agua de 5% a 10%; los reductores de agua conocidos como de alto rango reducen el contenido de agua de 12% a 30% (Superplastificantes); también permite modificar las condiciones de fraguado de la misma, o ambas. Dependiendo de su composición química estos aditivos pueden disminuir, incrementar o no tener

ningún efecto en la exudación Deberán cumplir con los requisitos de las Normas NTP 339.086 ó 339.087, o de las Normas ASTM C 494 ó C 1017.

Impermeabilizantes

Los cuales tienen por finalidad contribuir a controlar las filtraciones a través de las grietas, reduciendo la penetración del agua, en un concreto no saturado, desde el lado húmedo al lado seco.

Los agentes impermeabilizantes reducen la velocidad a la cual se trasmite agua a presión a través del concreto. Uno de los mejores métodos para incrementar la impermeabilidad consiste en aumentar la cantidad de cemento y reducir la relación agua/ cemento a menos de 0.5. Algunas adiciones minerales como el humo de sílice, reducen la permeabilidad por medio del proceso de hidratación y de reacción puzolánica.

Reductores de permeabilidad

Los cuales tienen por finalidad reducir la velocidad con la cual el agua puede circular a través de un elemento de concreto saturado, bajo una gradiente hidráulica mantenida externamente.

Controladores de la reacción álcali-agregado

Los cuales tienen por finalidad reducir, evitar o controlar la reacción entre los álcalis del cemento y elementos que puedan estar presentes en los agregados reactivos.

Superplastificantes

También conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango se encuentran especificados en ASTM c494 y ASTM C 1017, los cuales tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado. Se agregan a los concretos de agua / cemento bajos a normales para producir concretos fluidos de alto asentamiento. Estos concretos son muy fluidos y trabajables pueden ser colocados con poca o ninguna vibración

o compactación Igualmente se emplean para incrementar el asentamiento sin necesidad de aumentar el contenido de agua de la mezcla. Entre las principales aplicaciones de estos aditivos tenemos:

- Colocación de concreto en secciones delgadas
- Estructuras con alta densidades de aceros y espaciamientos cercanos o Concretos bajo el agua
- Concreto bombeable para disminuir la presión de la bomba o Incrementando la distancia de bombeo

AGREGADO RECICLADO

Se han efectuado estudios para determinar las ventajas del empleo de materiales reciclados como agregados en el concreto. Tales usos pueden ser muy deseables desde los puntos de vista económico y ambiental, pero deberán tomarse precauciones especiales cuando se considera los agregados reciclados.

Los residuos de demoliciones pueden contener cantidades inconvenientes de vidrio, ladrillo, y yeso, y un concreto reciclado puede contener agregados reactivos o de pobre calidad o altos contenidos de cloruros.

Los agregados preparados a base de depósitos municipales o industriales reciclados, o de materiales marginales, pueden contener un gran número de características físicas o químicas indeseables.

Las mezclas de prueba, los ensayos en magnitud importante, y registros de comportamiento locales, son de vital importancia en la toma de decisión sobre su empleo.

En general los agregados reciclados deberán ser evaluados en la misma forma que los agregados para concreto.

(Rivva L., 2000)

MICROSÍLICES

Rivva (2000) en el libro Naturaleza y Materiales del concreto nos da los siguientes alcances:

Definición

Las microsílices son un polvo muy fino compuesto en un 90% al 96% de dióxido de sílice amorfo, un material que tiene cualidades y propiedades lo bastante buenas para ser empleado en el concreto. Este material es un producto de las industrias de ferrosilicón.

Las microsílices fueron ensayadas para ser usadas en el concreto en la década de los 50 en Noruega. Se obtuvo buenos resultados en la resistencia del concreto y posteriormente se determinó que en su exposición a los sulfatos los concretos preparados incorporando microsílices eran tan resistentes como aquellos preparados utilizando cemento resistente a los sulfatos.

Producción

Las microsílices son producidas por la reducción a alta temperatura de cuarzo en altos hornos eléctricos en los que el producto principal es aleaciones de silicio o de ferrosilicio.

El cuarzo de alta pureza es calentado a 2000 °C en un horno eléctrico conjuntamente con carbón o madera, empleados para remover el oxígeno. La aleación es recolectada en la parte inferior del horno. Durante la reducción del cuarzo éste genera humos los cuales son condensados como en micro esferas de sílice amorfa.

Los humos son recogidos del horno por pre colectores y ciclones, los cuales remueven las partículas mayores de madera o carbón no calcinados, y el polvo es recogido en dispositivos especiales.

Características

La microsílíce es producida como un polvo ultra fino de coloración tendiendo al gris, con las siguientes propiedades:

- Por lo menos 90% de SiO₂
- Tamaño medio de las partículas de 0.1 a 0.2 μm
- Superficie específica mayor de 15000 m²/kg
- Partículas de perfil esférico
- Bajo contenido de carbón.

Formas disponibles

La microsílíce se puede obtener en cuatro formas:

- a) No densificada, con una densidad de volumen de 200-300 kg/m³. Debido a su muy baja densidad de volumen y subsecuentes problemas en la manipulación, este tipo de microsílíces es a menudo considerada como impracticable para su uso en la producción de concretos normales. Las áreas en las que ella es empleada exitosamente son los productos refractarios, revestimientos de protección y lechadas y morteros empleados en procedimientos de reparación del concreto.
- b) Densificada, con una densidad de volumen mayor de 500 kg/m³. En el proceso de la densificación las partículas estarán en una aglomeración suelta, siendo las partículas de tamaño mayor. Esto hace al polvo fácil de manipular y facilita el transporte.

Las áreas en que este material es empleado con éxito son los procesos de prefabricación, pisos de concreto, o plantas de concreto premezclado; así como en la industria de concretos refractarios.

Si la densidad de volumen es demasiado alta durante el proceso de densificación, el usuario puede experimentar problemas para obtener

una adecuada dispersión del material. Adicionalmente, el material que ha sido densificado más allá de los 700 kg/m³ no ha dado buenas combinaciones del dosaje de microsílices y cementos alcalinos, pudiendo tener un comportamiento inconveniente.

- c) Peletizada, con una densidad de volumen mayor de 600 kg/m³. El material en esta forma no es adecuado para su empleo en el concreto desde que es virtualmente imposible dispersarlo adecuadamente en el proceso de mezclado.
- d) Lechadas, con una gravedad específica de 1400 kg/m³. Este material es producido mezclando el polvo no densificado y agua en iguales proporciones para producir una lechada estable. En esta forma el material es fácilmente disperso en la mezcla de concreto.

- **Efectos sobre el concreto fresco**

Rivva (2000) dice que:

El pequeño tamaño de las partículas de microsílíce hace que el material tenga una gran superficie específica total, lo cual tiene efectos importantes sobre las propiedades de los concretos no endurecidos.

En un dosaje de 10% de microsílices en peso del cemento, entre 50000 y 100000 microesferas son añadidas por cada grano de cemento. De esta manera la mezcla es saturada con el material fino y esta adición origina un incremento de la superficie interna en un importante orden de magnitud.

- **Trabajabilidad**

El importante incremento en el área superficial da un correspondiente incremento en las fuerzas superficiales internas, lo que origina un aumento en la cohesividad del concreto. Este efecto es ventajoso pero igualmente da lugar a que el concreto sea menos trabajable durante la colocación, lo cual obliga a un incremento en el asentamiento para mantener una trabajabilidad «aparente». Esta es una de las más importantes razones por las cuales las

microsílices deben ser empleadas conjuntamente con plastificantes o superplastificantes.

El término trabajabilidad «aparente se refiere al efecto de la microsilíce sobre el asentamiento medido en el cono, encontrándose que un concreto fresco con microsilíce tendrá un asentamiento más bajo que un concreto similar ordinario debido a la mayor cohesividad de la mezcla. Cuando se aplica energía a la mezcla, como en el caso de bombeo o vibración, las partículas de microsilíce, siendo esféricas, deberán actuar como billas y lubricar la mezcla dando una movilidad mayor que la de concretos ordinarios de similar asentamiento. Adicionalmente, la adición de microsilíce deberá causar una disminución en la viscosidad del material aunque se incremente ligeramente la resistencia al corte de la mezcla fresca.

- **Cohesividad**

Desde que el concreto con microsilíce es más cohesivo, es menos susceptible a procesos de segregación que los concretos regulares, aún en los concretos fluidos. La reducción en la tendencia a la segregación es también útil para lechadas altamente fluidas y mezclas a ser bombeadas.

La adición de pequeñas cantidades de microsilíce a una mezcla diseñada para bombeo deberá actuar como una ayuda, dando excelentes características de bombeo.

- **Calor de hidratación**

Para una resistencia dada a los 28 días, los concretos con microsilíce deberán normalmente desarrollar menos calor que los concretos de cemento portland normales. La razón es que la cantidad de cemento se reduce, lo que motiva que el calor total también se reduzca. Las microsílices, añadidas en un volumen de un tercio de la cantidad de cemento que puede ser reducida, empiezan a reaccionar después que el hidróxido de calcio se ha formado, contribuyendo muy poco al calor generado por el cemento.

Los concretos con microsílíce son muy sensitivos a variaciones de temperatura durante el endurecimiento, La magnitud de la hidratación, ello es su ganancia en resistencia, deberá ser reducida en forma importante con incrementos en la temperatura.

- **Propiedades del concreto endurecido**

Rivva (2000) dice que el concreto endurecido se modifica en:

- **Resistencia en compresión**

La microsílíce, cuando es añadida a una mezcla de concreto, deberá incrementar la resistencia en forma muy importante. El porcentaje de incremento en la resistencia dependerá de diversos factores, algunos de los cuales son: el tipo de mezcla, tipo de cemento, volumen de microsílíce, empleo de un aditivo reductor de agua, propiedades del agregado, y régimen de curado.

Los concretos con microsílíce parecen seguir la relación convencional entre resistencia y relación agua-cemento, siendo las curvas de desarrollo más empinadas cuando se adiciona microsílíce.

Como en el caso de otros materiales suplementarios, los concretos con microsílíce son sensitivos a un secado temprano; pudiendo ser una consecuencia de ello una reducción en la resistencia final. Algunas combinaciones de microsílíce y cenizas parecen ser más resistentes a este efecto.

Con un diseño de la mezcla adecuado, los concretos de muy alta resistencia pueden ser producidos empleando las facilidades de los concretos premezclados. En los Estados Unidos se han obtenido valores comerciales de 100 a 130 Mp. En el Perú se han obtenido valores de laboratorio del orden de 120 Mp.

- **Resistencia en flexión y tensión**

La interrelación porcentual entre las resistencias en tensión, flexión y compresión de un concreto con microsílíce es similar a la de los concretos normales. Así, un incremento en la resistencia en compresión empleando microsílíce deberá dar un incremento proporcional en las resistencias en flexión y tensión similar al de los concretos sin microsílíce.

Ello significa que un concreto con microsílíce con una resistencia en compresión del orden de 120 Mp, podrá tener una resistencia en flexión del orden de 240 Mp y una resistencia en tensión del orden de 120 Mp.

- **Adherencia**

Una mejora en la cohesividad debida al muy pequeño tamaño de las partículas de microsílíce deberá mejorar la superficie de contacto, y por tanto la adherencia, entre el concreto fresco con microsílíce y los elementos sobre los que se deposita tales como el acero de refuerzo, concreto antiguo, fibras, y agregado.

Se ha demostrado que la interface cemento-agregado es alterada cuando la microsílíce esta presente, encontrándose una mejora en la resistencia. La adherencia a las fibras es significativamente mejorada. Ello es especialmente importante en los torcretos mejorados con fibra de acero y microsílíce.

- **Contracción**

La contracción de los concretos con microsílíce es similar a la de los concretos normales. Sin embargo, debido a la reducida magnitud y velocidad del secado, la contracción tiene lugar más lentamente en los concretos con microsílíce. En los ensayos normalizados, ello da lugar a que se observe contracciones menores en los concretos con microsílíce que en los concretos normales.

- **Abrasión y erosión**

Concretos de alta resistencia con microsílíce presentan generalmente una mejor resistencia a la abrasión y erosión, siendo la resistencia a la abrasión una importante área de aplicación para este tipo de concretos.

En años recientes, los concretos de alta resistencia con microsílíce han demostrado ser un material excelente para pavimento de alta resistencia al desgaste.

- **Porosidad**

El principal efecto físico de las microsílíces sobre la microestructura del concreto endurecido es un refinamiento de la estructura de los poros. El volumen total no necesariamente cambia, pero los grandes poros se subdividen en poros más pequeños. Esta mejora en la estructura de poros se refleja en resistencias mayores, pero es también de gran importancia en la permeabilidad del material.

Otro importante factor es la mejora en la calidad de la zona de transición entre las partículas de agregado y la pasta de cemento. Todo ello significa una mejora muy importante en la estructura y composición. Aparte de mejorar la adherencia entre el agregado y la pasta, se reducen la porosidad y la capacidad de transporte de la zona de interfase.

- **Permeabilidad**

La permeabilidad es una medida de la facilidad de pase de líquidos o gases a través del material. La permeabilidad se determina aplicando una carga y determinando la altura de penetración o el volumen de líquido o gas que pasan a través de la muestra. La permeabilidad es importante por dos razones: los parámetros obtenidos permiten conocer cuan rápidamente sustancias peligrosas pueden entrar al concreto y cuan fácilmente el material puede ser lavado del concreto.

La presencia de microsílices en el concreto, al disminuir en forma significativa la porosidad de la pasta incrementa la impermeabilidad de la pasta y reducen en forma muy importante la posibilidad de ataques a la misma.

- **Resistencia a los sulfatos**

Los estudios efectuados en diversos países demuestran que las mezclas preparadas empleando microsílíce son más resistentes al ataque de sulfatos que aquellas preparadas empleando cementos especiales resistentes a los sulfatos.

El buen comportamiento de las mezclas con microsílíce en un ambiente con sulfatos puede ser atribuido a diversos factores, de los cuales los más importantes pueden ser:

La refinada estructura de poros, lo que da lugar a una reducción en el paso de iones dañinos.

- **Resistencia a la congelación**

El propósito de la incorporación de aire al concreto es lograr un sistema de burbujas adecuado en el concreto endurecido. En el concreto fresco se requiere un sistema de aire estable, el cual permita procedimientos de colocación y compactación adecuados.

Se han efectuado estudios para determinar el efecto de las heladas en concretos a los cuales se ha adicionado microsílíce. Se ha encontrado que es difícil incorporar aire a una mezcla con microsílíce si no se utiliza un plastificante, pero el incremento en el dosaje del incorporador de aire y la adición de un plastificante pueden hacer fácil alcanzar el nivel de aire deseado en la mezcla.

En los concretos endurecidos, la presencia de microsílíce mejora el factor de espaciamiento y la estabilidad de las burbujas, sin variaciones en el

contenido de aire. El procedimiento de curado y su duración tienen un efecto importante en estos resultados.

El uso combinado de microsílices e incorporadores de aire es una buena opción.

Las microsílices dan muy baja permeabilidad, pero mantienen buena estabilidad del aire en el concreto fresco, con un espaciado uniforme de las burbujas de aire que proporciona una excelente protección contra las heladas. Los ensayos de largo plazo han mostrado una resistencia al descascamiento por sales de los concretos con aire incorporado a los cuales se ha incorporado microsílices, la cual es similar a la de los concretos ordinarios.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

Esta investigación es del tipo cuantitativa ya que según Hernández, Fernández, & Baptista, (2010) “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis previamente hechas, confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población”

Es así que en la presente investigación se realizó la recolección de datos a partir de los testigos de concreto para probar la hipótesis con base en una medición numérica.

3.1.2. Nivel De La Investigación

Esta investigación es de nivel descriptiva ya que de acuerdo con Hernández, Fernández, & Baptista (2010) estas “miden, evalúan o

recolectan datos sobre diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar”.

Además esta investigación tiene un alcance relacional ya que se evaluaron los efectos que tuvieron algunas variables sobre la resistencia del concreto esto con el fin de recolectar toda la información que obtenida para poder llegar al resultado, así mismo tiene un alcance aplicativo ya que se buscó mejorar la calidad del concreto con agregado reciclado producto de la demolición de estructuras de concreto.

3.1.3. Método de Investigación

Se utiliza el método Hipotético-Deductivo que según Hernández, Fernández, & Baptista (2010) “Este es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. El método hipotético-deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.”

La investigación es de carácter Hipotético – Deductivo ya que se asumieron diversas hipótesis, y se tuvo en cuenta que no todas son verdaderas, estas fueron comprobadas cuando se realizaron los ensayos pertinentes, procesamiento de datos y cálculos respectivos los cuales fueron usados para poder demostrarlos.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Diseño Metodológico

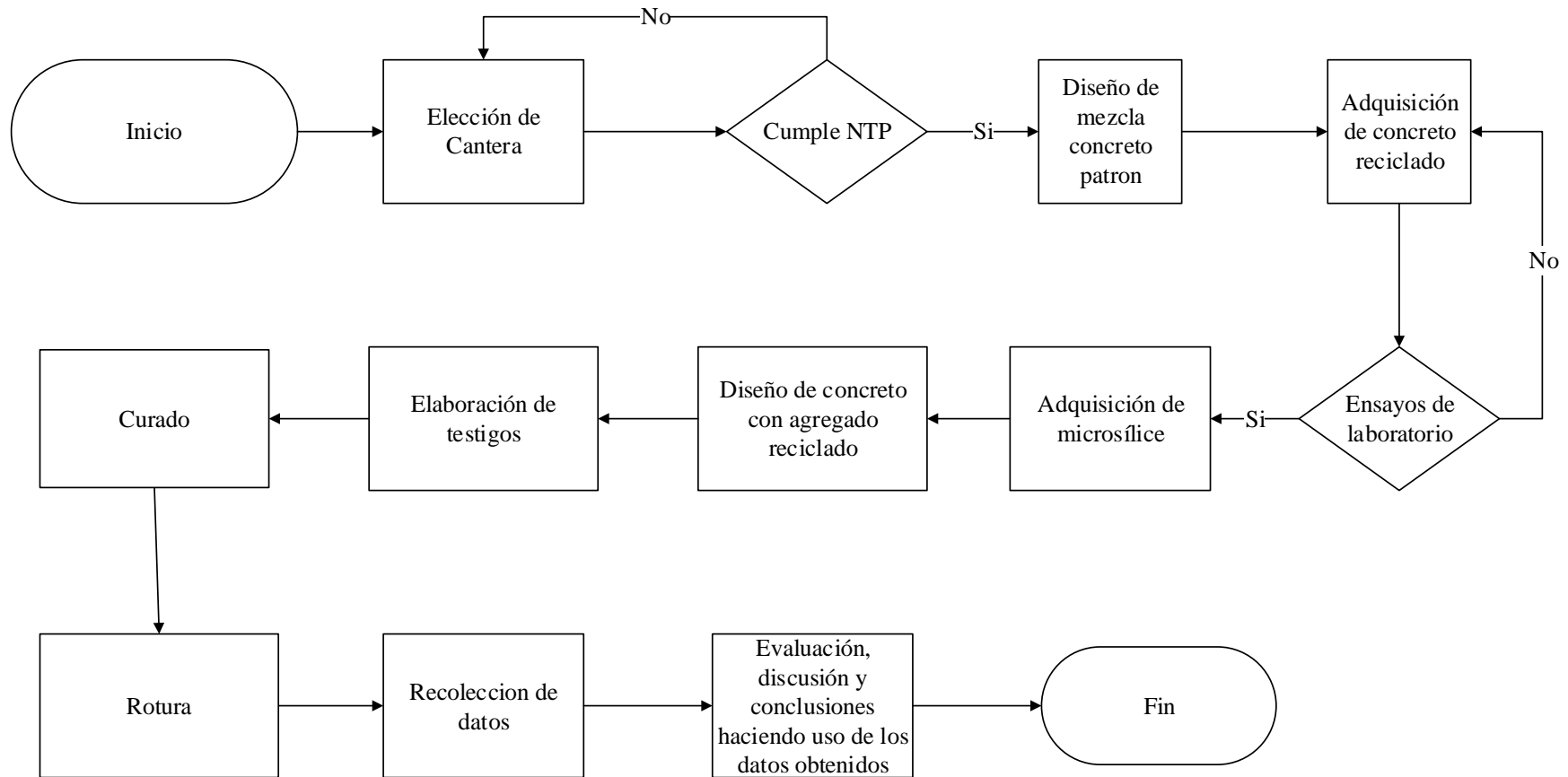
Según Hernández, Fernández, & Baptista (2010), el presente trabajo de investigación es experimental porque está integrada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas que se realizaron para

recabar la información y datos necesarios sobre el tema a investigar y el problema a resolver. Aborda una pregunta bastante enfocada.

Es así que se utilizó la manipulación y las pruebas controladas durante la evaluación de resistencia a compresión del concreto elaborado con concreto reciclado al 50 % adicionado con distintos porcentajes de microsílíce y así determinar su efecto sobre la resistencia a la compresión.

3.2.2. Diseño de Ingeniería

Figura 3: Diseño de Ingeniería



Fuente: Elaboracion Propia

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

A) Descripción de población

Como población de la investigación se tomaron las probetas cilíndricas de concreto elaborado con agregados reciclados producto de la demolición de veredas adicionado con microsílíce, y el concreto tradicional, tomado como patrón sin adiciones.

B) Cuantificación de población

La población está determinada por un total de 108 probetas cilíndricas, dividiéndose entre probetas para concreto patrón sin adiciones, concreto con agregados reciclados producto de la demolición de veredas adicionado con microsílíce en porcentajes de 8 %, 9 % y 10 %.

3.3.2. Muestra

A) Descripción de muestra

La muestra de la investigación fueron probetas cilíndricas de concreto elaborado con agregados reciclados producto de la demolición de veredas adicionado con microsílíce, y el concreto tradicional, tomado como patrón sin adiciones.

B) Cuantificación de la muestra

Al igual que la población, la muestra está determinada por un total de 108 probetas cilíndricas, dividiéndose entre probetas para concreto patrón sin adiciones, concreto con agregados reciclados producto de la demolición de veredas adicionado con microsílíce en porcentajes de 8 %, 9 % y 10 %.

C) Método de muestreo

Se utilizó un método no probabilístico o intencional ya que los investigadores decidieron la cantidad de muestra a usar.

Tabla 13: Cantidad de Muestra

Resistencia del concreto	Briquetas											
	Concreto Patrón			8 % de microsílíce			9 % de microsílíce			10 % de microsílíce		
	Días			días			días			días		
210 kg/cm ²	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
Cantidad	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Total= 108

Fuente: Elaboracion Propia

D) Criterios de evaluación de muestra

En la investigación se utilizaron probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Las muestras que se evaluarán deberán estar libres de cangrejeras.

E) Criterios de Inclusión

- Se consideraron 3 probetas cilíndricas por cada tipo de rotura.
- Se evaluó la cantidad de porcentaje del componente químico, con relación al peso del cemento, teniendo los porcentajes de 8%, 9% y 10%, con tiempos de rotura en días de 7, 14 y 28 días.
- Se utilizó únicamente el concreto patrón con resistencia de 210 kg/cm².
- El concreto reciclado será producto de la demolición de veredas.
- Se utiliza cemento portland puzolanico del tipo IP.
- Se utiliza agua potable.

- El método de diseño de mezcla de concreto será el método del ACI.
- Las pruebas que se realizan son únicamente de compresión axial.
- Para el concreto patrón se utiliza materiales de la cantera de Vicho.
- Las probetas de concreto son de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

3.3.3. Instrumentos

A) Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESISTAS: JHALMARVALENCIAPUMA

LUGAR: URB. LAS JOYAS-SAN SEBASTIAN LAB. INGOMAC

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

Peso de la muestra:

Tamiz N°	Abertura (mm)
N° 4	4.750
N° 8	2.360
N° 16	1.180
N° 30	0.600
N° 50	0.300
N° 100	0.150
N° 200	0.075

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESISTAS:

LUGAR:

FECHA:

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Peso de la muestra (gr):

Tamiz	Abertura
N°	(mm)
1 1/2"	37.5
1"	25
3/4"	19
3/8"	9.5
N° 4	4.75

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESISTAS:

LUGAR:

FECHA:

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr):**B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr):****C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr):**

Peso específico de la masa:**Peso específico de la masa superficialmente seca:****Peso específico aparente:****Absorción:****UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESISTAS:

LUGAR:

FECHA:

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO

A: Peso de la muestra secada en el horno (gr):

B: Peso del picnómetro lleno de agua (gr):

C: Peso del picnómetro con la muestra y agua hasta la marca (gr):

S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr):

Peso específico de la masa:

Peso específico de la masa superficialmente seca:

Peso específico aparente:

Absorción:

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESISTAS:

LUGAR:

FECHA:

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**SUELO:**

Peso del molde:

Volumen del molde:

Peso de (molde+ agregado):

Peso del agregado:

Peso unitario del agregado:

Peso específico de la masa:

Densidad del agua:

Porcentaje de vacíos:

COMPACTADO:

Peso del molde:

Volumen del molde:

Peso de (molde+ agregado):

Peso del agregado:

Peso unitario del agregado:

Peso específico de la masa:

Densidad del agua:

Porcentaje de vacíos:

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESISTAS:

LUGAR:

FECHA:

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SUELTO:

Peso del molde:

Volumen del molde:

Peso de (molde+ agregado):

Peso del agregado:

Peso unitario del agregado:

Peso específico de la masa:

Densidad del agua:

Porcentaje de vacíos:

COMPACTADO:

Peso del molde:

Volumen del molde:

Peso de (molde+ agregado):

Peso del agregado:

Peso unitario del agregado:

Peso específico de la masa:

Densidad del agua:

Porcentaje de vacíos:

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESISTAS:

LUGAR:

FECHA:

ROTURA DE TESTIGOS DE CONCRETO

**DATOS DE LECTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO SOMETIDAS A
COMPRESIÓN AXIAL**

Concreto: _____ % de adición de
microsílice:

Edad: _____

BRIQUETAS

B-1 _____

B-2 _____

B-3 _____

B-4
B-5
B-6
B-7
B-8
B-9
B-10
B-11
B-12
B-13
B-14
B-15
B-16
B-17
B-18
B-19
B-20
B-21
B-22
B-23
B-24
B-25
...
....

B) Instrumentos de Ingeniería

- Juego de tamices.
- Maquina tamizadora.
- Balanzas.
- Brocha.
- Picnómetro con capacidad de 500 ml.
- Molde cónico metálico.
- Apisonador de metal.

- Bomba de vacíos.
- Horno eléctrico.
- Recipientes
- Cesta
- Recipiente cilíndrico.
- Varilla de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud.
- Cuchara metálica.
- Mezcladora de concreto.
- Máquina de compresión axial.
- Cono de Abrams.
- Briquetas.

3.3.4. Procedimientos de recolección de datos

A) Granulometría del agregado fino

Equipos utilizados

- Tamices: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N° 200 y fondo.
- Balanza.
- Cucharón.
- Recipientes.
- Brocha.

Procedimiento

- Se obtuvo una muestra de aproximadamente 2 kg, por el método del cuarteo, con el fin de obtener una muestra representativa, el proceso se repitió 3 veces.
- La muestra está compuesta por 1.50 kg de material proveniente de la cantera de cuyac y 0.500 kg provenientes de la cantera de vicho.

Figura 4 Cuarte del Agregado Fino Previo Al Ensayo De Granulometría



Fuente: Elaboracion Propia

- Se colocó toda la muestra de 1.5kg de agregado fino en los tamices, para luego seguir con el proceso de tamizado mediante el empleo de la maquina tamizadora.

Figura 5 Maquina Tamizadora Realizando El Ensayo De Granulometría



Fuente: Elaboracion Propia

- Se tomó el peso de material retenido en cada tamiz.

Figura 6 Obtencion del Peso de Agregado Fino Retenido en Cada Tamiz



Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Luego del proceso de tamizado se obtuvo:

Tabla 14: Peso Retenido Agregado Fino Cantera de “cunyac”

Peso de la muestra (gr): 1511.60

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.750	6.47			
N° 8	2.360	5.07			
N° 16	1.180	34.02			
N° 30	0.600	204.51			

N° 50	0.300	837.24
N° 100	0.150	348.84
N° 200	0.075	65.25
Fondo		2.19
Total		1503.59
Error		

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 15: Peso retenido agregado fino cantera de “Vicho”

Peso de la muestra (gr): 515.21

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.750	54.19			
N° 8	2.360	145.09			
N° 16	1.180	137.31			
N° 30	0.600	105.76			
N° 50	0.300	44.19			
N° 100	0.150	14.43			
N° 200	0.075	6.72			
Fondo		5.20			
Total		512.89			
Error					

Fuente: Elaboracion Propia

B) Granulometría del Agregado Grueso

Equipos utilizados

- Tamices: 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", 3/8", N°4, N°8.
- Balanza
- Recipientes y cucharon
- Brocha

Procedimiento

- Por el método de cuarteo se obtuvo una muestra representativa., se obtuvo una muestra de aproximadamente 5.00 kg. de agregado grueso de la cantera de Vicho.
- Para el ensayo se empleo los tamices: 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", 3/8", N°4, N°8.

Figura 7 Tamices Normalizados para el Ensayo de Granulometría



Fuente: Elaboracion Propia

- Se procedió a realizar el tamizado con la muestra, para luego de esto tomar el peso de la muestra retenida en cada tamiz.

Figura 8 Agregado grueso

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 9 Gradacion del Agregado Grueso

Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Peso de la muestra (gr): 5144.80

Tabla 16: Peso retenido agregado

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido corregido	% retenido acumulado	% que pasa
1 1/2"	37.5	0.00				
1"	25	0.00				
3/4"	19	341.68				
3/8"	9.5	3145.69				
N° 4	4.75	1470.51				
Fondo		107.26				
	Total	5119.08				
	Error					

Fuente: Elaboracion Propia

Peso Específico del Agregado Fino

Equipos utilizados

- Balanza de precisión de 0.5gr.
- Picnómetro con capacidad de 500 ml.
- Molde cónico metálico o cono de absorcion.
- Apisonador de metal.
- Bomba de vacíos.
- Horno.
- Recipientes

Procedimiento

- Por el método de cuarteo se extrajo una muestra de más de 1kg. del material que pasa la malla N°4, se puso en el horno a 110 °C, para luego ser sumergido en agua por 24 horas.
- Se obtuvo el peso del picnómetro lleno con agua hasta el nivel de 500 ml.

Figura 10 Picnometro con agua

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 11 Secado de material fino mediante la cocina a gas

Fuente: Elaboracion Propia

- El agregado húmedo se colocó en una bandeja, para ser secado mediante el empleo de la cocina a gas y lograr el estado saturado superficialmente seco.
- Se comprobó el estado saturado superficialmente seco, realizando la prueba del cono de humedad, golpeando con el apisonador en partes de 3, sumando 25 golpes en total en las 3 partes, verificando que el agregado que se desmorone en punta.

Figura 12 Cono de Absorcion

Fuente: Elaboracion Propia

- Se pesaron 500 gr. exactos para ser colocados dentro del picnómetro, y otros 500 gr. fueron llevados al horno para ser secados.
- Se llenó el picnómetro con agua hasta la marca de 500 ml.
- Utilizando una bomba de vacíos se quitaron todas las burbujas.
- Se volvió a llenar con agua el picnómetro hasta la marca de 500 ml. y se tomó el peso.

Figura 13 Eliminacion de Aire Mediante el Empleo de la Bomba de Vacios

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 14 Toma del Peso del Picnómetro con A.F Libre de Aure.



Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Tabla 17: Datos para el peso Específico del Agregado Fino Cantera de “Vicho”

A: Peso de la muestra secada en el horno (gr):	491.70
B: Peso del picnómetro lleno de agua (gr):	657.50
C: Peso del picnómetro con la muestra y agua hasta la marca (gr):	974.60
S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr):	500.00
Peso específico de la masa:	
Peso específico de la masa superficialmente seca:	
Peso específico aparente:	
Absorción:	

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 18: Datos para el peso específico del Agregado Fino cantera de “Cunyac”

A: Peso de la muestra secada en el horno (gr):	493.30
B: Peso del picnómetro lleno de agua (gr):	585.70
C: Peso del picnómetro con la muestra y agua hasta la marca (gr):	895.80
S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr):	500.00
Peso específico de la masa:	
Peso específico de la masa superficialmente seca:	
Peso específico aparente:	
Absorción:	

Fuente: Elaboracion Propia

Peso específico del agregado grueso

Equipos utilizados

- Balanza.
- Cesta
- Horno
- Recipientes
- Franela

Procedimiento

- Se tamizo el material para obtener una muestra que contenga solo material considerado como agregado grueso.
- Se lavó la muestra y se puso a secar en el horno a 110 °C.
- Se sumergió la muestra en un depósito con agua por 24 horas.

Figura 15 Agregado Grueso Saturado Previo al Ensayo de Peso Específico



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 16 Secado de Agregado Grueso Mediante el uso de la Franela



Fuente: Elaboracion Propia

- Con ayuda de una franela, se secó la muestra superficialmente, para alcanzar el estado saturado superficialmente seco, luego de esto se anotó el peso correspondiente.
- Se colocó la muestra superficialmente seca pesada en la cesta, sumergiendo la muestra en el agua se procedió a tomar su peso.
- Se llevó la muestra al horno a 110 °C, para ser secada y se anotó su peso seco.

Figura 17 agregado superficialmente seco dentro de la cesta



Fuente: Elaboracion Propia

- Se llevó la muestra al horno a 110 °C, para ser secada y se anotó su peso seco.

Figura 18 Secado del agregado grueso



Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Tabla 19: Datos para el peso específico del agregado grueso de la cantera de “Vicho”

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr):	6010.00
B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr):	6121.10
C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr):	3851.90
Peso específico de la masa:	
Peso específico de la masa superficialmente seca:	
Peso específico aparente:	
Absorción:	

Fuente. Elaboracion Propia

Peso unitario del Agregado Fino

Equipos utilizados

- Balanza.
- Recipiente cilíndrico.
- Varilla de 5/8” y 60 cm de longitud.
- Horno.
- Cuchara metálica.
- Vernier de precisión

Procedimiento

- Se colocó la muestra a ensayar en la cocina a gas para ser secada completamente.

Figura 19 Secado de Material Fino Usando la Cocina a Gas



Fuente. Elaboracion Propia

- Se determinó y anoto en peso y volumen del molde, tomando medidas en la parte superiores, inferior y central del molde.
 - a. Peso unitario suelto
 - Se vertió el material en el molde con ayuda de una cuchara metálica con caída libre hasta llenarlo completamente.
 - Con ayuda de la varilla de fierro liso se enrasa y se toma su peso. Este procedimiento se realizó 3 veces

Figura 20 Equipo Empleado en el Ensayo y Toma de peso de Molde mas A.F



Fuente: Elaboracion Propia

b. Peso unitario compactado

- Se vertió el material en el molde, hasta la tercera parte del recipiente y se dieron 25 golpes con la varilla sin que la varilla toque el fondo.
- El proceso se realizó en tres capas, se repitió esta operación dos veces más hasta llenar el molde.

Toma de datos

Tabla 20: Datos para el peso unitario suelto del agregado fino cantera de “Cunyac”

	1°	2°	3°
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³
Peso de (molde+ agregado):	11.89 Kg	11.85 Kg	11.87 Kg
Peso del agregado:			
Peso unitario del agregado:			
Peso específico de la masa:			
Densidad del agua:			
Porcentaje de vacíos:			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: Datos para el peso unitario compactado del agregado fino cantera de “Cunyac”

	1°	2°	3°
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³
Peso de (molde+ agregado):	12.25 Kg	12.27 Kg	12.23 Kg
Peso del agregado:			
Peso unitario del agregado:			
Peso específico de la masa:			
Densidad del agua:			
Porcentaje de vacíos:			

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 22: Datos para el peso unitario suelto del agregado fino cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³
Peso de (molde+ agregado):	12.07 Kg	12.10 Kg	12.05 Kg
Peso del agregado:			
Peso unitario del agregado:			
Peso específico de la masa:			
Densidad del agua:			
Porcentaje de vacíos:			

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 23: Datos para el peso unitario Compactado del agregado fino cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³
Peso de (molde+ agregado):	12.46 Kg	12.44 Kg	12.40 Kg
Peso del agregado:			
Peso unitario del agregado:			
Peso específico de la masa:			
Densidad del agua:			
Porcentaje de vacíos:			

Fuente: Elaboracion Propia

Peso Unitario Del Agregado Grueso

Equipos utilizados

- Balanza.
- Recipiente cilíndrico.
- Varilla de 5/8” y 60 cm de longitud.
- Horno.
- Cuchara metálica.

Procedimiento

- La muestra se dejó en el horno para ser secada.
- Se determinó y anoto en peso y volumen del molde.

a. Peso unitario suelto

- Se vertió el material en el molde con ayuda de una cuchara metálica, hasta colmarlo, con ayuda de la varilla se enrasa y se toma su peso. Este procedimiento se realizó 3 veces

Figura 21 Material Grueso Colocado con caída Libre



Fuente: Elaboracion Propia

b. Peso unitario compactado

- Se vertió el material en el molde, hasta la tercera parte del recipiente y se dieron 25 golpes con la varilla sin que la varilla toque el fondo, se repitió esta operación dos veces más hasta llenar el molde.
- Se anotó el peso del molde con el material.

Figura 22 Chuseado de Material Grueso para eliminar los vacios existentes



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 23 Enrasado de la Muestra Previa al Pesado



Fuente: Elaboracion Propia

- Se anotó el peso del molde con el material.

Toma de datos

Figura 24 obtencion del peso del agregado compactado



Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 24: Datos para el Peso Unitario suelto del Agregado grueso de la Cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°
Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg
Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³
Peso de (molde+ agregado):	11.67 Kg	11.66 Kg	11.63 Kg
Peso del agregado:			
Peso unitario del agregado:			
Peso específico de la masa:			
Densidad del agua:			
Porcentaje de vacíos:			

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 25: Datos para el peso unitario compactado del agregado grueso de la cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°
Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg
Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³
Peso de (molde+ agregado):	12.39 Kg	12.27 Kg	12.44 Kg
Peso del agregado:			
Peso unitario del agregado:			
Peso específico de la masa:			
Densidad del agua:			
Porcentaje de vacíos:			

Fuente: Elaboracion Propia

C) Granulometría del Agregado Grueso Reciclado

Equipos utilizados

- Tamices: 1", ¾", 3/8", N°4, N°8.
- Balanza.
- Recipientes.
- Maquina Tamizadora.
- Brocha.

Procedimiento

- Se obtuvo el concreto reciclado de la demolición de veredas, de la Urb. San Judas, el cual se presentaba en forma de piedras de 6''.

Figura 25 Concreto Reciclado Producto de la Demolición de Veredas



Fuente: Elaboracion Propia

- Para obtener el tamaño máximo nominal de agregado reciclado, procedimos a romper el material usando comba de hierro fundido, hasta conseguir los diámetros requeridos.

Figura 26 trituración manual del agregado reciclado



Fuente: Elaboracion Propia

Por el método de cuarteo, se obtuvo una muestra de aproximadamente 5.60 kg. de agregado grueso reciclado producto de la demolición de veredas.

Se procedió a realizar el tamizado usando la maquina tamizadora con la muestra, para luego de esto tomar el peso de la muestra retenida en cada tamiz.

Figura 27 Cuarteo del Agregado grueso reciclado previo a los ensayos de laboratorio



Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Tabla 26 Datos del Ensayo Granulometrico del Agregado Grueso Reciclado

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido corregido	% retenido acumulado	% que pasa
1 1/2"	37.5	0.00				
1"	25	112.00				
3/4"	19	1406.00				
1/2"	12.5	1839.54				
3/8"	9.5	898.23				
N° 4	4.75	1288.90				
Fondo		56.00				
	Total	5600.40				
	Error					

Fuente: Elaboracion Propia

D) Peso Específico Del Agregado Grueso Reciclado Producto De La Demolición De Veredas

Equipos utilizados

- Balanza.
- Cesta
- Horno
- Recipientes

Procedimiento

- Se lavó la muestra de agregado grueso reciclado y se puso a secar en el horno a 110 °C,
- Se sumergió la muestra en un depósito con agua por 24 horas.
- Con ayuda de una franela, se secó la muestra superficialmente, para alcanzar el estado saturado superficialmente seco, luego de esto se anotó su peso.

- Se colocó la muestra pesada en la cesta, sumergiendo la muestra en el agua se procedió a tomar su peso.
- Se llevó la muestra al horno a 110 °C, para ser secada y se anotó su peso seco.

Figura 28 Agregado Reciclado Completamente Saturado Previo al Ensayo de Peso Específico Con Superficie Seca



Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Tabla 27 Datos del Ensayo de peso específico con Superficie seca del Agregado Reciclado

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr):	5010.55
B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr):	5370.00
C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr):	3100.54
Peso específico de la masa:	
Peso específico de la masa superficialmente seca:	
Peso específico aparente:	
Absorción:	

Fuente: Elaboracion Propia

E) Peso Unitario Del Agregado Grueso Reciclado

Equipos utilizados

- Balanza.
- Recipiente cilíndrico.
- Varilla de 5/8" y 60 cm de longitud.
- Horno.
- Cuchara metálica.

Procedimiento

- La muestra fue colocada en el horno a 110 °C para ser secada.
- Usando un vernier se procedio a medir las dimensiones del molde metalico.
- Se determinó y anoto en peso y volumen del molde.

Peso unitario suelto

- Se vertió el material (concreto reciclado) en el molde con ayuda de una cuchara metálica, hasta colmarlo.
- Se enrasa con la varilla metálica y se toma el peso. Este procedimiento se realizó 3 veces

Figura 29 Agregado reciclado Libre de Impurezas previo al Ensayo de peso Unitario Suelto



Fuente: Elaboracion Propia

c. Peso unitario compactado

- Se vertió el material en el molde, hasta la tercera parte del recipiente y se dieron 25 golpes con la varilla sin que la varilla toque el fondo, se repitió esta operación dos veces más hasta llenar el molde.
- Se anotó el peso del molde con el material, El proceso se realizó tres veces para obtener datos más confiables.

Figura 30 concreto reciclado en briquetera, ensayo de peso unitario compactado



Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Tabla 28 Datos del ensayo de Peso Unitario Suelto de Agregado Reciclado

	1°	2°	3°
A= Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg
B= Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³
C= Peso de (molde+ agregado):	9.99 Kg	9.93 Kg	9.89 Kg

Fuente: Elaboracion Propia

**Tabla 29 Datos del ensayo de Peso Unitario compactado de agregado
Grueso Reciclado**

	1°	2°	3°
A= Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg
B= Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³
C= Peso de (molde+ agregado):	10.59 Kg	10.63 Kg	10.65 Kg

Fuente: Elaboracion Propia

F) Elaboración De Briquetas De Concreto Y Rotura

Equipos

- Mezcladora de concreto
- Cono de abrams
- Balanza electronica de precision
- Recipientes
- Carretilla
- Briqueteras
- Martillo de goma
- Varilla lisa de 5/8''
- vernier
- Máquina de compresión axial
- Almohadillas de caucho

Procedimiento

- Para empezar con la elaboración de testigos de concreto, antes se realizó el cálculo y se determinó las proporciones en peso y volumen que se necesitara para obtener las resistencias esperadas.

- Como primer paso se realizó el engrasado de las briqueteras, con petroleo.

Figura 31 Briqueteras de Concreto Listas para el Vaciado



Fuente: Elaboracion Propia

- Se procedió al vaciado de concreto para lo cual se realizó con la ayuda de la maquina mezcladora.
- Se elaboro un muestras de concreto patron con un diseño de mezcla de 210 kg/cm², seguidamente elaboramos testigos con agregado reciclado al 50% adicionando microsíllice en proporciones de 8%, 9% y 10%.

Figura 32 Preparacion de Testigos de Concreto



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 33 briquetas de concreto patrón



Fuente: Elaboracion Propia

- Se realizo la prueba del revenimiento con el cono de abrams, donde obtuvimos asentamientos comprendidos entre 2'' y 4'' para el concreto patron y de 1''-3'' para mezclas con agregado reciclado y humo de silice.

Figura 34 prueba del cono de brams



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 35 Microsilice o Humo de Silice



Fuente: Elaboracion Propia

- Se realizó la chuseada del concreto en tres capas diferentes con la varilla lisa para eliminar las bolsas de aire y se enraso para dar una uniformidad.
- Para obtener una muestra más uniforme se dio golpes a las briqueteras con el martillo de caucho.

Figura 36 Chuseo de Testigos de Concreto



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 37 Testigos de Concreto Elaborados en Laboratorio de Suelos y Concretos



Fuente: Elaboracion Propia

- Pasado un día se extrajeron los testigos de concreto de la briquetas.

Figura 38 Extraccion de Testigos de Concreto de las Briquetas



Fuente: Elaboracion Propia

- Ya elaborados los testigos de concreto, se colocan en cilindros y en el pozo de agua esto con la finalidad de que el concreto adquiera las resistencias de diseño.

Figura 39 Curado de Testigos de Concreto



Fuente: Elaboracion Propia

- Pasado los 7 y 14 días, se realizó la rotura de testigos de concreto.
- Para lo cual se extrajeron los cilindros del pozo y cilindro de curado para evaluar su resistencia a la compresión con ayuda de la máquina de compresión axial.
- En cada testigo de concreto se tomó las dimensiones con ayuda del vernier.

Figura 40: Medición de briquetas



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 41: Colocación de Briquetas

Fuente: Elaboracion Propia

- Se colocó las almohadillas en la parte superior e inferior de los cilindros para que la carga aplicada sea uniforme en todo el área de contacto.
- Se procedió a someter los cilindros de concreto a esfuerzos de compresión con velocidad constante y se observó el tipo de falla que estos presentaban.

Figura 42 Briqueta de Concreto Sometida a cargas de compresion

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 43 Rotura de Briquetas



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 44 Briqueta de Concreto al Momento de la Falla.



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 45 Se Observa el Agregado Reciclado en las Briquetas de Concreto



Fuente: Elaboracion Propia

Toma de datos

Tabla 30 Datos Obtenidos de la Rotura de Briquetas a los 7 dias

Concreto:	Patron					% de adición de microsílice:				
Edad:	7 dias									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.10	15.00	14.90	15.00		30.5	31.2		30491	
B-2	15.00	15.15	15.00	15.10		29.7	30.4		30017	
B-3	15.15	15.10	15.10	15.00		31.0	31.9		28491	
B-4	15.00	15.10	15.00	15.10		31.4	31.0		29750	
B-5	15.10	15.20	15.10	15.20		29.7	29.1		31215	
B-6	14.90	15.05	15.10	15.20		31.0	30.4		29534	
B-7	15.10	14.90	14.90	15.00		31.4	30.7		28809	
B-8	15.10	15.20	15.00	15.10		28.5	29.7		31336	

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 31 Datos de la Rotura de Briquetas a los 14 días

Concreto:	Patron					% de adición de microsílice:				
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUERZO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	(kg-f/cm ²)
B-1	15.20	15.00	15.00	15.10		31.0	30.4		34364	
B-2	15.00	15.00	15.10	15.20		31.4	30.7		33477	
B-3	15.15	15.15	14.90	15.00		28.5	29.7		33164	
B-4	15.15	15.00	15.00	15.10		30.3	31.0		34507	
B-5	15.00	14.95	15.15	15.20		31.2	31.9		33790	
B-6	15.15	15.10	15.15	15.10		30.7	30.5		34363	
B-7	15.10	15.05	15.10	15.00		29.5	29.7		34347	
B-8	15.00	15.20	14.95	15.10		29.7	31.4		34628	
B-9	15.00	15.10	15.20	15.00		30.5	30.8		33051	

Fuente: Elaboracion Propia

**Tabla 32 Datos de la Rotura de Briquetas de Concreto con Agregado
Reciclado a los 7 días al 8% de Microsilice**

	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 8 microsílice:				
Edad:	7 días									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUE
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	RZO (kg- f/cm ²)
B-1	15.30	15.20	15.00	15.10					30379	
B-2	14.90	15.00	15.15	15.10					30093	
B-3	15.20	15.15	15.10	15.00					30733	
B-4	15.10	15.20	15.05	15.10					31477	
B-5	15.00	15.10	14.90	15.00					30122	
B-6	15.10	15.10	15.00	15.10					30927	
B-7	14.90	15.05	15.10	15.00					31221	
B-8	15.10	14.90	15.00	15.10					30259	
B-9	14.90	15.00	15.10	15.20					31041	

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 33 Datos de Rotura de Concreto Elaborado con Agregado Reciclado a los 14 días al 8 % de Microsilice

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de microsilice:			8	
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUERZO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	(kg-f/cm ²)
B-1	14.95	15.10	15.10	15.05					34309	
B-2	15.10	15.20	15.05	15.20					35355	
B-3	15.00	15.10	14.90	15.05					33592	
B-4	15.10	15.00	15.10	14.90					33977	
B-5	15.00	15.10	15.10	15.20					35050	
B-6	15.10	15.20	15.00	15.10					33388	
B-7	14.90	15.00	15.20	15.00					33390	
B-8	15.00	15.10	15.00	15.15					34024	
B-9	15.15	15.20	15.15	15.10					33507	

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 34 Datos de Rotura de Briquetas de Concreto con Agregado Reciclado a los 7 días al 9% de Microsilice

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de microsilice:			9	
Edad:	7 días									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUERZO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	(kg-f/cm ²)
B-1	15.00	15.10	15.05	15.10					33723	
B-2	15.10	15.00	15.20	15.05					33184	
B-3	15.05	15.00	15.10	14.95					33942	
B-4	15.00	15.15	15.00	15.10					32693	
B-5	15.10	15.00	14.95	15.10					34199	
B-6	15.00	15.15	15.10	15.20					33666	
B-7	15.15	15.10	15.00	15.10					34128	
B-8	15.00	15.10	15.15	15.20					32568	
B-9	15.10	15.20	15.15	15.10					33556	

Fuente: Elaboracion Propia

**Tabla 35 Datos de rotura de Briquetas de Concreto con Agregado Reciclado
a los 14 días al 9% de Microsilice**

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 9 microsíllice:				
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUERZO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	(kg-f/cm ²)
B-1	15.15	15.00	15.10	15.05					37381	
B-2	15.00	14.95	15.00	15.20					37753	
B-3	15.15	15.10	15.00	15.10					37359	
B-4	15.10	15.00	15.15	15.10					38178	
B-5	15.15	15.10	15.10	15.00					37030	
B-6	15.00	15.10	15.10	15.15					38419	
B-7	15.10	15.20	15.00	15.20					39444	
B-8	15.10	15.00	15.00	15.10					37687	
B-9	15.00	15.15	15.15	15.00					38684	

Fuente: Elaboracion Propia

**Tabla 36 Datos del Ensayo de Rotura de Concreto con Agregado Reciclado a
los 7 días con 10% de Microsilice**

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 10 microsíllice:				
Edad:	7 días									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUERZO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	(kg-f/cm ²)
B-1	14.95	15.00	15.10	15.10					39362	
B-2	15.10	15.00	15.20	15.00					40047	
B-3	15.00	15.15	15.00	15.00					38991	
B-4	15.00	15.20	15.20	15.00					39570	
B-5	15.00	15.10	15.00	15.00					39970	
B-6	15.15	15.10	15.15	15.15					39205	
B-7	15.10	15.00	15.15	15.00					39516	
B-8	14.95	15.10	15.00	14.95					38834	
B-9	15.20	15.00	15.15	15.10					39886	

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 37 Datos del Ensayo de Rotura de Concreto con Agregado Reciclado a los 14 días con 10% de Microsilice

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado				% de adición de 10 microsilíce:					
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.10	15.15	15.00	15.00					44505	
B-2	15.10	15.00	15.20	15.00					43349	
B-3	15.00	15.15	15.00	15.00					43979	
B-4	15.00	15.10	15.15	15.15					45268	
B-5	15.00	15.20	15.10	15.15					45585	
B-6	15.15	15.00	15.10	15.15					43640	
B-7	14.95	15.00	15.10	15.00					43718	
B-8	15.10	15.00	15.15	15.00					44826	
B-9	15.00	15.15	15.00	14.95					44761	

Fuente: Elaboracion Propia

G) Procedimientos De Análisis De Datos

Granulometría Del Agregado Fino

Cálculos pertinentes

Se calculó el error que se tuvo durante el proceso del tamizado:

$$\text{Error} = \text{Peso de la muestra antes del tamizado} - \text{sumatoria de pesos luego del tamizado}$$

Para el caso del agregado fino de la cantera de Cunyac se tuvo

$$\text{Error} = 1511.60\text{gr} - 1503.59\text{gr}$$

$$\text{Error} = 8.10 \text{ gr}$$

$$\text{Error} = \frac{8.10}{1511.60}$$

$$\text{Error} = 0.53 \% < 1 \%$$

Ya que el error cometido es menor al 1% es aceptable.

Se procedió a corregir proporcionalmente con el error obtenido.

Luego de esto se calculó el % retenido mediante esta fórmula:

$$\% \text{retenido} = \frac{\text{Peso del material reteido en tamiz}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

En la siguiente columna se colocaron los porcentajes retenidos acumulados, para luego finalmente obtener el porcentaje acumulado que pasa, que es la diferencia entre 100 y el porcentaje retenido acumulado.

Tabla 38: Análisis Granulométrico del Agregado Fino de la Cantera de “Cunyac”

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.750	6.50	0.43	0.43	99.57
N° 8	2.360	5.10	0.34	0.77	99.23
N° 16	1.180	34.20	2.26	3.03	96.97
N° 30	0.600	205.60	13.60	16.63	83.37
N° 50	0.300	841.70	55.68	72.31	27.69
N° 100	0.150	350.70	23.20	95.51	4.49
N° 200	0.075	65.60	4.34	99.85	0.15
Fondo		2.20	0.15	100.00	0.00
	Total	1511.60	100.00		
	Error	8.10	=0.53%<1%		

Fuente: Elaboracion Propia

Se siguió el mismo procesos para el agregado de la cantera de Vicho

Tabla 39: Análisis granulométrico del agregado fino de la cantera de “Vicho”

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
N° 4	4.750	54.43	10.56	10.56	89.44
N° 8	2.360	145.75	28.29	38.85	61.15
N° 16	1.180	137.93	26.77	65.63	34.37
N° 30	0.600	106.24	20.62	86.25	13.75
N° 50	0.300	44.39	8.62	94.86	5.14
N° 100	0.150	14.50	2.81	97.68	2.32
N° 200	0.075	6.75	1.31	98.99	1.01
Fondo		5.22	1.01	100.00	0.00
Total		515.21	100.00		
Error		2.32	=0.45%<1%		

Fuente: Elaboracion Propia

Los porcentajes calculados que pasan cada tamiz ayudaron a comprobar si el agregado fino se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33, individualmente estos no estaban dentro de los límites.

Se procedió a calcular el módulo de fineza, del agregado fino de cada cantera (Cunyac y Vicho), para lo cual se utilizó la fórmula:

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ Retenido acumulado}}{100}$$

- Calculo para la cantera de Cunyac

$$\frac{0.43 + 0.77 + 3.03 + 16.63 + 72.31 + 95.51}{100} = 1.89\%$$

- Cálculo para la cantera de Vicho

$$\frac{10.56 + 38.85 + 65.63 + 86.25 + 94.86 + 97.68}{100} = 3.94\%$$

Se observó que no estaban dentro de los límites permisibles que son entre 2.3% - 3.1%

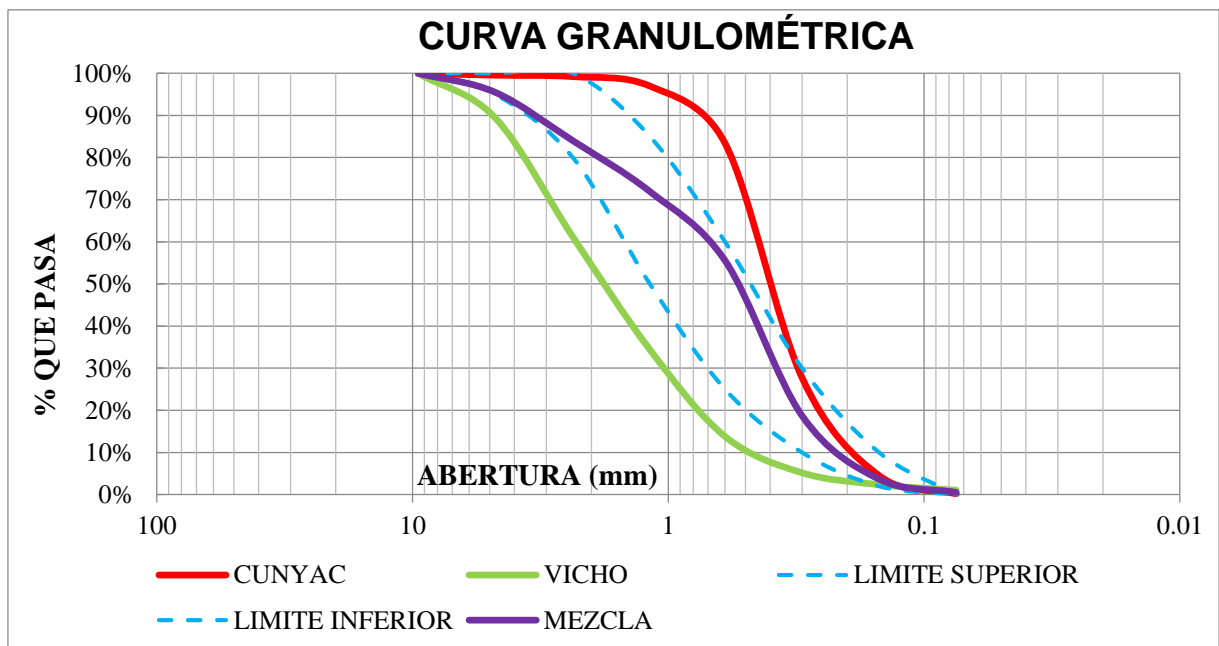
Es por eso que se combinan en las proporciones adecuadas:

$$(1.89\% * 0.60 + 3.94\% * 0.4) = 2.71\%$$

Curva granulométrica

Para los graficar límites para la granulometría del agregado fino establecidos por la norma ASTM C33 se utilizó la tabla 6

Figura 46: Curva granulométrica agregado fino



Análisis de los resultados obtenidos

Para lograr estar dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33, se combinaron los agregados finos de las dos canteras en la proporción siguiente: 60% de material de la cantera de Cunyac y 40% de material de la cantera de Vicho.

Con la combinación de ambos agregados se procedió al cálculo del módulo de fineza, del cual se dedujo que el material es una arena media, y esta se encuentra dentro de los límites establecidos para el concreto que son de 2.3 a 3.1.

H) GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Cálculos pertinentes

Se procedió de forma similar a los cálculos de la granulometría de agregados finos.

Tabla 40 : Análisis Granulométrico Agregados Gruesos.

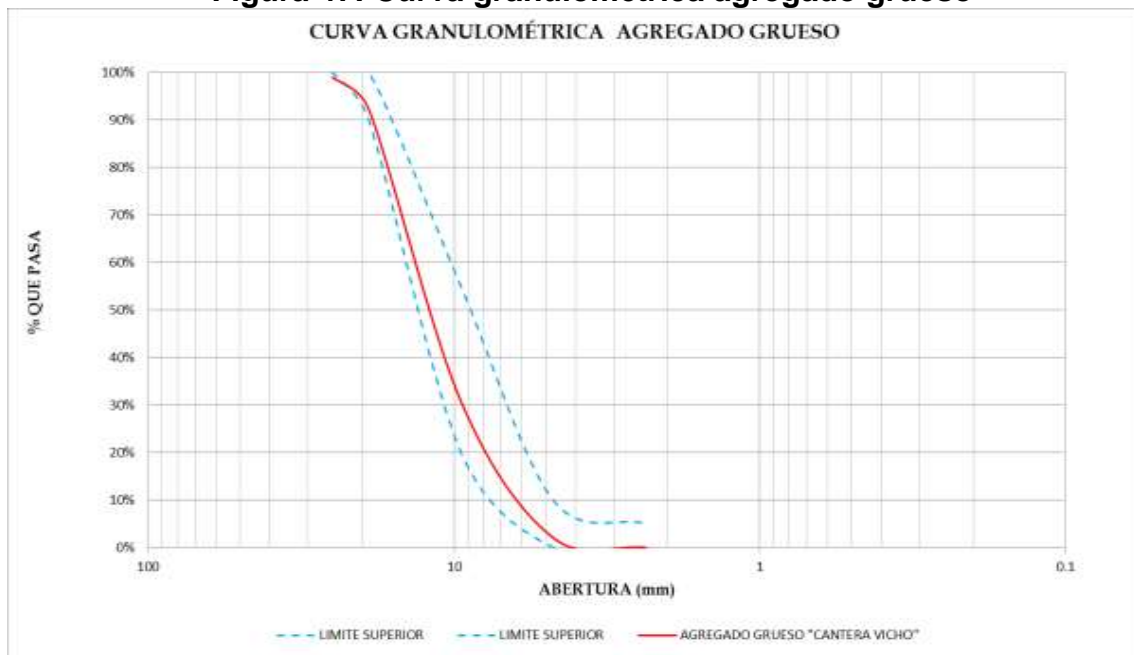
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
1 1/2"	37.5	0	0.00	0.00	100.00
1"	25	0	0.00	0.00	100
3/4"	19	343.40	6.67	7.73	92.27
3/8"	9.5	3161.50	61.45	69.18	30.82
N° 4	4.75	1477.90	28.73	97.90	2.10
Fondo		107.80	2.10	100.00	0.00
	Total	5144.80	100		
	Error	25.72	0.50%		

Fuente: Elaboracion Propia

Curva granulométrica

Para los graficar límites establecidos para la granulometría del agregado grueso por la norma ASTM C33 se utilizó la tabla 5

Figura 47: Curva granulométrica agregado grueso



Fuente: Elaboración Propia

Análisis de los resultados obtenidos

Del ensayo de la granulometría del agregado grueso para la cantera de Vicho, se determina que este se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33, siendo este agregado apto para la fabricación del concreto.

I) PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO

Cálculos pertinentes

Agregado fino de la cantera de Vicho

a) Peso específico de la masa:

$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$P_{em} = \frac{491.7}{(657.5 + 500 - 974.6)} = 2.69$$

b) Peso específico de una masa saturada con superficie seca:

$$P_{eSSS} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$P_{eSSS} = \frac{500}{(657.5 + 500 - 974.6)} = 2.73$$

c) Peso específico aparente:

$$P_{ea} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$P_{ea} = \frac{491.7}{(657.5 + 491.7 - 974.6)} = 2.81$$

d) Absorción:

$$Ab(\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$

$$Ab = \frac{(500 - 491.7)}{491.7} = 1.69\%$$

Agregado de la cantera de Cunyac:

a) Peso específico de la masa:

$$P_{em} = \frac{493.3}{(585.7 + 500 - 895.8)} = 2.60$$

b) Peso específico de una masa saturada con superficie seca:

$$P_{eSSS} = \frac{500}{(585.7 + 500 - 895.8)} = 2.62$$

c) Peso específico aparente:

$$P_{ea} = \frac{493.3}{(585.7 + 493.3 - 895.8)} = 2.66$$

d) Absorción:

$$Ab = \frac{(500 - 491.7)}{491.7} = 0.99\%$$

Peso específico de la combinación agregados de ambas canteras:

$$P.E = (2.60 * 0.6) + (2.69 * 0.4) = 2.63$$

Tablas resumen

Tabla 41: Pesos específicos del agregado fino cantera de “Vicho”

A: Peso de la muestra secada en el horno (gr):	491.70
B: Peso del picnómetro lleno de agua (gr):	657.50

C: Peso del picnómetro con la muestra y agua hasta la marca (gr):	974.60
S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr):	500.00
Peso específico de la masa:	2.69
Peso específico de la masa superficialmente seca:	2.73
Peso específico aparente:	2.82
Absorción:	1.69%

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 42: Pesos específicos del agregado fino cantera de “Cunyac”

A: Peso de la muestra secada en el horno (gr):	493.30
B: Peso del picnómetro lleno de agua (gr):	585.70
C: Peso del picnómetro con la muestra y agua hasta la marca (gr):	895.80
S: Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr):	500.00
Peso específico de la masa:	2.60
Peso específico de la masa superficialmente seca:	2.63
Peso específico aparente:	2.69
Absorción:	0.01

Fuente: Elaboracion Propia

Análisis de los resultados obtenidos

Con los valores de peso específico de masa de cada cantera, se obtiene el peso específico final con el reparto en porcentajes, 60% para agregado fino de la cantera de Cunyac y 40% para agregado fino de la cantera de Vicho.

J) PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO

Cálculos Pertinentes

a) Peso específico de la masa:

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

$$P_{em} = \frac{6010}{(6121.1 - 3851.9)} = 2.65$$

Peso específico de una masa saturada con superficie seca:

$$P_{eSSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$P_{eSSS} = \frac{6121.1}{(6121.1 - 3851.9)} = 2.70$$

b) Peso específico aparente:

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C}$$

$$P_{ea} = \frac{6010}{(6010 - 3851.9)} = 2.78$$

c) Absorción:

$$Ab(\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

$$Ab = \frac{(6121.1 - 6010)}{6010} = 1.85\%$$

Tabla resumen

Tabla 43: Pesos Específicos del Agregado Grueso Cantera de “Vicho”

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr):	6010.00
B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr):	6121.10
C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr):	3851.90
Peso específico de la masa:	2.65
Peso específico de la masa superficialmente seca:	2.70
Peso específico aparente:	2.78
Absorción:	1.85%

Fuente: Elaboracion Propia

K) Análisis de los resultados obtenidos

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

Cálculos respectivos

Para realizar los cálculos se utilizaron las siguientes formulas:

Peso del agregado:

$$PA = PT - PM$$

Peso unitario del agregado:

$$PU = \frac{PA}{VM}$$

Contenido de vacíos:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{100((S*W)-PU)}{S*W}$$

Donde:

PM = Peso del molde

VM= Volumen del molde

PT= Peso de (molde + agregado)

S = peso específico de masa

W = Densidad del agua

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO DE LA CANTERA DE CUNYAC

1° ensayo

$$P. A. = 11.89 - 7.52 = 4.37 \text{ kg}$$

$$P. U = \frac{4.37}{0.003} = 1457.67 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.60 * 998 - 1456.67}{(2.60 * 998)} * 100 = 43.81\%$$

2° ensayo

$$P. A. = 11.85 - 7.52 = 4.33 \text{ kg}$$

$$P. U = \frac{4.33}{0.003} = 1443.33 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.60 * 998 - 1443.33}{(2.60 * 998)} * 100 = 44.33\%$$

3° ensayo

$$P. A. = 11.87 - 7.52 = 4.35 \text{ kg}$$

$$P. U = \frac{4.35}{0.003} = 1450.00 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacíos} = \frac{2.60 * 998 - 1450.00}{(2.60 * 998)} * 100 = 44.07\%$$

Luego de esto se promediaron los valores obtenidos:

$$PU = \frac{1457.67 + 1443.33 + 1450.00}{3}$$

$$PU = 1449.15 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacíos} = \frac{43.81\% + 45.33\% + 44.07\%}{3}$$

$$\% \text{ vacíos} = 44.13 \%$$

Se procedió del mismo modo para el ensayo de peso unitario del agregado compactado.

Así como para el agregado fino proveniente de la cantera de Vicho

Tablas resumen

Tabla 44: Peso unitario suelto del agregado fino de la cantera de "Cunyac"

	1°	2°	3°	Promedio
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg	
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	11.89 Kg	11.85 Kg	11.87 Kg	
Peso del agregado:	4.37	4.33	4.35	

Peso unitario del agregado:	1456.67 kg/m ³	1443.33 kg/m ³	1450.00 kg/m ³	1449.15 kg/m ³
Peso específico de la masa:	2.60	2.60	2.60	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	43.81%	44.33%	44.07%	44.13%

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 45: Peso Unitario compactado del Agregado fino de la Cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°	Promedio
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg	
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	12.25 Kg	12.27 Kg	12.23 Kg	
Peso del agregado:	4.73	4.75	4.71	
Peso unitario del agregado:	1576.67 kg/m ³	1583.33 kg/m ³	1571.43 kg/m ³	1576.67 kg/m ³
Peso específico de la masa:	2.60	2.60	2.60	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	39.18%	38.93%	39.44%	39.17%

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 46: Peso unitario suelto del agregado fino de la cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°	
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg	
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	12.07 Kg	12.10 Kg	12.05 Kg	
Peso del agregado:	4.55	4.58	4.53	
Peso unitario del agregado:	1516.67 kg/m ³	1526.67 kg/m ³	1511.18 kg/m ³	1517.78 kg/m ³
Peso específico de la masa:	2.69	2.69	2.69	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	43.47%	43.10%	43.72%	43.43%

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 47: Peso Unitario Compactado del Agregado Fino de la Cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°	
Peso del molde:	7.52 Kg	7.52 Kg	7.52 Kg	
Volumen del molde:	0.003 m ³	0.003 m ³	0.003 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	12.46 Kg	12.44 Kg	12.40 Kg	
Peso del agregado:	4.94	4.92	4.88	
Peso unitario del agregado:	1646.67 kg/m ³	1640.00 kg/m ³	1626.67 kg/m ³	1637.78 kg/m ³

Peso específico de la masa:	2.69	2.69	2.69	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	38.63%	38.87%	39.37%	38.96%

Fuente: Elaboracion Propia

Análisis de la prueba

Al tener estos resultados se pudo realizar una dosificación adecuada a la hora del diseño del concreto.

L) Peso Unitario Del Agregado Grueso

Cálculos respectivos

Para realizar los cálculos se utilizaron las siguientes formulas:

Peso del agregado:

$$PA = PT - PM$$

Peso unitario del agregado:

$$PU = \frac{PA}{VM}$$

Contenido de vacíos:

$$\% Vacíos = \frac{100((S * W) - PU)}{S * W}$$

Donde:

PM = Peso del molde

VM= Volumen del molde

PT= Peso de (molde + agregado)

S = peso específico de masa

W = Densidad del agua

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO

1° ensayo

$$P. A. = 11.67 - 4.15 = 7.52 \text{ kg}$$

$$P. U = \frac{7.52}{0.005} = 1379.58 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.65 * 998 - 1379.58}{(2.65 * 998)} * 100 = 47.81\%$$

2° ensayo

$$P. A. = 11.66 - 4.15 = 7.51 \text{ kg}$$

$$P. U = \frac{7.51}{0.005} = 1377.75 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.65 * 998 - 1377.75}{(2.65 * 998)} * 100 = 45.02\%$$

3° ensayo

$$P. A. = 11.63 - 4.15 = 7.48 \text{ kg}$$

$$P. U = \frac{7.48}{0.005} = 1372.25 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacíos} = \frac{2.65 * 998 - 1372.25}{(2.65 * 998)} * 100 = 48.08\%$$

Luego de esto se promediaron los valores obtenidos:

$$PU = \frac{1379.58 + 1377.75 + 1372.25}{3}$$

$$PU = 1376.53 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{ vacíos} = \frac{47.81\% + 45.02\% + 48.08\%}{3}$$

$$\% \text{ vacíos} = 45.88 \%$$

Para hallar el peso unitario compacto del agregado grueso de la cantera de Cunyac se siguió el mismo procedimiento.

Tablas resumen

Tabla 48: Peso unitario suelto del agregado grueso de la cantera de “Cunyac”

	1°	2°	3°	Promedio
Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg	
Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	11.67 Kg	11.66 Kg	11.63 Kg	
Peso del agregado:	7.52	7.51	7.48	
Peso unitario del agregado:	1379.58 kg/m ³	1377.75 kg/m ³	1372.25 kg/m ³	1376.53 kg/m ³

Peso específico de la masa:	2.65	2.65	2.65	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	47.81%	45.02%	44.81%	45.88%

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 49: Peso unitario Compactado del agregado grueso de la cantera de “Cunyac”

	1°	2°	3°	Promedio
Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg	
Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	12.39 Kg	12.27 Kg	12.44 Kg	
Peso del agregado:	8.24	8.12	8.29	
Peso unitario del agregado:	1511.67 kg/m ³	1489.66 kg/m ³	1520.85 kg/m ³	1507.39 kg/m ³
Peso específico de la masa:	2.65	2.65	2.65	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	42.09%	43.64%	42.46%	42.97%

Fuente: Elaboracion Propia

M) Granulometría Del Agregado Grueso Reciclado

Procesamiento o Cálculos de la Prueba

Se calculó los porcentajes que pasan cada tamiz con los pesos obtenidos anteriormente,

El agregado reciclado que se utilizó en esta tesis es el procedente de la demolición de veredas de la Urb. San Judas en el Distrito de Wanchaq, por medio de trituración manual.

Tablas resumen

Tabla 50 Datos Del Ensayo De Granulometría Del Agregado Grueso Reciclado

AGREGADO GRUESO RECICLADO							
Tamiz N°	Abertura (mm)	W Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Retenido	% que pasa	
4"	100	0.00	0.00%	0.00%		100.00%	
3"	75	0.00	0.00%	0.00%		100.00%	
2"	50	0.00	0.00%	0.00%		100.00%	
1 1/2"	3705	0.00	0.00%	0.00%		100.00%	
1"	25	112.00	2.00%	2.00%		98.00%	
3/4"	19	1406.00	25.11%	27.11%		72.89%	
1/2"	905	1839.54	32.85%	59.95%		40.05%	
3/8"	4.75	898.23	16.04%	75.99%		24.01%	
N°4	4.75	1288.9	23.01%	99.00%		1.00%	
PASA	2.36	56	1.00%	100.00%		0.00%	
	Total	5600.4	100.00%				

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la prueba

El agregado grueso reciclado proveniente de la demolición de veredas cumple con la normativa, ya que se encuentra dentro de los márgenes establecidos por la

norma ASTM C33, con un tamaño máximo nominal de 1'' es un material apto para la fabricación del concreto.

Figura 48 Curva Granulométrica Del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Peso Específico Del Agregado Grueso Reciclado Procesamiento O Cálculos De La Prueba

A: Peso de la muestra seca en el aire (gr): 5225.46

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (gr): 5582.65

C: Peso en el agua de la muestra saturada (gr): 3200.14

Peso específico de masa del agregado reciclado:

$$P.E.M = \frac{A}{(B - C)}$$

$$P.E.M = \frac{5010.55}{(5370.00 - 3100.54)} = 2.21 \text{ gr}$$

Peso específico de una masa saturada con superficie seca (A. reciclado):

$$P.E.S.S.S = \frac{B}{(B - C)}$$

$$P.E.S.S.S = \frac{5370.00}{(5370.00 - 3100.54)} = 2.36 \text{ gr}$$

Peso específico aparente del agregado reciclado:

$$P.E.A = \frac{A}{(A - C)}$$

$$P.E.A = \frac{5010.5}{(5010.55 - 3100.54)} = 1.94 \text{ gr}$$

Absorción:

$$Ab = \frac{(B - A)}{A}$$

$$Ab = \frac{(5370.00 - 5010.55)}{5010.55} = 7.17 \%$$

Tabla resumen

Tabla 51 Resultados del Ensayo de Peso Específico del Agregado Grueso Reciclado

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO					
DATOS		UND	RESULTADOS		UND
A=	5010.55	gr	P.E.M=	2.21	gr
B=	5370	gr	P.E.S.S.S=	2.36	gr
C=	3100.54	gr	P.E.A=	1.9	gr
			Ab=	7.17	%

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de la prueba

- La absorcion calculada fue 7.17% (Norma ASTM C 127). Es evidente que los agregados gruesos reciclados son notablemente más absorbentes que los naturales, por lo que debiera humedecerlos durante el proceso de vaciado. que los naturales.
- Peso específico del agregado reciclado como se puede observar es menor que la del agregado natural, esto porque el contenido de pasta de cemento en el material reciclado disminuye la densidad global del agregado.

Peso unitario del agregado grueso reciclado

Procesamiento o Cálculos

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO RECICLADO

	1°	2°	3°
A= Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg
B= Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³
C= Peso de (molde+ agregado):	9.99 Kg	9.93 Kg	9.89 Kg

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 23: Datos para el Peso Unitario suelto del agregado grueso de la cantera de “Vicho”

	1°	2°	3°
Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg
Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³
Peso de (molde+ agregado):	11.67 Kg	11.66 Kg	11.63 Kg

Fuente: Elaboracion Propia

1° Primera Prueba

Peso del agregado:

$$P.A. = C - A$$

$$P.A. = 9.99 - 4.15 = 5.84 \text{ kg}$$

Peso unitario del agregado:

$$P.U = \frac{P.A}{B}$$

$$P.U = \frac{5.84}{0.005} = 1168.00 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de vacíos:

$$P.U = \frac{P.e.m * 998 - P.U}{P.e.m * 998}$$

$$\% \text{ vacíos} = \frac{2.210 * 998 - 1168.00}{(2.210 * 998)} * 100 = 47.04\%$$

2° segunda prueba

Peso del agregado:

$$P.A. = C - A$$

$$P.A. = 9.93 - 4.15 = 5.78 \text{ kg}$$

Peso unitario del agregado:

$$P.U = \frac{P.A}{B}$$

$$P.U = \frac{5.78}{0.005} = 1156.00 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de vacíos

$$P.U = \frac{P.e.m * 998 - P.U}{P.e.m * 998}$$

$$\% \text{ vacíos} = \frac{2.210 * 998 - 1156.00}{(2.210 * 998)} * 100 = 47.58 \%$$

3° tercera prueba

Peso del agregado:

$$P.A. = C - A$$

$$P.A. = 9.89 - 4.15 = 5.74 \text{ kg}$$

Peso unitario del agregado:

$$P.U = \frac{P.A}{B}$$

$$P.U = \frac{5.74}{0.005} = 1148.00 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de vacíos:

$$P.U = \frac{P.e.m * 998 - P.U}{P.e.m * 998}$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.210 * 998 - 1148.00}{(2.210 * 998)} * 100 = 47.95 \%$$

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

Tabla 52 datos del peso unitario compactada del agregado reciclado

	1°	2°	3°
A= Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg
B= Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³
C= Peso de (molde+ agregado):	10.59 Kg	10.63 Kg	10.65 Kg

Fuente: Elaboracion Propia

1° PRIMERA PRUEBA

Peso del agregado:

$$P.A. = C - A$$

$$P.A. = 10.59 - 4.15 = 6.44 \text{ kg}$$

Peso unitario del agregado:

$$P.U = \frac{P.A}{B}$$

$$P.U = \frac{6.44}{0.005} = 1288.2 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de vacíos:

$$P.U = \frac{P.e.m * 998 - P.U}{P.e.m * 998}$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.210 * 998 - 1288.2}{(2.210 * 998)} * 100 = 41.59 \%$$

2° SEGUNDA PRUEBA

Peso del agregado:

$$P.A. = C - A$$

$$P.A. = 10.63 - 4.15 = 6.48 \text{ kg}$$

Peso unitario del agregado:

$$P.U = \frac{P.A}{B}$$

$$P.U = \frac{6.48}{0.005} = 1296.00 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de vacíos:4

$$P.U = \frac{P.e.m * 998 - P.U}{P.e.m * 998}$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.210 * 998 - 1296.00}{(2.210 * 998)} * 100 = 41.23\%$$

3° TERCERA PRUEBA

Peso del agregado:

$$P.A. = C - A$$

$$P.A. = 10.65 - 4.15 = 6.5 \text{ kg}$$

Peso unitario del agregado:

$$P.U = \frac{P.A}{B}$$

$$P.U = \frac{6.5}{0.005} = 1300.00 \text{ kg/m}^3$$

Contenido de vacíos:

$$P.U = \frac{P.e.m * 998 - P.U}{P.e.m * 998}$$

$$\% \text{ vacios} = \frac{2.210 * 998 - 1300.00}{(2.210 * 998)} * 100 = 41.05 \%$$

N) Tablas resumen

**Tabla 53 Resultados Del Ensayo De Peso Unitario Suelto De Agregados
Grueso Reciclado**

	1°	2°	3°	Promedio
Peso del molde:	4.15 kg	4.15 kg	4.15	
Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	9.99 kg	9.93 kg	9.89 kg	
Peso del agregado:	5.84 kg	5.78 kg	5.54 kg	
Peso unitario del agregado:	1168.00 kg/m ³	1156.00 kg/m ³	1148.5 kg/m ³	1157.33 kg/m ³
Peso específico de la masa:	2.21	2.21	2.21	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	47.04%	47.58%	49.95%	47.52%

Fuente: Elaboracion Propia

**Tabla 54 Resultados del Ensayo de Peso Unitario Compactado de Agregado
Grueso Reciclado**

	1°	2°	3°	Promedio
Peso del molde:	4.15 Kg	4.15 Kg	4.15 Kg	
Volumen del molde:	0.005 m ³	0.005 m ³	0.005 m ³	
Peso de (molde+ agregado):	10.59 Kg	10.63 Kg	10.65 Kg	

Peso del agregado:	6.44 kg	6.48kg	6.50 kg	
Peso unitario del agregado:	1288.20 kg/m ³	1296.00 kg/m ³	1300.00 kg/m ³	1294.73 kg/m ³
Peso específico de la masa:	2.21	2.21	2.21	
Densidad del agua:	998 kg/m ³	998 kg/m ³	998 kg/m ³	
Porcentaje de vacíos:	41.59%	41.23%	41.05%	41.30%

Fuente: Elaboracion Propia

O) ANÁLISIS DE LA PRUEBA

El peso unitario compactado de una agregado normal varia de 1200-1760 kg/m, nuestro agregado cumple con la condicion.

Los datos obtenidos al analizar el agregado reciclado cumplen con los requerimientos del comité 211 del ACI.

P) DISEÑO DE MEZCLA - CONCRETO 210 KG/CM2.

Q) ESPECIFICACIONES:

- La resistencia a compresión de diseño es 210 kg/cm² a los 28 días.
- El SLUMP de diseño es de 3" a 4".
- El tamaño máximo nominal del agregado es de 1".

R) MATERIALES

- Cemento:
- Cemento tipo IP, peso específico de 3.15 Kg/m³
- Agua:
- Agua potable, proveniente de la EPS SEDA Cusco.
- Agregado Fino.

- Mezcla de 2 diferentes canteras (Cantera de Cunyac y Vicho) para obtener un agregado fino que cumpla con la curva granulométrica de la ASTM C33.

Tabla 55 Características Físicas y Mecánicas Del Agregado Fino de las Canteras de Vicho Y Cunyac

Agregado fino	
Peso específico de la masa (Pem)	2.63
Absorción (%)	1.27
Contenido de Humedad (%)	4.07
Módulo de fineza	2.71

Fuente: Elaboracion Propia

Agregado Grueso

Agregado Grueso proveniente de la cantera de Vicho.

Tabla 56 Características Físicas y Mecánicas del Agregado Grueso de la Cantera De Vicho

Agregado Grueso	
Tamaño max. Nominal	1"
Peso seco compactado Kg/m³	1507.39
Peso específico de la masa (Pem)	2.65
Absorción (%)	1.85
Contenido de Humedad (%)	1.82

Fuente: Elaboración propia

S) DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Conociendo que la resistencia a la compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm² y no se conoce la desviación estándar, utilizaremos la tabla para determinar la resistencia con la que se trabajara.

Tabla 57 Resistencia a La Compresión Promedio Requerida

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO	
f'c	f'cr
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Sobre 350	f'c + 98

Fuente: ACI

Esta tabla nos indica que para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² deberíamos incrementar $f'c+84$ a la resistencia de diseño, por lo que la resistencia con la que se trabajara será de 294Kg/cm².

T) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO

Como ya se definió, de acuerdo al análisis granulométrico el tamaño máximo nominal que se empleará será de 1".

U) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO.

Se diseñara un concreto con un asentamiento de 3" a 4".

V) VOLUMEN UNITARIO DE AGUA.

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

Tabla 58 Requerimientos Aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para Diferentes Valores de Asentamiento y Tamaños Maximos de Agregado.

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
% Aire atrapado	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----
% de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderada	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: Comité 211 del ACI

De acuerdo con la tabla 52. Se determina el volumen necesario para elaborar una mezcla de concreto con un asentamiento de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado con el agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1", es de 193 lt/m³.

W) CONTENIDO DE AIRE.

Para una mezcla con agregado de tamaño máximo nominal de 1", de la tabla 59 se obtiene que el aire atrapado es de 1.5%.

X) RELACIÓN AGUA-CEMENTO.

Tabla 59 Relación Agua Cemento Vs Resistencia a la Compresión

f _c a 28 Días (Kg/cm ²)	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	0.60
150	0.79	0.70

Fuente: (ACI-211.1-91)

Para la resistencia a diseñar de 294 kg/cm², en un concreto sin aire incorporado, según la Tabla 53, obtenemos una relación agua-cemento de 0.55.

FACTOR CEMENTO

Factor cemento se determinó dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua-cemento, Factor cemento= 193/0.55 = 351.93 kg/m³.

Y) CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO.

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el método del comité 211 del ACI, se debe entrar a la tabla 60, con un módulo de fineza de 2.71 y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 1", se obtiene un valor de 0.68 metros cúbicos de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto.

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

$$\text{Vol. agregado grueso}(m^3) = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = (0.68 \times 1507.39)/(2.65 \times 1000) = 0.387 \text{ m}^3$$

Tabla 60 Volumen de Agregado Grueso Compactado en Seco por Metro Cubico 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	0.71	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: (ACI-211.1-91)

Z) CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO.

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el método del comité 211 del ACI, se debe entrar a la tabla....., con un módulo de fineza de 2.71y un tamaño máximo nominal de agregado grueso de 1", se obtiene un valor de 0.68 metros cúbicos de agregado grueso seco compactado por unidad de volumen de concreto.

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

$$\text{Vol. agregado grueso}(m^3) = \frac{\text{Peso seco del A. grueso}}{\text{Peso específico del A. grueso}}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = (0.68 \times 1507.39)/(2.65 \times 1000) = 0.387 \text{ m}^3$$

A) CÁLCULO DE VOLÚMENES ABSOLUTOS

Conocido el peso de los materiales cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen del aire, se calcula la suma de los volúmenes absolutos de estos componentes:

Volumen de Cemento	$351.93 / (3.15 * 1000) =$	
	0.112 m ³	
Volumen de Agregado grueso		0.387m ³
Volumen de Agua	$193 / 1000 =$	0.193m ³
Volumen de Aire		0.015m ³
Suma de volúmenes conocidos		0.706m ³

B) CONTENIDO DE AGREGADO FINO.

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

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

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino} = 1 - 0.706 = 0.294\text{m}^3$$

C) CALCULO DE PESOS DE MATERIALES.

En base a los volúmenes de los materiales se logra obtener el peso de cada material al multiplicarlo con su peso específico respectivo.

$$\text{Cemento} \quad 0.112 \times 3150 = \quad 351.93 \text{ Kg/m}^3$$

Agua	$0.193 \times 1000 =$	193 Kg/m ³
Agregado Grueso	$0.387 \times 2648.51 =$	1023.9 Kg/m ³
Agregado fino	$0.294 \times 2632.70 =$	773.17 Kg/m ³
Aire	$0.015 \times 0.00 =$	0.00 Kg/m ³

D) CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO.

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto debe ser corregida en función de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Si:

$$\begin{array}{l} \text{Agregado Grueso} \\ \text{Agregado Fino} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{Humedad} = \%W_g \\ \% \text{ absorcion} = \%a_g \\ \text{Humedad} = \%W_f \\ \% \text{ absorcion} = \%a_f \end{array} \right.$$

Peso húmedo del agregado:

Pesos de agregados húmedos:

$$\text{Peso A. grueso humedo (kg)} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

$$\text{Peso A. fino humedo (kg)} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right)$$

Agregado Grueso	$1023.9 \times 1.009 =$	1042.53
-----------------	-------------------------	---------

Agregado Fino	$773.17 \times 1.041 =$	804.611
---------------	-------------------------	---------

Agua efectiva

$$\text{Agua en agregado grueso} = (\text{Peso A. grueso seco}) \cdot \left(\frac{\%W_g - \%a_g}{100} \right) = X$$

$$\text{Agua en agregado fino} = (\text{Peso A. fino seco}) \cdot \left(\frac{\%W_f - \%a_f}{100} \right) = Y$$

$$\text{Agua efectiva (Lts)} = \text{Agua de diseño} - (X + Y)$$

$$\text{Agregado Grueso} \quad 1023.9 \times (1.82 - 1.85) / 100 = -0.307$$

$$\text{Agregado Fino} \quad 773.17 \times (4.067 - 1.272) / 100 = 22.483$$

E) Corrección de agua en el diseño de mezcla.

$$\text{Agua total en mezcla:} \quad 193 - (22.483 + (-0.307)) = 170.825$$

Y finalmente determinamos los pesos de los materiales corregidos por humedad del agregado que se utilizaran en la mezcla.

$$\text{Cemento} \quad 351.93 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} \quad 170.83 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso húmedo} \quad 1042.53 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino húmedo} \quad 804.61 \text{ kg/m}^3$$

F) PROPORCIÓN EN PESO.

La proporción en peso de los materiales corregidos por humedad del agregado será:

$$\text{Cemento} \quad : \quad \text{agregado fino} \quad : \quad \text{agregado grueso} \quad / \quad \text{agua}$$

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} \quad , \quad \frac{\text{Peso A. fino humedo}}{\text{Peso cemento}} \quad , \quad \frac{\text{Peso A. grueso humedo}}{\text{Peso cemento}} \quad / \quad \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

$$\frac{351.93}{351.93} : \frac{804.61}{351.93} : \frac{1042.53}{351.93} / \frac{170.83}{351.93} = 1 : 2.29 : 2.96 / 0.49$$

G) CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO RECICLADO Y ADICIÓN DE MICROSÍLICE 210 KG/CM²

Se sustituyó un 50% del agregado grueso con agregado reciclado lo cual incrementa la cantidad de agua requerida.

Volumen de Agregado grueso concreto patrón

0.387m³

Volumen agregado grueso en concreto elaborado con concreto reciclado y adicionado con microsílize

0.1935 m³

Volumen agregado reciclado

0.1935 m³

H) Calculo de pesos de materiales.

En base a los volúmenes de los materiales se logra obtener el peso de cada material al multiplicarlo con su peso específico respectivo.

Cemento 0.112 x 3150 = 351.93 Kg/m³

Agua 0.193 x 1000 = 193 Kg/m³

Agregado Grueso 0.1935 x 2648.51 = 512.49 Kg/m³

Agregado reciclado 0.1935x1294.73= 250.53 Kg/m³

Agregado fino 0.294 x 2632.70 = 773.17 Kg/m³

Aire 0.015 x 0.00 = 0.00 Kg/m³

I) Corrección por humedad del agregado.

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica de concreto debe ser corregida en función de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso húmedo del agregado:

$$\text{Agregado Grueso} \quad 512.49 \times 1.019 = 522.22$$

$$\text{Agregado grueso reciclado} \quad 250.53 \times 1 = 250.53$$

$$\text{Agregado Fino} \quad 773.17 \times 1.041 = 804.611$$

Agua efectiva

$$\text{Agregado Grueso} \quad 512.49 \times (1.82 - 1.85) / 100 = -0.154$$

$$\text{Agregado Reciclado} \quad 250.53 \times (0 - 7.17) / 100 = -17.96$$

$$\text{Agregado Fino} \quad 773.17 \times (4.067 - 1.272) / 100 = 22.483$$

Corrección de agua en el diseño de mezcla.

$$\text{Agua total en mezcla:} \quad 193 - (22.483 + (-17.96 - 0.307)) = 188.784$$

Y finalmente determinamos los pesos de los materiales corregidos por humedad del agregado que se utilizaran en la mezcla.

$$\text{Cemento} \quad 351.93 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} \quad 188.78 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso húmedo} \quad 522.22 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso reciclado} \quad 250.53 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino húmedo} \quad 804.61 \text{ kg/m}^3$$

J) Proporción en peso.

La proporción en peso de los materiales corregidos por humedad del agregado será:

Cemento: Agregado fino: agregado grueso: agregado reciclado: agua

$$\frac{351.93}{351.93} : \frac{804.61}{351.93} : \frac{522.22}{351.93} : \frac{250.53}{351.93} : \frac{188.83}{351.93} = 1 : 2.29 : 1.48 : 0.71 : 0.49$$

K) ROTURA DE BRIQUETAS DE CONCRETO

L) Procesamiento o cálculos de la prueba

- Se calculó el área de contacto con la fórmula de la circunferencia.

$$A = \frac{\pi * (\emptyset_{PROM})^2}{4}$$

$$A1 = \frac{\pi * 15.00^2}{4}$$

$$A1 = 176.71 \text{ cm}^2$$

- Se calculo el esfuerzo axial mediante la formula

$$Esfuerzo = \frac{Carga}{A}$$

$$Esfuerzo = \frac{30491}{176.71}$$

$$Esfuerzo = 172.54 \text{ kg/cm}^2$$

- Se calculó si el resultado necesitaba una correccion por variacion dimensional la cual se debe realizar si:

$$\frac{H}{\emptyset} < 1.8$$

Para lo cual se calculó la altura promedio de las probetas cilíndricas

$$H_{prom} = 30.85 \text{ cm}$$

$$\frac{H}{\emptyset} = \frac{30.85}{15.00}$$

$$\frac{H}{\emptyset} = 2.06 > 1.8 \dots \dots ok$$

M) Tablas resumen

Tabla 61 resultados de la rotura de concreto patron a los 7 dias

Concreto:	Patron					% de adición de microsílíce:				
Edad:	7 dias									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.10	15.00	14.90	15.00	15.00	30.5	31.2	176.71	30491	172.54
B-2	15.00	15.15	15.00	15.10	15.06	29.7	30.4	178.19	30017	168.45
B-3	15.15	15.10	15.10	15.00	15.09	31.0	31.9	178.78	28491	159.36
B-4	15.00	15.10	15.00	15.10	15.05	31.4	31.0	177.89	29750	167.23
B-5	15.10	15.20	15.10	15.20	15.15	29.7	29.1	180.27	31215	173.16
B-6	14.90	15.05	15.10	15.20	15.06	31.0	30.4	178.19	29534	165.74
B-7	15.10	14.90	14.90	15.00	14.98	31.4	30.7	176.13	28809	163.57
B-8	15.10	15.20	15.00	15.10	15.10	28.5	29.7	179.08	31336	174.98
B-9	15.00	15.10	15.15	15.20	15.11	30.1	30.2	179.38	30392	169.43
Promedio										168.28

H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP
30.85	15.00	2.06 OK
30.05	15.06	2.00 OK
31.45	15.09	2.08 OK
31.2	15.05	2.07 OK
29.4	15.15	1.94 OK
30.7	15.06	2.04 OK
31.05	14.98	2.07 OK
29.1	15.10	1.93 OK
30.15	15.11	2.00 OK

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 62 Resultados de la Rotura de Briquetas de Concreto patron a los 14 días

Concreto:	Patron					% de adición de microsílíce:				
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.20	15.00	15.00	15.10	15.08	31.0	30.4	178.49	35257	197.53
B-2	15.00	15.00	15.10	15.20	15.08	31.4	30.7	178.49	34918	195.63
B-3	15.15	15.15	14.90	15.00	15.05	28.5	29.7	177.89	34943	196.43
B-4	15.15	15.00	15.00	15.10	15.06	30.3	31.0	178.19	34507	193.65
B-5	15.00	14.95	15.15	15.20	15.08	31.2	31.9	178.49	35564	199.25
B-6	15.15	15.10	15.15	15.10	15.13	30.7	30.5	179.67	36179	201.36
B-7	15.10	15.05	15.10	15.00	15.06	29.5	29.7	178.19	35614	199.87
B-8	15.00	15.20	14.95	15.10	15.06	29.7	31.4	178.19	35660	200.12
B-9	15.00	15.10	15.20	15.00	15.08	30.5	30.8	178.49	35441	198.56
Promedio										198.05

Correccion por dimension			
H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP	
30.7	15.08	2.04	OK
31.05	15.08	2.06	OK
29.1	15.05	1.93	OK
30.65	15.06	2.03	OK
31.55	15.08	2.09	OK
30.6	15.13	2.02	OK
29.6	15.06	1.97	OK
30.55	15.06	2.03	OK
30.65	15.08	2.03	OK

Fuente. Elaboracion Propia

Tabla 63 Resultados de la Rotura de Briquetas de Concreto Patron a los 28 Días

Concreto:	Patron					% de adición de microsílíce:				
Edad:	28 días									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.10	15.15	15.00	15.00	15.06	30.3	30.4	178.19	37649	211.29
B-2	15.10	15.00	15.20	15.00	15.08	29.3	31.9	178.49	37952	212.63
B-3	15.00	15.15	15.00	15.00	15.04	30.8	30.5	177.60	37643	211.95
B-4	15.00	15.10	15.15	15.15	15.10	29.1	29.7	179.08	38365	214.24
B-5	15.00	15.20	15.10	15.15	15.11	30.4	31.0	179.38	38380	213.96
B-6	15.15	15.00	15.10	15.15	15.10	30.5	31.2	179.08	38778	216.54
B-7	14.95	15.00	15.10	15.00	15.01	29.7	30.4	177.01	37834	213.74
B-8	15.10	15.00	15.15	15.00	15.06	31.0	31.9	178.19	38450	215.78
B-9	15.00	15.15	15.00	14.95	15.03	31.4	31.0	177.30	38452	216.87
									Promedio	214.11

Correccion por dimension

H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP
30.35	15.06	2.01 OK
30.6	15.08	2.03 OK
30.65	15.04	2.04 OK
29.4	15.10	1.95 OK
30.7	15.11	2.03 OK
30.85	15.10	2.04 OK
30.05	15.01	2.00 OK
31.45	15.06	2.09 OK
31.2	15.03	2.08 OK

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 64 Resultados de la Rotura de Concreto con Agregado Reciclado con
Microsilice 8% a los 7 días**

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 8 microsílíce:				
Edad:	7 días									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.30	15.20	15.00	15.10	15.15	29.7	29.5	180.27	30379	168.52
B-2	14.90	15.00	15.15	15.10	15.04	30.2	29.9	177.60	30093	169.44
B-3	15.20	15.15	15.10	15.00	15.11	30.1	30.2	179.38	30733	171.33
B-4	15.10	15.20	15.05	15.10	15.11	31.2	30.8	179.38	31477	175.48
B-5	15.00	15.10	14.90	15.00	15.00	28.5	29.0	176.71	30122	170.46
B-6	15.10	15.10	15.00	15.10	15.08	30.3	30.5	178.49	30927	173.27
B-7	14.90	15.05	15.10	15.00	15.01	29.3	29.7	177.01	31221	176.38
B-8	15.10	14.90	15.00	15.10	15.03	30.8	31.0	177.30	30259	170.66
B-9	14.90	15.00	15.10	15.20	15.05	29.9	31.4	177.89	31041	174.49
Promedio										172.23

H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP	
29.6	15.15	1.95	OK
30.05	15.04	2.00	OK
30.15	15.11	2.00	OK
31	15.11	2.05	OK
28.75	15.00	1.92	OK
30.4	15.08	2.02	OK
29.5	15.01	1.97	OK
30.9	15.03	2.06	OK
30.65	15.05	2.04	OK

Fuente: Elaboracion Propia

**Tabla 65 Resultados de la Rotura de Concreto con Agregado Reciclado y
Microsilice al 8%, 14 días**

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 8 microsílíce:				
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	14.95	15.10	15.10	15.05	15.05	30.5	31.2	177.89	36088	202.86
B-2	15.10	15.20	15.05	15.20	15.14	29.7	28.5	179.97	37150	206.42
B-3	15.00	15.10	14.90	15.05	15.01	31.0	30.3	177.01	35362	199.77
B-4	15.10	15.00	15.10	14.90	15.03	31.4	29.3	177.30	35718	201.45
B-5	15.00	15.10	15.10	15.20	15.10	30.2	30.8	179.08	36841	205.73
B-6	15.10	15.20	15.00	15.10	15.10	30.5	29.8	179.08	35607	198.83
B-7	14.90	15.00	15.20	15.00	15.03	29.7	31.2	177.30	35226	198.68
B-8	15.00	15.10	15.00	15.15	15.06	31.0	30.4	178.19	35877	201.34
B-9	15.15	15.20	15.15	15.10	15.15	31.4	31.9	180.27	36948	204.96
								Promedio		202.23

H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP
30.85	15.05	2.05 OK
29.1	15.14	1.92 OK
30.65	15.01	2.04 OK
30.35	15.03	2.02 OK
30.5	15.10	2.02 OK
30.15	15.10	2.00 OK
30.45	15.03	2.03 OK
30.7	15.06	2.04 OK
31.65	15.15	2.09 OK

Fuente. Elaboracion propia

**Tabla 66 Resultados de la Rotura de Concreto con Agregado Reciclado y
Microsilice al 8%, 28 Dias**

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 8 microsílíce:				
Edad:	28 dias									
BRIQUETAS	$\varnothing 1$ (cm)	$\varnothing 2$ (cm)	$\varnothing 3$ (cm)	$\varnothing 4$ (cm)	$\varnothing PROM$ (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.10	15.00	15.00	15.10	15.05	31.2	31.9	177.89	38645	217.24
B-2	15.00	15.15	15.10	15.20	15.11	30.7	30.5	179.38	38921	216.98
B-3	15.15	15.10	14.90	15.00	15.04	29.5	29.7	177.60	39113	220.23
B-4	15.00	15.10	15.00	15.10	15.05	29.7	31.4	177.89	39356	221.23
B-5	15.10	15.20	15.15	15.20	15.16	30.5	30.8	180.56	39678	219.74
B-6	14.90	15.05	15.15	15.10	15.05	30.3	30.4	177.89	39705	223.19
B-7	15.10	14.90	15.10	15.00	15.03	29.3	31.9	177.30	39032	220.14
B-8	15.10	15.20	14.95	15.10	15.09	30.8	30.5	178.78	40001	223.74
B-9	15.00	15.10	15.20	15.00	15.08	29.1	29.7	178.49	39132	219.24
								Promedio		220.19

Fuente: Elaboracion Propia

Corrección por dimensión

H PROM (cm²)	$\varnothing PROM$ (cm)	HP/$\varnothing P$	
31.55	15.05	2.10	OK
30.6	15.11	2.02	OK
29.6	15.04	1.97	OK
30.55	15.05	2.03	OK
30.65	15.16	2.02	OK
30.35	15.05	2.02	OK
30.6	15.03	2.04	OK
30.65	15.09	2.03	OK
29.4	15.08	1.95	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67 Resultados de la Rotura de Concreto Adicionado con Agregado Reciclado y Humo de Silice Al 9% a los 7 Dias

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 9 microsíllice:				
Edad:	7 dias									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUERZO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	(kg-f/cm ²)
B-1	15.00	15.10	15.05	15.10	15.06	31.2	30.4	178.19	33723	189.25
B-2	15.10	15.00	15.20	15.05	15.09	30.4	30.3	178.78	33184	185.61
B-3	15.05	15.00	15.10	14.95	15.03	31.9	29.3	177.30	33942	191.43
B-4	15.00	15.15	15.00	15.10	15.06	30.5	30.8	178.19	32693	183.47
B-5	15.10	15.00	14.95	15.10	15.04	29.7	29.1	177.60	34199	192.56
B-6	15.00	15.15	15.10	15.20	15.11	31.0	30.4	179.38	33666	187.68
B-7	15.15	15.10	15.00	15.10	15.09	31.4	30.7	178.78	34128	190.89
B-8	15.00	15.10	15.15	15.20	15.11	28.5	29.7	179.38	32568	181.56
B-9	15.10	15.20	15.15	15.10	15.14	30.3	31.0	179.97	33556	186.45
								Promedio		187.66

Correccion por dimensiones

H PROM	ØPROM	HP/ØP	
(cm ²)	(cm)		
30.8	15.06	2.04	OK
30.35	15.09	2.01	OK
30.6	15.03	2.04	OK
30.65	15.06	2.03	OK
29.4	15.04	1.96	OK
30.7	15.11	2.03	OK
31.05	15.09	2.06	OK
29.1	15.11	1.93	OK
30.65	15.14	2.02	OK

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 68 Resultados de la Rotura de Concreto Adicionado con Agregado Reciclado y Humo de Sílice Al 9% A Los 14 Días

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 9 microsílíce:				
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	$\varnothing 1$ (cm)	$\varnothing 2$ (cm)	$\varnothing 3$ (cm)	$\varnothing 4$ (cm)	$\varnothing PROM$ (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.15	15.00	15.10	15.05	15.08	30.3	30.4	178.49	39242	219.86
B-2	15.00	14.95	15.00	15.20	15.04	29.3	31.9	177.60	39156	220.47
B-3	15.15	15.10	15.00	15.10	15.09	30.8	30.5	178.78	39147	218.96
B-4	15.10	15.00	15.15	15.10	15.09	29.1	29.7	178.78	39949	223.45
B-5	15.15	15.10	15.10	15.00	15.09	30.4	31.0	178.78	39645	221.75
B-6	15.00	15.10	15.10	15.15	15.09	30.5	31.2	178.78	40075	224.16
B-7	15.10	15.20	15.00	15.20	15.13	29.7	30.4	179.67	41241	229.53
B-8	15.10	15.00	15.00	15.10	15.05	31.0	31.9	177.89	39447	221.74
B-9	15.00	15.15	15.15	15.00	15.08	31.4	31.0	178.49	40419	226.45
								Promedio		222.93

Correccion por dimensiones

H PROM (cm²)	$\varnothing PROM$ (cm)	HP/$\varnothing P$	
30.35	15.08	2.01	OK
30.6	15.04	2.03	OK
30.65	15.09	2.03	OK
29.4	15.09	1.95	OK
30.7	15.09	2.03	OK
30.85	15.09	2.04	OK
30.05	15.13	1.99	OK
31.45	15.05	2.09	OK
31.2	15.08	2.07	OK

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69 resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de sílice al 9% a los 28 días

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 9 microsílíce:				
Edad:	28 días									
BRIQUETAS	Ø1	Ø2	Ø3	Ø4	ØPROM	H1	H2	ÁREA	CARGA	ESFUERZO
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg-f)	(kg-f/cm ²)
B-1	15.15	15.10	15.15	15.15	15.14	30.5	30.8	179.97	43235	240.24
B-2	15.10	15.00	15.15	15.00	15.06	30.3	30.4	178.19	42568	238.89
B-3	14.95	15.10	15.00	14.95	15.00	29.3	31.9	176.71	42260	239.14
B-4	15.20	15.00	15.15	15.10	15.11	30.8	30.5	179.38	43510	242.56
B-5	15.15	15.10	15.00	15.10	15.09	29.7	29.1	178.78	42418	237.26
B-6	15.10	15.00	15.15	15.10	15.09	31.0	30.4	178.78	43218	241.74
B-7	15.15	15.10	15.10	15.00	15.09	31.4	30.7	178.78	42762	239.18
B-8	15.00	15.10	15.10	15.15	15.09	28.5	29.7	178.78	43334	242.38
B-9	15.10	15.20	15.00	15.20	15.13	30.3	31.0	179.67	43461	241.89
								Promedio		240.37

Correccion por dimension

H PROM	ØPROM	HP/ØP
(cm ²)	(cm)	
30.65	15.14	2.02 OK
30.35	15.06	2.01 OK
30.6	15.00	2.04 OK
30.65	15.11	2.03 OK
29.4	15.09	1.95 OK
30.7	15.09	2.03 OK
31.05	15.09	2.06 OK
29.1	15.09	1.93 OK
30.65	15.13	2.03 OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70 resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de silice al 10% a los 7 dias

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 10 microsíllice:				
Edad:	7 dias									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	14.95	15.00	15.10	15.10	15.04	30.8	31.2	177.60	39362	221.63
B-2	15.10	15.00	15.20	15.00	15.08	29.7	30.4	178.49	40047	224.37
B-3	15.00	15.15	15.00	15.00	15.04	31.2	31.9	177.60	38991	219.54
B-4	15.00	15.20	15.20	15.00	15.10	30.7	30.5	179.08	39570	220.96
B-5	15.00	15.10	15.00	15.00	15.03	29.5	29.7	177.30	39970	225.43
B-6	15.15	15.10	15.15	15.15	15.14	29.7	31.4	179.97	39205	217.84
B-7	15.10	15.00	15.15	15.00	15.06	31.0	30.5	178.19	39516	221.76
B-8	14.95	15.10	15.00	14.95	15.00	31.4	30.9	176.71	38834	219.76
B-9	15.20	15.00	15.15	15.10	15.11	30.6	31.2	179.38	39886	222.36
								Promedio		221.52

Corrección por dimensiones

H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP	
31	15.04	2.06	OK
30.05	15.08	1.99	OK
31.55	15.04	2.10	OK
30.6	15.10	2.03	OK
29.6	15.03	1.97	OK
30.55	15.14	2.02	OK
30.75	15.06	2.04	OK
31.15	15.00	2.08	OK
30.9	15.11	2.04	OK

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 71 resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de sílice al 10% a los 14 días

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 10 microsílíce:				
Edad:	14 días									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.10	15.15	15.00	15.00	15.06	30.8	30.4	178.19	46287	259.76
B-2	15.10	15.00	15.20	15.00	15.08	29.5	30.2	178.49	45400	254.36
B-3	15.00	15.15	15.00	15.00	15.04	30.4	29.7	177.60	45755	257.63
B-4	15.00	15.10	15.15	15.15	15.10	30.3	30.4	179.08	46987	262.38
B-5	15.00	15.20	15.10	15.15	15.11	30.8	30.5	179.38	47379	264.13
B-6	15.15	15.00	15.10	15.15	15.10	31.2	30.8	179.08	46137	257.64
B-7	14.95	15.00	15.10	15.00	15.01	30.4	29.3	177.01	45458	256.81
B-8	15.10	15.00	15.15	15.00	15.06	31.9	30.9	178.19	46642	261.75
B-9	15.00	15.15	15.00	14.95	15.03	30.5	31.6	177.30	46534	262.45
								Promedio		259.66

Correccion por dimension

H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP	
30.6	15.06	2.03	OK
29.85	15.08	1.98	OK
30.05	15.04	2.00	OK
30.35	15.10	2.01	OK
30.65	15.11	2.03	OK
31	15.10	2.05	OK
29.85	15.01	1.99	OK
31.4	15.06	2.08	OK
31.05	15.03	2.07	OK

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 72 resultados de la rotura de concreto adicionado con agregado reciclado y humo de sílice al 10% a los 28 días

Concreto:	Elaborado con concreto reciclado					% de adición de 10 microsílíce:				
Edad:	28 días									
BRIQUETAS	Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	Ø3 (cm)	Ø4 (cm)	ØPROM (cm)	H1 (cm)	H2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg-f)	ESFUERZO (kg-f/cm ²)
B-1	15.10	15.15	15.00	15.00	15.06	30.8	30.4	178.19	49454	277.53
B-2	15.10	15.00	15.20	15.00	15.08	29.5	30.2	178.49	49661	278.23
B-3	15.00	15.15	15.00	15.00	15.04	30.4	29.7	177.60	49098	276.45
B-4	15.00	15.10	15.15	15.15	15.10	30.3	30.4	179.08	49935	278.84
B-5	15.00	15.20	15.10	15.15	15.11	30.8	30.5	179.38	49811	277.69
B-6	15.15	15.00	15.10	15.15	15.10	31.2	30.8	179.08	49371	275.69
B-7	14.95	15.00	15.10	15.00	15.01	30.4	29.3	177.01	48896	276.23
B-8	15.10	15.00	15.15	15.00	15.06	31.9	30.9	178.19	49083	275.45
B-9	15.00	15.15	15.00	14.95	15.03	30.5	31.6	177.30	49288	277.99
								Promedio		277.13

Fuente: Elaboracion Propia

Corrección por dimensión

H PROM (cm ²)	ØPROM (cm)	HP/ØP	
30.6	15.06	2.03	OK
29.85	15.08	1.98	OK
30.05	15.04	2.00	OK
30.35	15.10	2.01	OK
30.65	15.11	2.03	OK
31	15.10	2.05	OK
29.85	15.01	1.99	OK
31.4	15.06	2.08	OK
31.05	15.03	2.07	OK

Fuente: Elaboración Propia

N) Análisis de la prueba

- Se observa que la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado reciclado y adicionado con microsílíce al 8% es similar a la resistencia alcanzada por el concreto patrón.
- Los testigos de concreto elaborado con agregado reciclado adicionado con microsílíce al 95 y 10%, adquieren una resistencia superior a las obtenidas en el concreto patrón.

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL ANALISIS DE AGREGADO FINO, AGREGADOS GRUESOS Y AGREGADOSGRUESO RECICLADO

- Se obtuvieron los siguientes resultados del analisis de agregados para el concreto, observamos los siguientes cuadros en donde se resume los resultados obtenidos en los ensayos de labortaorio.
- Los agregados finos de cunyac y de vicho al combinarse cumplen con los paramteros exigidos por la norma ASTM C-33.
- El agregado grueso de vicho cumple con lo establecido en la normativa, sin necesidad de combinar con otra cantera.
- El agregado reciclado cumple con las normativas ASTM C-33, con las que tubo que evaluarse el agregado reciclado.

Tabla 73. Resultados del análisis de propiedades físicas y mecánicas del agregado fino proveniente de la cantera de cunyac

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO PROVENIENTE DE LA CANTERA DE CUNYAC

<u>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>
Módulo de fineza	1.89	%
Granulometría	No está en los márgenes de la norma ASTM C-33, como observamos en la fig. 49	-
Peso específico de masa	2.60	gr
Peso específico de masa superficialmente seca	2.63	gr
Peso específico aparente	2.69	gr
Absorción	1	%
Peso unitario suelto	1449.15	kg/m ³
Peso unitario compactado	1576.67	kg/m ³
Porcentaje de vacíos en estado suelto	44.13	%
Porcentaje de vacíos en estado compactado	39.17	%
Contenido de humedad		%

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 74. Resultados del análisis de propiedades físicas y mecánicas del agregado fino proveniente de la cantera de bicho

<u>RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO PROVENIENTE DE LA CANTERA DE BICHO</u>		
<u>CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>
Módulo de fineza	3.94	%
Granulometría	no esta en los márgenes de la norma ASTM C-33, como se puede observar en la fig. 49	-
Peso específico de masa	2.69	gr
Peso específico de masa superficialmente seca	2.73	gr
Peso específico aparente	2.82	gr
absorción	1	%
Peso unitario suelto	1517.78	kg/m ³
Peso unitario compactado	1637.78	kg/m ³
Porcentaje de vacíos en estado suelto	43.43	%
Porcentaje de vacíos en estado compactado	38.96	%
Contenido de humedad		%

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 49. Curva granulometrica del analisis garanulometrico de agregados finos.

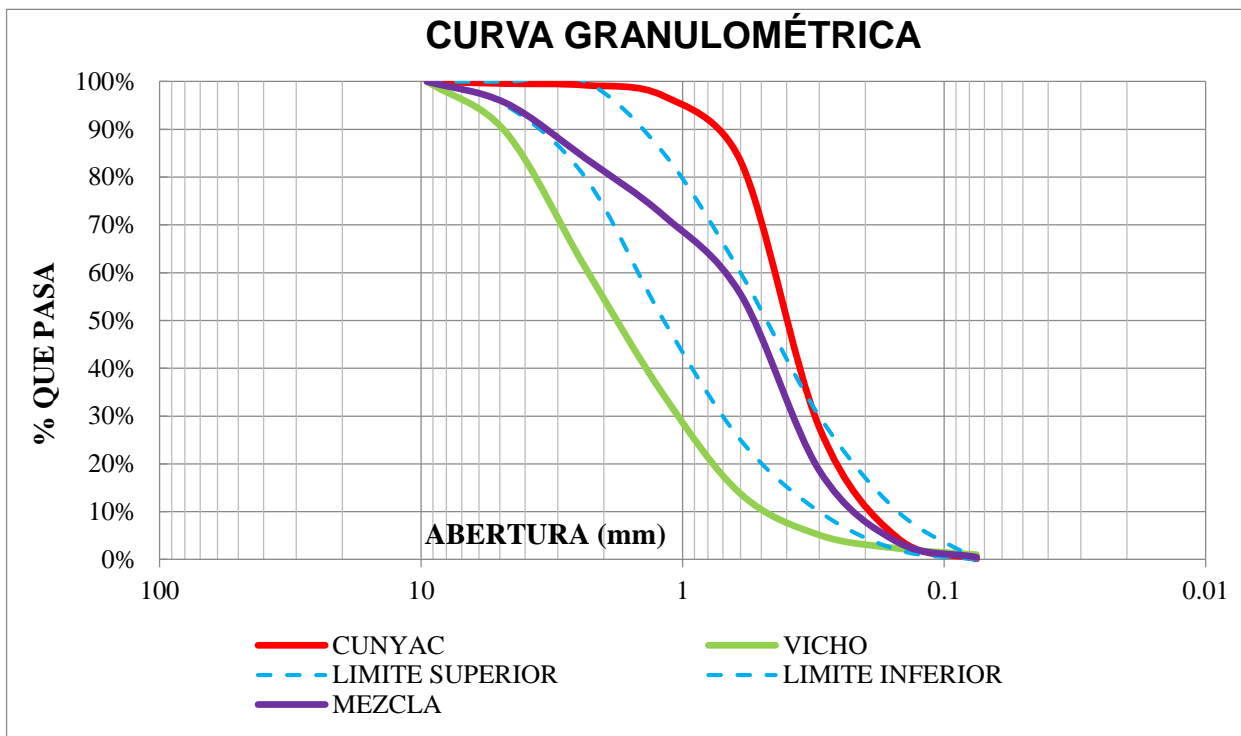


Tabla 75. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DE LA CANTERA DE BICHO

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DE LA CANTERA DE BICHO

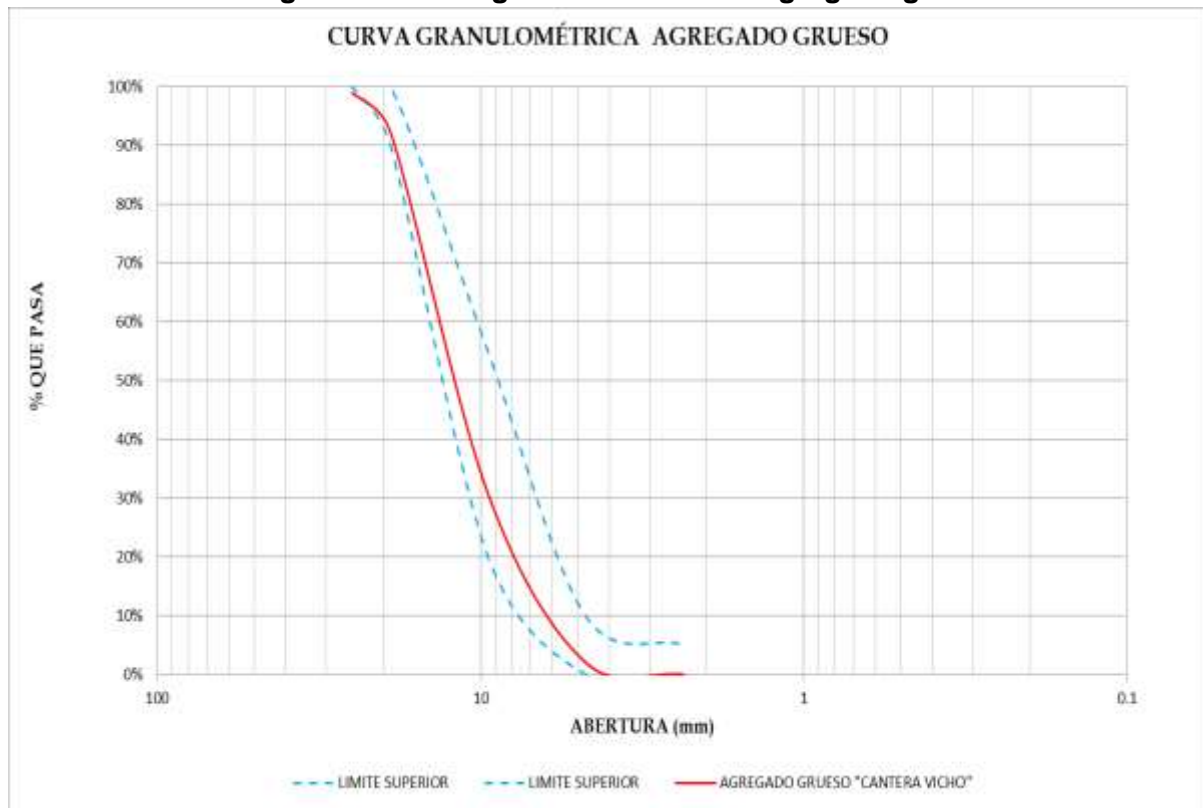
<u>CARACTERÍSTICAS FÍSICO- MECÁNICAS</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>
---	------------------------	----------------------

Granulometría	Cumple con los parámetros establecidos por la norma ASTM C33	
Peso específico de masa	2.65	gr
Peso específico de masa superficialmente seca	2.70	gr
Peso específico aparente	2.78	gr

Absorción	1.85	%
Peso unitario suelto	1376.53	kg/m ³
Peso unitario compactado	1507.39	kg/m ³
Porcentaje de vacíos en estado suelto	45.88	%
Porcentaje de vacíos en estado compactado	42.97	%
Contenido de humedad		
Tamaño máximo nominal	1.00	PULG

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 50. Curva granulometrica del agregado grueso



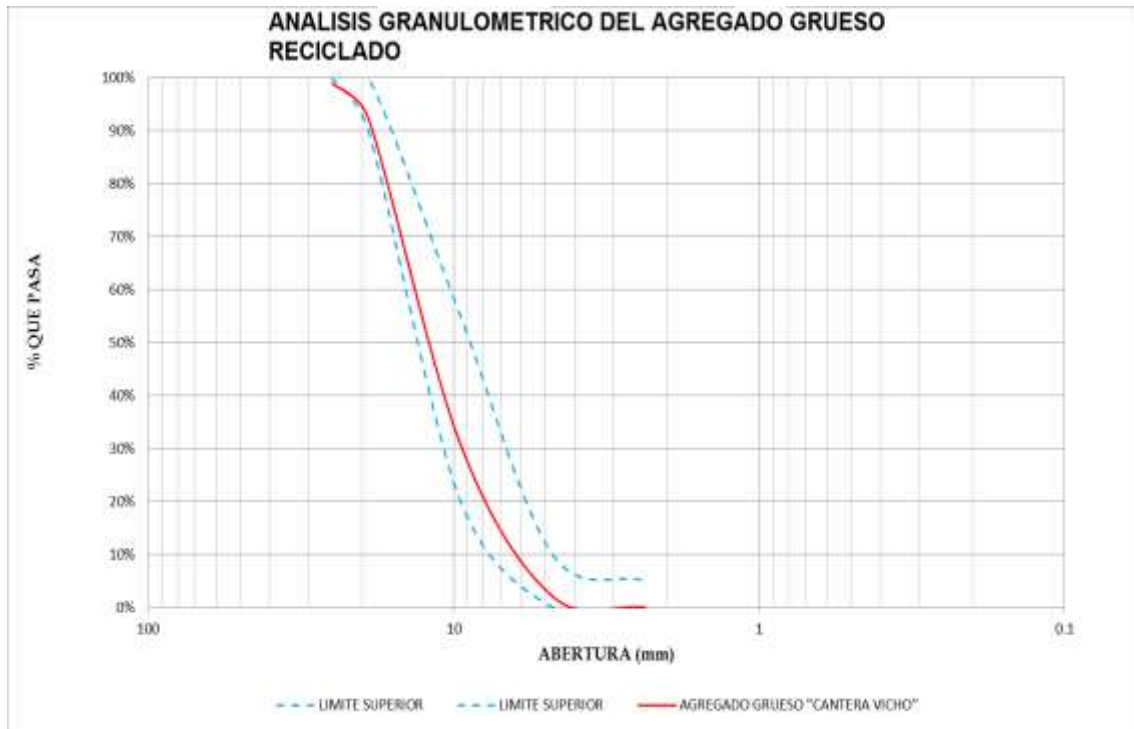
Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 76. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL AGREGADO RECICLADO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN DE VEREDAS

<u>CARACTERÍSTICAS FÍSICO- MECÁNICAS</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>
Granulometría	Cumple con los parámetros establecidos por la norma ASTM C33	
Peso específico de masa	2.21	gr
Peso específico de masa superficialmente seca	2.36	gr
Peso específico aparente	1.90	gr
Absorción	7.17	%
Peso unitario suelto	1157.33	kg/m ³
Peso unitario compactado	1294.73	kg/m ³
Porcentaje de vacíos en estado suelto	47.54	%
Porcentaje de vacíos en estado compactado	41.30	%
Contenido de humedad		
Tamaño máximo nominal	1.00	PULG

Fuente: elaboracion propia

Figura 51. Curva granulometrica del agregado reciclado



Fuente: Elaboracion Propia

4.2. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO

Tabla 77. Resultados de la rotura de cilindros de concreto

RESULTADOS DEL LA ROTURA DE CILINDROS DE CONCRETO

N° días	RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL			
	C° Patrón kg/cm ²	C° Elaborado con Agregado reciclado		
		8% de microsilice kg/cm ²	9% de microsilice kg/cm ²	10% de microsilice kg/cm ²
7	168.28	172.23	187.66	221.52
14	198.05	202.23	222.93	259.66
28	214.11	220.19	240.37	277.13

Fuente: Elaboracion Propia

Figura 52 Diagrama de Barras de resistencia a la compresion axial a los 7 dias

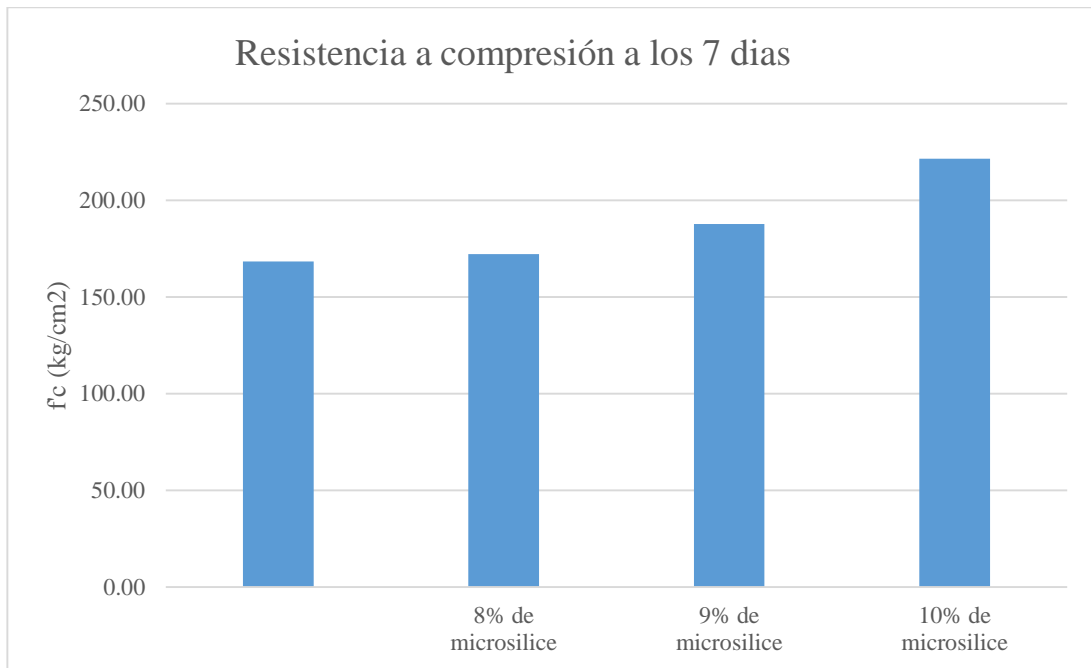


Figura 53. Diagrama de barras de resistencia a la compresion axial a los 14 dias.

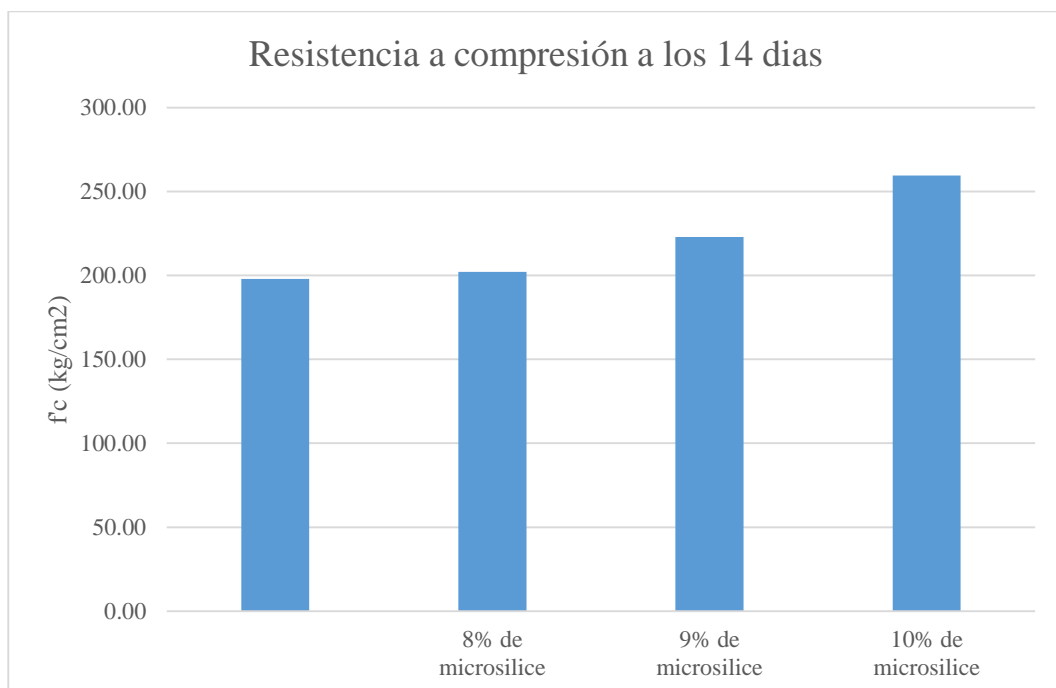
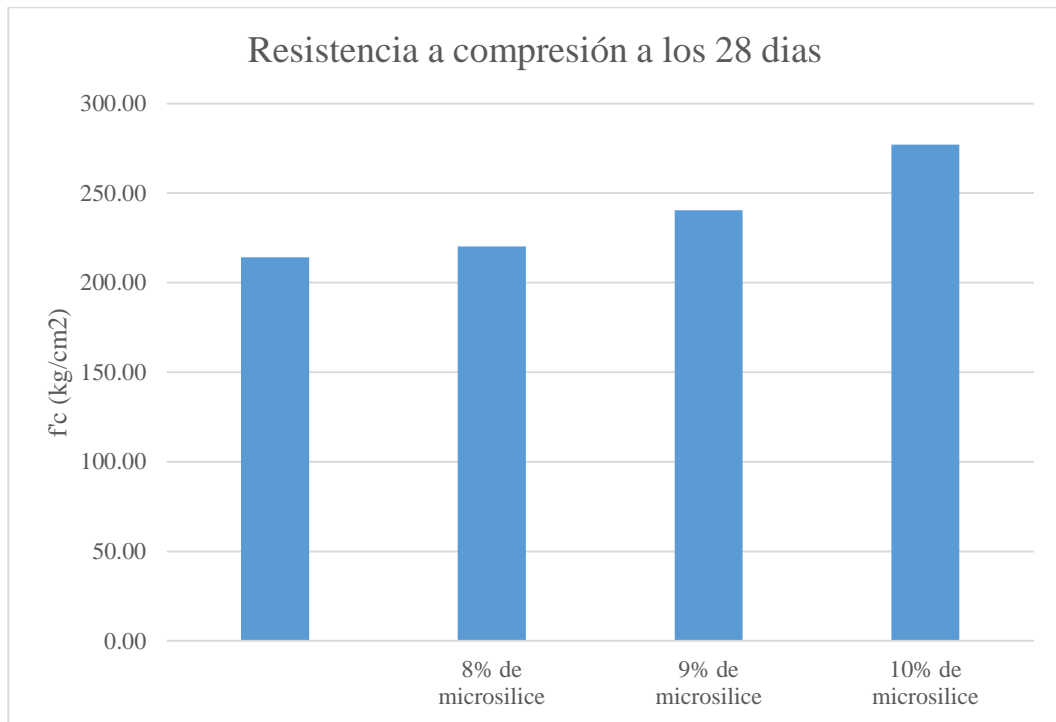
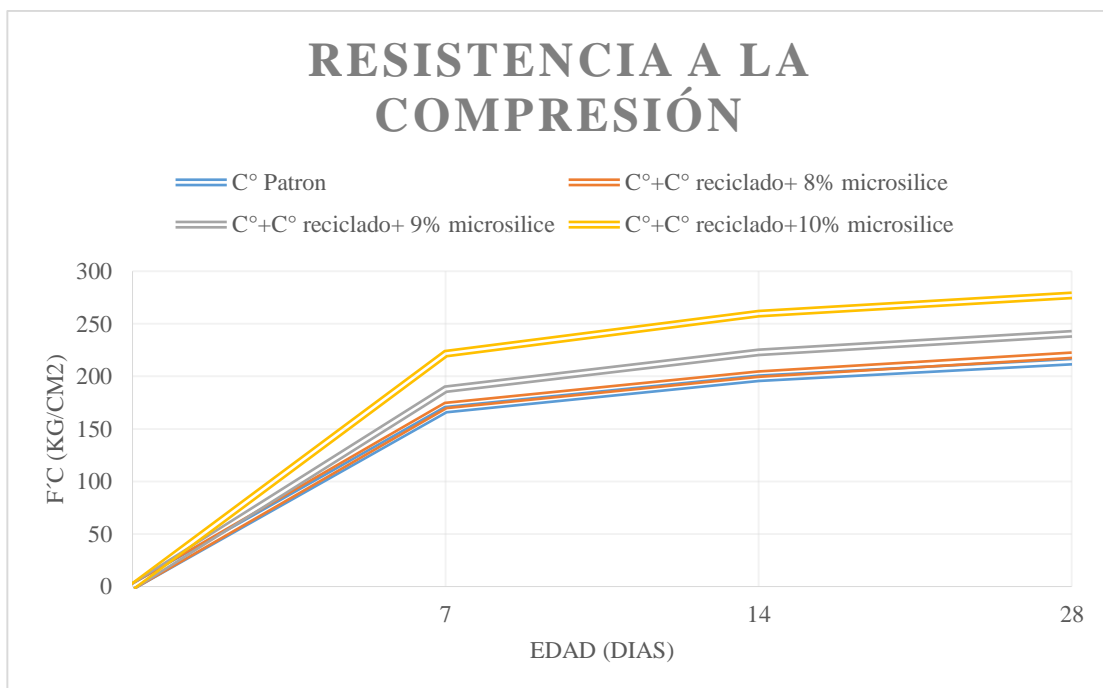


Figura 54. Diagrama De Barras De Resistencia A La Compresion Axial A Los 28 Dias



Fuente: Elaboracion Propia

Figura 55. Cuadro Comparativo de resistencia a compresion axial de Concreto Patron y concreto con Agregado Reciclado y % de microsilice



Fuente: Elaboracion Propia

CAPITULO V

DISCUSIÓN

¿La procedencia de los agregados reciclados producto de la demolición de veredas de concreto, influye en la resistencia del concreto?

El agregado reciclado producto de la demolición de veredas al igual que el agregado natural influye en las resistencias, un agregado reciclado que cumpla con las normas establecidas influirá positivamente en la resistencia del concreto.

¿Por qué el concreto elaborado con agregados reciclados tiene mayor capacidad de absorción?

El concreto elaborado con agregado reciclado tiene mayor capacidad de absorción porque el agregado reciclado posee cemento, el cual es altamente hidrófilo.

Una de las características encontradas en el agregado reciclado fue su mayor capacidad de absorción, comparada con el agregado fuente o normal (7.17 y 1.85 respectivamente), lo que originó que se tuviera cuidado en los ajustes de cantidades de agua para la relación agua/cemento. Esto debido a que la densidad del agregado reciclado es menor que la de los materiales naturales, esto es posiblemente por el contenido de pasta de cemento en el material reciclado

disminuye la densidad global del agregado, así como el peso volumétrico del material reciclado.

¿Por qué se reduce el revenimiento del concreto elaborado con agregados reciclados adicionado con microsílíce?

El revenimiento se reduce porque el agregado reciclado absorbe más agua y el microsílíce seca la mezcla por ser un material muy fino.

¿Con que porcentaje de adición de microsílíce se obtienen mayores resistencias?

A mayor cantidad de microsílíce que se adicione las resistencias a esfuerzos irán creciendo ascendentemente.

Con un porcentaje de adición del 10% de microsílíce al concreto elaborado con concreto reciclado se obtuvieron mayores resistencias a la compresión, sin embargo con el porcentaje de 8% se alcanza una resistencia similar a la alcanzada con el concreto patrón.

¿Cuál es el porcentaje en el que varía la resistencia del concreto elaborado con agregado reciclado adicionado con microsílíce?

Con un porcentaje del 10% de microsílíce adicionado al concreto elaborado con concreto reciclado se obtuvo una resistencia a compresión mayor en 29% con relación al concreto patrón, con el 9% se obtuvo una resistencia a compresión superior en 12% al de la resistencia obtenida con el concreto patrón, y con el 8% de adición de microsílíce se alcanzó una resistencia similar, superior solo en 2 %.

¿El agregado reciclado cumple con la norma ASTM C-33 por qué?

Si cumple ya que la granulometría encaja en los diagramas estandarizados, y las demás propiedades características y propiedades son similares a la del agregado natural.

Si, el agregado grueso reciclado proveniente de la demolición de veredas cumple con la normativa, ya que se encuentra dentro de los márgenes establecidos por la

norma ASTM C33, con un tamaño máximo nominal de 1'' es un material apto para la fabricación del concreto.

GLOSARIO

ABSORCIÓN: La absorción mide la cantidad de agua expresada en % del peso del material seco que es capaz de absorber un material.

ACI: American Concrete Institute, Instituto americano del concreto.

AGLOMERANTE: Agregación natural de sustancias minerales.

AGREGADOS INERTES: Estos agregados inertes se denominan inertes finos y gruesos, son de tipo mineral y ocupan aproximadamente el 70 % del volumen total de la mezcla de concreto.

AGREGADO RECICLADO: Sustituto del agregado pétreo que se alcanza a partir de la trituración del concreto luego de una demolición del mismo.

ARCILLA: Roca sedimentaria, formada principalmente por un silicato aluminico.

ÁRIDOS: Seco, estéril.

DENSIDAD: Calidad de denso, relación entre la masa de un cuerpo y la del agua o del aire que ocupa el mismo volumen.

DOSIFICACIÓN: Dosis, cantidades que se toman para preparar algo.

EQUIPO: Elementos auxiliares para la realización de un trabajo.

ESCORIA: Es el producto que se obtiene por la molienda simultánea de Clinker Pórtland, escoria granulada de alto horno y yeso.

FRAGUADO: Endurecido.

HORMIGÓN: Concreto, mezcla de arena cemento. Triturado y en algunos casos un aditivo.

INERTES: Inactivo.

MORTERO: Argamasa de cemento, arena y agua.

PÉTREOS: De piedra.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: Se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado.

SILICATOS: Son petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno

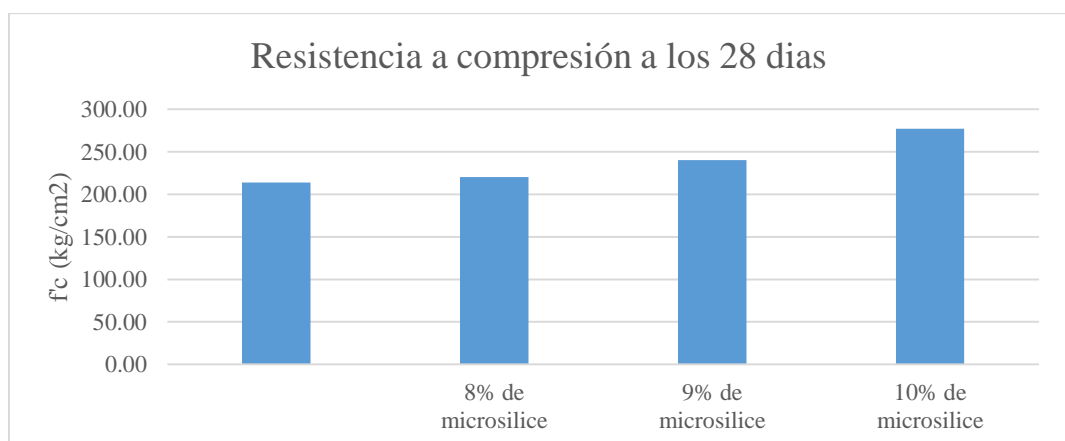
VERTEDEROS: Sitio donde se vierte o echa algo (vertederos de basuras).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Se cumplió la hipótesis general “El análisis concreto elaborado frente a esfuerzos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclados producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con humo de sílice es mayor al del concreto patrón 210 kg/cm²” porque según los resultados finales del ensayo de compresion axial de cilindros de concreto, alcanzaron una resistencia mayor.



2. Se cumplió la sub hipótesis N°1 “El comportamiento frente a esfuerzos de compresión del concreto elaborado con agregados reciclados producto de la demolición de veredas de concreto adicionado con humo de sílice es mayor al del concreto patrón elaborado porque según los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial, las resistencias obtenidas fueron las siguientes: A los 28 días, la resistencia a compresión del Concreto patrón fue 214.11 kg/cm², la resistencia del concreto elaborado con agregado reciclado y 8% de microsílíce fue 220.19 kg/cm², la resistencia del concreto elaborado con agregado reciclado y 9% de microsílíce fue 240.37 kg/cm² y a resistencia del concreto elaborado con agregado reciclado y 10% de microsílíce fue 277.13 kg/cm².
3. La sub hipótesis N°2 “Las características de los agregados reciclados están comprendidas entre los límites fijados en la norma ASTM C-33” es afirmativa, porque según los resultados obtenidos en laboratorio, el agregado grueso cumple con los parámetros establecidos en la norma y la combinación de agregados finos de ambas canteras encajan en la curva granulométrica estándar y tienen un módulo de fineza de 2.71%, el cual está dentro de los márgenes permisibles.
4. Se cumplió la sub hipótesis N°3 “Los agregados reciclados limpios de contaminantes producto de la demolición de veredas de concreto cumplen con la norma ASTM C-33 para la elaboración de un concreto” ya que el análisis de propiedades fisicomecánicas realizado en laboratorio arrojó resultado que están dentro de los márgenes de la norma ASTM C-33.
5. Se cumplió la sub hipótesis N°4 “La dosificación adecuada de microsílíce para obtener un concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm² es de 8%.” Porque según los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial a los 28 días se obtuvo una resistencia de 220.19 kg/cm², la cual es similar a la del concreto patrón 210 kg/cm².
6. Se cumplió la sub hipótesis N°5 “El incremento de la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de veredas de concreto, es progresiva, a medida que se incrementa la cantidad de microsílíce en porcentajes del peso del cemento,

a mayor cantidad de microsílíce mayor será la resistencia a compresión del concreto.” Porque al adicionar microsílíce al 8% la resistencia a la compresión se incrementa en 2%, adicionando 9% se obtuvo una resistencia a la compresión superior en 12% y adicionando microsílíce al 10% la resistencia a compresión se incrementó en 29%.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los agregados a ser empleados en la elaboración de concreto estén libres de contaminantes, tengan formas angulares y que posean una gradación equilibrada.
2. El agregado reciclado a ser empleado en mezclas de concreto deberá estar libre de contaminantes y cualquier otra materia perjudicial.
3. Se recomienda mojar el agregado reciclado antes de introducirlo a la mezcla de concreto, esto con el fin de que el agregado reciclado no absorba demasiada agua.
4. Se recomienda que al momento de triturar el concreto reciclado se obtenga un agregado reciclado con un tamaño máximo nominal de 1”.
5. Al momento de elaborar concreto con agregado reciclado se recomienda hacer una corrección por humedad, ya que el agregado reciclado posee un alto porcentaje de absorción.
6. Al adicionarse microsílíce a la mezcla de concreto deberá usarse un aditivo plastificante, ya que el microsílíce disminuye la trabajabilidad de la mezcla.
7. Tener mucho cuidado con la manipulación de microsílíce, ya que es un material altamente toxico.

BIBLIOGRAFIA

- Abanto, F. (1996). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- Camposano, J. (2009). *CONTROL DE CALIDAD EN EL HORMIGON*. Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO.
- Chan, J. (2003). *Influencia de los agregados pétreos en las*. FIUADY.
- CIP 35 . (2009). *Prueba de Resistencia a la Compresión*. National Ready Mixed Concrete.
- Dominguez, j. (2008). *Comportamiento de especímenes de concreto reciclado ante la acción acelerada de cargas ambientales*. Chihuahua: CYAD.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGraw-Hill.
- Huincho, E. (2011). *Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, microsilice y nanosilice con cemento portland tipo I* . Lima: Universidad Nacional De Ingeniería .
- Laura, S. (2006). *Diseño de mezclas de Concreto*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano- Facultad de Ingeniería Civil.
- Miranda, I. (2009). *Evaluación del comportamiento del concreto elaborado con sustitución del agregado grueso normal por agregado grueso reciclado producto de escombreras*. Sonora: Universidad De Sonora.
- Pasquel, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Rivva L., E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima: ACI Peru.
- Rivva, E. (2004). *Control del concreto en obra*. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles*. Lima: Universidad nacional de ingeniería.

ANEXOS

Concreto para reciclado producto de la demolición de veredas



Veredas demolidas en la Urb. Kennedy A



Cuarteo del agregado fino, previo a su análisis en laboratorio



Chuseo del agregado fino, ensayo de peso unitario compactado



Ensayo de granulometría de agregado grueso



Prueba del asentamiento o slump de concreto



Testigos de concreto elaborados en laboratorio



Curado de Testigos de Concreto



Briquetas de Concreto en Proceso de Curado



Figura 56. Colocación de Testigos de Concreto a la máquina de compresión axial



Figura 57. Rotura de briquetas de concreto

