

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $f'c=290$ Kg/cm² CON CONCRETO RECICLADO
PARA ADOCRETOS TIPO I UTILIZADOS EN VÍAS PEATONALES, EN EL
LABORATORIO DE LA EPIC, CUSCO – 2022**

PRESENTADO POR:

- Br. MAX BRYAN HOLGUINO ESPIRILLA
- Br. EDWARD VILCAHUAMAN SUMA

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

ASESOR:

Ing. JORGE IVAN CRUZ TELLO

CUSCO – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F_c = 290 \text{ Kg/cm}^2$ CON CONCRETO RECICLADO PARA ADCRETOS TIPO I UTILIZADOS EN VIAS PEATONALES, EN EL LABORATORIO DE LA EPIC, CUSCO - 2022"

presentado por: EDWARD VELCAHUAMAN SUMA con Nro. de DNI: 46615871

presentado por: MAX BRYAN HOLGUINO ESPIRILLA con Nro. de DNI: 72460410

para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO CIVIL

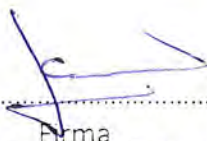
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 4%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devoiver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 10 de ENERO de 2024



Post firma: JORGE IVAN CRUZ TELLO

Nro. de DNI: 23828247

ORCID del Asesor: 0000-0002-7066-8888

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: OID: 27259 : 302683334

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS Vilcahuaman y Holguino (1).pdf

AUTOR

Max Holguino

RECUENTO DE PALABRAS

53531 Words

RECUENTO DE CARACTERES

269349 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

210 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

9.5MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 10, 2024 9:55 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 10, 2024 9:58 AM GMT-5**● 4% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres, Eliana y Julio, por todo el cariño y amor, gracias por su apoyo incondicional y ser un ejemplo de vida, todos sus consejos me llevaron a ser la persona que soy.

A mis hermanos Ingrid, Mayerli y Paul por su apoyo y guía, por ser amigos y compañeros de vida.

A mi papá Max por el cariño y afecto, por alentarme a seguir y superarme cada día.

A mi abuelita Victoria por el afecto y sacrificio, por todas esas enseñanzas de vida y a mi mamita

Presentación a la que extraño mucho y que seguramente desde el cielo nos cuida.

Agradezco a Dios por darme una gran familia y buenos amigos.

Max Bryan Holguino Espirilla



DEDICATORIA

A mis padres y hermanas por su constante apoyo, invaluable cariño e innumerables enseñanzas; que gracias a dios he tenido la dicha de poder compartir la vida junto a ellos, espero llenar sus expectativas y ser una persona que los enorgullezca.

Edward Vilcahuaman Suma



INDICE GENERAL

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	20
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1.1 Situación Problemática	20
1.1.2 Formulación del Problema	21
1.1.3 Justificación de la Investigación	22
1.1.4 Objetivos de la Investigación	23
1.2 HIPÓTESIS Y VARIABLES	24
1.2.1 Hipótesis	24
1.2.2 Identificación de Variables	24
1.2.3 Operacionalización de Variable	25
1.2.4 Delimitación, Alcance e Importancia	26
1.2.4.1 Alcance de la Investigación	26
1.2.4.2 Limitaciones de la Investigación	26
1.2.4.3 Importancia de la Investigación	26
1.3 METODOLOGÍA	27
1.3.1 Nivel de Investigación	27
1.3.2 Tipo de Investigación	27
1.3.3 Diseño de la Investigación	28
1.3.4 Unidad de Análisis	30
1.3.5 Tamaño de Muestra	32
1.3.6 Selección de Muestra	33
1.3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	33
1.3.8 Análisis e Interpretación de la Información	35
CAPITULO II: MARCO CONCEPTUAL	36
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	36



2.2 ADOCRETOS:	38
2.2.1 <i>Requerimientos Mínimos para Adocreos</i>	38
2.3 CONCRETO.....	40
2.3.1 <i>Agregados</i>	40
2.3.1.1 <i>Agregado Fino</i>	40
2.3.1.2 <i>Agregado Grueso</i>	41
2.3.2 <i>Cemento</i>	41
2.3.3 <i>Diseño de Mezcla de Concreto con el Método del ACI</i>	41
2.4 RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)	46
2.4.1 <i>Disposición de los Desechos de Construcción</i>	46
2.4.2 <i>Concreto Reciclado</i>	47
2.5 ENSAYOS EN LOS AGREGADOS.....	47
2.5.1 <i>Cantidad de Material Fino que Pasa el Tamiz de 75 µm (N°200)</i>	47
2.5.2 <i>Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos</i>	48
2.5.3 <i>Peso Unitario y Vacíos de los Agregados</i>	49
2.5.4 <i>Peso Específica y Absorción de Agregados Finos</i>	50
2.5.5 <i>Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos</i>	51
2.5.6 <i>Contenido de Humedad de los Agregados por Secado</i>	51
2.5.7 <i>Abrasión los Ángeles al Desgaste de los Agregados</i>	51
2.6 ENSAYOS EN LOS ADOCRETOS	53
2.6.1 <i>Tolerancia Dimensional</i>	53
2.6.2 <i>Resistencia a la Compresión</i>	53
2.6.3 <i>Resistencia a la Flexión</i>	54
2.6.4 <i>Máxima Absorción</i>	55
CAPITULO III: RESULTADOS DE LOS AGREGADOS PARA EL DISEÑO DE ADOCRETOS	56
3.1 <i>PREPARACIÓN DE LOS AGREGADOS</i>	56



3.1.1 Agregados de Cantera	56
3.1.2 Agregado de Concreto Reciclado	56
3.1.2.1 Proceso de Obtención de los Agregados Reciclados de Concreto	56
3.1.2.2 Ubicación del Punto de Extracción de los Escombros.....	56
3.1.2.3 Recolección y Limpieza de los Escombros de Concreto.....	57
3.1.2.4 Transporte del Concreto Reciclado a la Trituradora	58
3.1.2.5 Trituración y Obtención de Agregados de Concreto Reciclado	58
3.1.2.6 Almacenamiento de los Agregados de Concreto Reciclado.....	59
3.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LOS AGREGADOS.....	61
3.2.1 Resultados de los Ensayos en los Agregados de Cantera	61
3.2.1.1 Cantidad de Material Fino que Pasa el Tamiz de 75um (N°200) por Lavado	61
3.2.1.2 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos	62
3.2.1.3 Peso Unitario y Vacíos de los Agregados	66
3.2.1.4 Peso Específico y Absorción de Agregado Fino.....	68
3.2.1.5 Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso	68
3.2.1.6 Abrasión los Ángeles al Desgaste de los Agregados	69
3.2.1.7 Contenido de Humedad de los Agregados por Secado.....	69
3.2.2 Resultados de los Ensayos en el Agregado Reciclado de Concreto	70
3.2.2.1 Cantidad de Finos que Pasa el Tamiz de 75 µm (N°200) por Lavado	70
3.2.2.2 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos	71
3.2.2.3 Peso Unitario y Vacíos de los Agregados	80
3.2.2.4 Peso Específico y Absorción de Agregado Fino.....	81
3.2.2.5 Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos	81
3.2.2.6 Abrasión los Ángeles al Desgaste de los Agregados	82
3.2.2.7 Contenido de Humedad de los Agregados por Secado.....	83
CAPITULO IV: DISEÑO DE CONCRETO PARA ADOCRETOS.....	84
4.1 DISEÑO DE CONCRETO PARA EL CÁLCULO DE DS	84
4.2 CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRELACIÓN DE BRIQUETAS CILÍNDRICAS Y ADOCRETOS	87



4.3 DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO PARA ADOCRETOS TIPO I.....	89
4.3.1 Para Adocretos sin Concreto Reciclado.....	90
4.3.2 Para Adocretos con Concreto Reciclado	91
CAPITULO V: RESULTADOS EN LOS ENSAYOS DE ADOCRETOS	93
5.1 TOLERANCIA DIMENSIONAL.....	93
5.2 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	96
5.3 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	99
5.4 ENSAYO DE MÁXIMA ABSORCIÓN.....	99
CAPÍTULO VI: COSTO DE PRODUCCIÓN DEL AGREGADO RECICLADO	101
6.1 COSTO DE PRODUCCIÓN	101
6.1.1 Costos de los Agregados de Cantera.....	101
6.1.2 Costos del Agregado Reciclado.....	102
6.1.3 Costo de Producción de Concreto para Adocretos.....	103
CAPITULO VII: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	108
7.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN LOS AGREGADOS Y LA INFLUENCIA DEL AGREGADO RECICLADO.....	108
7.2 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ADOCRETOS.....	120
7.2.1 Análisis de la Resistencia a la Compresión.....	121
7.2.2 Análisis de la Resistencia a la Flexión	129
7.2.3 Análisis de la Máxima Absorción	132
7.3 DISCUSIÓN.....	134
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140
8.1 CONCLUSIONES.....	140
8.2 RECOMENDACIONES	141
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	143



ANEXO	145
10.1 ANEXO 1: CÁLCULO DE OPTIMIZACIÓN DE AGREGADO FINO (MÉTODO GRAFICO)	145
10.2 ANEXO 2: ENSAYOS DE PORCENTAJE DE FINOS QUE PASA LA MALLA N°200	146
10.3 ANEXO 3: ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA	151
10.4 ANEXO 4: ENSAYOS DE PESO UNITARIO	156
10.5 ANEXO 5: ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	160
10.6 ANEXO 6: ENSAYOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD	164
10.7 ANEXO 7: ENSAYOS DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES	168
10.8 ANEXO 8: DISEÑO DE MEZCLAS PARA CALCULO DE COEFICIENTE DE CORRECCIÓN	170
10.9 ANEXO 9: RESULTADOS DE ENSAYOS EN ADOCRETOS Y BRIQUETAS	173
10.10 ANEXO 10: DISEÑO DE MEZCLAS PARA ADOCRETOS (0%, 10%, 20% Y 30%)	175
10.11 ANEXO 11: CORRECCIÓN DE DATOS DE FLEXIÓN	188
10.12 ANEXO 12: MATRIZ DE CONSISTENCIA	190
10.13 ANEXO 13: CERTIFICADO OTORGADO POR EL LABORATORIO DE LA EPIC.....	191
10.14 ANEXO 14: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA MAQUINA UNIVERSAL.....	192
PANEL FOTOGRÁFICO	193



INDICE DE TABLAS

TABLA 1 PARÁMETROS CUANTIFICABLES EN LOS AGREGADOS	28
TABLA 2 PARÁMETROS CUANTIFICABLES EN LOS ADOCRETOS.....	28
TABLA 3 CANTIDAD DE ESPECÍMENES (ADCRETOS) SOMETIDOS A RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	32
TABLA 4 CANTIDAD DE ESPECÍMENES (ADCRETOS) SOMETIDOS A RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	32
TABLA 5 CANTIDAD DE ESPECÍMENES (ADCRETOS) SOMETIDOS A ENSAYO DE MÁXIMA ABSORCIÓN	32
TABLA 6 TIPOS DE ADOCRETOS SEGÚN SU USO.....	38
TABLA 7 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MÍNIMA DE ADOCRETOS SEGÚN SU TIPO Y ESPESOR	39
TABLA 8 MÓDULO DE ROTURA M_R MÍNIMO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	39
TABLA 9 MÁXIMA ABSORCIÓN DE LOS ADOCRETOS SEGÚN SU TIPO.....	40
TABLA 10 FACTOR DE INCREMENTO DE ACUERDO AL NÚMERO DE ENSAYOS	42
TABLA 11 FACTOR DE INCREMENTO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ACUERDO A LA RESISTENCIA	43
TABLA 12 SLUMP SEGÚN EL TIPO DE ESTRUCTURA	43
TABLA 13 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE LOS AGREGADOS.....	43
TABLA 14 VOLUMEN DE AGUA EN LA MEZCLA SEGÚN EL SLUMP Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL.....	44
TABLA 15 RELACIÓN AGUA/CEMENTO SEGÚN SU $f'c$ A 28 DÍAS	45
TABLA 16 VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO COMPACTADO SEGÚN SU MÓDULO DE FINEZA Y TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	45
TABLA 17 CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DESPUÉS DE SU VIDA ÚTIL	47
TABLA 18 PORCENTAJE QUE PASA DE MUESTRA SEGÚN LOS TAMICES PARA EL AGREGADO FINO	48
TABLA 19 TAMICES EN LA GRANULOMETRÍA SEGÚN SU TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL TMN PARA AGREGADO GRUESO	49
TABLA 20 GRADACIÓN DE LA MUESTRA SEGÚN EL TAMAÑO DEL TAMIZ.....	52
TABLA 21 NÚMERO DE ESFERAS SEGÚN LA CANTIDAD DE MUESTRA A UTILIZAR EN EL ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES.....	53
TABLA 22 DIMENSIONES IDEALES Y VARIACIÓN DIMENSIONAL MÁXIMA DEL ADOCRETO TIPO I	53
TABLA 23 DATOS GENERALES DE LOS ESCOMBROS DE CONCRETO RECICLADO UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	57
TABLA 24 PESO DE LOS ESCOMBROS EXTRAÍDOS DE CONCRETO EN SACOS.....	59
TABLA 25 PESO DEL AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO RESULTANTE DESPUÉS DEL TRITURADO	60



TABLA 26	PESO DEL AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO TRITURADO DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO A 3/8”	60
TABLA 27	RESULTADOS DEL ENSAYO DE MALLA #200 PARA EL CONFITILLO DE LA CANTERA DE VICHO	61
TABLA 28	RESULTADOS DEL ENSAYO DE MALLA # 200 PARA LA ARENA FINA DE CUNYAC	61
TABLA 29	RESULTADOS DEL ENSAYO DE LA MALLA # 200 PARA PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA VICHO	61
TABLA 30	GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO CONFITILLO DE LA CANTERA DE VICHO	62
TABLA 31	GRANULOMETRÍA DE FINOS DE ARENA DE CUNYAC	63
TABLA 32	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO COMBINADO (75% ARENA DE CUNYAC + 25% CONFITILLO VICHO)	64
TABLA 33	GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO DE LA PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA DE VICHO	65
TABLA 34	RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO COMBINADO	67
TABLA 35	RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA DE VICHO	67
TABLA 36	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO COMBINADO	68
TABLA 37	ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO COMBINADO	68
TABLA 38	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO DE PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA DE VICHO	68
TABLA 39	ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA VICHO	69
TABLA 40	ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES AL AGREGADO GRUESO DE PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE VICHO	69
TABLA 41	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO COMBINADO	70
TABLA 42	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO DE PIEDRA CHANCADA 3/8” DE LA CANTERA VICHO	70
TABLA 43	ENSAYO DE FINOS QUE PASA EL TAMIZ N.º200 POR LAVADO DEL AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	71
TABLA 44	ENSAYO DE FINOS QUE PASA EL TAMIZ N.º200 POR LAVADO DEL AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	71
TABLA 45	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	72
TABLA 46	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO COMBINADO + 10% AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	73
TABLA 47	GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO COMBINADO + 20% DE AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	74
TABLA 48	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO COMBINADO + 30% AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	75
TABLA 49	GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	76
TABLA 50	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA DE VICHO + 10% AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	77



TABLA 51 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA DE VICHO + 20% AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	78
TABLA 52 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE LA CANTERA DE VICHO + 30% AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	79
TABLA 53 RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO.....	80
TABLA 54 PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	80
TABLA 55 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	81
TABLA 56 ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	81
TABLA 57 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO.....	81
TABLA 58 ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO.....	82
TABLA 59 ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES DEL AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO.....	82
TABLA 60 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO	83
TABLA 61 CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	83
TABLA 62 ENSAYOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DEL CONCRETO.....	84
TABLA 63 DISEÑO DEL CONCRETO EN PESO Y VOLUMEN NETO PARA UN $f'c=290\text{KG}/\text{CM}^2$	85
TABLA 64 PROPORCIÓN EN PESO DEL DISEÑO DEL CONCRETO	85
TABLA 65 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRUEBA DE 20 BRIQUETAS Y SUS 20 ADOCRETOS A 28 DÍAS DE CURADO PARA UN $f'c=290 \text{ KG}/\text{CM}^2$	86
TABLA 66 RESUMEN DE DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS ENSAYOS DE PRUEBA DE 20 BRIQUETAS Y SUS 20 ADOCRETOS.....	87
TABLA 67 ENSAYOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADOS RECICLADOS	90
TABLA 68 PROPORCIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO POR PESO	91
TABLA 69 ENSAYOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADOS RECICLADOS	91
TABLA 70 PROPORCIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO POR PESO	92
TABLA 71 RESULTADOS DE LA TOLERANCIA DIMENSIONAL DE ADOCRETOS TIPO I CON AGREGADOS SIN CONCRETO RECICLADO (PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN)	93



TABLA 72	RESULTADOS DE LA PRUEBA DIMENSIONAL DE ADOCRETOS TIPO I CON AGREGADOS QUE CONTIENEN 10% DE CONCRETO RECICLADO (PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN)	94
TABLA 73	RESULTADOS DE LA PRUEBA DIMENSIONAL DE ADOCRETOS TIPO I CON AGREGADOS QUE CONTIENEN 20% DE CONCRETO RECICLADO (PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN)	94
TABLA 74	RESULTADOS DE LA PRUEBA DIMENSIONAL DE ADOCRETOS TIPO I CON AGREGADOS QUE CONTIENEN 30% DE CONCRETO RECICLADO (PARA RESISTENCIA A COMPRESIÓN)	95
TABLA 75	RESULTADOS DE LA PRUEBA DIMENSIONAL DE ADOCRETOS TIPO I CON UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS (PARA RESISTENCIA A FLEXIÓN)	95
TABLA 76	RESULTADOS DE LA PRUEBA DIMENSIONAL DE ADOCRETOS TIPO I CON UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS (PARA MÁXIMA ABSORCIÓN).....	96
TABLA 77	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS TIPO I SIN AGREGADOS DE CONCRETO RECICLADO	97
TABLA 78	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS TIPO I CON AGREGADOS QUE CONTIENEN 10% DE CONCRETO RECICLADO	97
TABLA 79	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS TIPO I CON AGREGADOS QUE CONTIENEN 20% DE CONCRETO RECICLADO	98
TABLA 80	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS TIPO I CON AGREGADOS QUE CONTIENEN 30% DE CONCRETO RECICLADO	98
TABLA 81	RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS ADOCRETOS TIPO I CON UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS...99	
TABLA 82	RESULTADOS DEL ENSAYO DE MÁXIMA ABSORCIÓN DE LOS ADOCRETOS TIPO I CON UN TIEMPO DE CURADO DE 28 DÍAS	100
TABLA 83	PRECIOS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO DE CANTERA UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	101
TABLA 84	COSTO DE PRODUCCIÓN DE 1 M ³ DE AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO.....	102
TABLA 85	MATERIAL NECESARIO PARA 1M ³ DE CONCRETO UTILIZADOS EN ADOCRETOS CONVENCIONALES.....	103
TABLA 86	PRECIO DE 1M ³ DE CONCRETO CONVENCIONAL (SIN AGREGADO RECICLADO).....	103
TABLA 87	MATERIAL NECESARIO PARA 1M ³ DE CONCRETO UTILIZADOS EN ADOCRETOS CON 10% DE CONCRETO RECICLADO.....	104
TABLA 88	PRECIO DE 1M ³ DE CONCRETO + 10% DE AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO	104



TABLA 89	MATERIAL NECESARIO PARA 1M ³ DE CONCRETO UTILIZADOS EN ADOCRETOS CON 20% DE CONCRETO RECICLADO.....	104
TABLA 90	PRECIO DE 1M ³ DE CONCRETO + 20% DE AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO.....	105
TABLA 91	MATERIAL NECESARIO PARA 1M ³ DE CONCRETO UTILIZADOS EN ADOCRETOS CON 30% DE CONCRETO RECICLADO.....	105
TABLA 92	PRECIO DE 1M ³ DE CONCRETO + 30% DE AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO.....	105
TABLA 93	TABLA RESUMEN DEL PORCENTAJE DE FINOS QUE PASAN POR LA MALLA #200 EN LAS MUESTRAS DE AGREGADO FINO	108
TABLA 94	TABLA RESUMEN DEL PORCENTAJE DE FINOS QUE PASAN LA MALLA #200 EN LAS MUESTRAS DE AGREGADO FINO	109
TABLA 95	TABLA RESUMEN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS FINOS DE LAS MUESTRAS	113
TABLA 96	TABLA RESUMEN DEL PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE LAS MUESTRAS	113
TABLA 97	TABLA RESUMEN DEL PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS FINOS DE LAS MUESTRAS.....	114
TABLA 98	TABLA RESUMEN DEL PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE LAS MUESTRAS	115
TABLA 99	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS FINOS DE LAS MUESTRAS	116
TABLA 100	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE LAS MUESTRAS	117
TABLA 101	ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS DE LAS MUESTRAS.....	118
TABLA 102	ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE LAS MUESTRAS	119
TABLA 103	TABLA RESUMEN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS A 7 DÍAS DE CURADO	121
TABLA 104	TABLA RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS A 14 DÍAS DE CURADO	122
TABLA 105	TABLA RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS A 21 DÍAS DE CURADO	124
TABLA 106	TABLA RESUMEN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS A 28 DÍAS DE CURADO	125
TABLA 107	TABLA RESUMEN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS ADOCRETOS	129
TABLA 108	TABLA RESUMEN DE LA MÁXIMA ABSORCIÓN DE LOS ADOCRETOS	132
TABLA 109	DISEÑO DE MEZCLA BASE.....	170
TABLA 110	PESO Y VOLUMEN DE LOS MATERIALES DE LA MEZCLA BASE	172
TABLA 111	RESULTADOS DETALLADOS DE LAS RESISTENCIAS A COMPRESIÓN DE BRIQUETAS CILÍNDRICAS Y ADOCRETOS	173
TABLA 112	DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS ENSAYOS EN BRIQUETAS CILÍNDRICAS	174
TABLA 113	DATOS ESTADÍSTICOS DE LOS ENSAYOS EN ADOCRETOS	174
TABLA 114	DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE CONCRETO	175



TABLA 115 ENSAYOS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADO RECICLADO	175
TABLA 116 VOLUMEN Y PESO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA SIN AGREGADO RECICLADO	178
TABLA 117 VOLUMEN Y PESO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON 10% DE AGREGADO RECICLADO	181
TABLA 118 VOLUMEN Y PESO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON 20% DE AGREGADO RECICLADO	184
TABLA 119 VOLUMEN Y PESO DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON 30% DE AGREGADO RECICLADO	187
TABLA 120 CORRECCIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	188
TABLA 121 DATOS DEL LABORATORIO DE LA EPIC PARA CORREGIR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	189
TABLA 122 MATRIZ DE CONSISTENCIA	190



INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 EMISIONES DE CO ₂ EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO EN EL MUNDO	20
FIGURA 2 DIAGRAMA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	25
FIGURA 3 <i>DIMENSIONES DEL ADOCRETO TIPO I</i>	29
FIGURA 4 <i>EQUIPO COMPRESOR ELE DEL LABORATORIO DE LA EPIC</i>	30
FIGURA 5 MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS INSTRON DEL LABORATORIO DE LA EPIC.....	31
FIGURA 6 ESQUEMA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
FIGURA 7 ESQUEMA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
FIGURA 8 IMAGEN QUE MUESTRA LA POSICIÓN DEL ADOCRETO EN EL ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN EN LA MAQUINA UNIVERSAL.....	55
FIGURA 9 UBICACIÓN DE LOS 3 PUNTOS DE EXTRACCIÓN DEL CONCRETO RECICLADO (ESCOMBROS DE CONCRETO)	57
FIGURA 10 UBICACIÓN DE LA CANTERA DE HUAMBUTIO.....	58
FIGURA 11 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO CONFITILLO DE VICHO	63
FIGURA 12 GRANULOMETRÍA DE LA ARENA DE CUNYAC	64
FIGURA 13 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO COMBINADO	65
FIGURA 14 GRANULOMETRÍA DE LA PIEDRA CHANCADA DE 3/8” DE VICHO	66
FIGURA 15 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO DE CONCRETO RECICLADO.....	72
FIGURA 16 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO COMBINADO CON 10% CONCRETO RECICLADO	73
FIGURA 17 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO COMBINADO CON 20% CONCRETO RECICLADO	74
FIGURA 18 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO FINO COMBINADO CON 30% CONCRETO RECICLADO	75
FIGURA 19 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	76
FIGURA 20 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO CON 10% CONCRETO RECICLADO	77
FIGURA 21 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO CON 20% CONCRETO RECICLADO	78
FIGURA 22 LÍMITES DE LA GRANULOMETRÍA PARA EL AGREGADO GRUESO CON 30% CONCRETO RECICLADO	79
FIGURA 23 GRAFICA COMPARATIVA DE RESISTENCIAS A COMPRESIÓN ENTRE 20 BRIQUETAS Y SUS 20 ADOCRETOS	87
FIGURA 24 VARIACIÓN DE RESISTENCIA POR FORMA Y ESBELTEZ EN ESPECÍMENES DE CONCRETO	88
FIGURA 25 PRECIO POR 1 M ³ DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	102



FIGURA 26 COSTO DE 1 M ³ DE CONCRETO UTILIZANDO AGREGADO DE CANTERA Y AGREGADOS CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO.....	106
FIGURA 27 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE MALLA #200 PARA TODAS LAS MUESTRAS DE AGREGADO FINO	108
FIGURA 28 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE MALLA #200 PARA TODAS LAS MUESTRAS DE AGREGADO GRUESO	109
FIGURA 29 GRANOS PRESENTES EN EL CONCRETO RECICLADO	110
FIGURA 30 COMPARACIÓN GRANULOMÉTRICA ENTRE EL AGREGADO FINO COMBINADO Y EL AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO	111
FIGURA 31 COMPARACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA DE VICHO Y DEL AGREGADO DE CONCRETO RECICLADO.....	112
FIGURA 32 GRAFICA QUE MUESTRA LA COMPARACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS FINOS.....	114
FIGURA 33 GRAFICA QUE MUESTRA LA COMPARACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS GRUESOS	115
FIGURA 34 GRAFICA QUE MUESTRA LA COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS FINOS	116
FIGURA 35 GRAFICA QUE MUESTRA LA COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS GRUESOS	117
FIGURA 36 GRAFICA QUE MUESTRA LA COMPARACIÓN DE LA MÁXIMA ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS	118
FIGURA 37 GRAFICA QUE MUESTRA LA COMPARACIÓN DE LA MÁXIMA ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS GRUESOS	119
FIGURA 38 GRAFICA COMPARATIVA DEL DESGASTE A LA ABRASIÓN LOS ÁNGELES DEL AGREGADO GRUESO NATURAL DE CANTERA Y EL AGREGADO GRUESO DE CONCRETO RECICLADO	120
FIGURA 39 GRAFICA COMPARATIVA DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	121
FIGURA 40 GRAFICA COMPARATIVA DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	123
FIGURA 41 GRAFICA COMPARATIVA DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A LOS 21 DÍAS DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	124
FIGURA 42 GRAFICA COMPARATIVA DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	125
FIGURA 43 GRAFICA COMPARATIVA DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN A TRAVÉS DEL TIEMPO DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	126



FIGURA 44 GRAFICA COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO A LOS 28 DÍAS	127
FIGURA 45 PORCENTAJE DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN RESPECTO AL TIEMPO	128
FIGURA 46 GRAFICA COMPARATIVA DEL PROMEDIO DE LAS RESISTENCIAS A LA FLEXIÓN DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	130
FIGURA 47 GRAFICA COMPARATIVA DE LAS RESISTENCIAS A LA FLEXIÓN DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	131
FIGURA 48 GRAFICA COMPARATIVA DEL PROMEDIO DE LAS MÁXIMAS ABSORCIONES DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	132
FIGURA 49 GRAFICA COMPARATIVA DE LAS MÁXIMAS ABSORCIONES DE LOS ADOCRETOS CON AGREGADO NATURAL DE CANTERA Y CON 10%, 20% Y 30% DE CONCRETO RECICLADO	133
FIGURA 50 MÉTODO GRAFICO DE OPTIMIZACIÓN DE AGREGADO FINO	145
FIGURA 51 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y CORRELACIÓN	189



RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo proponer un diseño de mezcla factible que reemplace parte del agregado de cantera con agregado reciclado de concreto para la producción de adocretos peatonales tipo I, evaluar si los adocretos cumplen con los requisitos de las normas y ver si son económicamente viables.

La investigación se basó en la observación y análisis de las propiedades físico mecánicas del agregado reciclado necesarias para la elaboración de adocretos convencionales con un 10%, 20% y 30% de agregado reciclado cuya resistencia de diseño fue de 290 kg/cm^2 , fueron seleccionados al azar para los ensayos de resistencia a la compresión y absorción de acuerdo a la norma técnica peruana NTP 399.611 y ensayos de resistencia a la flexión según la norma técnica guatemalteca NTG 41086.

Los resultados promedio de resistencia a la compresión de los adocretos sin agregado reciclado fue de 335.24 kg/cm^2 y con un 10%, 20% y 30% de agregado reciclado fueron de 320.99 kg/cm^2 , 291.34 kg/cm^2 y 278 kg/cm^2 respectivamente; para el ensayo de flexión los resultados fueron de 64.26 kg/cm^2 , 58.18 kg/cm^2 , 54.78 kg/cm^2 y 50.85 kg/cm^2 respectivamente, el análisis del costo de producción de concreto con agregado reciclado indico una reducción de 8.8 soles por cada 10% adicional de agregado reciclado.

En conclusión, los adocretos con 10% y 20% de concreto reciclado cumplieron los requisitos exigidos, el costo de producción de concreto con agregado reciclado fue menor al costo de concreto convencional, por lo tanto, es factible el uso de agregado reciclado para la producción de adocretos.

Palabras Clave: Diseño de mezcla, agregado reciclado, adocretos tipo I



ABSTRACT

This research aimed to propose a feasible mix design that replaces part of the quarry aggregate with recycled concrete aggregate for the production of type I pedestrian paving stones, evaluate whether the paving stones meet the requirements of the standards and see if they are economically viable.

The research was based on the observation and analysis of the physical-mechanical properties of the recycled aggregate necessary for the preparation of conventional adocretes with 10%, 20% and 30% of recycled aggregate whose design resistance was 290kg/cm², they were selected at random for the compression, bending and absorption resistance tests, these tests were carried out in accordance with the NTP 399.611 and NTG 41086 regulations.

The average compressive strength results of conventional adocretes and with 10%, 20% and 30% recycled aggregate were 335.24 kg/cm², 320.99 kg/cm², 291.34 kg/cm² and 278 kg/cm² respectively; For the flexural test the results were 64.26 kg/cm², 58.18 kg/cm², 54.78 kg/cm² and 50.85 kg/cm² respectively, the analysis of the cost of production of concrete with recycled aggregate indicated a reduction of 8.8 soles for each additional 10% of recycled aggregate.

In conclusion, the adocretes with 10% and 20% recycled concrete met the required requirements, the production cost of concrete with recycled aggregate was lower than the cost of conventional concrete, therefore, the use of recycled aggregate for production is feasible. of adocretes.

Keywords: Mix design, recycled aggregate, type I adocretes



CAPÍTULO I: Generalidades

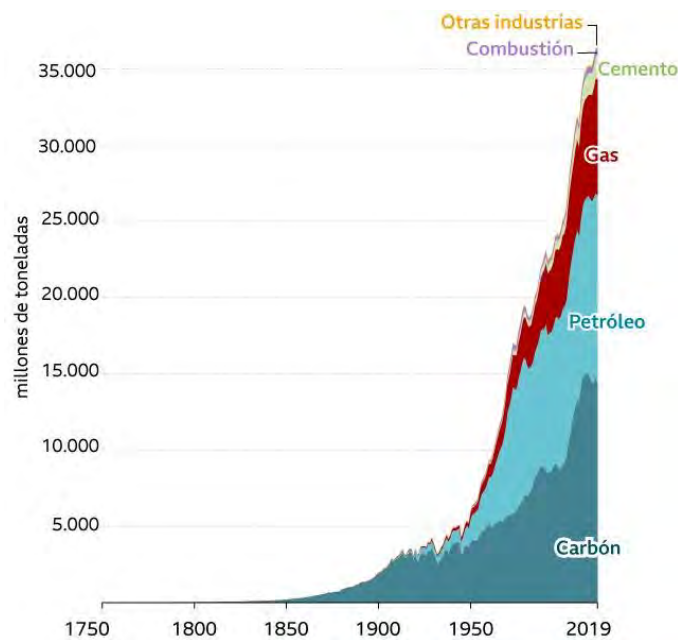
1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Situación Problemática

El concreto se ha convertido en el material de construcción más utilizado en el mundo debido a sus propiedades y versatilidad, sin embargo, su producción conlleva una gran problemática ecológica. Entre los elementos que lo componen esta el cemento uno de los materiales más contaminantes como se ve en la figura 1, según datos del centro de estudios Global carbón project el cemento es la fuente de aproximadamente el 8% de las emisiones de Co₂ del mundo, entre los contaminantes atmosféricos se encuentran el dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxido nitroso y partículas suspendidas, durante su fabricación son necesarios hornos que utilizan grandes cantidades de energía, para su combustión se usan materiales como el carbono, petróleo y gas .

Figura 1

Emisiones de CO₂ en la producción de cemento en el mundo



Fuente. Global carbón project



Otro factor importante es el agua que consume siendo esta casi la décima parte del agua industrial utilizada en el mundo y que al ser parcialmente tratadas son vertidas en afluentes, transportando una elevada cantidad de sólidos disueltos como el carbonato de calcio que afectan gravemente al ecosistema.

Para la producción del concreto también es necesario otros materiales como los áridos que al ser extraídos de las canteras provocan contaminación atmosférica por emisiones de polvo, cambio en el uso del suelo afectando el entorno en el que se explota el material, también existen riesgos en el proceso de extracción de este material ya que pueden causar desestabilización de taludes y por lo tanto provocar deslizamientos, La arena para la construcción es uno de los recursos más usados del mundo, representa más de dos tercios de todo lo que se extrae de la tierra y junto con la grava cada vez son más escasos.

Al terminar su vida útil el concreto demolido es desechado y acumulado en botaderos que se encuentran generalmente fuera de la ciudad o en zonas rurales. Estos escombros inutilizan los terrenos para las actividades de producción como la agricultura y la ganadería, también generan un impacto directo en el ecosistema como la alteración de la vida de las plantas y animales, además el concreto posee sustancias químicas como óxidos de calcio, sílice y aluminio que causan infertilidad de los suelos.

1.1.2 Formulación del Problema

PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Cuál será el diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adcretos tipo I utilizados en vías peatonales?



PROBLEMAS ESPECIFICOS

PE 1: ¿Cuál será la resistencia a la compresión de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales?

PE 2: ¿Cuál será la resistencia a la flexión de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales?

PE 3: ¿Cuál será la máxima absorción de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales?

PE 4: ¿Cuál será la diferencia del costo de los agregados de cantera con los agregados de concreto reciclado empleados en la producción de adocretos tipo I utilizados en vías peatonales?

PE 5: ¿Cuáles serán las diferencias entre las propiedades físico mecánicas de los agregados de concreto reciclado y los agregados de cantera?

1.1.3 Justificación de la Investigación

La presente investigación tiene como principal objetivo el proponer una alternativa de uso a los desechos de concreto, ya que en el Perú no se toma conciencia de la problemática ambiental que supone el uso del concreto y mucho menos se le da importancia al reciclado de este. Por ello se busca elaborar adocretos con agregado reciclado de concreto que cumplan con los requisitos de la norma vigente para ser usados en pavimentos peatonales, de este modo generar una solución económicamente viable, además de contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Teórica: Esta investigación pretende aportar conocimiento de las propiedades físico mecánicas de los agregados de origen reciclado de concreto, compararlas con los agregados de cantera, evaluar el comportamiento mecánico de resistencia a la compresión y flexión al



adicionar agregado reciclado, además de dar una referencia para futuras investigaciones relacionadas al tema.

Práctica: Contribuir a una de las principales falencias de la región como es la pavimentación, además de buscar concientizar y proponer alternativas ecológicas al uso de los residuos de concreto y demolición, a su vez ser una alternativa a los agregados naturales, contribuyendo de manera directa al cuidado del medio ambiente.

Metodológica: Proponer un diseño de mezcla de concreto que incluya en sus componentes agregado reciclado de concreto y obtener unidades de pavimentos peatonales que cumplan con las normas vigentes.

1.1.4 Objetivos de la Investigación

OBJETIVO GENERAL

OG: Diseñar una mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

OE 1: Evaluar la resistencia a la compresión en adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales.

OE 2: Evaluar la resistencia a la flexión en adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales.

OE 3: Evaluar la absorción de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales

OE 4: Comparar el costo de los agregados de cantera con los agregados de concreto reciclado empleados en la producción de adocretos tipo I utilizados en vías peatonales.



OE 5: Comparar las propiedades físico mecánicas de los agregados de concreto reciclado y los agregados de cantera?

1.2 Hipótesis y Variables

1.2.1 Hipótesis

HIPÓTESIS GENERAL

HG: Es viable el diseño de mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm² con concreto reciclado para adocretos tipo I, utilizados en vías peatonales.

HIPÓTESIS ESPECIFICAS

HE 1: La resistencia a la compresión de los adocretos tipo I con agregados de concreto reciclado utilizados en vías peatonales cumplen los parámetros de la norma.

HE 2: La resistencia a la flexión de los adocretos tipo I con agregados de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales cumplen los parámetros de la norma.

HE3: La Absorción de los adocretos tipo I con agregados de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales cumplen los parámetros de la norma.

HE4: El costo de los agregados de concreto reciclado empleados en la producción de adocretos tipo I utilizados en vías peatonales es menor al de los agregados de cantera.

HE 5: Existen diferencias entre las propiedades físico mecánicas de los agregados reciclados y los agregados de cantera

1.2.2 Identificación de Variables

Variable de estudio 1 (Independiente X1): Concreto Reciclado (Agregados)

Variables de estudio 2 (Dependiente Y1): Adocreto tipo I (Propiedades mecánicas)

Variables de estudio 3 (Dependiente Y2): Diseño de mezcla de concreto



Unidad de Análisis: Espécimen de adcreto Tipo I

Ámbito Geográfico: Distrito de Cusco

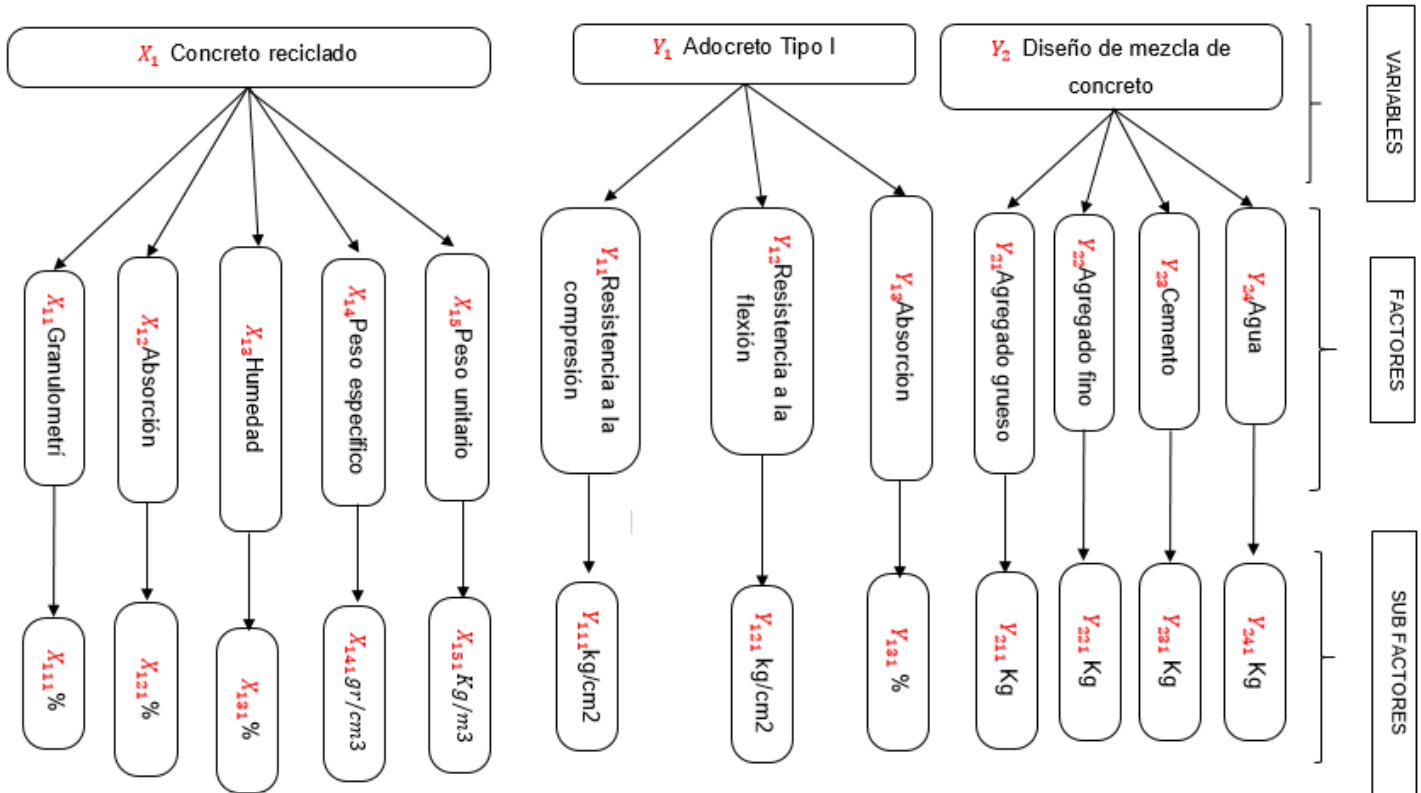
Periodo: 2022

1.2.3 Operacionalización de Variable

Las variables que intervienen en la investigación se muestran en la figura 2.

Figura 2

Diagrama de operacionalización de variables de la investigación





1.2.4 Delimitación, Alcance e Importancia

1.2.4.1 Alcance de la Investigación.

La investigación se enfocó únicamente en adocretos tipo 1 para vías peatonales, se desarrolló en el laboratorio de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, Cusco. Mediante ensayos requeridos para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados tanto naturales como reciclados para el diseño de la mezcla de concreto. Para los adocretos se efectuaron ensayos como la resistencia a la compresión, flexión y máxima absorción con el fin de evaluar si dichos adocretos cumplen con las exigencias requeridas en la norma técnica peruana NTP 399.611.

1.2.4.2 Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones del trabajo de investigación son:

- Las pruebas de laboratorio para el proyecto dependieron de los recursos y equipos disponibles en el laboratorio de la EPIC.
- No existe mucha información sobre diseño de concreto con agregado reciclado
- No existe en la norma técnica peruana parámetros para la resistencia a la flexión en adocretos de concreto para ello se utilizó la normativa técnica guatemalteca NTG 41086 adoquines de concreto para pavimentos.

1.2.4.3 Importancia de la Investigación

La importancia de la investigación consiste en utilizar los desechos de concreto, como los escombros de pavimentos como agregado en adocretos tipo I. Con esto se busca mitigar los efectos de la contaminación como en los afluentes ocasionados por elementos del concreto, y efectos en el suelo que provocan modificación en el área de productividad, activación de procesos erosivos y variación del pH del suelo.



Es importante también porque se propone alternativas al uso de agregados naturales ya que la extracción de estos agregados naturales en cantera provoca contaminación y sobreexplotación del recurso.

Otra de las importancias de la investigación es que se enfoca en el uso de adocretos para vías peatonales, ya que nuestra región es considerada de atractivo turístico e histórico y en estas zonas son recomendables el uso de adoquines y adocretos para el embellecimiento del entorno.

También es importante porque se busca reemplazar el agregado natural por el concreto reciclado de esta forma abaratar el costo de producción del adocreto.

1.3 Metodología

1.3.1 Nivel de Investigación

La investigación es de nivel **Correlacional**, ya que correlaciona la variable independiente (agregados de concreto reciclado) adicionándolo a la mezcla de concreto en porcentajes de 10%, 20% y 30% variando las propiedades mecánicas de los adocretos tipo (variable dependiente), de esta manera se pretende utilizar concreto reciclado como agregado del diseño de mezcla de concreto para producir adocretos tipo I y se busca evaluar los parámetros requeridos en resistencia a la compresión y flexión indicadas en la norma técnica peruana NTP 399.611.

1.3.2 Tipo de Investigación

La investigación según la naturaleza de las variables es de carácter **Cuantitativo**, ya que se cuantificaron tanto la variable independiente, agregado de concreto reciclado, como las variables dependientes, adocretos tipo I y diseño de mezcla de concreto.



Los parámetros cuantificables para la variable independiente, agregado de concreto reciclado, son el peso específico, absorción máxima, contenido de humedad, peso unitario y granulometría, tal como se indica en la tabla 1.

Tabla 1

Parámetros cuantificables en los agregados

Parámetros Cuantificables	Unidad
Peso específico	kg/cm ³
Peso unitario	kg/cm ³
Contenido de humedad	%
Máxima Absorción	%
Granulometría	%

Y para el concreto endurecido los parámetros a cuantificar son la resistencia a la compresión, flexión y absorción, como está indicado en la tabla 2.

Tabla 2

Parámetros Cuantificables en los Adocretos

Parámetros cuantificables	Unidad
Resistencia a Compresión	kg/cm ²
Resistencia a Flexión	kg/cm ²
Absorción	%

1.3.3 Diseño de la Investigación

Se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador. (Hernandez Sampieri, 2014, pág. 129).



Por consiguiente, nuestro proyecto de investigación es de carácter **Experimental** porque se busca manipular la variable dependiente, agregado de concreto reciclado para analizar las consecuencias sobre las variables dependientes, adocreto tipo I y diseño de mezcla.

Para su desarrollo se utilizó el método del ACI en el diseño de mezcla de concreto para los adocretos tipo I (figura 3) con un $f'c$ de 290 kg/cm^2 , así como el manual de ensayo de materiales del ministerio de transporte y comunicaciones del Perú y las normas ASTM para los diferentes ensayos de laboratorios y las pruebas que se realizaron en los adocretos fueron los ensayos de resistencia a la compresión y también la prueba de máxima absorción indicadas en la NTP 399.611 y para la resistencia a la flexión la NTG 41086.

Dichos ensayos fueron realizados en especímenes de adocretos tipo I, reemplazando los agregados de cantera fino y grueso por agregados de concreto reciclado en porcentajes de 10, 20 y 30% de su peso.

Figura 3

Dimensiones del adocreto tipo I



Fuente. Grupo INCERA



1.3.4 Unidad de Análisis

La unidad de análisis fueron los especímenes de adcretos tipo I, cuyos datos se observaron y registraron en el laboratorio de la escuela profesional de ingeniería civil.

Se utilizó los diferentes equipos y materiales como el Equipo compresor para la prueba de resistencia a la compresión mostrada en la figura 4.

Figura 4

Equipo compresor ELE del Laboratorio de la EPIC





Para el ensayo de resistencia a la flexión se utilizó la maquina universal mostrada en la figura 5. También se utilizaron tamices, máquina de bomba de vacío, pipeta, probetas, horno, balanzas para ensayos de granulometría, peso específico y contenido de humedad. Todos estos equipos e instrumentos se encuentran en el laboratorio de la EPIC.

Figura 5

Maquina universal de ensayos INSTRON del laboratorio de la EPIC





1.3.5 Tamaño de Muestra

Según las normas NTP 399.611 y NTP 339.604 la prueba realizada en adoquines de concreto no debe ser menores a tres unidades y se puede realizar los ensayos a las edades de 7, 14 y 28 días para el ensayo de compresión. El tamaño de estudio fue de un total de 72 especímenes de adocretos entre los cuales se tomaron 48 para la prueba de compresión (tabla 3), 12 para la prueba de flexión (tabla 4) y 12 para la máxima absorción (Tabla 5)

Tabla 3

Cantidad de especímenes (adocretos) sometidos a resistencia a la compresión

Tiempo de curado	Agregados con 0% de concreto reciclado	Agregados con 10% de concreto reciclado	Agregados con 20% de concreto reciclado	Agregados con 30% de concreto reciclado	Total
7 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
21 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
Total	12	12	12	12	48

Tabla 4

Cantidad de especímenes (adocretos) sometidos a resistencia a la flexión

Tiempo de curado	Agregados con 0% de concreto reciclado	Agregados con 10% de concreto reciclado	Agregados con 20% de concreto reciclado	Agregados con 30% de concreto reciclado	Total
28 días	3	3	3	3	12

Tabla 5

Cantidad de especímenes (adocretos) sometidos a ensayo de máxima absorción

Tiempo de curado	Agregados con 0% de concreto reciclado	Agregados con 10% de concreto reciclado	Agregados con 20% de concreto reciclado	Agregados con 30% de concreto reciclado	Total
28 días	3	3	3	3	12



1.3.6 Selección de Muestra

El muestreo fue **probabilístico**, ya que los especímenes sometidos a los diferentes ensayos de laboratorio fueron escogidos de manera aleatoria.

Se realizaron una selección de tres especímenes de adocreto para cada porcentaje de diseño en las cuales se procedió a realizar el ensayo de compresión en los periodos de 7, 14, 21 y 28 días de curado, para el ensayo de flexión se tomaron tres especímenes para cada porcentaje de diseño y se realizó los ensayos a los 28 días de curado.

Para el ensayo de máxima absorción se procedió después de los 28 días de curado y se hizo en 3 especímenes de cada porcentaje de diseño.

1.3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

Las técnicas de recolección de datos se realizaron mediante el registro y observación de las diferentes pruebas de laboratorio a las que fueron sometidas los agregados como los adcretos, estos resultados fueron recolectados mediante fichas, tablas, fotografías y hojas de cálculo para su posterior análisis e interpretación.

El proceso para los ensayos empezó en la recolección del concreto reciclado de los escombros de obras en ejecución, luego se procedió a seleccionar el material para ser triturado y así obtener el tamaño máximo nominal del diseño de concreto

Luego se diseñó la mezcla de concreto y se procedió a realizar los respectivos ensayos en los agregados:

- Cantidad de finos que pasa la malla N°200 (NTP 400.018)
- Análisis granulométrico de agregado grueso y fino (NTP 400.012)
- Peso unitario de agregados finos y gruesos (NTP 400.017)



- Peso específico y absorción de agregado grueso y fino (NTP 400.021 Y 400.022)
- Resistencia al desgaste prueba los ángeles al agregado (NTP 400.019)
- Contenido de humedad (NTP 339.185)

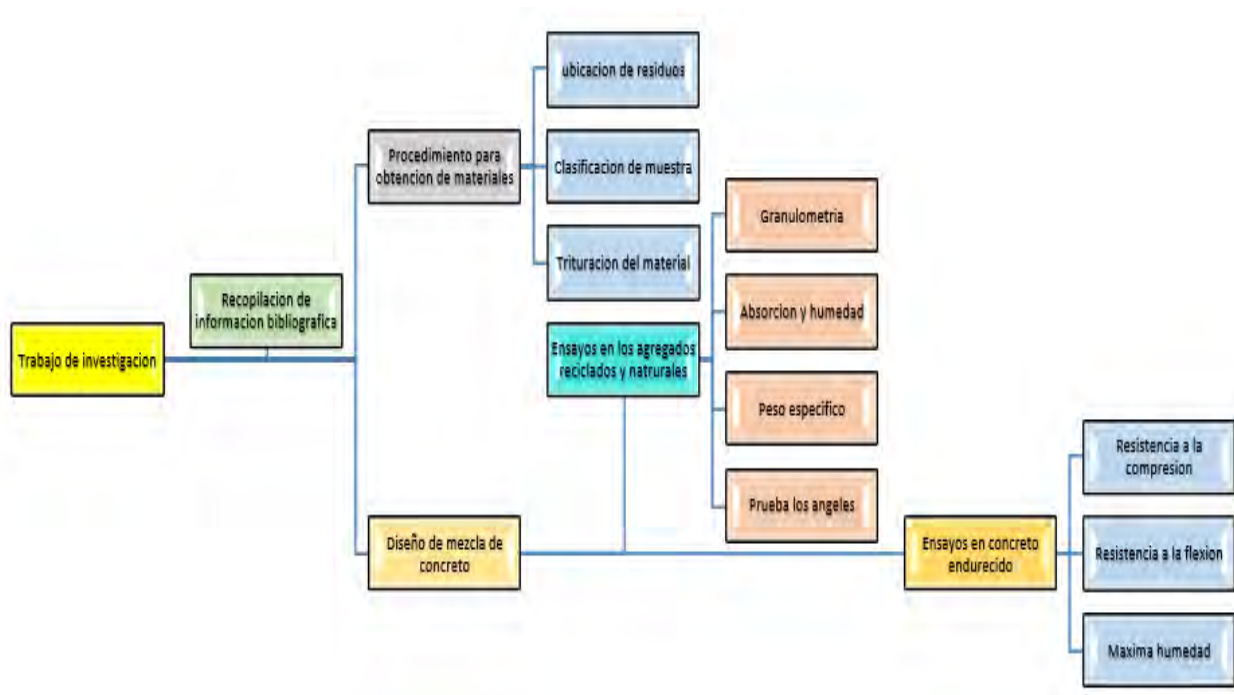
Finalmente, se vació los adcretos convencionales y con un 10%, 20% y 30% de agregados reciclados de concreto, en los cuales se realizó los siguientes ensayos:

- Resistencia a la compresión (NTP 399.611)
- Resistencia a la flexión (NTG 41086)
- Máxima Absorción (NTP 399.611)

Todos los resultados obtenidos se registraron para su posterior análisis e interpretación, todo este proceso esta esquematizado en la figura 6.

Figura 6

Esquema de recolección de datos





1.3.8 Análisis e Interpretación de la Información

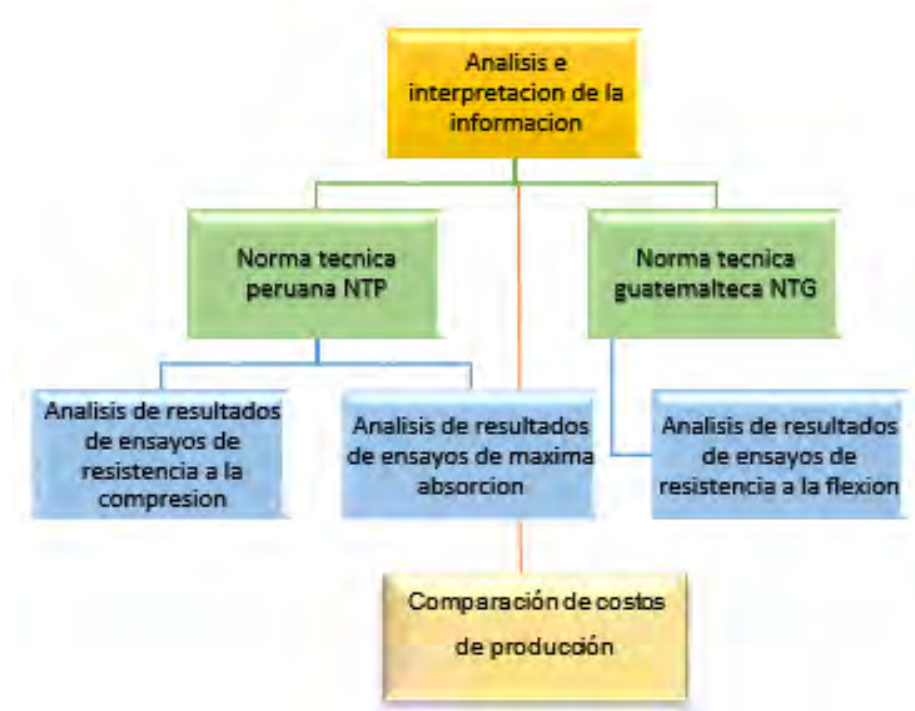
Para determinar la viabilidad del uso de agregados reciclados en el diseño de adocretos para pavimentos peatonales se utilizaron parámetros de la NTP 399.611 para requerimientos de compresión y máxima absorción.

En el caso de los requerimientos de flexión al no haber una normativa peruana se recurrió a la normativa extranjera, norma técnica guatemalteca NTG 41086.

Una vez obtenidos los resultados, se procedió a su evaluación para los diferentes porcentajes de diseño propuestos y su cumplimiento de los requerimientos en norma, luego se procedió a realizar la comparación en los costos de producción de cada porcentaje de diseño, una vez realizado los análisis se concluyó cuál de los diseños es el más conveniente tanto en su desempeño como en su costo de producción. Esto se muestra esquematizado en la figura 7.

Figura 7

Esquema de análisis de resultados





CAPITULO II: Marco Conceptual

2.1 Antecedentes de la Inves gación

- Tesis titulada: ‘ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO RECICLADO EN OBRA’, José C. Jordán Saldaña y Neiser Viera Caballero (2014). el objetivo general es conocer los procesos de variación del comportamiento estructural del concreto, elaborados con diferentes porcentajes de agregados gruesos reciclados, En ésta investigación se reemplazó solamente el agregado grueso de cantera por concreto reciclado en los porcentajes de 25, 50 y 100% cuya meta de resistencia a compresión fue $f'c = 210 \text{ Kg/Cm}^2$ y $f'c = 175 \text{ Kg/Cm}^2$ para su uso en concreto en general; Los resultados promedio de los ensayos de resistencia a la compresión a la edad de 28 días para una $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ fueron de 181.25 (con 25% de concreto reciclado), 192.82 (con 50% de concreto reciclado), y 166.57 (con 100% de concreto reciclado); para una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ fueron de 231.23 (con 25% de concreto reciclado), 261.58 (con 50% de concreto reciclado), y 230.14 (con 100% de concreto reciclado); concluye que el porcentaje más idóneo es el de 50% de concreto reciclado en el agregado grueso.
- Tesis titulada: “CONCRETO RECICLADO”, Jorge A. Cruz García y Ramón Velázquez Yáñez (2004). Se propuso el Objetivo de Realizar un estudio del comportamiento de los residuos de construcción y demolición, en especial del escombros para que se pueda utilizar en el concreto como agregado; así como, determinar el empleo de este en el área de la construcción, dependiendo de la resistencia $f'c$ que se alcance a la edad de 28 días; se reemplazó solamente el agregado grueso de cantera por concreto reciclado en un porcentaje del 100%, cuya meta de resistencia a compresión fue $f'c = 250 \text{ Kg/Cm}^2$ para su uso en concreto en general; los resultados promedio de los ensayos de resistencia a la compresión para una $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ fueron de 91.96 (a los 7 días), 178.83 (a los 14 días), y



- 200.00 (a los 28 días); Concluye que el concreto reciclado es un buen sustituto como agregado grueso en la elaboración de concreto nuevo, sus propiedades son aceptables a pesar que los resultados de resistencia a compresión son menores a los requeridos este se puede mejorar según a su diseño de mezcla y el porcentaje de uso del concreto reciclado.
- Tesis titulada: ‘VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD TACNA’, Eddson A. Carizayle Laurente y Sandra E. Anquise Huayhua (2015). Se trazó el Objetivo de Estudiar las propiedades del concreto fabricado con agregado reciclado y verificar si su uso es viable para la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna, Reemplazó al 100% del agregado con el concreto reciclado; Los resultados promedio de los ensayos de resistencia a la compresión para una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ fueron de 105.02 (a los 3 días), 153.88 (a los 7 días), 181.67 (a los 14 días) y 213.95 (a los 28 días); para una $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ fueron de 174.33 (a los 3 días), 239.14 (a los 7 días), 264.52 (a los 14 días) y 306.52 (a los 28 días); los estudios demuestran que las propiedades del concreto reciclado son cercanas pero menores a las propiedades de un concreto convencional.
 - Tesis titulada: “DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACIÓN DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMÁTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA”. Ledezma Chumes, Felipe y Yauri Huiza, Wilder (2018). Se planteó como objetivo determinar la influencia del material reciclado de neumáticos en la resistencia a la compresión y tensión, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica. amplió el horizonte en el uso de otros tipos de materiales reciclados para el reemplazo de agregados en el concreto con el afán de reducir la contaminación desecho de estos materiales. Su conclusión más relevante es que, es factible, de acuerdo a los datos analizados, utilizar el 25% en peso de Polvo de Neumático de tamaño aleatorio (al azar), ya que no deteriora las características del concreto.



2.2 Adocreos:

Son elementos prefabricados de pequeñas dimensiones que individualmente poseen alta resistencia. Debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual. (Norma Técnica Guatemalteca, 2015, pág. 9)

Para su instalación los adocreos se colocan sobre una cama de arena o grava, unas al lado de otras de manera que queden trabadas entre ellas y formen de esta manera la estructura de rodadura. Entre sus principales ventajas se tiene que tanto su instalación como su mantenimiento son económicos, además de ser estéticamente agradables a la vista.

2.2.1 Requerimientos Mínimos para Adocreos

Esta investigación se centra en los adocreos tipo I indicados en la norma técnica peruana NTP 399.611, la clasificación de los adocreos según su tipo y uso se muestra en la tabla 6, así también se muestra su resistencia a la compresión mínima en la tabla 7.

Tabla 6

Tipos de adocreos según su uso

Tipo	Uso
I	Adoquines para pavimento de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente. NTP 399.611.



Tabla 7

Resistencia a la compresión mínima de adocretos según su tipo y espesor

Tipo	Espesor (mm)	Resistencia a la compresión mínima	
		Promedio MPa (kg/cm ²)	Unidad MPa (kg/cm ²)
I	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III	≥80	55 (561)	50 (510)

Fuente. Adaptada de la NTP 399.611.

Para los ensayos de resistencia a la flexión se utilizaron requerimientos de la norma técnica guatemalteca NTG 41086, tal como se indica en la tabla 8.

Tabla 8

Módulo de rotura Mr mínimo de resistencia a la flexión

Módulo de rotura (Mr) Mínimo a los 28 días MPa (Kg/cm ²)		
Clase	Promedio de 3	Individual
A	5.4 (55)	4.6 (46.8)
B	4.1 (42)	3.5 (35.7)
C	4.1 (42)	3.5 (35.7)

Fuente. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41086 (Clase C para adocretos tipo I).

Para el ensayo de máxima absorción alcanzada por los adocretos se utilizó los parámetros indicados en la tabla 9.



Tabla 9

Máxima Absorción de los adocretos según su tipo

Tipo de adocreto	Máxima absorción (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Fuente. Adaptada de la NTP 399.611.

2.3 Concreto

El concreto es un material compuesto, cuya matriz es el aglomerante, cemento Portland, y las partículas agregadas son, por lo general, arena y grava. La mezcla se hace en presencia de agua y en algunas ocasiones, también se adicionan aditivos para conseguir determinadas propiedades.

(Cordero Estévez, Cárdenas Gutiérrez, & Rojas Suárez, 2018, pág. 1).

Entre las principales características que el concreto presenta resalta su resistencia, durabilidad y trabajabilidad que se adaptan a los diferentes tipos de proyectos.

2.3.1 Agregados

“En el concreto, los agregados conforman alrededor del 70% por unidad de volumen; estos comúnmente son de origen natural obtenidos a través del procesamiento de rocas como lo son la arena y la grava”. (Cordero Estévez, Cárdenas Gutiérrez, & Rojas Suárez, 2018, pág. 11).

2.3.1.1 Agregado Fino

“Agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037”. (NTP 400.037, 2013, pág. 8).



2.3.1.2 Agregado Grueso

Se define como “Agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (Nº 4) que cumple los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de la roca”. (NTP 400.037, 2013, pág. 8).

Propiedades físicas y mecánicas de los agregados:

Granulometría. Es la distribución de las partículas del agregado, es una propiedad que afecta directamente en la resistencia del concreto, debe de cumplir con la NTP 400.037.

Densidad. Es la masa por unidad de volumen, indica si los agregados son livianos.

Absorción. Capacidad que tienen los agregados de absorber agua a través de sus poros, afectan en la trabajabilidad y resistencia del concreto.

Contenido de humedad. Es la cantidad de agua que presenta el agregado en sus poros, pueden ser secos, húmedos o saturados.

2.3.2 Cemento

Es por excelencia el material aglutinante de los agregados en las mezclas de concreto. El cemento Portland es el más utilizado. Se le conoce como cemento hidráulico por sus propiedades de fraguado y endurecimiento en presencia de agua. Este aglutinante posee excelentes propiedades de cohesión y adhesión que, en conjunto con los materiales agregados, conforman concretos con buen desempeño estructural. (Cordero Estévez, Cárdenas Gutiérrez, & Rojas Suárez, 2018, pág. 6).

2.3.3 Diseño de Mezcla de Concreto con el Método del ACI

A través de la guía ACI 211.1, el Instituto Americano del Concreto establece una serie de pasos lógicos y directos para diseñar mezclas de concreto, con especificaciones que abarcan



variables como la relación a/c, mínimo contenido de cemento, contenido de aire, asentamiento, máximo tamaño del agregado, resistencia y otras propiedades relacionadas con el material cementante, aditivos y agregados. (Cordero Estévez, Cárdenas Gutiérrez, & Rojas Suárez, 2018, pág. 25).

Para el diseño de mezcla de concreto de acuerdo al ACI, se debe de seguir una serie de procedimientos mencionados a continuación:

- a) Primero debemos calcular la resistencia de diseño $f'cr$ de la mezcla, se puede estimar de tres maneras, si se tiene datos estadísticos de más de 30 ensayos de resistencia se utiliza las siguientes formulas:

$$f'cr = f'c + 1.34Ds \dots\dots (1)$$

$$f'cr = f'c + 2.33Ds - 35 \dots\dots (2)$$

Donde:

$f'cr$: Resistencia requerida en obra

$f'c$: Resistencia especificada

Ds : Desviacion Estandar

Luego al comparar ambos resultados de la ecuación (1) y (2) se toma el más crítico. Si se cuenta con 30 a 15 ensayos, el american concrete institute (ACI 318) recomienda al valor de la Ds multiplicar por un factor de incremento mostrado en la tabla 10. En caso de tener menos de 15 ensayos se recomienda adicionar a $f'c$ el valor indicado en la tabla 11.

Tabla 10

Factor de incremento de acuerdo al número de ensayos

N.º de ensayos	Factor de incremento
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.00

Fuente. ACI 318



Tabla 11

Factor de incremento en la resistencia a compresión de acuerdo a la resistencia

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Mas de 350	$f'c + 98$

Fuente. Adaptada del ACI 318

- b) De la tabla 12 se procede a elegir un SLUMP para el tipo de proyecto que se va a realizar, y de la tabla 13 se calcula el TMN para la mezcla de concreto donde el tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a dichos valores.

Tabla 12

SLUMP según el tipo de estructura

Tipo de estructura	SLUMP Máximo	SLUMP Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente. Adaptada Torre C.

Tabla 13

Selección del tamaño máximo nominal de los agregados

SELECCIÓN DE TMN DEL AGREGADO
1/3 (Espesor de losa)
1/5 (Menor distancia entre lados de formaleta)
3/4 (Espacio libre entre varillas de refuerzo)

Fuente. Adaptada del RNE E 0.60.



- c) Seguidamente se debe calcular el volumen de agua en m^3 que será necesario para la mezcla, este dato lo conseguimos de la tabla 14 tomando como parámetros el SLUMP y el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Con el $f'c$ se obtiene de la Tabla 15 la relación de agua cemento (a/c). Con los datos obtenidos en los pasos I y II, reemplazar los valores y calcular el peso del cemento. De la tabla 14 se obtiene el porcentaje de aire por m^3 en la mezcla respecto a su tamaño máximo nominal. Con los valores de módulo de M.F y TMN se obtiene de la tabla 16 el valor de volumen de agregado grueso compacto.

Tabla 14

Volumen de agua en la mezcla según el SLUMP y tamaño máximo nominal

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''	205	200	185	180	160	155	145	125
3'' a 4''	225	215	200	195	175	170	160	140
6'' a 7''	240	230	210	205	185	180	170	---
% de 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''	180	175	165	160	145	140	135	120
3'' a 4''	200	190	180	175	160	155	150	135
6'' a 7''	215	205	190	185	170	165	160	---
% de aire 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
Elevada	6.0	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. Pasquel C. Enrique.



Tabla 15

Relación agua/cemento según su f’c a 28 días

f’c a 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Sin aire incorporado	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. Pasquel C. Enrique.

Tabla 16

Volumen de agregado grueso compactado según su módulo de fineza y tamaño máximo nominal

Tamaño máximo de agregado	Volumen de agregado grueso compacto 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’’	0.76	0.74	0.72	0.70
2’’	0.78	0.76	0.74	0.72
3’’	0.81	0.79	0.77	0.75
6’’	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente. Pasquel C. Enrique.

- d) Con el volumen calculado procedemos a calcular el peso del agregado grueso multiplicándolo por el peso unitario compacto del agregado grueso. Con los pesos específicos calculamos el volumen de cemento, agregado grueso y agua. El volumen



de agregado fino se obtiene de la diferencia del volumen total de la mezcla (1m³) y la suma de los volúmenes de agregado grueso, agua, cemento y aire. Los pesos para los agregados finos y gruesos se obtienen de multiplicar los volúmenes anteriores por sus respectivos pesos específicos. Los valores obtenidos se corrigen por absorción y humedad.

- e) Con los valores corregidos se dividen los pesos por el del cemento para presentar una proporción de mezcla en peso. Para calcular la proporción en volumen se dividen los pesos por el peso unitario suelto de los agregados y cemento para obtener la proporción en volumen.

2.4 Residuos de Construcción y Demolición (RCD)

son aquellos residuos que proceden de la construcción, demolición de los edificios, obras públicas y de urbanización. Estos residuos incluyen los provenientes de construcción o demolición de estructuras residenciales y no residenciales, y los proyectos de repavimentación, reparación de puentes. Dentro de esta categoría de residuos encontramos asfalto, maderas, metales, yesos, tejas, entre otros. ((Mejía, Giraldo, & Martínez, 2013, pág. 107).

Entre los materiales más factibles para la reutilización y el reciclaje tenemos a los pétreos, tierras y concreto.

2.4.1 Disposición de los Desechos de Construcción

Existen diferentes disposiciones que se pueden tomar para el tratamiento de los RCD como las indicadas en la tabla 17.



Tabla 17

Clasificación de materiales de construcción después de su vida útil

	Excedentes de remoción	Excedentes de obra	Escombros
Reutilizables	Entre otros: Agregados, piedras y tierras con contenido orgánico	Entre otros: Cemento, aglomerantes, retazos de fierro, alambre, productos cerámicos	Entre otros: Productos cerámicos, Piedras
Reciclables	Entre otros: Bolonería	Entre otros: Concreto sobrante, cascote de ladrillo	Entre otros: Concreto de demoliciones, mezclas asfálticas de demolición, material no bituminoso de demolición de carreteras, material de demolición no clasificado, mezcla de ladrillo con mortero
disposición final	Elementos contaminados, otros.	Elementos contaminantes, otros.	Escombros contaminados

Fuente. NTP 400.050

2.4.2 Concreto Reciclado

El concreto reciclado o “sustentable”, es el que está formado por agregados de materiales que son reciclados, siendo la sustitución de estos agregados parcial o total. La obtención de estos agregados se puede dar por proceso de triturado, cribado, etc. (Vidaud, Castaño, & Vidaud, 2013, pág. 20).

Si bien en el Perú no existe normativa para el reciclaje de concreto existen pautas para la disposición y reutilización de los RCD, en otros países se cuenta con ciertas normativas específicas para el reciclaje y reutilización de concreto reciclado.

2.5 Ensayos en los Agregados

2.5.1 Cantidad de Material Fino que Pasa el Tamiz de 75 µm (N°200)

Calcula la cantidad de finos que pasan por el tamiz n° 200 (75 µm) por lavado. Este ensayo esta normado por la NTP 400.018 y el ensayo de la MTC E202.

El porcentaje de finos que pasan la malla N°200 en el ensayo se calculó mediante la ecuación (1).



$$A = \frac{B-C}{C} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

A = Porcentaje del material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N°200) por lavado

B = Peso seco de la muestra original en g

C = Peso seco de la muestra después de lavado en g

2.5.2 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos

Tiene como finalidad precisar la forma en la que se encuentran distribuidas las partículas de un agregado, el ensayo está descrito en la norma NTP 400.012 y el manual de la MTC E204.

Los requisitos que debe de cumplir el agregado fino y grueso para la elaboración de mezcla de concreto se encuentran en la NTP 400.037, la tabla 18 indica los límites para el agregado fino y la tabla 19 para el agregado grueso.

Tabla 18

Porcentaje que pasa de muestra según los tamices para el agregado fino

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8’')	100
4.75 mm (N°4)	95 a 100
2.36 mm (N°8)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
600 μm (N°30)	25 a 60
300 μm (N°50)	05 a 30
150 μm (N°100)	0 a 10

Fuente. NTP 400.037.



Tabla 19

Tamices en la granulometría según su Tamaño Máximo Nominal TMN para agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 plg)	90 mm (3 ½ plg)	75 mm (3 plg)	63 mm (2 ½ plg)	50 mm (2 plg)	37,5 mm (1 ½ plg)	25 mm (1 plg)	19 mm (3/4 plg)	12,5 mm (1/2 plg)	9,5 mm (3/8 plg)	4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm a 37,5 mm (3 ½ plg a 1 ½ plg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ plg a 1 ½ plg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25 mm (2 plg a 1 plg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 plg a N° 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	37,5 mm a 19 mm (1 ½ plg a ¾ plg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ plg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	25 mm a 12,5 mm (1 plg a ½ plg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	25 mm a 9,5 mm (1 plg a 3/8 plg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	25 mm a 4,75 mm (1 plg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	19 mm a 9,5 mm (3/4 plg a 3/8 plg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	19 mm a 4 mm (3/4 plg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 plg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 plg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 plg a 3/8 plg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 ^A	4,75 mm a 1,18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente. Adaptada de la NTP 400.037

Los cálculos de los módulos de finza (MF) para este ensayo utilizan las ecuaciones (2) y (3)

$$MF \text{ agregado fino} = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado} \left(\frac{3}{8} \text{ plg}, N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50 \text{ y } N^{\circ} 100 \right)}{100} \dots\dots\dots(2)$$

$$MF \text{ agregado grueso} = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado} \left(\frac{1}{2} \text{ plg}, \frac{3}{8} \text{ plg}, N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50 \text{ y } N^{\circ} 100 \right)}{100} \dots\dots\dots(3)$$

2.5.3 Peso Unitario y Vacíos de los Agregados

Este ensayo calcula la relación de masa sobre volumen, está normada en la NTP 400.017 y el ensayo de la MTC E 203.



Para este ensayo se tiene la ecuación (4).

$$M = \frac{G-T}{V} \dots\dots\dots(4)$$

- M* = *Peso unitario del agregado en kg/m³*
- G* = *Peso del recipiente de medida más agregado en kg*
- T* = *Peso del recipiente de medida en kg*
- V* = *Volumen del recipiente de medida en m³*

2.5.4 Peso Específica y Absorción de Agregados Finos

Calcula la relación entre el peso y el volumen, sin tomar en cuenta los vacíos, esta normado en la NTP 400.022 y el ensayo del MTC E204. También permite calcular el volumen que ocupa un agregado en una mezcla.

Para obtener el peso específico de fino se utilizó la ecuación (5) y la absorción del agregado fino y grueso se utilizó la ecuación (6).

$$Pe_m = \frac{W_o}{P+W-P_o} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

- Pe_m* = *Peso específico de la masa*
- W_o* = *Peso en el aire de la muestra seca en el horno, g*
- P* = *Peso del picnómetro más agua, g*
- W* = *Peso de la muestra húmeda superficialmente seca, g*
- P_o* = *Peso del picnómetro más agua más muestra húmeda, g*

$$A_b = \frac{W-W_o}{W_o} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

- A_b* = *Absorción en porcentaje*
- W_o* = *Peso seca de la muestra, en gramos*
- W* = *Peso saturado seca superficialmente, en gramos*



2.5.5 Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos

El objetivo de este ensayo es calcular el peso específico y la absorción en los agregados gruesos. Esta normado en la norma NTP 400.021 y el ensayo del MTC E 206

El peso específico del agregado grueso se calcula como indica la ecuación (7).

$$Pe_m = \frac{A}{(B-C)} \times 100 \dots \dots \dots (7)$$

- Pe_m = *Peso específico de la masa*
- A = *Peso de la muestra seca al aire, en gramos*
- B = *Peso de la muestra saturada superficialmente seca, en gramos*
- C = *Peso en el agua de la muestra saturada, en gramos*

2.5.6 Contenido de Humedad de los Agregados por Secado

Este ensayo calcula el porcentaje de agua presente en los agregados gruesos y finos, la norma donde se describe el ensayo es la NTP 399.185 y en el MTC E 215.

El cálculo para el porcentaje de humedad presente en la muestra se indica en la ecuación (8).

$$p = \frac{w-D}{D} \times 100 \dots \dots \dots (8)$$

- p = *Porcentaje de humedad presente en la muestra, en porcentaje*
- w = *Peso del agregado seco en gramos*
- D = *Peso del agregado húmedo original en gramos*

2.5.7 Abrasión los Ángeles al Desgaste de los Agregados

Este ensayo calcula el desgaste por abrasión, trituración e impacto mediante un procedimiento mecánico en un tambor metálico, este ensayo esta normado en la NTP 400.019 y el ensayo de la MTC E 207.



El desgaste por abrasión en la prueba los ángeles se calcularon según la ecuación (9).

$$D = \frac{A-B}{A} \times 100 \dots \dots (9)$$

- D : Porcentaje de abrasión
 A : Peso del agregado seco inicial en gramos
 B : Peso del agregado después del desgaste, en gramos

La muestra se tamizó de acuerdo a la tabla 20 para un TMN de 3/8’’ y una gradación tipo C (tamices de 3/8’’, 1/4’’ y N°4) hasta haber obtenido el peso requerido.

Tabla 20
Gradación de la muestra según el tamaño del tamiz

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (g)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 ½’')	25.0 mm (1’')	1 250 ± 25			
25.0 mm (1’')	19.0 mm (3/4’')	1 250 ± 25			
19.0 mm (3/4’')	12.5 mm (1/2’')	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
12.5 mm (1/2’')	9.5 mm (3/8’')	1 250 ± 10	2 500 ± 10		
9.5 mm (3/8’')	6.3 mm (1/4’')			2 500 ± 10	
6.3 mm (1/4’')	4.75 mm (N°4)			2 500 ± 10	
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)				5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente. NTP 400.019.

la cantidad de esferas que se utilizó fue de 8 esferas a 30rpm por 500 revoluciones como se indica en la tabla 21.



Tabla 21

Número de esferas según la cantidad de muestra a utilizar en el ensayo de abrasión los angeles

Gradación	Numero de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente. NTP 400.019.

2.6 Ensayos en los Adocretos

2.6.1 Tolerancia Dimensional

El ensayo controla la calidad dimensional en los adocretos, los parámetros de tolerancia se encuentran en la norma NTP 399.611 y el procedimiento en la norma NTP 399.604.

Para la prueba dimensional se tomó en cuenta los parámetros mínimos requeridos en la tabla 22 y el procesamiento de los datos se realizó con la ecuación (10)

$$\text{Variación Dimensional} = \text{Dimensión Real} - \text{Dimensión Ideal} \dots \dots (10)$$

Tabla 22

Dimensiones ideales y variación dimensional máxima del adocreto tipo I

	Largo	Ancho	Altura
Dimensión ideal (cm)	20.00	10.00	6.00
Variación dimensional máxima (mm)	± 1.6	± 1.6	± 3.2

Fuente. Adaptada de la NTP 399.611.

2.6.2 Resistencia a la Compresión

Este ensayo permite controlar la resistencia a la compresión de cada adocreto, está normado en la NTP 399.604 y los mínimos requerimientos se encuentran en la norma NTP 399.611. Para el procesamiento de los datos se utilizaron las ecuaciones (11) y (12) indicadas en la norma NTP 399.604.



$$A = L \times W \dots\dots\dots(11)$$

A: *Area bruta, cm²*

L: *Longitud promedio del adocreto, cm*

W: *Ancho promedio del adocreto, cm*

$$R = \frac{P_{max}}{A} \dots\dots\dots(12)$$

R: *Resistencia a la compresion ,kg/cm²*

Pmax: *Carga a compresion maxima, Kg*

A: *Area bruta, cm²*

2.6.3 Resistencia a la Flexión

Este ensayo permite calcular la resistencia de los adocretos al ser sometidos a flexión, la normativa que se utilizó para los ensayos fue la Norma Técnica Guatemalteca NTG 41086.

Para procesar los datos a la flexión se utilizó la ecuación (13).

$$MR = \frac{3PL}{2BH^2} \dots\dots\dots(13)$$

MR: *Modulo de ruptura en Mpa*

P: *Carga maxima aplicada en N*

L: *Distancia entre los ejes de apoyo en mm*

B: *Longitud del eje menor del rectangulo inscrito en mm*

H: *Espesor del adocreto en mm*

El cálculo de la distancia entre ejes de apoyo se indica en la ecuación (14)

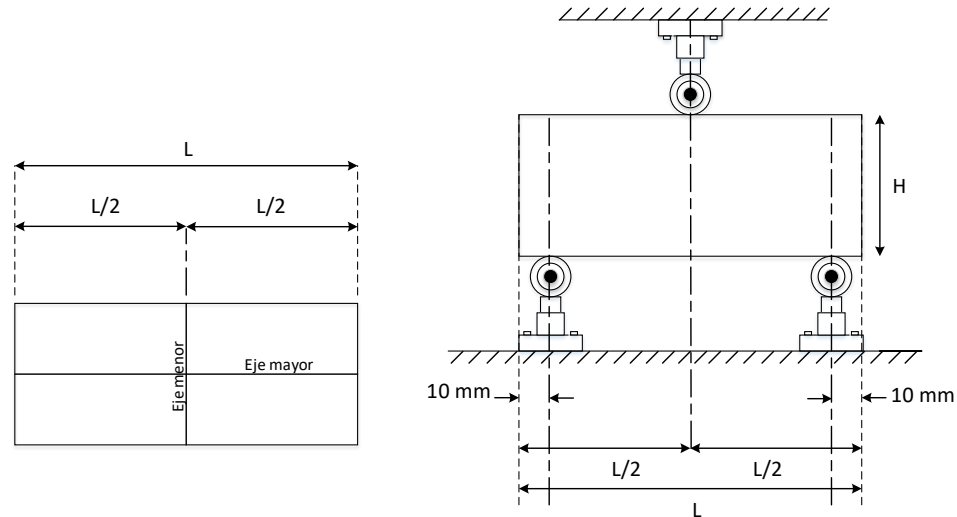
$$L = \text{largo (en mm)} - 20 \dots\dots\dots(14)$$

Para realizar el ensayo se marca a 1cm de los extremos y el eje medio del lado mayor de los adocretos, finalmente se coloca en los soportes cilíndricos alineados con las marcas de los adocretos y se aplica una carga constante de 0.5MPa/s (figura 8) hasta la falla por flexión.



Figura 8

Imagen que muestra la posición del adocreto en el ensayo de resistencia a flexión en la maquina universal



Fuente. Norma técnica guatemalteca 41086 (adaptado)

2.6.4 Máxima Absorción

El ensayo de máxima absorción permite calcular el porcentaje de agua que absorbe cada adocreto, y este ensayo esta normado en la NTP 399.604 y los parámetros requeridos se encuentran en la NTP 399.611.

Para el ensayo de absorción en adocreto se utilizó la ecuación (15).

$$Ab = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \dots \dots \dots (15)$$

Ab: Absorción en %

Ws: Peso saturado del adocreto en g

Wd: Peso seco del adocreto en g



CAPITULO III: Resultados de los Agregados para el Diseño de Adocretos

3.1 Preparación de los Agregados

3.1.1 Agregados de Cantera

Los agregados de cantera utilizados fueron:

Agregado grueso. Piedra chancada de 3/8” de la cantera de vicho

Agregado fino. Confitillo de la cantera de vicho y arena fina de cunyac

Estos agregados fueron debidamente lavados, secados al aire libre y almacenados en sacos dentro de cilindros metálicos; antes de ser empleados en los ensayos de agregados.

3.1.2 Agregado de Concreto Reciclado

3.1.2.1 Proceso de Obtención de los Agregados Reciclados de Concreto

El concreto reciclado que se utilizó como agregado para los ensayos y posterior diseño de adocretos fueron extraídos de manera manual de escombros de pavimentos rígidos, el procedimiento que se utilizó para su recolección, limpieza, transporte, trituración y almacenamiento fueron los siguientes.

3.1.2.2 Ubicación del Punto de Extracción de los Escombros

Los escombros de concreto utilizados para la investigación fueron extraídos de la Calle José María Arguedas ubicado en la Urbanización Mateo Pumacahua, del distrito de Wanchaq. Tales escombros de concreto provienen de la demolición del pavimento vehicular durante la ejecución de la obra **“Mejoramiento de las redes de distribución de agua potable y redes colectoras de desagüe en la calle José maría Arguedas, Jr. Libertad, Jr. Ucayali y Pje. 2. Del parque Maracaná de la Urb. Mateo Pumacahua distrito de Wánchaq – Cusco – Cusco”**, la figura 9 y tabla 23 indican la información y los puntos de extracción.

Figura 9

Ubicación de los 3 puntos de extracción del concreto reciclado (escombros de concreto)



Fuente. Google maps.

Tabla 23

Datos generales de los escombros de concreto reciclado utilizados en la investigación

Información General de los escombros de pavimento	
Ubicación de los escombros	C. José María Arguedas
Edad del pavimento	23 años (aprox.)
Tipo de pavimento	Rígido de 20cm de espesor
Resistencia del pavimento	210 kg/cm ²

3.1.2.3 Recolección y Limpieza de los Escombros de Concreto.

Se recolectaron escombros de unos 20 cm de tamaño aproximadamente, de tres puntos diferentes de la calle José María Arguedas, luego se procedió a limpiar materiales

metálicos, plásticos y partículas de tierra. Finalmente se almacenaron los cascotes en sacos para mantenerlos limpios; en total se obtuvieron 10 sacos con peso total de 583.80 kg.

3.1.2.4 Transporte del Concreto Reciclado a la Trituradora

Los escombros de concreto reciclado fueron trasladados hasta la cantera 03 de mayo en el centro poblado de Huambutio ubicado en el distrito de Lucre, Provincia de Quispicanchis (figura 10), donde se encuentra la Máquina Trituradora de agregados.

Figura 10

Ubicación de la cantera de Huambutio



Fuente. Google maps.

3.1.2.5 Trituración y Obtención de Agregados de Concreto Reciclado

Primero se colocaron plásticos de 4x4m. en las bases donde cae el material triturado para evitar que el agregado reciclado se mezcle con tierra o residuos de agregados antes



triturados. Los cascotes de concreto reciclado fueron colocados en la cinta transportadora de la máquina, estos pasaron por la trituradora y luego por zarandas donde fueron tamizados en agregado grueso ($\frac{3}{4}$ ” y $\frac{1}{2}$ ”) y agregado fino (pasa la malla de 3/8”). Los agregados que se utilizaron en la investigación fueron el agregado grueso de concreto reciclado de $\frac{1}{2}$ ” y el agregado fino de concreto reciclado.

Estos agregados de concreto reciclado fueron guardados en sacos y trasladados hasta su último lugar de almacenaje; obteniendo así agregados de concreto reciclado de $\frac{1}{2}$ ” y agregado fino.

3.1.2.6 Almacenamiento de los Agregados de Concreto Reciclado

Debido a que el agregado reciclado tiene concreto triturado en su composición el almacenamiento de este material se hizo de manera que tenga el menor contacto posible con factores que pudieran alterarlo; tales como la humedad, el calor o polvo. Para ello se dispuso de cilindros metálicos en los que se guardó este material tapándolos hasta ser utilizados para los ensayos de laboratorio.

La tabla 24 se muestra el peso de los escombros extraídos de concreto por sacos llegando a un peso total de 583.8 kg, que posteriormente fueron triturados.

Tabla 24

Peso de los Escombros Extraídos de Concreto en Sacos

N.º de saco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
Peso de escombros (kg)	58.9	57.8	60.1	62.1	57	58.8	60.3	57.5	56.3	55	583.8



Después del triturado se obtuvo un peso resultante de 516.4 kg de agregado de concreto reciclado entre fino y grueso, la tabla 25 muestra que el agregado grueso de ½” fue de 320.5 kg y el agregado fino resultante fue de 195.9 kg

Tabla 25

Peso del agregado de concreto reciclado resultante después del triturado

Tamaño de agregado	Peso en kg
1/2”	320.5
Fino	195.9
Total	516.4

En la investigación se vio por conveniente utilizar un TMN de 3/8”, para ello se tamizó el agregado grueso reciclado de ½” y se obtuvo 250.3 kg de agregado de concreto reciclado de 3/8” y el fino se mantuvo con 195.9 kg como indica la tabla 26.

Tabla 26

Peso del agregado de concreto reciclado triturado después del tamizado del agregado grueso a 3/8”

Tamaño de agregado	Peso en kg
3/8”	250.3
Fino	195.9
Total	446.2

Como resultado se obtuvo 446.2 kg de agregado de concreto reciclado, siendo este el 76.43% de los 583.8 kg de los escombros extraídos



3.2 Resultados de los Ensayos en los Agregados

3.2.1 Resultados de los Ensayos en los Agregados de Cantera

3.2.1.1 Cantidad de Material Fino que Pasa el Tamiz de 75um (N°200) por Lavado

Los resultados en los ensayos para los agregados finos y gruesos de cantera fueron:

Agregado fino

Tabla 27

Resultados del ensayo de malla #200 para el confitillo de la cantera de Vicho

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso seco de la muestra original (B)	g	979.87	983.14	981.3
Peso seco después de lavado (C)	g	967.33	969.56	968.12
Porcentaje de material fino (A)	%	1.30	1.40	1.36
Promedio porcentaje de material fino	%	1.35		

Tabla 28

Resultados del ensayo de malla # 200 para la arena fina de Cunyac

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso seco de la muestra original (B)	g	1012.15	1009.3	1009.35
Peso seco después de lavado (C)	g	1007.24	1002.85	1005.19
Porcentaje de material fino (A)	%	0.49	0.64	0.41
Promedio porcentaje de material fino	%	0.51		

Agregado grueso

Tabla 29

Resultados del ensayo de la malla # 200 para piedra chancada de 3/8” de la cantera Vicho

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso seco de la muestra original (B)	g	2180.51	2233.99	2086.59
Peso seco después de lavado (C)	g	2168.24	2226.50	2081.55
Porcentaje de material fino (A)	%	0.57	0.34	0.24
Promedio porcentaje de material fino	%	0.38		

Los resultados obtenidos para los agregados finos (tablas 27 y 28) fueron de un 1.35

% para el confitillo de la cantera de Vicho y un 0.51 % en la arena de Cunyac, siendo estas



menores al 3 % que exige como máximo la norma CE 0.10 del RNE, la piedra chancada de 3/8” de la cantera de vicho (tabla 29) obtuvo un valor del 0.38 % siendo menor al 1 % exigido.

3.2.1.2 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos

Se muestran los resultados de los ensayos granulométricos en los agregados finos (tablas 30 y 31), la combinación de finos en la tabla 32 y grueso piedra chancada de 3/8” de la cantera de vicho (tabla 33).

Agregado fino

Tabla 30

Granulometría de agregado fino confitillo de la cantera de Vicho

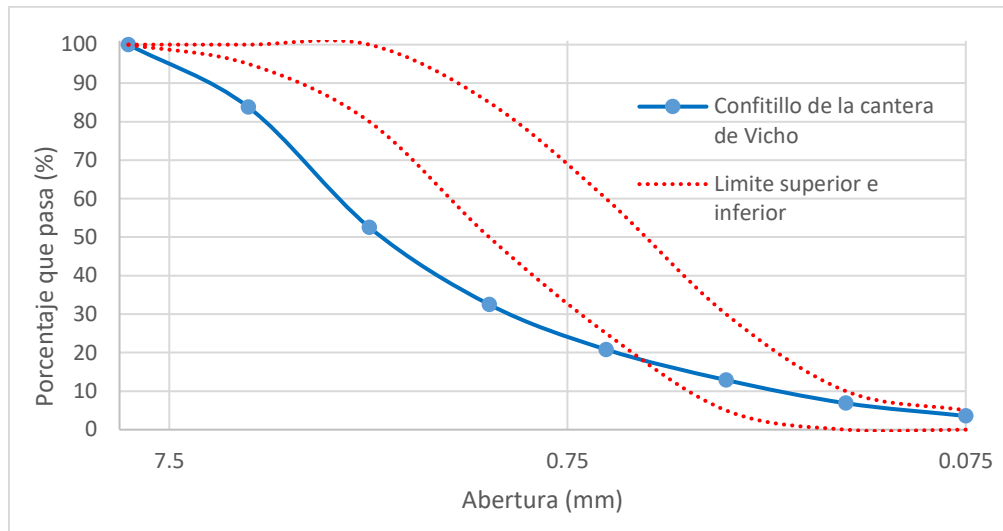
TAMIZ		PESO				REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	Peso Retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	% pasa inferior	% pasa superior
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N.º 4	4.75	162.23	16.22	16.22	83.78	95	100
N.º 8	2.36	312.22	31.21	47.43	52.57	80	100
N.º 16	1.18	200.54	20.05	67.48	32.52	50	85
N.º 30	0.60	117.04	11.70	79.18	20.82	25	60
N.º 50	0.30	79.23	7.92	87.10	12.90	5	30
N.º 100	0.15	60.35	6.03	93.14	6.86	0	10
N.º 200	0.075	33.05	3.30	96.44	3.56	0	5
Cazuela		35.59	3.56	100.00	0.00		
Total		1000.23	100.00				

Nota. Peso de la muestra = 1000.23 g y el módulo de fineza obtenido fue M.F. = 3.91



Figura 11

Granulometría del agregado fino confitillo de vicho



El confitillo de la cantera de Vicho no cumple con los requerimientos de la NTP 400.037 como se ve en la figura 11, presenta una gradación más gruesa de la permitida además presenta un módulo de fineza fuera del rango de 2.3 - 3.1 permitidos por la norma.

Tabla 31

Granulometría de finos de arena de Cunyac

TAMIZ		PESO				REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	% pasa inferior	% pasa superior
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N.º 4	4.75	4.03	0.40	0.40	99.60	95	100
N.º 8	2.36	3.00	0.30	0.70	99.30	80	100
N.º 16	1.18	21.45	2.14	2.85	97.15	50	85
N.º 30	0.60	263.42	26.32	29.16	70.84	25	60
N.º 50	0.30	508.57	50.81	79.98	20.02	5	30
N.º 100	0.15	184.77	18.46	98.44	1.56	0	10
N.º 200	0.075	14.47	1.45	99.88	0.12	0	5
Cazuela		1.15	0.12	100.00	0.00		
Total		1000.88	100.00				

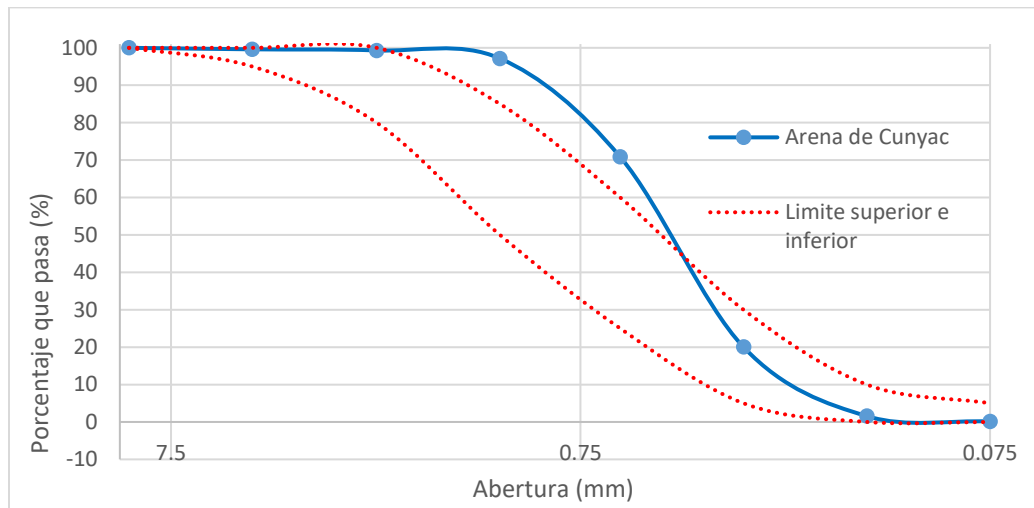
Nota. Peso de la muestra = 1000.88 g y el módulo de fineza obtenido fue M.F. = 2.12



La arena fina de Cunyac no cumple con los requerimientos granulométricos, posee una gradación muy fina como se ve en la figura 12, además el MF es menor a 2.3.

Figura 12

Granulometría de la arena de Cunyac



Combinación de agregado fino

Tabla 32

Granulometría del Agregado fino combinado (75% arena de cunyac + 25% confitillo vicho)

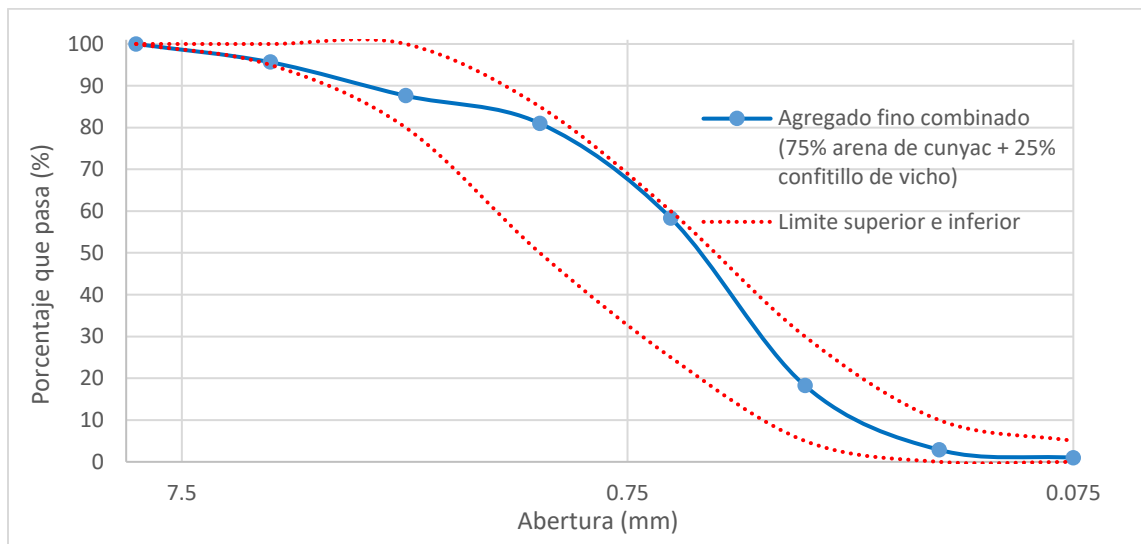
TAMIZ		PESO					REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	% pasa confitillo	% pasa arena fina	% pasa confitillo (25%)	% pasa arena fina (75%)	Agregado fino combinado	% pasa inferior	% pasa superior
3/8"	9.50	100.00	100.00	25.00	75.00	100.00	100	100
N.º 4	4.75	83.78	99.60	20.95	74.70	95.64	95	100
N.º 8	2.36	52.57	99.30	13.14	74.47	87.61	80	100
N.º 16	1.18	32.52	97.15	8.13	72.87	80.99	50	85
N.º 30	0.60	20.82	70.84	5.20	53.13	58.33	25	60
N.º 50	0.30	12.90	20.02	3.22	15.02	18.24	5	30
N.º 100	0.15	6.86	1.56	1.72	1.17	2.89	0	10
N.º 200	0.075	3.56	0.12	0.89	0.09	0.98	0	5

Nota. módulo de fineza obtenido fue M.F. = 2.56



Figura 13

Granulometría del agregado fino combinado



Para obtener valores dentro del rango permitido por la NTP 400.037 se optó por una combinación del 25% de confitillo de la cantera de Vicho y 75% de arena de Cunyac. En la tabla 33 y figura 13 los valores de la combinación están dentro de los parámetros exigidos, presenta un MF de 2.56 además de tener una buena distribución granulométrica.

Agregado grueso

Tabla 33

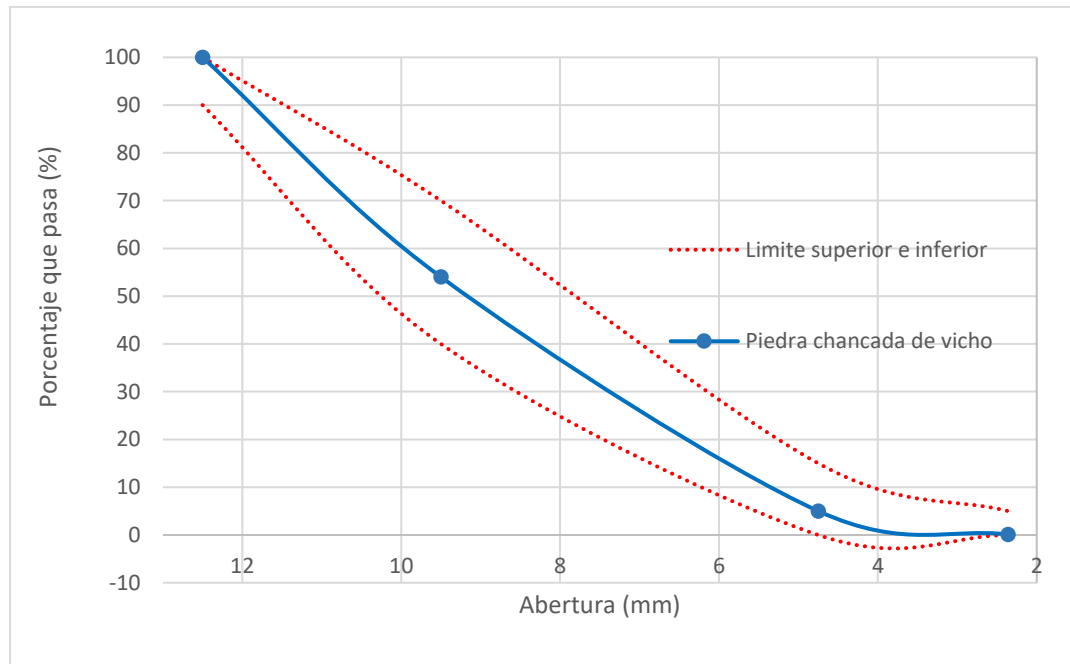
Granulometría de agregado grueso de la piedra chancada de 3/8'' de la cantera de Vicho

TAMIZ		PESO				REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	Peso Retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	% pasa inferior	% pasa superior
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
3/8"	9.50	460.14	45.99	45.99	54.01	40	70
N° 4	4.75	490.29	49.00	94.99	5.01	0	15
N° 8	2.36	49.12	4.91	99.90	0.10	0	5
Cazuela		0.97	0.10	100.00			
Total		1000.51	100.00				



Figura 14

Granulometría de la piedra chancada de 3/8” de vicho



La primera malla en retener entre 5% y 10% del agregado es el al tamiz de 3/8” siendo este su tamaño máximo nominal (TMN); además en la figura 14 se ve que el agregado grueso de vicho 3/8” tiene buena gradación conforme al uso N°7 de la tabla 19.

3.2.1.3 Peso Unitario y Vacíos de los Agregados

Se muestran los resultados de los ensayos de peso unitario para los agregados finos (tabla 34) y grueso piedra chancada de 3/8” de la cantera de vicho (tabla 35).



Agregado fino

Tabla 34

Resultados del ensayo de peso unitario del agregado fino combinado

PESO UNITARIO SUELTO				
Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Proctor (T)	Kg	4.20651	4.20651	4.20651
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	5.62960	5.63422	5.65479
Volumen Proctor (V)	m ³	0.00094	0.00094	0.00094
Peso Unitario (M)	Kg/m ³	1513.93	1518.84	1540.72
Peso unitario promedio	Kg/m ³	1524.50		
PESO UNITARIO COMPACTO				
Peso Proctor (T)	Kg	4.20651	4.20651	4.20651
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	5.83069	5.83085	5.83316
Volumen Proctor (V)	m ³	0.00094	0.00094	0.00094
Peso Unitario (M)	Kg/m ³	1727.85	1728.02	1730.48
Peso unitario promedio	Kg/m ³	1728.78		

Agregado grueso

Tabla 35

Resultados del ensayo de peso unitario del agregado grueso piedra chancada de 3/8'' de la cantera de Vicho

PESO UNITARIO SUELTO				
Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Proctor (T)	Kg	6.40	6.40	6.40
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	9.40	9.30	9.30
Volumen Proctor (V)	m ³	0.002124	0.002124	0.002124
Peso Unitario (M)	Kg/cm ³	1412.43	1365.35	1365.35
Peso unitario promedio	Kg/cm ³	1381.04		
PESO UNITARIO COMPACTO				
Peso Proctor (T)	Kg	6.40	6.40	6.40
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	9.60	9.60	9.80
Volumen Proctor (V)	m ³	0.002124	0.002124	0.002124
Peso Unitario (M)	Kg/m ³	1506.59	1506.59	1600.75
Peso unitario promedio	Kg/m ³	1537.98		



3.2.1.4 Peso Específico y Absorción de Agregado Fino

Los resultados de peso específico y absorción (tablas 36 y 37) del agregado fino combinado fueron.

Tabla 36

Peso específico del agregado fino combinado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso picnómetro + agua (P)	g	637.78	641.16	641.93
Peso pic. + agua + muestra (Po)	g	947.74	951.73	953.08
Peso de muestra sss (W)	g	500.02	500.07	500.00
Peso de muestra seca (Wo)	g	492.22	491.32	492.32
Pem	g/cm ³	2.59	2.59	2.61
Pem promedio	g/cm ³	2.60		

Nota. Sss: peso de la muestra superficialmente seca, Pem: peso específico de la muestra

Tabla 37

Ensayo de absorción del agregado fino combinado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra saturada (Ws)	g	500.02	500.07	500.00
Peso de muestra seca (Wo)	g	492.22	491.32	492.32
Absorción (Ab)	%	1.58	1.78	1.56
Absorción promedio	%	1.64		

3.2.1.5 Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso

Los resultados de peso específico y absorción (tablas 38 y 39) fueron.

Tabla 38

Peso específico del agregado grueso de piedra chancada de 3/8'' de la cantera de Vicho

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra sss (B)	g	2000.11	2000.34	2000.49
Peso muestra en agua (C)	g	1242.40	1242.90	1243.40
Peso seco de muestra (A)	g	1950.12	1954.84	1953.54
Pem	g	2.57	2.58	2.58
Pem promedio	g/cm ³	2.58		

Nota. Sss: peso de la muestra superficialmente seca, Pem: peso específico de la muestra



Tabla 39

Ensayo de absorción del agregado grueso de piedra chancada de 3/8’’ de la cantera Vicho

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra seca (A)	g	1950.12	1954.84	1953.54
Peso saturado (B)	g	2000.11	2000.34	2000.49
Absorción (A%)	%	2.56	2.33	2.40
Absorción promedio	%	2.43		

3.2.1.6 Abrasión los Ángeles al Desgaste de los Agregados

Los resultados del ensayo de abrasión se muestran en la tabla 40.

Tabla 40

Ensayo de abrasión los ángeles al agregado grueso de piedra chancada de 3/8’’ de vicho

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso inicial (A)	g	5000.34	5000.24	5000.36
Peso final (B)	g	3588.33	3590.18	3594.54
Porcentaje de Abrasión (P)	%	28.24	28.20	28.11
Porcentaje de Abrasión Promedio	%	28.18		

El agregado grueso de cantera presenta un desgaste por abrasión igual al 28.18% de su peso siendo menor al 50% exigido como máximo por la norma CE 0.10 de pavimentos urbanos.

3.2.1.7 Contenido de Humedad de los Agregados por Secado

Las tablas 41 y 42 muestran los resultados de los ensayos de contenido de humedad en los agregados de cantera.



Agregado fino

Tabla 41

Contenido de humedad del agregado fino combinado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Masa de la muestra húmeda (W)	g	1000.39	1001.15	1002.15
Masa de la muestra seca (D)	g	991.75	991.75	992.06
Contenido de humedad (p)	%	0.87	0.95	1.02
Contenido de humedad Promedio	%	0.95		

Agregado grueso

Tabla 42

Contenido de humedad del agregado grueso de piedra chancada 3/8'' de la cantera vicho

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Masa de la muestra húmeda (W)	g	2000.34	2001.1	2003.08
Masa de la muestra seca (D)	g	1986.43	1986.8	1987.55
Contenido de humedad (p)	%	0.70	0.72	0.78
Contenido de humedad Promedio	%	0.73		

El agregado fino optimizado cuenta con un contenido de humedad de 0.95% y el agregado grueso con un resultado del 0.73%.

3.2.2 Resultados de los Ensayos en el Agregado Reciclado de Concreto

3.2.2.1 Cantidad de Finos que Pasa el Tamiz de 75 µm (N°200) por Lavado

Los agregados finos y gruesos de concreto reciclado presentan porcentajes de finos que pasan la malla N°200 indicados en las tablas 43 y 44.



Agregado fino

Tabla 43

Ensayo de finos que pasa el tamiz N.º200 por lavado del agregado fino de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso seco de la muestra original (B)	g	1005.23	1001.76	1008.24
Peso seco después de lavado (C)	g	981.42	978.72	986.51
Porcentaje de material fino (A)	%	2.43	2.35	2.20
Porcentaje de material fino Promedio	%	2.33		

Agregado grueso

Tabla 44

Ensayo de finos que pasa el tamiz N.º200 por lavado del agregado grueso de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso seco de la muestra original (B)	g	2122.04	2014.54	2021.64
Peso seco después de lavado (C)	g	2077.95	1968.21	1980.08
Porcentaje de material fino (A)	%	2.12	2.35	2.10
Porcentaje de material fino Promedio	%	2.19		

3.2.2.2 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos

Los resultados de granulometría para el agregado fino de concreto reciclado fueron los que se muestran en la tabla 45 y figura 15.



Agregado fino

Tabla 45

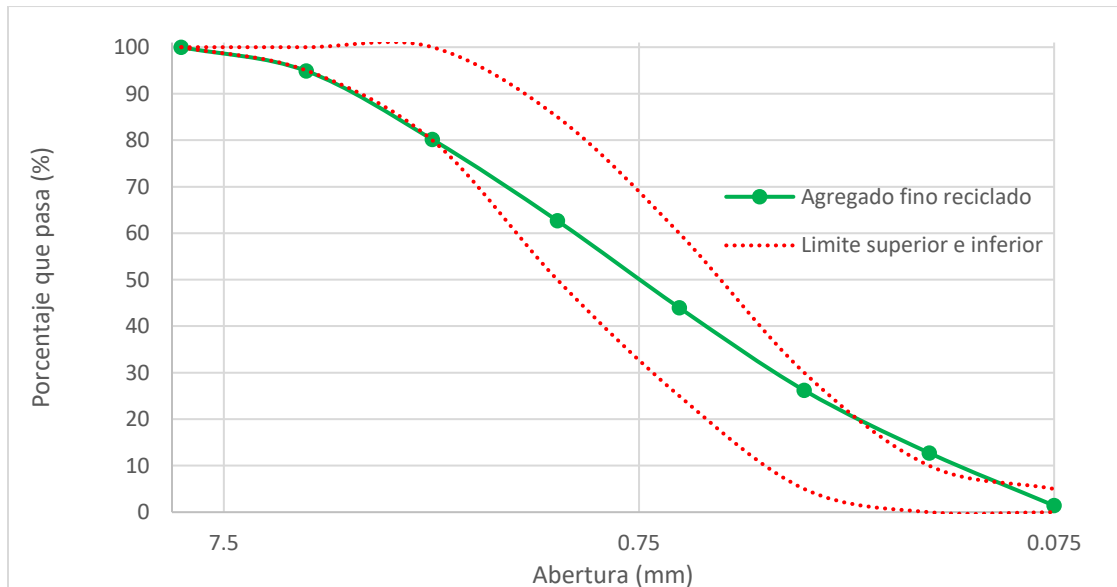
Granulometría del agregado fino de concreto reciclado

TAMIZ		PESO				REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	%retenido acumulado	% pasa	% pasa inferior	% pasa superior
3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N.º 4	4.75	52.32	5.11	5.11	94.89	95	100
N.º 8	2.36	150.99	14.74	19.85	80.15	80	100
N.º 16	1.18	179.00	17.47	37.32	62.68	50	85
N.º 30	0.6	191.56	18.70	56.02	43.98	25	60
N.º 50	0.3	182.14	17.78	73.80	26.20	5	30
N.º 100	0.15	137.87	13.46	87.25	12.75	0	10
N.º 200	0.075	116.08	11.33	98.59	1.41	0	5
Cazuela		14.49	1.41	100.00	0.00		
Total		1024.46	100.00				

Nota. Peso de la muestra = 1024.46 g y el módulo de finesa obtenido fue M.F. = 2.79

Figura 15

Límites de la granulometría para el agregado fino de concreto reciclado



Las granulometrías de agregado fino + 10%, 20% y 30% de agregado fino reciclado se indican en las tablas (46, 47 y 48) y figuras (16, 17 y 18).



Tabla 46

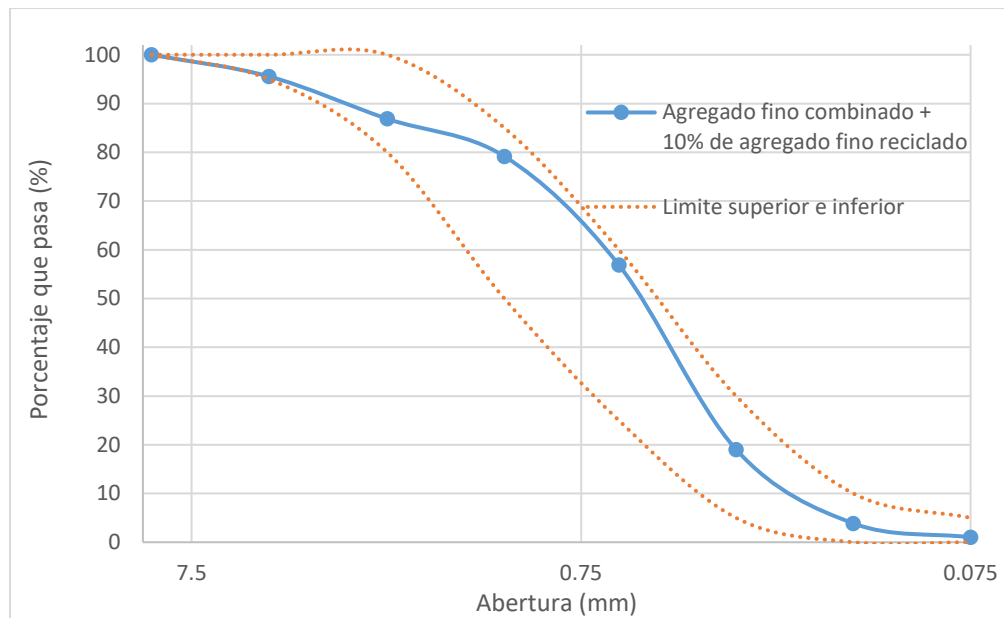
Granulometría del agregado fino combinado + 10% agregado fino de concreto reciclado

TAMIZ		PESO					REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	% pasa fino combinado	% pasa fino de concreto reciclado	% pasa fino combinado (90%)	% pasa fino de concreto reciclado (10%)	Mezcla	% pasa inferior	% pasa superior
3/8"	9.5	100.00	100.00	90.00	10.00	100.00	100	100
N.º 4	4.75	95.64	94.89	86.08	9.49	95.57	95	100
N.º 8	2.36	87.61	80.15	78.85	8.02	86.87	80	100
N.º 16	1.18	80.99	62.68	72.90	6.27	79.16	50	85
N.º 30	0.6	58.33	43.98	52.50	4.40	56.90	25	60
N.º 50	0.3	18.24	26.20	16.42	2.62	19.04	5	30
N.º 100	0.15	2.89	12.75	2.60	1.27	3.87	0	10
N.º 200	0.075	0.98	1.41	0.88	0.14	1.02	0	5

Nota. módulo de fineza obtenido fue M.F. = 2.59

Figura 16

Límites de la granulometría para el agregado fino combinado con 10% concreto reciclado





Granulometría de agregado fino con agregado reciclado en 20%

Tabla 47

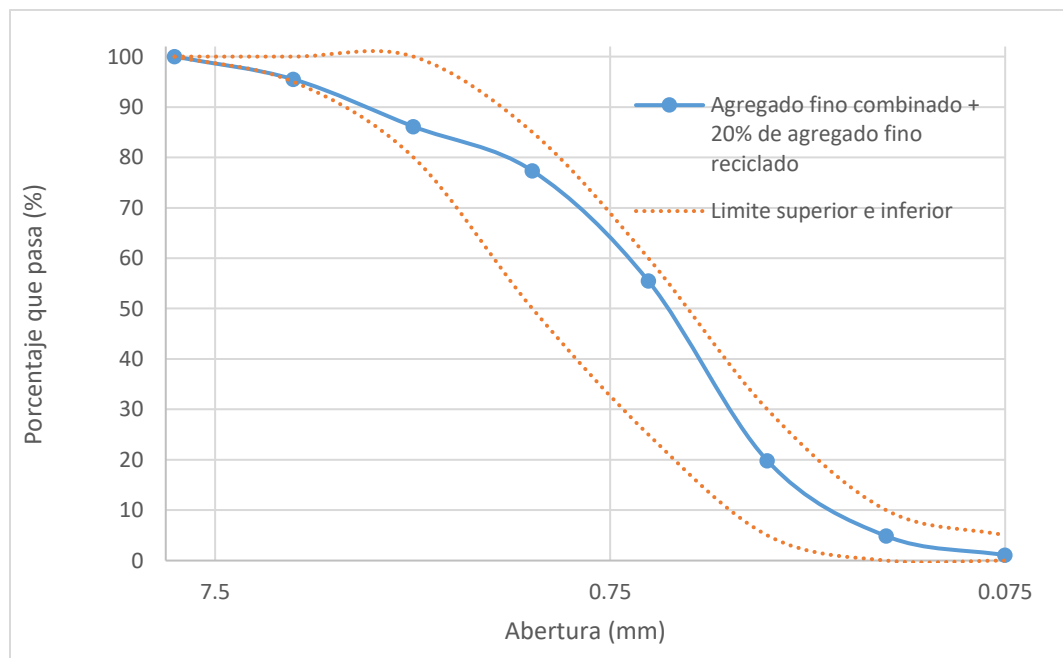
Granulometría de agregado fino combinado + 20% de agregado fino de concreto reciclado

TAMIZ		PESO					REQUERIMIENTO	
pulgada (")	Milímetro (mm)	% pasa fino optimizado	% pasa fino de concreto reciclado	% pasa fino combinado 80%	% pasa fino de concreto reciclado 20%	Mezcla	% pasa inferior	% pasa superior
3/8"	9.5	100.00	100.00	80.00	20.00	100.00	100	100
N.º 4	4.75	95.64	94.89	76.51	18.98	95.49	95	100
N.º 8	2.36	87.61	80.15	70.09	16.03	86.12	80	100
N.º 16	1.18	80.99	62.68	64.80	12.54	77.33	50	85
N.º 30	0.6	58.33	43.98	46.66	8.80	55.46	25	60
N.º 50	0.3	18.24	26.20	14.59	5.24	19.83	5	30
N.º 100	0.15	2.89	12.75	2.31	2.55	4.86	0	10
N.º 200	0.075	0.98	1.41	0.78	0.28	1.06	0	5

Nota. módulo de fineza obtenido fue M.F. = 2.61

Figura 17

Límites de la granulometría para el agregado fino combinado con 20% concreto reciclado





Granulometría de agregado fino con agregado reciclado en 30%

Tabla 48

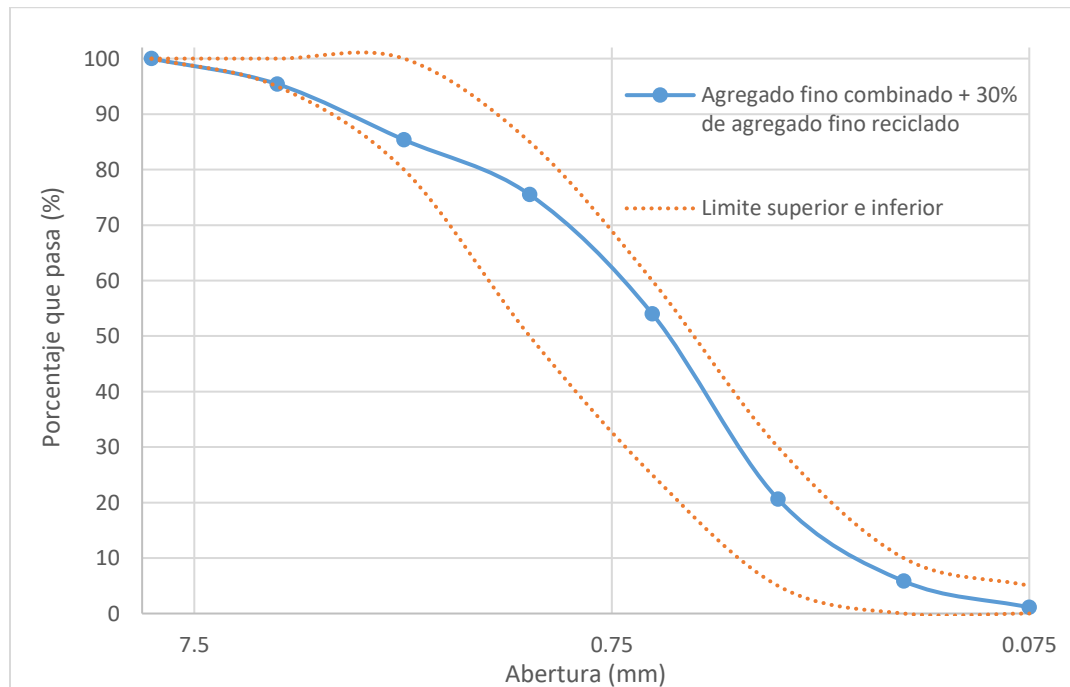
Granulometría del agregado fino combinado + 30% agregado fino de concreto reciclado

TAMIZ		PESO					REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	% pasa fino combinado	% pasa fino de concreto reciclado	% pasa fino combinado (70%)	% pasa fino de concreto reciclado (30%)	Mezcla	% pasa inferior	% pasa superior
3/8"	9.5	100.00	100.00	70.00	30.00	100.00	100	100
N.º 4	4.75	95.64	94.89	66.95	28.47	95.42	95	100
N.º 8	2.36	87.61	80.15	61.33	24.05	85.38	80	100
N.º 16	1.18	80.99	62.68	56.70	18.80	75.50	50	85
N.º 30	0.6	58.33	43.98	40.83	13.19	54.03	25	60
N.º 50	0.3	18.24	26.20	12.77	7.86	20.63	5	30
N.º 100	0.15	2.89	12.75	2.02	3.82	5.84	0	10
N.º 200	0.075	0.98	1.41	0.68	0.42	1.11	0	5

Nota. módulo de fineza obtenido fue M.F. = 2.63

Figura 18

Límites de la granulometría para el agregado fino combinado con 30% concreto reciclado





Agregado grueso

Los resultados de granulometría para el agregado grueso de concreto reciclado fueron los que se muestran en la tabla 49 y figura 19.

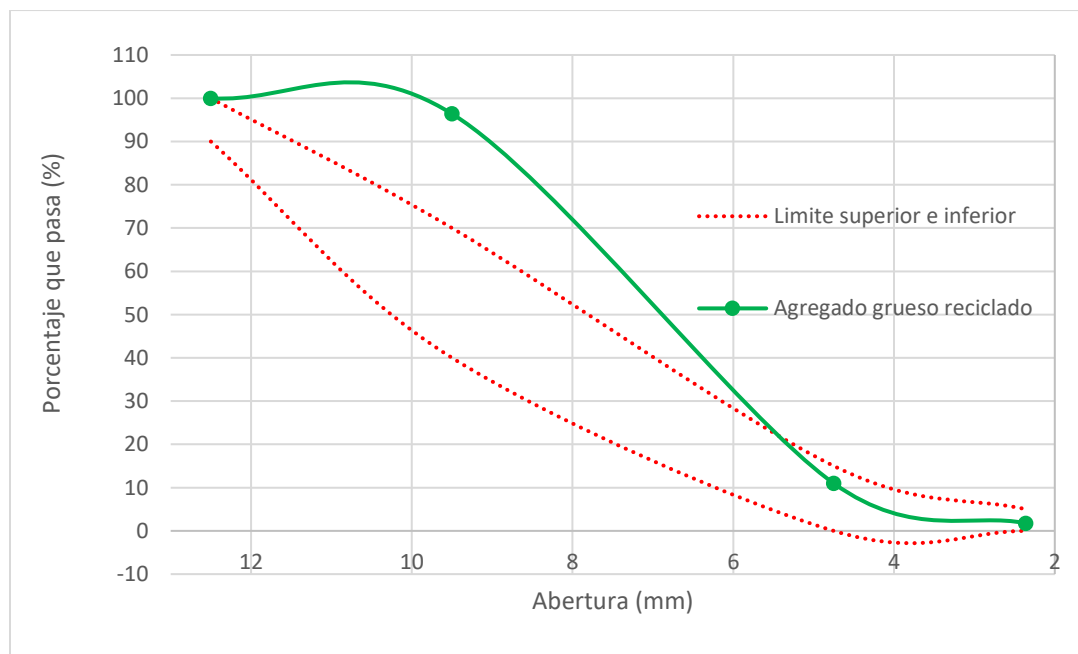
Tabla 49

Granulometría de Agregado grueso de concreto reciclado

TAMIZ		PESO				REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	Peso Retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	% pasa inferior	% pasa superior
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
3/8"	9.5	35.99	3.60	3.60	96.40	40	70
N.º 4	4.75	854.37	85.42	89.02	10.98	0	15
N.º 8	2.36	92.26	9.22	98.24	1.76	0	5
Cazuela		17.57	1.76	100.00			
Total		1000.20	100.00				

Figura 19

Límites de la granulometría para el agregado grueso de concreto reciclado





Las granulometrías de agregado grueso + 10%, 20% y 30% de agregado grueso reciclado se indican en las tablas (50, 51 y 52) y figuras (20, 21 y 22).

Granulometría de agregado grueso con agregado reciclado en 10%

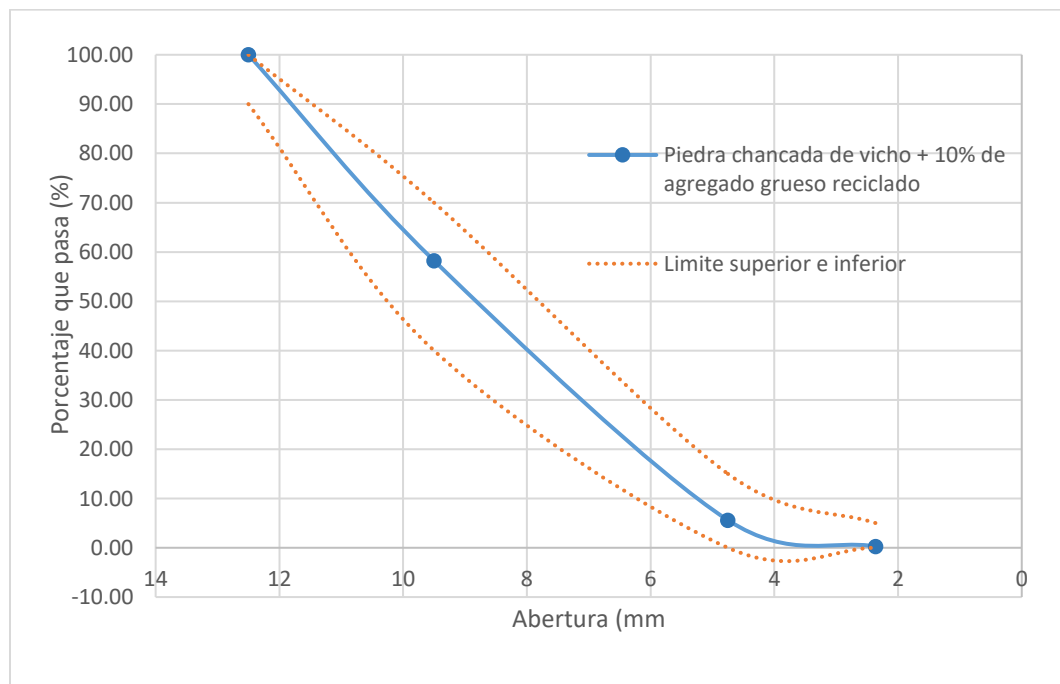
Tabla 50

Granulometría del agregado grueso piedra chancada de 3/8'' de la cantera de Vicho + 10% agregado grueso de concreto reciclado

TAMIZ		PESO					REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	% pasa grueso	% pasa grueso de concreto reciclado	% pasa grueso (90%)	% pasa grueso de concreto reciclado (10%)	Mezcla	% pasa inferior	% pasa superior
1/2"	12.5	100.00	100.00	90.00	10.00	100.00	90	100
3/8"	9.5	54.01	96.40	48.61	9.64	58.25	40	70
N.º 4	4.75	5.01	10.98	4.51	1.10	5.60	0	15
N.º 8	2.36	0.10	1.76	0.09	0.18	0.26	0	5

Figura 20

Límites de la granulometría para el agregado grueso con 10% concreto reciclado





Granulometría de agregado grueso con agregado reciclado en 20%

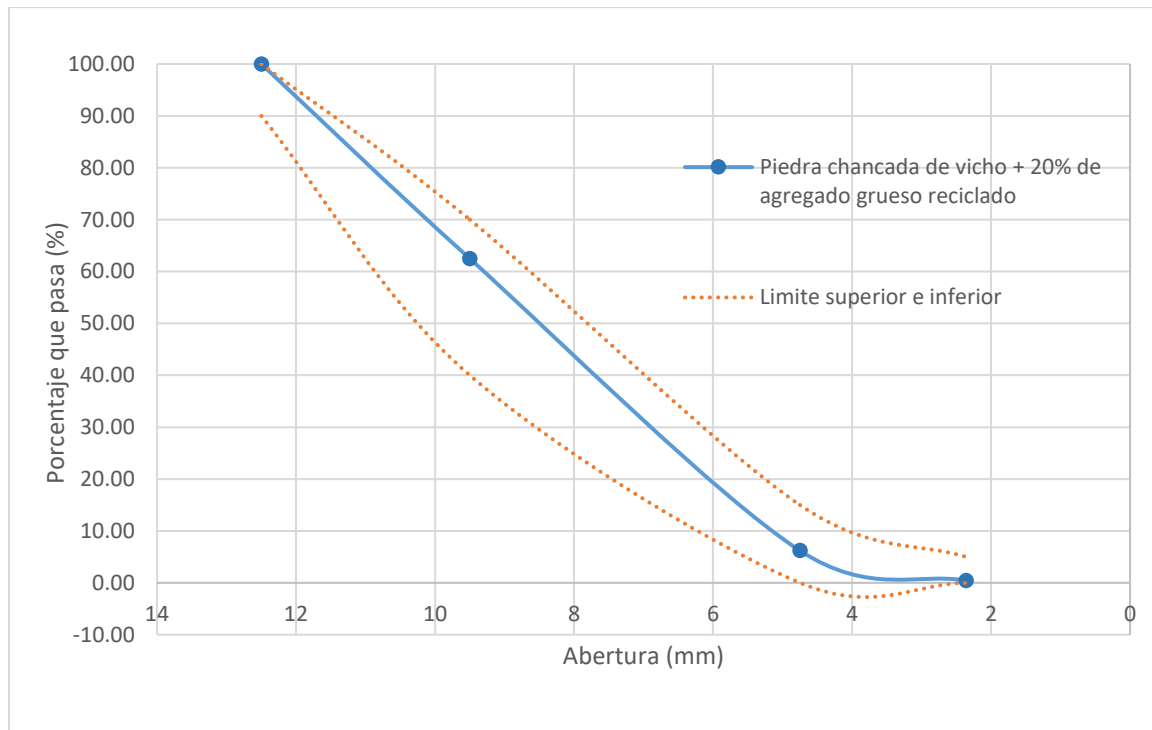
Tabla 51

Granulometría del agregado grueso piedra chancada de 3/8’’ de la cantera de Vicho + 20% agregado grueso de concreto reciclado

TAMIZ		PESO					REQUERIMIENTO	
Pulgada (")	Milímetro (mm)	% pasa grueso	% pasa grueso de concreto reciclado	% pasa grueso 80%	% pasa grueso de concreto reciclado 20%	Mezcla	% pasa inferior	% pasa superior
1/2"	12.5	100.00	100.00	80.00	20.00	100.00	90	100
3/8"	9.5	54.01	96.40	43.21	19.28	62.49	40	70
N.º 4	4.75	5.01	10.98	4.00	2.20	6.20	0	15
N.º 8	2.36	0.10	1.76	0.08	0.35	0.43	0	5

Figura 21

Límites de la granulometría para el agregado grueso con 20% concreto reciclado





Granulometría de agregado grueso con agregado reciclado en 30%

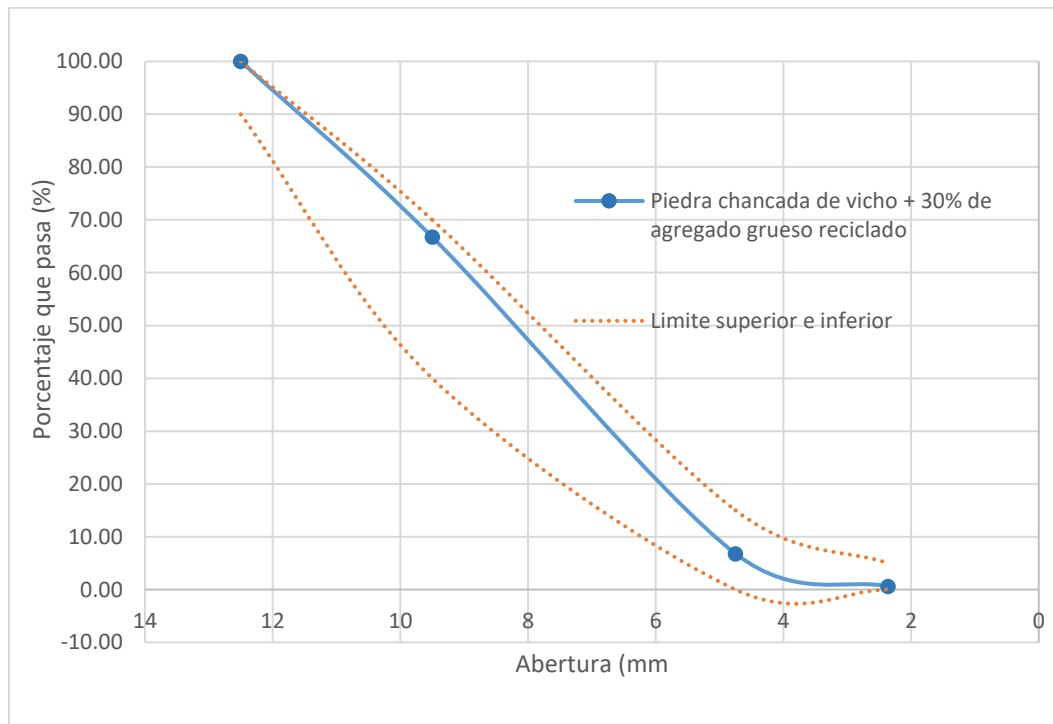
Tabla 52

Granulometría del agregado grueso piedra chancada de 3/8” de la cantera de Vicho + 30% agregado grueso de concreto reciclado

TAMIZ		PESO					REQUERIMIENTO	
Pulgada (in)	Milímetro (mm)	% pasa grueso	% pasa grueso de concreto reciclado	% pasa grueso (70%)	% pasa grueso de concreto reciclado (30%)	Mezcla	% pasa inferior	% pasa superior
1/2"	12.5	100.00	100.00	70.00	30.00	100.00	90	100
3/8"	9.5	54.01	96.40	37.81	28.92	66.73	40	70
N.º 4	4.75	5.01	10.98	3.50	3.29	6.80	0	15
N.º 8	2.36	0.10	1.76	0.07	0.53	0.59	0	5

Figura 22

Límites de la granulometría para el agregado grueso con 30% concreto reciclado





3.2.2.3 Peso Unitario y Vacíos de los Agregados

Los resultados de Peso unitario en agregados de concreto reciclado fueron:

El peso unitario del agregado fino reciclado se muestra en la tabla 53.

Tabla 53

Resultados del ensayo de peso unitario del Agregado fino de concreto reciclado

PESO UNITARIO SUELTO				
Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Proctor (T)	Kg	4.24188	4.24188	4.24188
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	5.48601	5.48073	5.48485
Volumen Proctor (V)	m ³	0.00094	0.00094	0.00094
Peso Unitario (M)	Kg/m ³	1323.54	1317.93	1322.31
Peso unitario promedio	Kg/m ³	1321.26		
PESO UNITARIO COMPACTO				
Peso Proctor (T)	Kg	4.24188	4.24188	4.24188
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	5.67328	5.70465	5.62288
Volumen Proctor (V)	m ³	0.00094	0.00094	0.00094
Peso Unitario (M)	Kg/m ³	1522.77	1556.14	1469.15
Peso unitario promedio	Kg/m ³	1516.02		

El peso unitario del agregado grueso reciclado se muestra en la tabla 54.

Tabla 54

Peso unitario de Agregado grueso de concreto reciclado

PESO UNITARIO SUELTO				
Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Proctor (T)	Kg	6.40	6.40	6.40
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	8.90	8.90	9.00
Volumen Proctor (V)	m ³	0.002124	0.002124	0.002124
Peso Unitario (M)	Kg/cm ³	1177.02	1177.02	1224.11
Peso unitario promedio	Kg/cm ³	1192.72		
PESO UNITARIO COMPACTO				
Peso Proctor (T)	Kg	6.40	6.40	6.40
Peso Proctor + muestra (G)	Kg	9.20	9.30	9.20
Volumen Proctor (V)	m ³	0.002124	0.002124	0.002124
Peso Unitario (M)	Kg/m ³	1318.27	1365.35	1318.27
Peso unitario promedio	Kg/m ³	1333.96		



3.2.2.4 Peso Específico y Absorción de Agregado Fino

El peso específico (tabla 55) y absorción (tabla 56) del fino reciclado fueron:

Tabla 55

Peso específico del agregado fino de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso picnómetro + agua (P)	g	641.57	641.69	641.55
Peso pic. + agua + muestra (Po)	g	933.29	933.42	933.56
Peso de muestra sss (W)	g	500.02	500.36	500.30
Peso de muestra seca (Wo)	g	458.18	459.42	461.06
Pem	g/cm ³	2.20	2.20	2.21
Pem promedio	g/cm ³	2.21		

Nota. Sss: peso de la muestra superficialmente seca, Pem: peso específico de la muestra

Tabla 56

Ensayo de absorción del agregado fino de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra saturada (Ws)	g	500.02	500.36	500.3
Peso de muestra seca (Wo)	g	458.18	459.42	461.06
Absorción (Ab)	%	9.13	8.91	8.51
Absorción promedio	%	8.85		

3.2.2.5 Peso Específico y Absorción de Agregados Gruesos

El peso específico (tabla 57) y absorción (tabla 58) del grueso reciclado fueron:

Tabla 57

Peso específico del agregado grueso de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra sss (B)	g	2000.39	2001.29	1999.08
Peso muestra en agua (C)	g	1154.40	1156.60	1153.30
Peso seco de muestra (A)	g	1865.82	1866.82	1858.89
Pem	g	2.21	2.21	2.20
Pem promedio	gr/cm ³	2.20		

Nota. Sss: peso de la muestra superficialmente seca, Pem: peso específico de la muestra



Tabla 58

Ensayo de absorción del agregado grueso de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de muestra seca (A)	g	1865.82	1866.82	1858.89
Peso saturado (B)	g	2000.39	2001.29	1999.08
Absorción (A%)	%	7.21	7.20	7.54
Absorción promedio	%	7.32		

3.2.2.6 Abrasión los Ángeles al Desgaste de los Agregados

La resistencia a la abrasión del agregado grueso reciclado se muestra en la tabla 59.

Tabla 59

Ensayo de abrasión los ángeles del agregado grueso de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso inicial (A)	g	5002.43	5006.44	5004.36
Peso final (B)	g	3376.51	3383.97	3380.52
Porcentaje de Abrasión (P)	%	32.50	32.41	32.45
Porcentaje de Abrasión Promedio	%	32.45		

El agregado grueso de concreto reciclado presenta un desgaste del 32.45% menor al 50% permitido de acuerdo a la norma CE 0.10, cumpliendo con dicho parámetro requerido para pavimentos sometidos a fricción.



3.2.2.7 Contenido de Humedad de los Agregados por Secado

El porcentaje de humedad de los agregados fino y grueso de concreto reciclado

Agregado fino

Tabla 60

Contenido de humedad del agregado fino de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Masa de la muestra húmeda (W)	g	512.86	512.85	512.39
Masa de la muestra seca (D)	g	493.03	492.43	493.58
Contenido de humedad (p)	%	4.02	4.15	3.81
Contenido de humedad Promedio	%	3.99		

Agregado grueso

Tabla 61

Contenido de humedad de agregado grueso de concreto reciclado

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Masa de la muestra húmeda (W)	g	1997.74	2002.02	2000.23
Masa de la muestra seca (D)	g	1942.63	1950.9	1945.11
Contenido de humedad (p)	%	2.84	2.62	2.83
Contenido de humedad Promedio	%	2.76		

Como se muestra en las tablas 60 y 61 se obtuvieron resultado de contenido de humedad del 3.99% para finos y 2.76 % para gruesos.



CAPITULO IV: Diseño de Concreto para Adcretos

El método de diseño de mezcla de concreto del Instituto americano del concreto (ACI) está orientado para ensayos en briquetas cilíndricas con una relación de diámetro/altura de 1 a 2. Por consiguiente, los adcretos al no tener esta relación su diseño debe de tener un factor de correlación para alcanzar las resistencias requeridas en la norma de adcretos.

Por lo tanto, se realizaron pruebas en 20 adcretos tipo I (20x10x6 cm) y sus respectivas 20 briquetas cilíndricas de (20x10 cm) para obtener una correlación entre las resistencias de los adcretos con las resistencias de las briquetas

4.1 Diseño de Concreto para el Cálculo de D_s

Para adcretos peatonales tipo I, la norma técnica peruana NTP 399.611 indica que los adcretos requieren una resistencia mínima de 290 kg/cm².

La tabla 62 muestra los datos necesarios para el diseño de mezcla de concreto.

Tabla 62

Ensayos necesarios para el diseño del concreto

Ensayos	Unidad	Piedra chancada 3/8'' de vicho	A. Fino combinado
Módulo de fineza	---	---	2.56
Tamaño máximo nominal	plg	3/8	---
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1381.04	1524.50
Peso unitario compacto	Kg/m ³	1537.98	1728.78
Peso específico	g/cm ³	2.58	2.60
Contenido de humedad	%	0.734	0.945
Absorción	%	2.43	1.64



Para una resistencia de diseño $f'c$:

$$f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$$

De la tabla 10 se tiene una resistencia $f'cr$:

$$f'cr = 290 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'cr = 374 \text{ kg/cm}^2$$

Con estos datos se obtuvo una mezcla de concreto (ANEXO 8) con los siguientes pesos y volúmenes netos indicados en las tablas 63 y 64.

Tabla 63

Diseño del concreto en peso y volumen neto para un $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$

Materiales	Peso (Kg)	Volumen (cm3)
A. grueso	749.82	0.289
Agua	242.74	0.243
Aire	---	0.030
Cemento	493.42	0.173
A. Fino	743.71	0.283

Tabla 64

Proporción en peso del diseño del concreto

Proporción en peso (kg)				
Mezcla de concreto	Cemento	A. fino	A. Grueso	Agua(lt)
Mezcla inicial	1	1.51	1.52	0.49

Con la mezcla antes indicada se vaciaron 20 adocretos de 20x10x6cm y 20 probetas cilíndricas de 10x20cm como se muestra en la tabla 65.



Tabla 65

Resultados de la resistencia a compresión de prueba de 20 briquetas y sus 20 adocretos a 28 días de curado para un $f'c=290$ kg/cm²

BRIQUETAS CILINDRICAS (10X20cm)		ADOCRETOS (20X10X6cm)	
Fuerza (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Fuerza (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
28760	366.18	113230	566.15
25920	330.02	108320	541.60
26180	333.33	113158	565.79
27260	347.08	109610	548.05
26970	343.39	109150	545.75
27560	350.90	106760	533.80
26510	337.54	97820	489.10
26360	335.63	113670	568.35
25250	321.49	101060	505.30
27700	352.69	99080	495.40
26900	342.50	100860	504.30
25750	327.86	100660	503.30
27080	344.79	107170	535.85
25200	320.86	114410	572.05
25750	327.86	101830	509.15
29320	373.31	104090	520.45
26820	341.48	101560	507.80
25320	322.38	99050	495.25
31410	399.92	101420	507.10
26710	340.08	98110	490.55
Promedio	342.97	Promedio	525.25



La tabla 66 indica una desviación típica o estándar de 19.29 kg/cm² para las briquetas

Tabla 66

Resumen de datos estadísticos de los ensayos de prueba de 20 briquetas y sus 20 adocretos

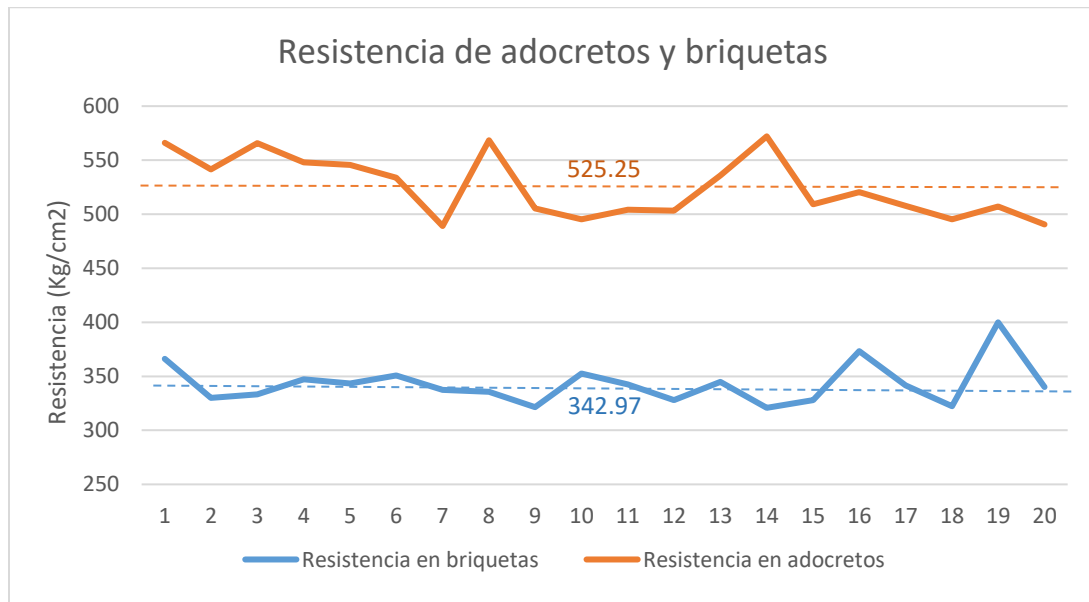
Datos Estadístico	Briquetas	Adocretos
Numero de datos	20	20
Mínimo (kg/cm ²)	320.856	489.100
Máximo (kg/cm ²)	399.924	572.050
Media (Kg/cm ²)	342.965	525.255
Varianza	371.929	804.939
Desviación típica	19.285	28.371
Coefficiente de variación	0.056	0.054

4.2 Cálculo del Factor de Correlación de Briquetas Cilíndricas y Adocretos

La figura 23 muestra que las resistencias de las briquetas son menores que las de los adocretos, los ensayos de resistencia a la compresión en adocretos tienen una media de 525.25 kg/cm² y en los cilindros una media de 342.97 kg/cm².

Figura 23

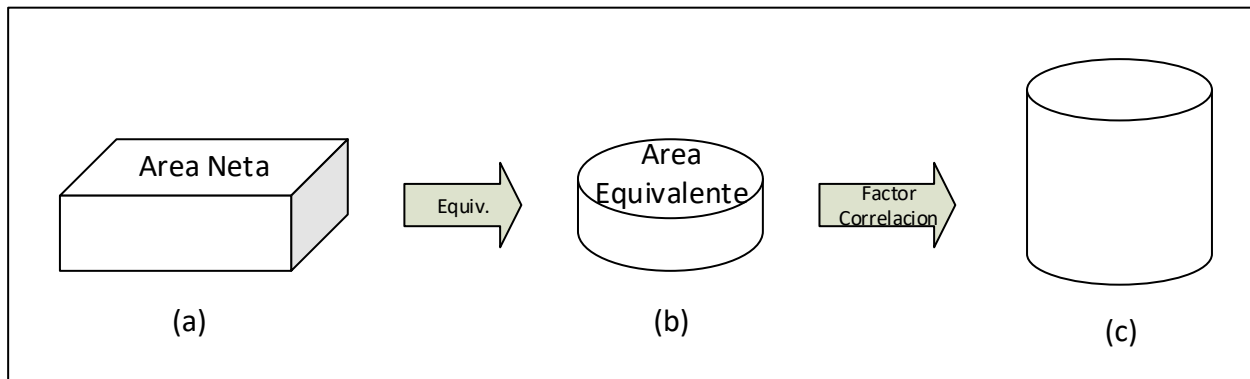
Grafica comparativa de resistencias a compresión entre 20 briquetas y sus 20 adocretos



La discrepancia entre las resistencias observadas en la figura 23 se debe a una diferencia entre alturas de los adocretos y briquetas, como se ve en la figura 24 donde el objeto (a) presenta el área neta y altura del adocreto y el objeto (b) un cilindro con la misma altura y un área equivalente dando como resultado iguales volúmenes. La ASTM C42 indica que los cilindros deben tener una relación de altura y diámetro de 2 a 1 como el objeto (c), por lo tanto (b) al ser más chato tendrá diferente resistencia a (c). Para este caso la norma indica que se debe hacer una correlación entre (b) y (c) para obtener en el ensayo de rotura la resistencia de diseñada.

Figura 24

Variación de resistencia por forma y esbeltez en especímenes de concreto



Para la investigación se obtuvo el factor de correlación en laboratorio.

Con los resultados de la tabla 66 se obtuvo una correlación entre las resistencias.

$$\text{Relacion de resistencias} = \frac{\text{Media de los ensayos en briquetas}}{\text{Media de los ensayos en adocretos}}$$

$$\text{Relacion de resistencias} = \frac{342.97}{525.25} = 0.653$$

$$\text{Resistencia}_{\text{briqueta}} = 0.653 \times \text{Resistencia}_{\text{adocreto}}$$



4.3 Diseño de la Mezcla de Concreto para Adocreto tipo I

La norma NTP 399.611 indica que la resistencia mínima de compresión requerida para adocreto tipo I ensayadas en la posición en la que está sometida a carga, es decir con la cara de $20 \times 10 \text{ cm}$ perpendicular a la carga de compresión. Se procedió a hacer un ajuste a la resistencia de diseño (290 kg/cm^2) para obtener un diseño de mezcla que al hacer los ensayos de resistencia a la compresión en los adocreto nos dé un valor requerido en la norma.

$$f'c_{briqueta} = 0.653 \times f'c_{adocreto}$$

Resistencia exigida en la norma NTP 399.611 para adocreto tipo I: $f'c_{adocreto} = 290 \text{ kg/cm}^2$

Calculamos la resistencia $f'cr$ de las ecuaciones (16) y (17):

$$f'cr = f'c_{briqueta} + 1.34Ds \dots (16)$$

$$f'cr = f'c_{briqueta} - 35 + 2.33Ds \dots (17)$$

De la ecuación (16):

$$f'cr = f'c_{briqueta} + 1.34Ds \dots (16)$$

Multiplicamos el Ds por el factor de incremento 1.08 indicada en la tabla 10

$$f'cr = 0.653 \times 290 + 1.34 \times 19.285 \times 1.08$$

Teniendo como resultado

$$f'cr = 217.07 \text{ kg/cm}^2$$

Para la ecuación (17):

$$f'cr = f'c_{briqueta} - 35 + 2.33Ds \dots (17)$$



Multiplicamos el Ds por el factor de incremento 1.08 indicada en la tabla 10

$$f'_{cr} = 0.653 \times 290 - 35 + 2.33 \times 19.285 \times 1.08$$

Teniendo como resultado

$$f'_{cr} = 196.23 \text{ kg/cm}^2$$

De los dos valores se toma el valor más crítico es decir 217.07 kg/cm² siendo el valor más alto requerido.

$$f'_{cr} = 217.07 \text{ kg/cm}^2 \sim 220 \text{ kg/cm}^2$$

4.3.1 Para Adocretos sin Concreto Reciclado

Con la resistencia antes calculada se realizó el diseño de la mezcla patrón o mezcla sin concreto reciclado, este cálculo esta detallado en el ANEXO 12.

La tabla 67 indica los datos necesarios para el diseño de la mezcla de concreto:

Tabla 67

Ensayos para el diseño de mezcla con agregados reciclados

Propiedades		Unidad	Mezcla sin concreto reciclado
Agregado grueso	Peso Unitario suelto	kg/m ³	1381.04
	Peso Unitario compacto	kg/m ³	1537.98
	Peso Especifico	g/cm ³	2.58
	Contenido de humedad	%	0.73
	Absorción	%	2.43
Agregado Fino	Módulo de fineza	---	2.56
	Peso Unitario suelto	kg/m ³	1524.50
	Peso Especifico	g/cm ³	2.60
	Contenido de humedad	%	0.95
	Absorción	%	1.64



La tabla 68 muestra las proporciones de la mezcla de concreto por peso

Tabla 68

Proporción de la mezcla de concreto por peso

Proporción en peso (kg)				
Mezcla de concreto	Cemento	A. fino	A. Grueso	Agua(l)
Mezcla con 0 % de concreto reciclado	1	2.63	2.23	0.72

4.3.2 Para Adocretos con Concreto Reciclado

Con la resistencia patron se calculó los diseños de las mezclas con 10%, 20% y 30% de agregado de concreto reciclado, este cálculo esta detallado en el ANEXO 12.

La tabla 69 indica los datos necesarios para el diseño de la mezcla de concreto:

Tabla 69

Ensayos para el diseño de mezcla con agregados reciclados

Propiedades		Unidad	Mezcla 10% de concreto reciclado	Mezcla 20% de concreto reciclado	Mezcla 30% de concreto reciclado
Agregado grueso	Peso Unitario suelto	kg/m ³	1362.21	1343.38	1324.54
	Peso Unitario compacto	kg/m ³	1517.58	1497.18	1476.77
	Peso Especifico	g/cm ³	2.54	2.50	2.47
	Contenido de humedad	%	0.94	1.14	1.34
	Absorción	%	2.92	3.41	3.90
Agregado fino	Módulo de fineza	---	2.59	2.61	2.63
	Peso Unitario suelto	kg/m ³	1504.17	1483.85	1463.53
	Peso Especifico	g/cm ³	2.56	2.52	2.48
	Contenido de humedad	%	1.25	1.55	1.86
	Absorción	%	2.36	3.08	3.80



La tabla 70 muestra las proporciones de las mezclas de concreto por peso

Tabla 70

Proporción de la mezcla de concreto por peso

Proporción en peso (kg)				
Mezcla de concreto	Cemento	A. fino	A. Grueso	Agua(l)
Mezcla con 10 % de concreto reciclado	1	2.61	2.19	0.74
Mezcla con 20 % de concreto reciclado	1	2.58	2.15	0.76
Mezcla con 30 % de concreto reciclado	1	2.56	2.12	0.77



CAPITULO V: Resultados en los Ensayos de Adocretos

5.1 Tolerancia Dimensional

Resultados de la tolerancia dimensional de adocretos sometidos a resistencia a la compresión de acuerdo a la norma NTP 399.611 se muestran en las tablas 71,72,73 y 74.

Tabla 71

*Resultados de la tolerancia dimensional de adocretos tipo I con agregados **sin concreto reciclado** (para resistencia a compresión)*

Tiempo de curado	Especimen	Dimensiones			Variación		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
7 días	1	20.00	10.00	6.05	0	0	0.5
	2	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	3	20.00	10.10	6.00	0	1	0
14 días	1	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	2	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	3	20.00	10.10	6.10	0	1	1
21 días	1	20.10	10.10	6.10	1	1	1
	2	20.00	10.00	6.10	0	0	1
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
28 días	1	19.90	10.10	6.00	-1	1	0
	2	20.10	10.00	6.00	1	0	0
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0

Nota. Según norma la tolerancia dimensional es: largo $\pm 1.6\text{mm}$, ancho $\pm 1.6\text{mm}$ y altura $\pm 3.2\text{mm}$



Tabla 72

Resultados de la prueba dimensional de adocretos tipo I con agregados que contienen 10% de concreto reciclado (para resistencia a compresión)

Tiempo de curado	Especímen	Dimensiones			Variación		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
7 días	1	19.90	10.10	6.00	-1	1	0
	2	20.10	10.10	6.10	1	1	1
	3	20.00	10.10	6.00	0	1	0
14 días	1	20.00	10.10	6.10	0	1	1
	2	20.10	10.10	6.00	1	1	0
	3	20.00	10.00	6.00	0	0	0
21 días	1	20.10	10.00	6.00	1	0	0
	2	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	3	20.00	10.10	6.10	0	1	1
28 días	1	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0

Nota. Según norma la tolerancia dimensional es: largo $\pm 1.6\text{mm}$, ancho $\pm 1.6\text{mm}$ y altura $\pm 3.2\text{mm}$

Tabla 73

Resultados de la prueba dimensional de adocretos tipo I con agregados que contienen 20% de concreto reciclado (para resistencia a compresión)

Tiempo de curado	Especímen	Dimensiones			Variación		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
7 días	1	20.10	10.00	6.00	1	0	0
	2	19.90	10.10	6.10	-1	1	1
	3	20.00	10.10	6.00	0	1	0
14 días	1	19.90	10.10	6.00	-1	1	0
	2	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	3	20.00	10.10	6.00	0	1	0
21 días	1	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	2	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
28 días	1	20.00	9.9	6.00	0	-1	0
	2	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	3	20.00	10.10	6.00	0	1	0

Nota. Según norma la tolerancia dimensional es: largo $\pm 1.6\text{mm}$, ancho $\pm 1.6\text{mm}$ y altura $\pm 3.2\text{mm}$



Tabla 74

Resultados de la prueba dimensional de adocretos tipo I con agregados que contienen 30% de concreto reciclado (para resistencia a compresión)

Tiempo de curado	Especímen	Dimensiones			Variación		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
7 días	1	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	2	20.10	10.00	6.00	1	0	0
	3	19.90	10.10	6.10	-1	1	1
14 días	1	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	2	19.90	10.10	6.00	-1	1	0
	3	20.10	10.10	6.00	1	1	0
21 días	1	20.00	10.10	6.00	0	1	0
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
28 días	1	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	20.00	10.10	6.00	0	1	0

Nota. Según norma la tolerancia dimensional es: largo ± 1.6 mm, ancho ± 1.6 mm y altura ± 3.2 mm

La tabla 75 muestra los Resultados de la prueba dimensional de adocretos a flexión.

Tabla 75

Resultados de la prueba dimensional de adocretos tipo I con un tiempo de curado de 28 días (para resistencia a flexión)

Descripción	Especímen	Dimensiones			Variación		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
Agregados con 0% de concreto reciclado	1	20.00	10.00	6.10	0	0	1
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
Agregados con 10% de concreto reciclado	1	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	20.00	10.10	6.00	0	1	0
Agregados con 20% de concreto reciclado	1	20.00	9.90	6.00	0	-1	0
	2	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	3	20.10	10.10	6.00	1	1	0
Agregados con 30% de concreto reciclado	1	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	20.00	10.00	6.00	0	0	0

Nota. Según norma la tolerancia dimensional es: largo ± 1.6 mm, ancho ± 1.6 mm y altura ± 3.2 mm



La tabla 76 muestra los Resultados de la prueba dimensional de adocretos sometidos a ensayos de máxima absorción.

Tabla 76

Resultados de la prueba dimensional de adocretos tipo I con un tiempo de curado de 28 días (para máxima absorción)

Descripción	Especimen	Dimensiones			Variación		
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Altura (mm)
Agregados con 0% de concreto reciclado	1	20.00	10.00	6.10	0	0	1
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	20.00	10.00	6.00	0	0	0
Agregados con 10% de concreto reciclado	1	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	2	19.90	10.00	6.10	-1	0	1
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
Agregados con 20% de concreto reciclado	1	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	2	20.00	10.00	6.00	0	0	0
	3	20.00	10.00	6.00	0	0	0
Agregados con 30% de concreto reciclado	1	19.90	10.10	6.00	-1	1	0
	2	19.90	10.00	6.00	-1	0	0
	3	19.90	10.00	6.00	-1	0	0

Nota. Según norma la tolerancia dimensional es: largo ± 1.6mm, ancho ± 1.6mm y altura ± 3.2mm

5.2 Ensayo de Resistencia a la Compresión

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14, 21 y 28 días de curado para los adocretos sin agregado reciclado y los adocretos con un 10%, 20% y 30% de agregado reciclado, como se muestran en las tablas 77, 78, 79 y 80.



Tabla 77

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los adocretos tipo I sin agregados de concreto reciclado

Tiempo de curado	Espécimen	Fuerza (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
7 días	1	49830	200.00	249.15
	2	49550	202.00	245.30
	3	51510	202.00	255.00
14 días	1	57630	202.00	285.30
	2	54440	202.00	269.50
	3	54220	202.00	268.42
21 días	1	61030	203.01	300.63
	2	59970	200.00	299.85
	3	61100	199.00	307.04
28 días	1	65870	200.99	327.73
	2	67180	201.00	334.23
	3	68410	199.00	343.77

Tabla 78

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los adocretos tipo I con agregados que contienen 10% de concreto reciclado

Tiempo de curado	Espécimen	Fuerza (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
7 días	1	52590	200.99	261.65
	2	48480	203.01	238.81
	3	45860	202.00	227.03
14 días	1	54380	202.00	269.21
	2	55340	203.01	272.60
	3	55250	200.00	276.25
21 días	1	58320	201.00	290.15
	2	58010	202.00	287.18
	3	54010	202.00	267.38
28 días	1	65350	200.00	326.75
	2	65880	199.00	331.06
	3	60730	199.00	305.18



Tabla 79

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los adcretos tipo I con agregados que contienen 20% de concreto reciclado

Tiempo de curado	Espécimen	Fuerza (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
7 días	1	48250	201.00	240.05
	2	48620	200.99	241.90
	3	47660	202.00	235.94
14 días	1	53940	200.99	268.37
	2	52180	200.00	260.90
	3	52340	202.00	259.11
21 días	1	53480	200.00	267.40
	2	55700	200.00	278.50
	3	52350	199.00	263.07
28 días	1	57900	198.00	292.42
	2	58750	202.00	290.84
	3	58730	202.00	290.74

Tabla 80

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los adcretos tipo I con agregados que contienen 30% de concreto reciclado

Tiempo de curado	Espécimen	Fuerza (Kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
7 días	1	48030	202.00	237.77
	2	47660	201.00	237.11
	3	46460	200.99	231.16
14 días	1	51200	202.00	253.47
	2	51140	200.99	254.44
	3	51380	203.01	253.09
21 días	1	53310	202.00	263.91
	2	52390	199.00	263.27
	3	53180	199.00	267.24
28 días	1	55850	200.00	279.25
	2	56170	199.00	282.26
	3	55450	202.00	274.50



5.3 Ensayo de Resistencia a la Flexión

La tabla 81 indica los resultados del ensayo de resistencia a flexión realizada a los 28 días de curado en los adocretos sin agregado reciclado y con un 10%, 20% y 30% de agregado reciclado.

Tabla 81

Resultados del ensayo de resistencia a la flexión de los adocretos tipo I con un tiempo de curado de 28 días

Descripción	Espécimen	Fuerza (Lb)	Fuerza (N)	L (mm)	B (mm)	H (mm)	Resistencia (MPa)	Resistencia (Kg/cm ²)
Agregados sin concreto reciclado	1	1883.90	8379.98	180.00	100.00	61.00	6.08061	62.01
	2	2016.10	8968.03	179.00	100.00	60.00	6.68865	68.21
	3	1849.85	8228.52	179.00	100.00	60.00	6.13710	62.58
Agregados con 10% de concreto reciclado	1	1713.65	7622.66	180.00	100.00	60.00	5.71699	58.30
	2	1573.44	6998.97	179.00	100.00	60.00	5.22007	53.23
	3	1870.89	8322.07	180.00	101.00	60.00	6.17976	63.02
Agregados con 20% de concreto reciclado	1	1618.51	7199.44	180.00	99.00	60.00	5.45412	55.62
	2	1573.44	6998.97	180.00	100.00	60.00	5.24923	53.53
	3	1629.52	7248.45	181.00	101.00	60.00	5.41241	55.19
Agregados con 30% de concreto reciclado	1	1564.43	6958.88	180.00	100.00	60.00	5.21916	53.22
	2	1364.13	6067.91	179.00	100.00	60.00	4.52565	46.15
	3	1563.42	6954.43	180.00	100.00	60.00	5.21582	53.19

5.4 Ensayo de Máxima Absorción

La tabla 82 muestra los resultados del ensayo de máxima absorción realizada a los 28 días de curado en los adocretos sin agregado reciclado y con un 10%, 20% y 30% de agregado reciclado.



Tabla 82

Resultados del ensayo de máxima absorción de los adocretos tipo I con un tiempo de curado de 28 días

Descripción	Espécimen	Peso Saturado (Kg)	Peso Seco (Kg)	Absorción (%)
Agregados sin concreto reciclado	1	2843.40	2717.95	4.62
	2	2793.82	2663.08	4.91
	3	2795.08	2670.87	4.65
Agregados con 10% de concreto reciclado	1	2840.30	2699.78	5.20
	2	2809.81	2665.27	5.42
	3	2824.93	2675.37	5.59
Agregados con 20% de concreto reciclado	1	2788.25	2632.41	5.92
	2	2812.37	2656.43	5.87
	3	2793.23	2635.87	5.97
Agregados con 30% de concreto reciclado	1	2734.42	2566.57	6.54
	2	2776.74	2602.38	6.70
	3	2764.52	2591.34	6.68



CAPÍTULO VI: Costo de Producción del Agregado Reciclado

6.1 Costo de Producción

El concreto reciclado, a pesar de tener grandes beneficios a nivel medio ambiental para poder ser utilizado en un proyecto de construcción debe pasar en primer lugar una serie de requisitos técnicos evaluados mediante diferentes ensayos de laboratorio para poder garantizar la durabilidad y calidad de la obra, de lograr pasar dichos requisitos, aun así, debe ser económicamente viable, es un hecho que los diferentes proyectos buscan un equilibrio entre el costo y la calidad, una obra con elementos reciclados aunque tenga beneficios medioambientales, al tener un costo elevado difícilmente será viable. Por ello es importante tener en cuenta que, si se desea usar escombros de concreto para la producción de diferentes elementos de construcción, se debe evaluar si su producción es factible desde el punto de vista económico.

En el siguiente capítulo se busca analizar la diferencia de costos en la producción de concreto de manera convencional y utilizando agregado reciclado.

6.1.1 Costos de los Agregados de Cantera

El análisis comparativo de los costos de producción del concreto fue realizado con los precios de los agregados utilizados para el vaciado de los adocretos, los cuales se muestran en la tabla 83

Tabla 83

Precios de los agregados fino y grueso de cantera utilizados en la investigación

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (S/)
Piedra chancada de vicho 3/8''	m3	1	60.00
Confitillo de vicho	m3	1	70.00
Arena de Cunyac	m3	1	140.00



6.1.2 Costos del Agregado Reciclado

Para calcular el precio del agregado reciclado (tabla 84 y figura 25) se hizo un análisis utilizando como referencia el costo de producción de agregado en una cantera, ya que el agregado reciclado no se comercializa en nuestro medio. El rendimiento fue obtenido de los rendimientos manejados en la cantera de Huambutio, la cual es de 20m³ de agregado por hora.

Tabla 84

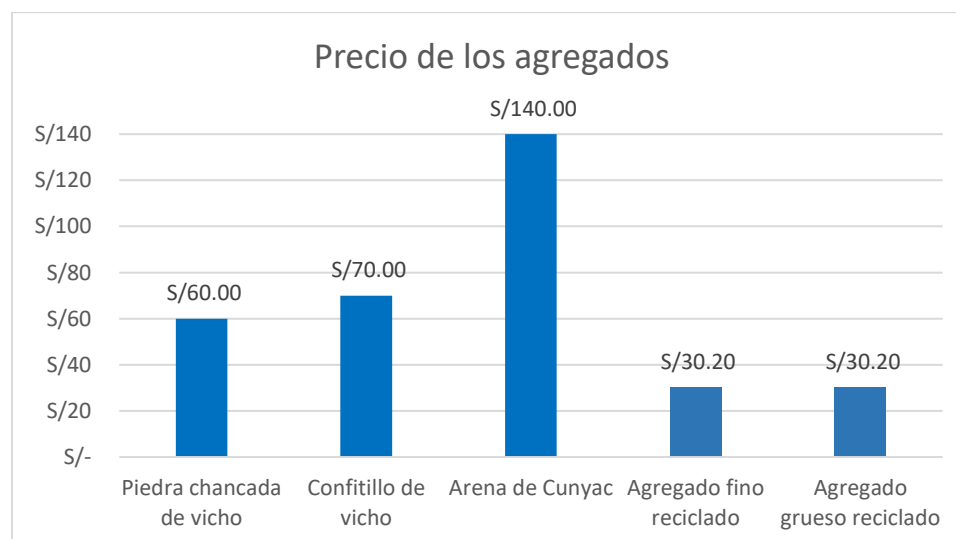
Costo de producción de 1 m³ de agregado de concreto reciclado

Descripción		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	P.U (S/)	Parcial	
Mano de obra	Operario	h.h	3	0.150	25.33	S/	3.80
Materiales	Petróleo	gal	---	0.320	19.04	S/	6.09
Equipo y Herramientas	Chancadora sec.	h.m	1	0.050	70.00	S/	3.50
	Camión volquete	h.m	1	0.050	171.00	S/	8.55
	Cargador frontal	h.m	1	0.050	165.00	S/	8.25
	Herramientas	%	---	0.03	0.114	S/	0.00
Costo Total con IGV (18%)						S/	30.20

Nota. Los valores de P.U se obtuvieron del expediente “Mejoramiento del camino vecinal cu-1563 distrito de Chamca” y de la propuesta económica de la cantera media luna Andahuaylillas.

Figura 25

Precio por 1 m³ de los agregados utilizados en la investigación





6.1.3 Costo de Producción de Concreto para Adocretos

La tabla 85 indica las cantidades de materiales requeridos para un metro cubico de concreto convencional, los volúmenes se encuentran en el anexo 10.10

Tabla 85

Material necesario para 1m³ de concreto utilizados en adocretos convencionales

Materiales	Unidad	Cantidad	Con 30% de desperdicio
Agregado Grueso	m ³	0.543	0.706
Agregado fino	m ³	0.581	0.756
Agua	m ³	0.244	---
Cemento	bls	8	---

El costo de concreto convencional para un f’c=290 kg/cm² utilizando el costo de los agregados anteriormente presentados se indica en la tabla 86.

Tabla 86

Precio de 1m³ de concreto convencional (sin agregado reciclado)

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U (S/)	Parcial
Cemento Portland IP	bls	8	27.50	S/ 220.00
Piedra chancada de 3/8’’ de vicho	m ³	0.706	60.00	S/ 42.35
Arena de cunyac	m ³	0.567	140.00	S/ 79.35
Confitillo de vicho	m ³	0.189	70.00	S/ 13.22
Agua	m ³	0.244	6.96	S/ 1.70
Costo total con IGV (18%)				S/ 356.62

A continuación, se calculó el precio de concreto con agregado reciclado

La tabla 87 muestra la cantidad de materiales con 10% reciclado para un metro cubico de concreto y la tabla 88 muestra el precio de 1 m³ de concreto con 10% de agregado reciclado.



Tabla 87

Material necesario para 1m³ de concreto utilizados en adocretos con 10% de concreto reciclado

Materiales	Unidad	Cantidad	Con 30% de desperdicio
Agregado Grueso	m3	0.541	0.703
Agregado fino	m3	0.584	0.760
Agua	m3	0.249	---
Cemento	bls	8	---

Tabla 88

Precio de 1m³ de concreto + 10% de agregado de concreto reciclado

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U (S/)	Parcial
Cemento Portland IP	bls	8	27.50	S/ 220.00
Piedra chancada de vicho	m3	0.633	60.00	S/ 37.97
Arena de cunyac	m3	0.513	140.00	S/ 71.80
Confitillo de vicho	m3	0.171	70.00	S/ 11.97
Agregado grueso reciclado	m3	0.070	30.20	S/ 2.12
Agregado fino reciclado	m3	0.076	30.20	S/ 2.29
Agua	m3	0.249	6.96	S/ 1.73
Costo total con IGV (18%)				S/ 347.89

La tabla 89 muestra las cantidades de los materiales para adocretos con 20% de reciclado calculados para un metro cubico de concreto y la tabla 90 indica el precio para 1 m3 de concreto con 20% de agregado reciclado.

Tabla 89

Material necesario para 1m³ de concreto utilizados en adocretos con 20% de concreto reciclado

Materiales	Unidad	Cantidad	Con 30% de desperdicio
Agregado Grueso	m3	0.540	0.703
Agregado fino	m3	0.587	0.762
Agua	m3	0.254	---
Cemento	bls	8	---



Tabla 90

Precio de 1m³ de concreto + 20% de agregado de concreto reciclado

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U (S/)	Parcial
Cemento Portland IP	bls	8.000	27.50	S/ 220.00
Piedra chancada de vicho	m3	0.562	60.00	S/ 33.69
Arena de cunyac	m3	0.458	140.00	S/ 64.06
Confitillo de vicho	m3	0.153	70.00	S/ 10.68
Grueso reciclado	m3	0.140	30.20	S/ 4.24
Fino reciclado	m3	0.153	30.20	S/ 4.61
Agua	m3	0.254	6.96	S/ 1.77
Costo total con IGV (18%)				S/ 339.04

La tabla 91 muestra las cantidades de los materiales para adocretos con 30% de reciclado calculados para un metro cubico de concreto y la tabla 92 indica el precio para 1 m3 de concreto con 30% de agregado reciclado.

Tabla 91

Material necesario para 1m³ de concreto utilizados en adocretos con 30% de concreto reciclado

Materiales	Unidad	Cantidad	Con 30% de desperdicio
Agregado Grueso	m3	0.539	0.701
Agregado fino	m3	0.589	0.765
Agua	m3	0.259	---
Cemento	bls	8	---

Tabla 92

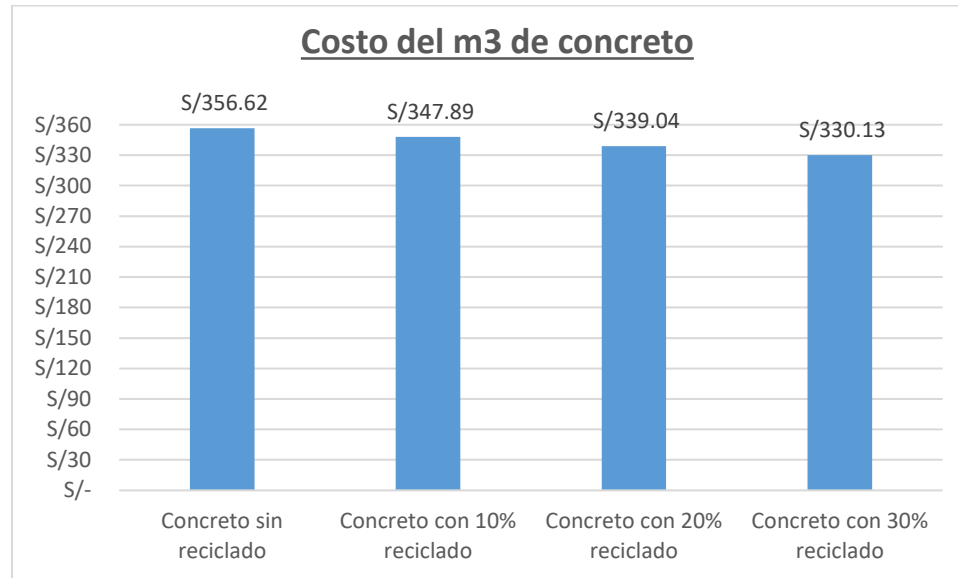
Precio de 1m³ de concreto + 30% de agregado de concreto reciclado

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U (S/)	Parcial
Cemento Portland IP	bls	8	27.50	S/ 220.00
Piedra chancada de vicho	m3	0.490	60.00	S/ 29.43
Arena de cunyac	m3	0.402	140.00	S/ 56.25
Confitillo de vicho	m3	0.134	70.00	S/ 9.37
Grueso reciclado	m3	0.210	30.20	S/ 6.35
Fino reciclado	m3	0.230	30.20	S/ 6.93
Agua	m3	0.259	6.96	S/ 1.81
Costo total con IGV (18%)				S/ 330.13



Figura 26

Costo de 1 m³ de concreto utilizando agregado de cantera y agregados con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado



La figura 26 muestra un precio de 356.62 soles para 1 m³ de concreto convencional, un valor de 347.89 soles para concreto con 10% reciclado, un precio de 339.04 soles para concreto con 20% reciclado y finalmente un costo de 330.13 soles para 1 m³ de concreto con 30% reciclado.

Para cada 10% de agregado reciclado hay un ahorro de 8.8 soles por cada metro cubico de concreto, teniendo una disminución de hasta 26.49 soles para un concreto con 30% de reciclado.

También se debe señalar que hay otros beneficios económicos no tomados en cuenta como el beneficio que traería en la reducción de materiales usados para la fabricación de adocretos destinándolos en otros elementos, la reducción de los costos para disposición de residuos, así como el uso productivo de estos suelos para otras actividades. También existe el beneficio en la reducción energética utilizada para la producción de agregado reciclado ya que al



ser estos más frágiles que la roca utilizan menos energía y por consiguiente aumenta el rendimiento de su producción.

En todo caso el balance económico es factible ya que no incrementa el precio de los adocretos hechos convencionalmente, y la principal fortaleza de estos adocretos en todo caso recae en el beneficio medio ambiental siendo este un problema que debe ser abordado de manera urgente.



CAPITULO VII: Análisis y Discusión de Resultados

7.1 Análisis de los Resultados en los Agregados y la Inercia del Agregado Reciclado

La tabla 93 muestra los porcentajes de finos que pasan la malla n°200 para los ensayos en los agregados finos.

Tabla 93

Tabla resumen del porcentaje de finos que pasan por la malla #200 en las muestras de agregado fino

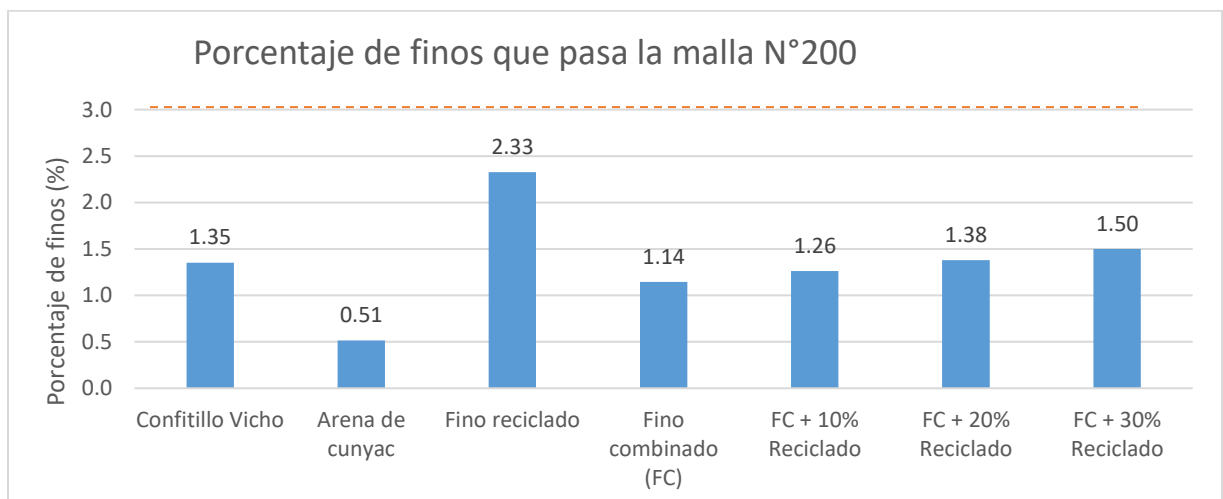
Agregados	Porcentaje de fino (%)
Confitillo Vicho	1.35
Arena de cunyac	0.51
Fino Reciclado	2.33
Agregado Fino Combinado (FC)	1.14
FC + 10% Reciclado	1.26
FC + 20% Reciclado	1.38
FC + 30% Reciclado	1.50

Nota. Según la CE 0.10 el máximo porcentaje de fino es de 3.00 %.

Los agregados de las canteras de Vicho y Cunyac presentaron un porcentaje bajo de finos que pasan la malla N°200, el agregado fino reciclado tuvo un valor del 2.33 % menor a un 3 % mínimo exigido en la norma CE 0.10. como indica la figura 27.

Figura 27

Comparación de resultados del ensayo de malla #200 para todas las muestras de agregado fino





Se realizó una combinación del confitillo de la cantera de Vicho en un 75 % con la arena de Cunyac en un 25 %, esta mezcla presenta un porcentaje de finos de un 1.14 %.

El agregado fino combinado con una adición de agregado reciclado en un 10 %, 20 % y 30 %, presentaron resultados del 1.26 %, 1.38 % y 1.50 %, con un aumento del 0.12% para cada 10% adicional. Por consiguiente, todas las mezclas están dentro del rango requerido y son materiales óptimos para el diseño de concreto.

Tabla 94

Tabla resumen del porcentaje de finos que pasan la malla #200 en las muestras de agregado fino

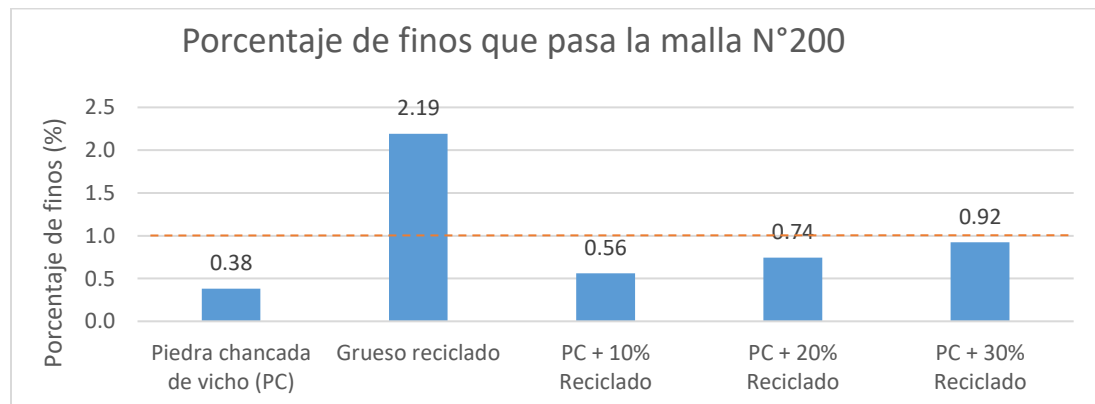
Agregados	Porcentaje de fino (%)
Piedra chancada de 3/8'' de vicho (PC)	0.38
Grueso Concreto Reciclado	2.19
PC + 10% Grueso Concreto Reciclado	0.56
PC + 20% Grueso Concreto Reciclado	0.74
PC + 30% Grueso Concreto Reciclado	0.92

Nota. Según la CE 0.10 el máximo porcentaje de fino es de 1.00 %.

En la tabla 94, la piedra chancada de Vicho tuvo un porcentaje de finos del 0.38 %, siendo aceptable y menor al 1 % exigido para agregado grueso en la norma CE 0.10, el agregado grueso reciclado presentó un porcentaje de finos del 2.19 % estando por encima del máximo exigido.

Figura 28

Comparación de resultados del ensayo de malla #200 para todas las muestras de agregado grueso



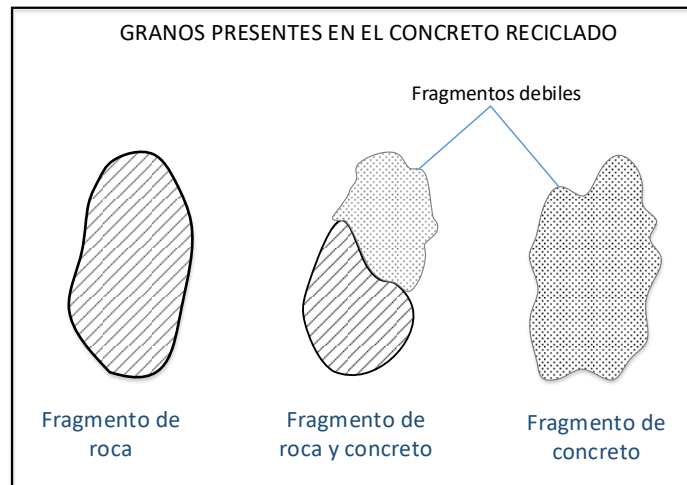


Las mezclas de piedra chancada con agregado de concreto reciclado en 10 %, 20 % y 30 %, presentaron porcentaje de finos del 0.56 %, 0.74 % y 0.92 %, con un aumento de 0.18 % de finos para cada 10% adicional de reciclado, desde un 0.56 % hasta un 0.92 %, estando dentro del 1% mínimo requerido como se muestra en la figura 28, por lo tanto, el agregado grueso de concreto reciclado mezclado en porcentajes ya mencionados se puede usar para el diseño de concreto.

Los agregados de concreto reciclado, tanto finos como gruesos, presentan una cantidad significativa de porcentaje de finos debido a que en sus granos se tienen fragmentos de agregado natural, fragmentos mezclados con porciones de concreto y trozos de concreto triturado (figura 29), siendo estas dos últimas las más susceptibles a fragmentarse y generar partículas finas, sin embargo, combinadas con agregados de cantera, son óptimos para la elaboración de mezcla de concreto.

Figura 29

Granos presentes en el concreto reciclado



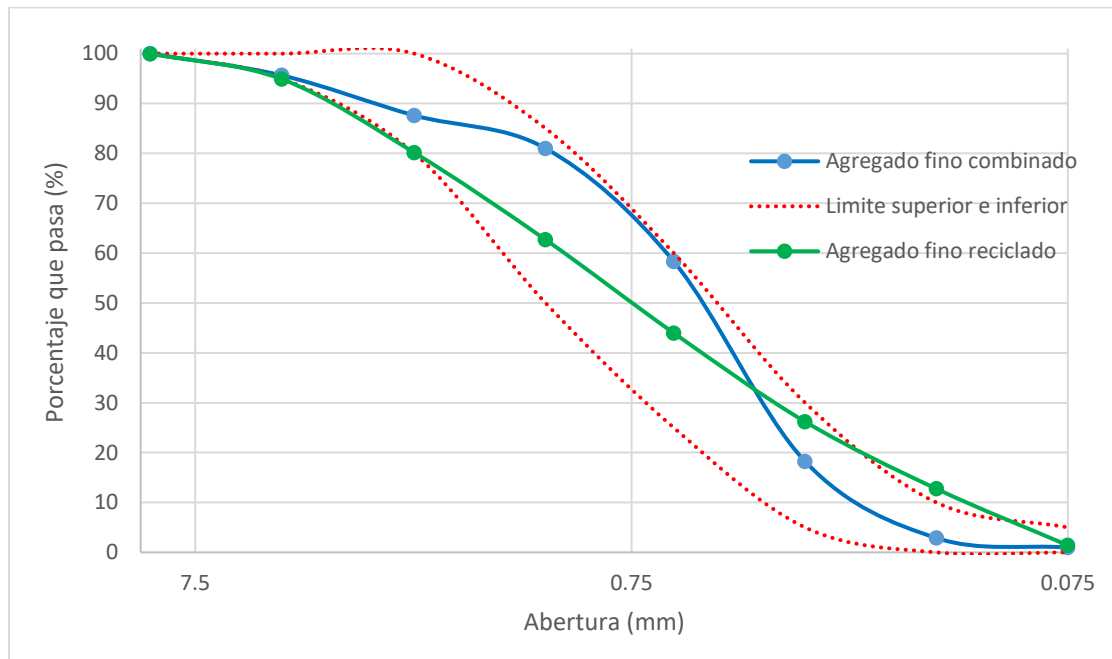
Es importante mencionar que cuando el porcentaje de finos que pasan el tamiz N°200 es alto puede llevar a una disminución de la calidad del concreto porque estas partículas perjudican la adhesión de las partículas de agregado y la pasta de cemento. También puede afectar la



trabajabilidad del concreto ya que exigen mayor cantidad de agua reduciendo su resistencia y durabilidad.

Figura 30

Comparación granulométrica entre el agregado fino combinado y el agregado de concreto reciclado



La figura 30 muestra las curvas granulométricas de los agregados fino combinado y fino reciclado, se observa que la curva granulométrica del agregado fino combinado está dentro de los parámetros de la NTP 400.037. Respecto al agregado reciclado el tamiz N°4 presenta una mayor cantidad de granos retenidos y el tamiz N°100 tiene una mayor cantidad de agregado que pasa esta malla; por lo tanto, presenta una gradación donde tiene una mayor cantidad de granos retenidos en los extremos.

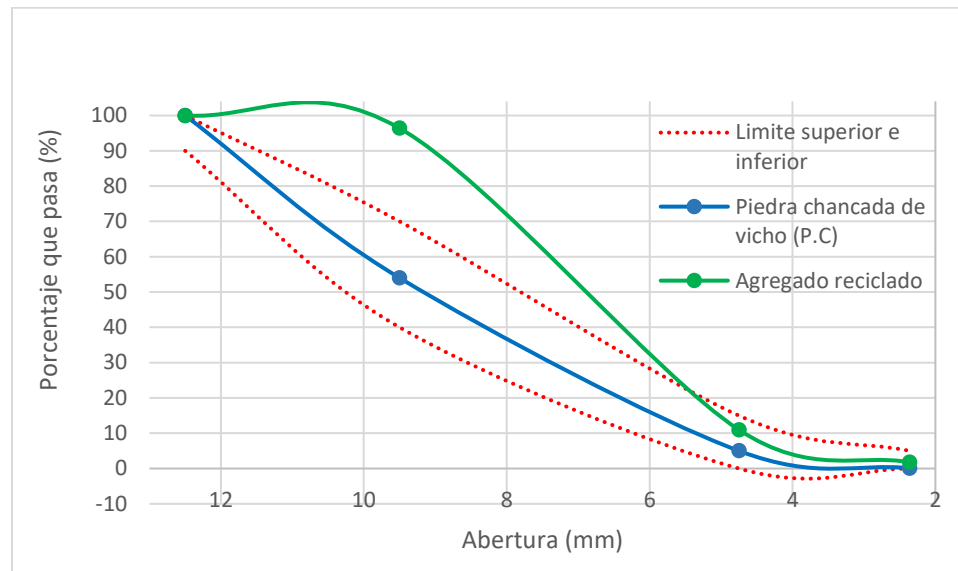
Si bien se puede ver que el agregado fino reciclado no cumple los requisitos mínimos, al combinarlo con el fino reciclado en un 10 %, 20 % y 30 %, todas las granulometrías cumplen con los parámetros requeridos. A medida que aumenta el porcentaje de agregado de concreto reciclado



también aumenta el módulo de fineza esto indica que la mezcla se vuelve más fina, por lo tanto, para una misma resistencia de diseño cuanto más agregado de concreto reciclado se utilice, se necesitara más agua para la mezcla de concreto

Figura 31

Comparación de la granulometría del agregado grueso de la cantera de Vicho y del agregado de concreto reciclado



La figura 31 muestra la curva granulométrica de la piedra chancada de vicho, el cual está dentro de los parámetros indicados en la tabla 19 de la NTP 400.037, la granulometría del agregado reciclado presenta una mayor cantidad de material que pasa el tamiz N°4 dando como resultado un agregado con mayor cantidad de partículas finas, estando fuera de los parámetros exigidos.

Al combinar la piedra chancada de 3/8” de la cantera de Vicho con el agregado de concreto reciclado en cantidades del 10 %, 20 % y 30 %, las gradaciones de las mezclas se encuentran dentro de los parámetros. Una gradación correcta permitirá una correcta distribución de los granos, evitará que se formen espacios vacíos y mejorará la resistencia y durabilidad del concreto.



Tabla 95

Tabla resumen del peso unitario de los agregados finos de las muestras

Agregado Fino	P.U Suelto (Kg/m³)	P.U Compacto (Kg/m³)
Fino combinado (FC)	1524.50	1728.78
Fino Concreto reciclado	1321.26	1516.02
FC + 10% Fino Concreto reciclado	1504.17	1707.51
FC + 20% Fino Concreto reciclado	1483.85	1686.23
FC + 30% Fino Concreto reciclado	1463.53	1664.95

Tabla 96

Tabla resumen del peso unitario de los agregados gruesos de las muestras

Agregado Grueso	P.U Suelto (Kg/m³)	P.U Compacto (Kg/m³)
Piedra chancada de 3/8'' de vicho (PC)	1381.04	1537.98
Grueso concreto Reciclado	1192.72	1333.96
PC + 10% Grueso concreto reciclado	1362.21	1517.58
PC + 20% Grueso concreto reciclado	1343.38	1497.18
PC + 30% Grueso concreto reciclado	1324.54	1476.77

Los resultados de la tabla 95 indican que el agregado fino tuvo un peso unitario suelto de 1524.50 kg/m³ y un peso unitario compacto de 1728.78 kg/m³, el agregado de concreto reciclado presento un peso unitario suelto de 1321.26 kg/m³ y un peso unitario compacto de 1516.02 kg/m³. La tabla 96 muestra los resultados de los agregados gruesos obteniendo la piedra chancada un peso unitario suelto de 1381.04 kg/m³ y 1537.98 kg/m³ compacto, 1192.72 kg/m³ para el reciclado suelto y 1333.96 kg/m³ para el reciclado compacto. Los pesos unitarios de los agregados reciclados tanto compactos como sueltos son menores al de los agregados de cantera esto indica que son agregados más livianos por contener fragmentos de concreto y ser más porosos que los agregados naturales. Las adiciones de agregado reciclado disminuyeron el peso unitario suelto en 21.3 y 18.8 kg/m³ para cada 10% adicional en el agregado fino y grueso respectivamente, en el caso del peso



unitario compacto hubo una reducción de 20.3 y 20.4 kg/m³ para cada 10% adicional de agregado reciclado en los agregados finos y gruesos respectivamente.

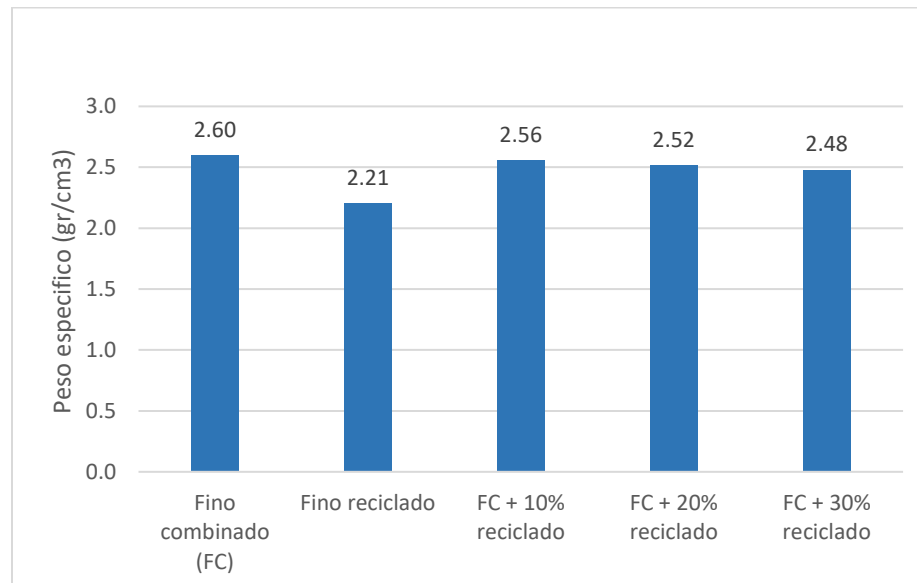
Tabla 97

Tabla resumen del peso específico de los agregados finos de las muestras

Agregado Fino	P. Especifico (gr/cm ³)
Fino combinado (FC)	2.60
Fino Concreto Reciclado	2.21
FC + 10% Fino concreto reciclado	2.56
FC + 20% Fino concreto reciclado	2.52
FC + 30% Fino concreto reciclado	2.48

Figura 32

Grafica que muestra la comparación del peso específico de los agregados finos



La tabla 97 y figura 32 muestran un valor de 2.6 gr/cm³ de peso específico para el agregado fino combinado y 2.21 gr/cm³ para el fino reciclado esto debido a que el agregado reciclado es más liviano que el agregado natural, al mezclarlos en cantidades del 10 % ,20 % y 30% se observa que el



valor del peso específico disminuye en un 0.04g/cm³ cada 10 % adicional de agregado reciclado, hasta un máximo de 0.12 g/cm³ respecto al peso específico del agregado fino combinado.

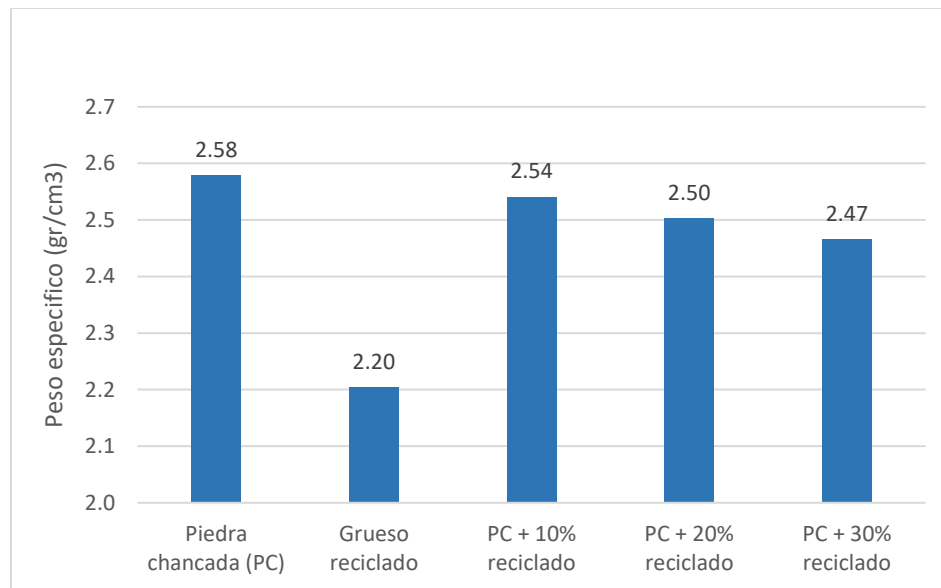
Tabla 98

Tabla resumen del peso específico de los agregados gruesos de las muestras

Agregado Grueso	P. Especifico (gr/cm ³)
Piedra chancada de 3/8'' (PC)	2.58
Grueso de concreto Reciclado	2.20
PC + 10% Grueso de concreto reciclado	2.54
PC + 20% Grueso de concreto reciclado	2.50
PC + 30% Grueso de concreto reciclado	2.47

Figura 33

Grafica que muestra la comparación del peso específico de los agregados gruesos



La tabla 98 y figura 33 indican un peso específico de 2.58 gr/cm³ para la piedra chancada de vicho y 2.20 gr/cm³ para el agregado de concreto reciclado, su mezcla en cantidades del 10 %, 20 % y 30 % presentan una disminución de 0.037 g/cm³ para cada 10% adicional, hasta una reducción máxima de 0.11g/cm³ para la mezcla con 30% de concreto reciclado.



Tabla 99

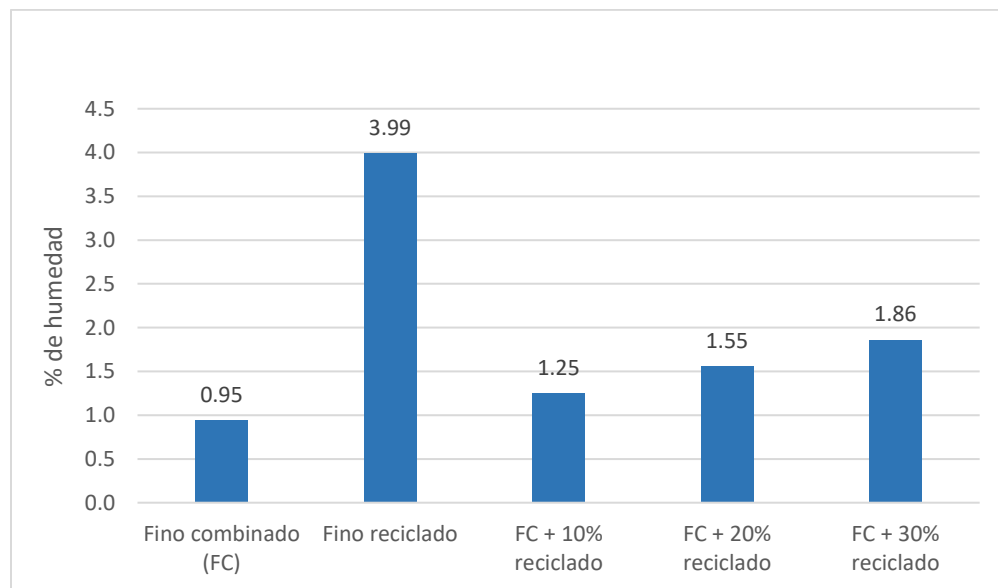
Contenido de humedad de los agregados finos de las muestras

Agregado Fino	Humedad (%)
Fino combinado (FC)	0.95
Fino de concreto reciclado	3.99
FC + 10% Fino de concreto reciclado	1.25
FC + 20% Fino de concreto reciclado	1.55
FC + 30% Fino de concreto reciclado	1.86

La tabla 99 y figura 34 presenta la comparativa de los ensayos de contenido de humedad en los agregados finos de cantera y los de concreto reciclado.

Figura 34

Grafica que muestra la comparación del contenido de humedad de los agregados finos



El valor del contenido de humedad del agregado fino natural es de 0.95 % y el agregado de concreto reciclado presenta un valor del 3.99 % esto debido a que el agregado de concreto reciclado al tener mayor cantidad de vacíos almacena más cantidad de humedad, las mezclas con agregado de concreto reciclado en cantidades del 10 %, 20 % y 30% presentan un aumento del



0.3% para cada 10% adicional de reciclado, hasta llegar a un aumento máximo del 0.91 % respecto al agregado de cantera.

La tabla 100 y figura 35 presentan los resultados de contenido de humedad de la piedra chancada de vicho y el agregado grueso reciclado.

Tabla 100

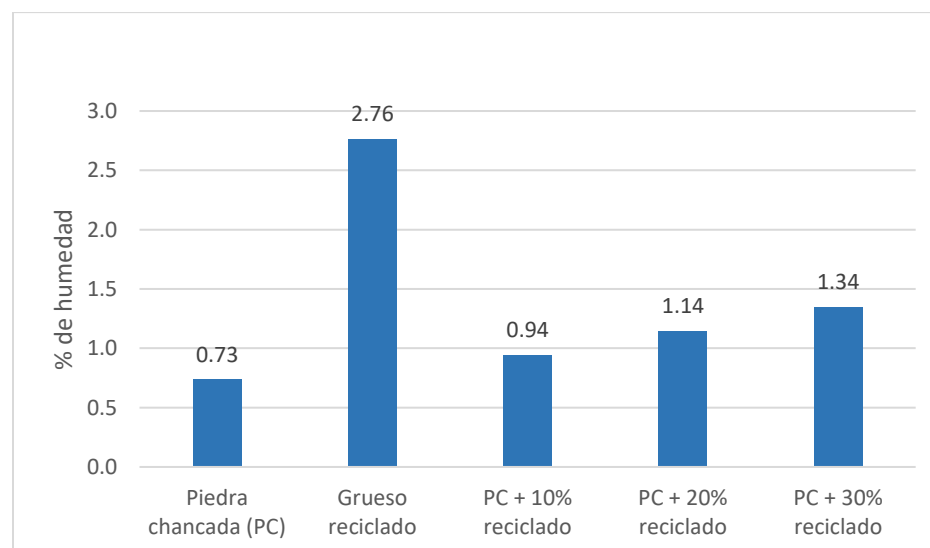
Contenido de humedad de los agregados gruesos de las muestras

Agregado Grueso	Humedad (%)
Piedra chancada de 3/8'' de vicho (PC)	0.73
Grueso de concreto reciclado	2.76
PC + 10% Grueso de concreto reciclado	0.94
PC + 20% Grueso de concreto reciclado	1.14
PC + 30% Grueso de concreto reciclado	1.34

El valor de contenido de humedad del agregado grueso fue de un 0.73 % y para el agregado de concreto reciclado de un 2.76 % esto indica que el agregado reciclado es más poroso y tiene mayor permeabilidad que el agregado de cantera.

Figura 35

Grafica que muestra la comparación del contenido de humedad de los agregados gruesos





Las mezclas en cantidades del 10 %, 20 % y 30 % de concreto reciclado presenta un aumento del contenido de humedad del 0.2 % para cada 10 % de agregado reciclado adicional, hasta alcanzar un aumento máximo del 0.61% respecto a la piedra chancada de vicho.

La tabla 101 muestra los resultados del ensayo de absorción en los agregados finos

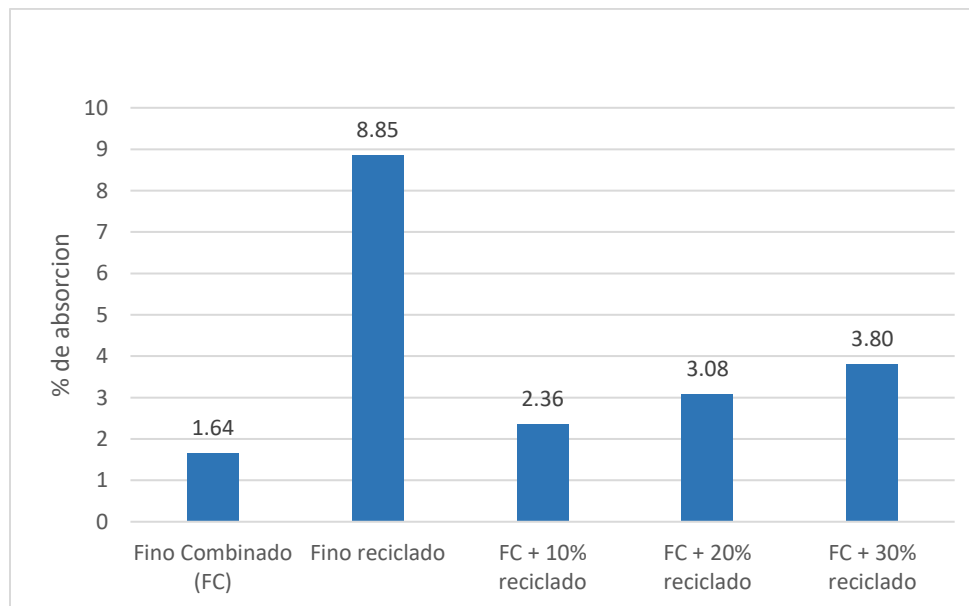
Tabla 101

Absorción de los agregados finos de las muestras

Agregado Fino	Absorción (%)
Fino combinado (FC)	1.64
Fino de concreto reciclado	8.85
FC + 10% Fino de concreto reciclado	2.36
FC + 20% Fino de concreto reciclado	3.08
FC + 30% Fino de concreto reciclado	3.80

Figura 36

Grafica que muestra la comparación de la máxima absorción de los agregados finos



La absorción del agregado fino natural indicado en la figura 36 fue de un 1.64 % y de un 8.85 % para el agregado fino de concreto reciclado, esto indica que el agregado de concreto



reciclado requiere mayor cantidad de agua para la mezcla; las mezclas en cantidades del 10 %, 20 % y 30% de concreto reciclado presentan un aumento del porcentaje de absorción del 0.72% para cada 10% adicional de agregado reciclado, llegando a un aumento máximo del 2.16% respecto al agregado de cantera. Este es un valor se debe tomar en cuenta, ya que la disminución de agua por absorción del agregado podría afectar a la relación agua/cemento de la mezcla.

La tabla 102 muestra los resultados del ensayo de absorción en los agregados gruesos.

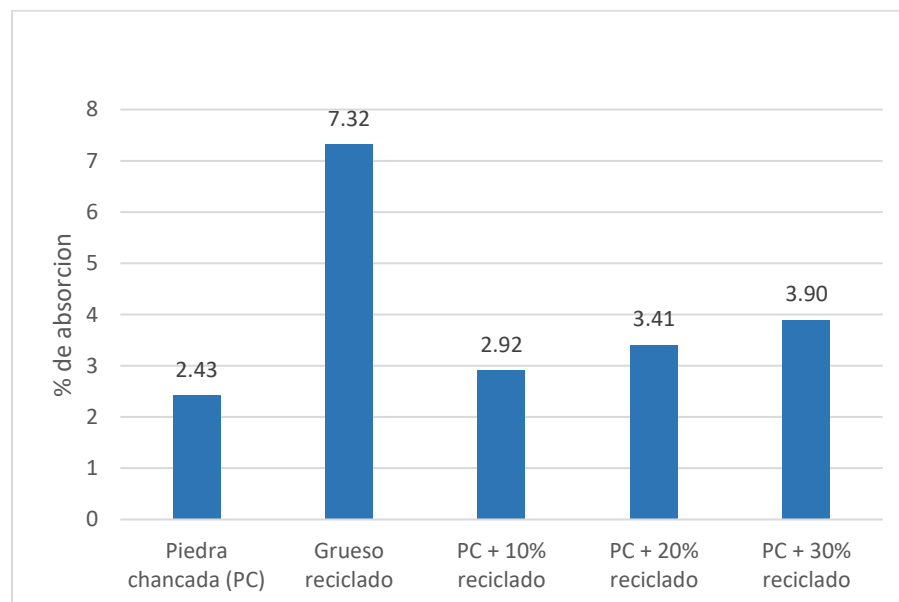
Tabla 102

Absorción de los agregados gruesos de las muestras

Agregado Grueso	Absorción (%)
Piedra chancada de 3/8'' de vicho (PC)	2.43
Grueso de concreto reciclado	7.32
PC + 10% Grueso de concreto reciclado	2.92
PC + 20% Grueso de concreto reciclado	3.41
PC + 30% Grueso de concreto reciclado	3.90

Figura 37

Grafica que muestra la comparación de la máxima absorción de los agregados gruesos

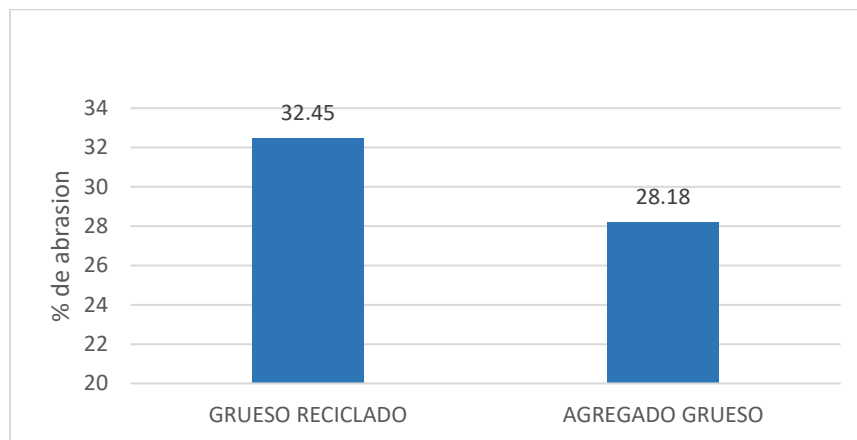




La figura 37 indican los valores de porcentaje de absorción en los agregados gruesos, la piedra chancada de vicho tuvo un porcentaje de un 2.43 % y el agregado de concreto reciclado de un 7.32 %, al mezclar agregado reciclado en cantidades del 10 %, 20 % y 30% se tiene un aumento de un 0.49 % para cada 10 % adicional llegando a un aumento máximo del 1.47 % del valor natural.

Figura 38

Grafica comparativa del desgaste a la abrasión los ángeles del agregado grueso natural de cantera y el agregado grueso de concreto reciclado



La figura 38 muestra los resultados del ensayo de abrasión, la piedra chancada de vicho tuvo una pérdida del 28.18% por abrasión, el agregado grueso reciclado perdió un 32.45% de su peso. El agregado de concreto reciclado presenta mayor desgaste a la abrasión esto debido a que los fragmentos de concreto triturado son menos resistentes que los fragmentos de piedra triturada, ambos valores están por debajo del 50% exigido en la norma CE 0.10 para agregados sometidos a abrasión.

7.2 Análisis de las Propiedades Mecánicas de los Adocretos

Para el análisis de los resultados realizados en los adocretos se tomó en cuenta la influencia que ejerce el agregado reciclado en los resultados de resistencia a la compresión, flexión y absorción, en comparación con los resultados de los adocretos convencionales



7.2.1 Análisis de la Resistencia a la Compresión

A continuación, los valores de resistencia a la compresión a los 7 días de curado.

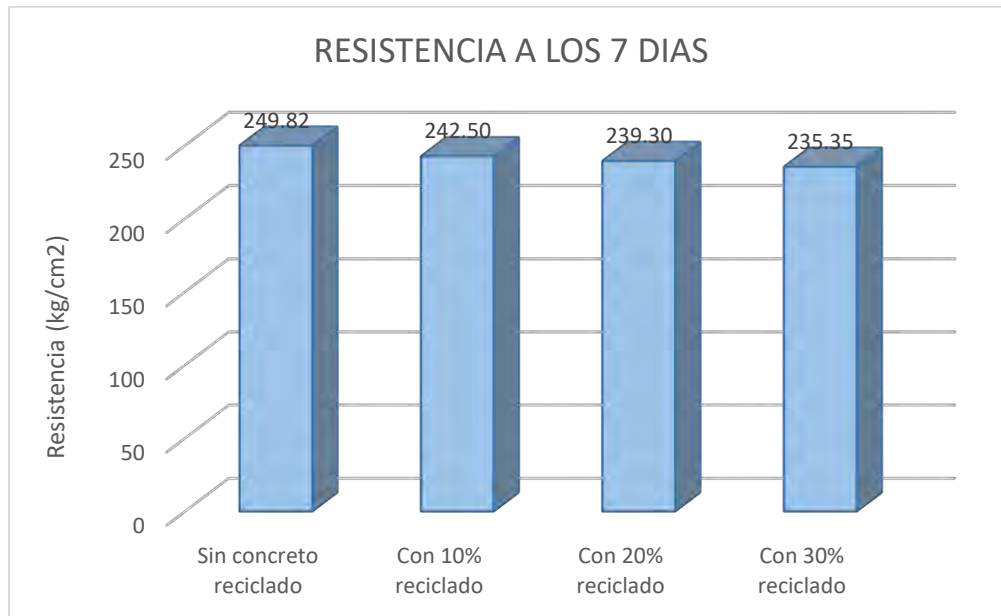
Tabla 103

Tabla resumen de la resistencia a la compresión de los adocretos a 7 días de curado

RESISTENCIA A LA COMPRESION (7 días)							
Sin concreto reciclado		Con 10% de concreto reciclado		Con 20% de concreto reciclado		Con 30% de concreto reciclado	
Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia
249.15	249.82	261.65	242.50	240.05	239.30	237.77	235.35
245.30		238.81		241.90		237.11	
255.00		227.03		235.94		231.16	

Figura 39

Grafica comparativa del promedio de las resistencias a la compresión a los 7 días de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado





La tabla 103 y la figura 39 muestran los valores de resistencia a la compresión adquiridos por los adocretos a los 7 días de curado. La resistencia promedio en el adocreto patrón sin concreto reciclado alcanzó un valor de 249.82 kg/cm² siendo este el valor más alto en comparación con los adocretos con concreto reciclado, los adocretos con 10 % de concreto reciclado obtuvieron una resistencia promedio de 242.50 kg/cm² siendo este el 97.07 % de la resistencia del adocreto patrón, los adocretos con 20% de concreto reciclado llegaron a una resistencia de 239.30 kg/cm² equivalente al 95.79 % del adocreto patrón, los adocretos con 30% de concreto reciclado llegaron a una resistencia promedio de 235.35 kg/cm² equivalente al 94.21 % del adocreto patrón, las diferencias de resistencias entre el adocreto patrón y los que tienen agregado de concreto reciclado en un 10 %, 20 % y 30 % son de 7.32 kg/cm², 10.52 kg/cm² y 14.47 kg/cm² respectivamente.

Tabla 104

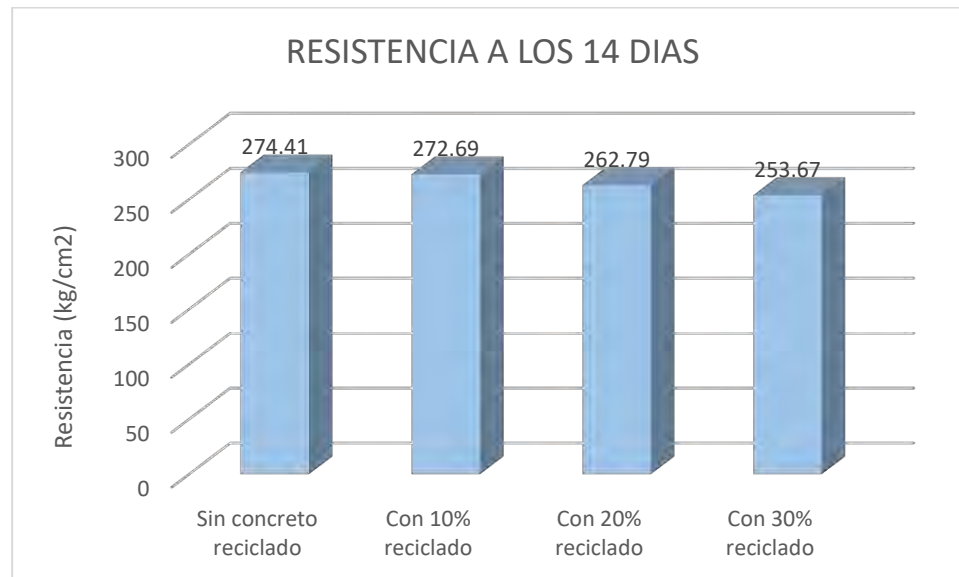
Tabla resumen de la resistencia a compresión de los adocretos a 14 días de curado

RESISTENCIA A LA COMPRESION (14 días)							
Sin concreto reciclado		Con 10% de concreto reciclado		Con 20% de concreto reciclado		Con 30% de concreto reciclado	
Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia
285.30		269.21		268.37		253.47	
269.50	274.41	272.60	272.69	260.90	262.79	254.44	253.67
268.42		276.25		259.11		253.09	



Figura 40

Grafica comparativa del promedio de las resistencias a la compresión a los 14 días de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado



La tabla 104 y la figura 40 tienen los valores de resistencia a la compresión adquiridos por los adocretos a los 14 días de curado. La resistencia promedio en el adocreto patrón sin concreto reciclado alcanzó un valor de 274.41 kg/cm² siendo este el valor más alto en comparación con los adocretos con concreto reciclado, los adocretos con 10 % de reciclado obtuvieron una resistencia promedio de 272.69 kg/cm² siendo este el 99.37 % de la resistencia del adocreto patrón, los adocretos con 20 % de concreto reciclado llegaron a una resistencia promedio de 262.79 kg/cm² equivalente al 95.77 % del adocreto patrón, los adocretos con 30 % de reciclado llegaron a una resistencia promedio de 253.67 kg/cm² equivalente al 92.44 % del adocreto patrón, las diferencias de resistencias entre el adocreto patrón y los que tienen agregado de concreto reciclado en un 10 %, 20 % y 30 % son de 1.72 kg/cm², 11.62 kg/cm² y 20.74 kg/cm² respectivamente.



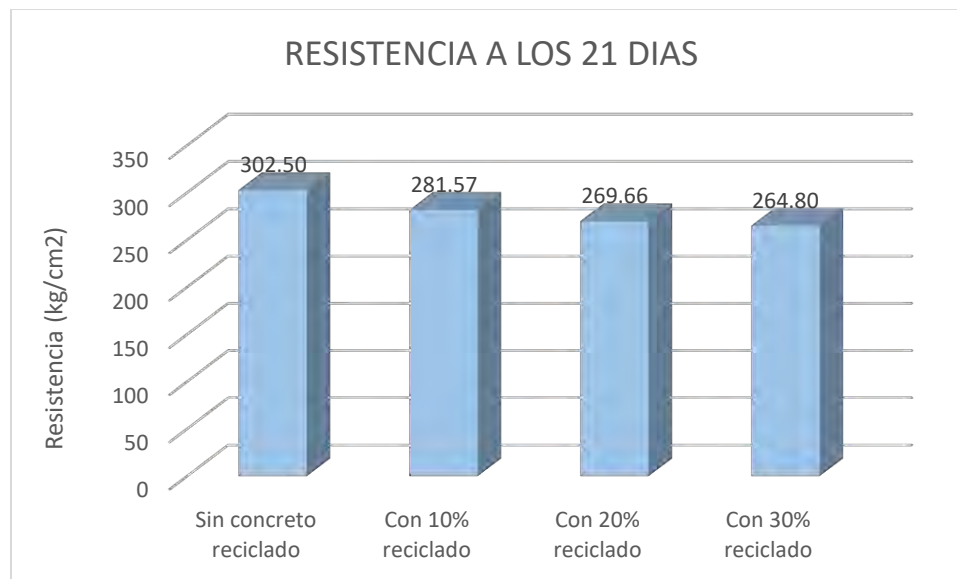
Tabla 105

Tabla resumen de la resistencia a compresión de los adocretos a 21 días de curado

RESISTENCIA A LA COMPRESION (21 días)							
Sin concreto reciclado		Con 10% de concreto reciclado		Con 20% de concreto reciclado		Con 30% de concreto reciclado	
Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia
300.63	302.50	290.15	281.57	267.40	269.66	263.91	264.80
299.85		287.18		278.50		263.27	
307.04		267.38		263.07		267.24	

Figura 41

Grafica comparativa del promedio de las resistencias a la compresión a los 21 días de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado



La tabla 105 y la figura 41 muestran los valores de resistencia a la compresión adquiridos por los adocretos a los 21 días de curado. La resistencia promedio en el adocreto patrón sin concreto reciclado alcanzaron un valor de 302.50 kg/cm² siendo este el valor más alto en comparación con los adocretos con concreto reciclado, los adocretos con 10 % de reciclado obtuvieron una resistencia promedio de 281.57 kg/cm² siendo este el 93.08 % de la



resistencia del adocreto patrón, los adocretos con 20 % de concreto reciclado llegaron a una resistencia promedio de 269.66 kg/cm² equivalente al 89.14 % del adocreto patrón, los adocretos con 30 % de reciclado llegaron a una resistencia promedio de 264.80 kg/cm² equivalente al 87.54 % del adocreto patrón, las diferencias de resistencias entre el adocreto patrón y los que tienen agregado de concreto reciclado en un 10 %, 20 % y 30 % son de 20.93 kg/cm², 32.84 kg/cm² y 37.70 kg/cm² respectivamente.

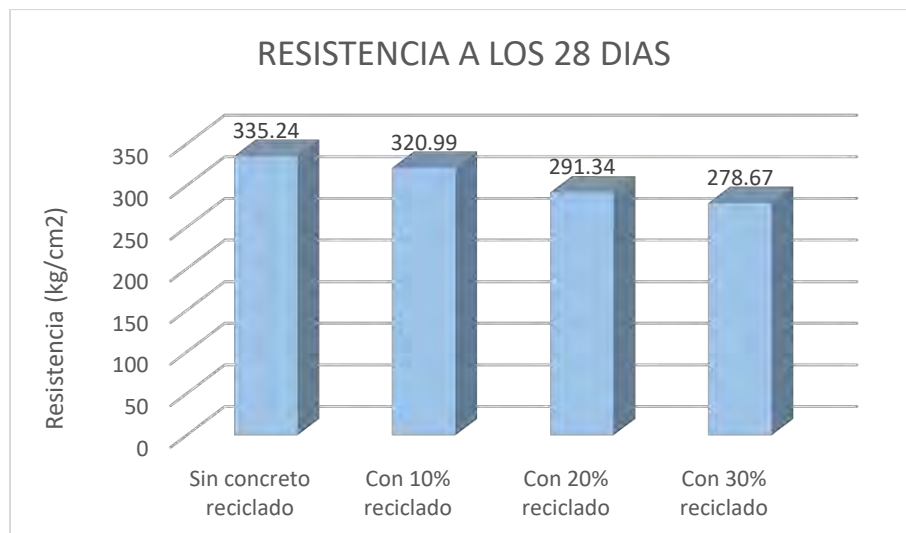
Tabla 106

Tabla resumen de la resistencia a compresión de los adocretos a 28 días de curado

RESISTENCIA A LA COMPRESION (28 días)							
Sin concreto reciclado		Con 10% de concreto reciclado		Con 20% de concreto reciclado		Con 30% de concreto reciclado	
Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia	Resistencia (kg/cm ²)	Promedio Resistencia
327.73	335.24	326.75	320.99	292.42	291.34	279.25	278.67
334.23		331.06		290.84		282.26	
343.77		305.18		290.74		274.50	

Figura 42

Grafica comparativa del promedio de las resistencias a la compresión a los 28 días de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado

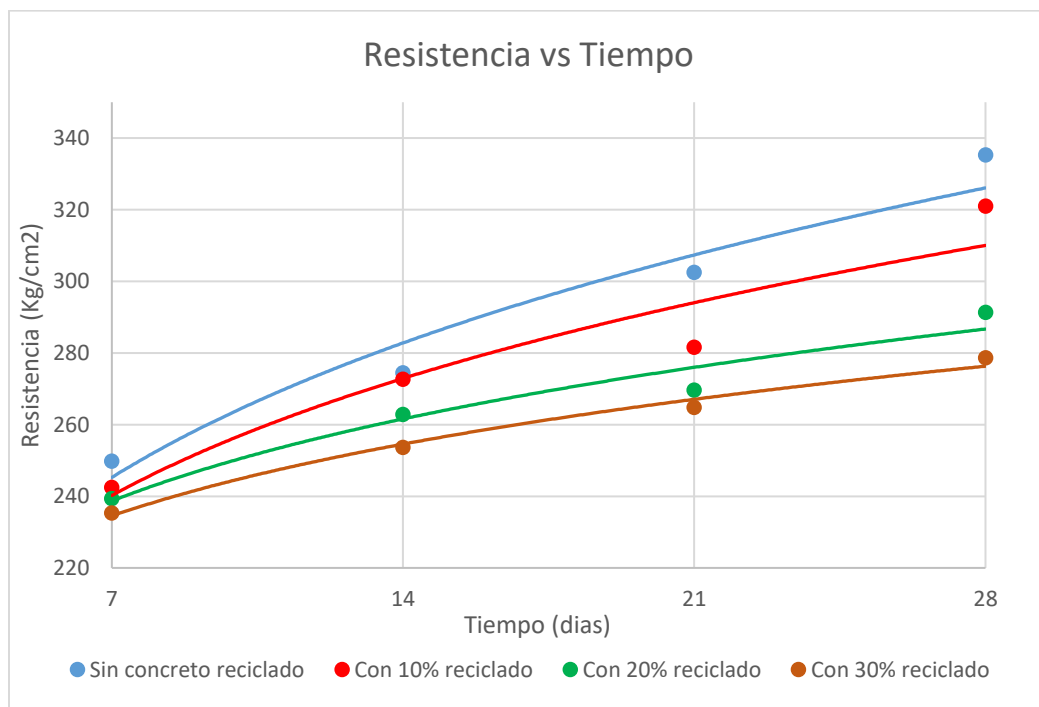




La tabla 106 y la figura 42 presentan los resultados de resistencia a la compresión adquiridos por los adocretos a los 28 días de curado. El adocreto patrón sin concreto reciclado alcanzo un valor promedio de 335.24 kg/cm² siendo este el valor más alto en comparación con los adocretos con concreto reciclado, los adocretos con 10 % de reciclado obtuvieron una resistencia promedio de 320.99 kg/cm² siendo este el 95.75 % de la resistencia del adocreto patrón, los adocretos con 20 % de concreto reciclado llegaron a una resistencia promedio de 291.34 kg/cm² equivalente al 86.90 % del adocreto patrón, los adocretos con 30 % de reciclado llegaron a una resistencia promedio de 278.67 kg/cm² equivalente al 83.13 % del adocreto patrón, las diferencias de resistencias entre el adocreto patrón y los que tienen agregado de concreto reciclado en 10 %, 20 % y 30 % son de 14.25 kg/cm², 43.90 kg/cm² y 56.57 kg/cm² respectivamente.

Figura 43

Grafica comparativa del promedio de las resistencias a la compresión a través del tiempo de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado

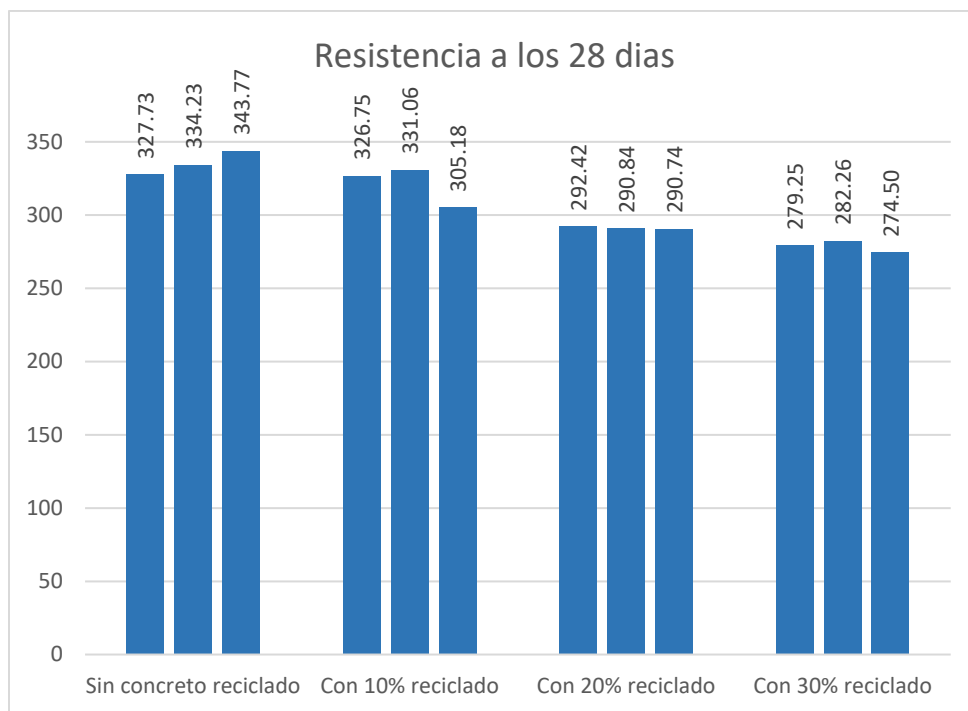




La figura 43 muestra la gráfica de resistencia promedio a la compresión frente al tiempo de curado de los adocretos, la mezcla que presenta mayor resistencia es la del concreto convencionales seguidas por el concreto con un 10 %, 20 % y el 30% de agregado reciclado siendo este último el de menor resistencia, este patrón se repite a lo largo de todos los días de curado (7, 14, 21 y 28).

Figura 44

Grafica comparativa de la resistencia a compresión de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado a los 28 días



La figura 44 muestra todos los valores de los adocretos a los 28 días de curado tanto para los adocretos convencionales como los que tienen un 10 %, 20 % y 30 % de agregado reciclado. Los adocretos con un 10 % de reciclado lograron superar los 290 kg/cm² requeridos en la NTP 399.611, para los adocretos con un 20% de reciclado, alcanzaron valores de 292.42

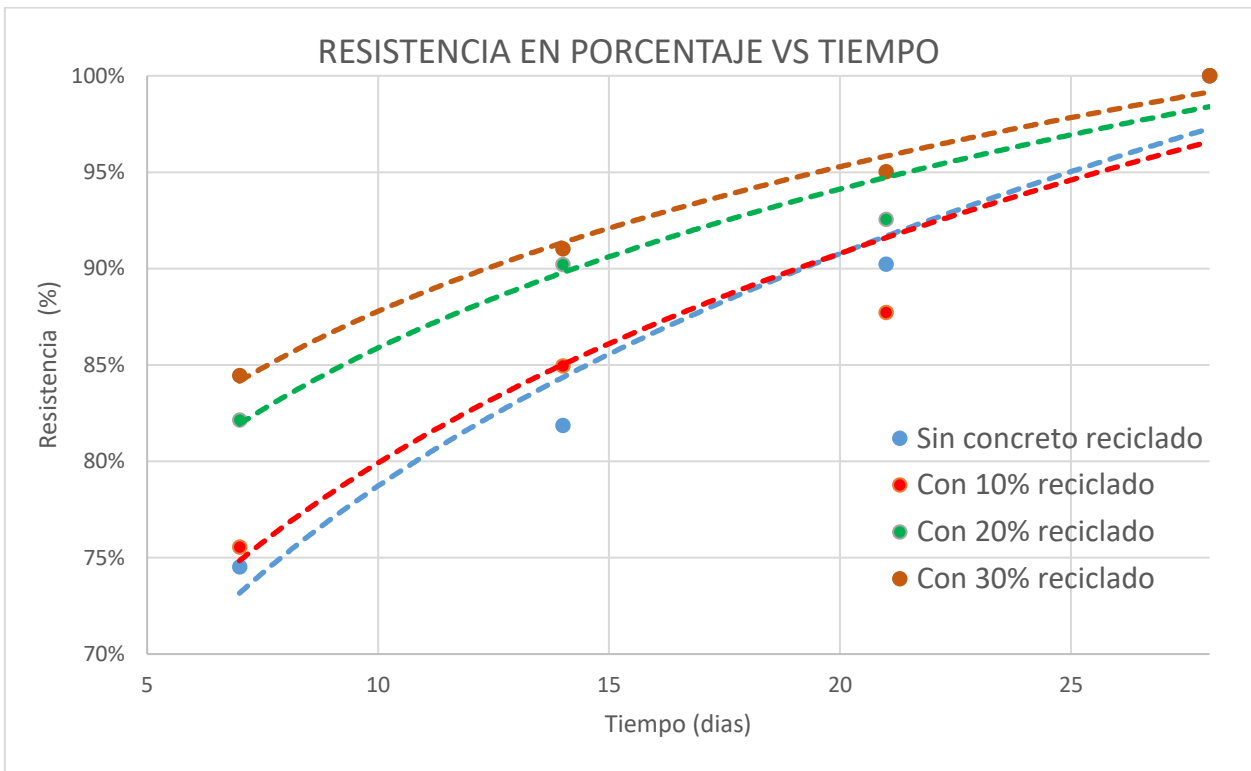


kg/cm², 290.84 kg/cm² y 290.74 kg/cm² logrando los tres adocretos llegar a los mínimos exigidos, pero entando en el límite.

Para los adocretos con 30% de reciclado los tres obtuvieron valores de 279.25 kg/cm², 282.26 kg/cm² y 274.50 kg/cm² faltándoles 10.75 kg/cm², 7.74 kg/cm² y 15.50 kg/cm² para llegar al límite mínimo.

Figura 45

Porcentaje de resistencia a compresión respecto al tiempo



La figura 45 presenta un gráfico del porcentaje de resistencia adquirida respecto a su resistencia final versus el tiempo de curado, para el concreto convencional a los 7 días de curado el adocreto adquirió un valor del 74.52% de su resistencia final, a los 14 días obtuvieron el 81.85 % y a los 21 días el 90.23% de su valor final a los 28 días.



Para el adocreto con 10% de reciclado, a los 7 días de curado el adocreto adquirió un valor del 75.55 % de su resistencia final, a los 14 días obtuvo el 84.95 % y a los 21 días el 87.72% de su valor final a los 28 días.

Para el adocreto con 20% de reciclado a los 7 días de curado el adocreto adquirió un valor del 82.14 % de su resistencia final, a los 14 días obtuvo el 90.20 % y a los 21 días el 92.56% de su valor final a los 28 días.

Finalmente, para el adocreto con 30% de reciclado a los 7 días de curado el adocreto adquirió un valor del 84.45% de su resistencia final, a los 14 días obtuvo el 91.03 % y a los 21 días el 95.02 % de su valor final a los 28 días.

El adocreto con 30% de reciclado se encuentra en la parte superior, seguida del 20 % y 10 %, el adocreto convencional se encuentra en la parte más baja, debido a que el adocreto al presentar mayor porcentaje de reciclado presenta un porcentaje de resistencia inicial más alta disminuyendo a medida que se acerca a los 28 días funcionando el agregado reciclado como una especie de acelerante.

7.2.2 Análisis de la Resistencia a la Flexión

Tabla 107

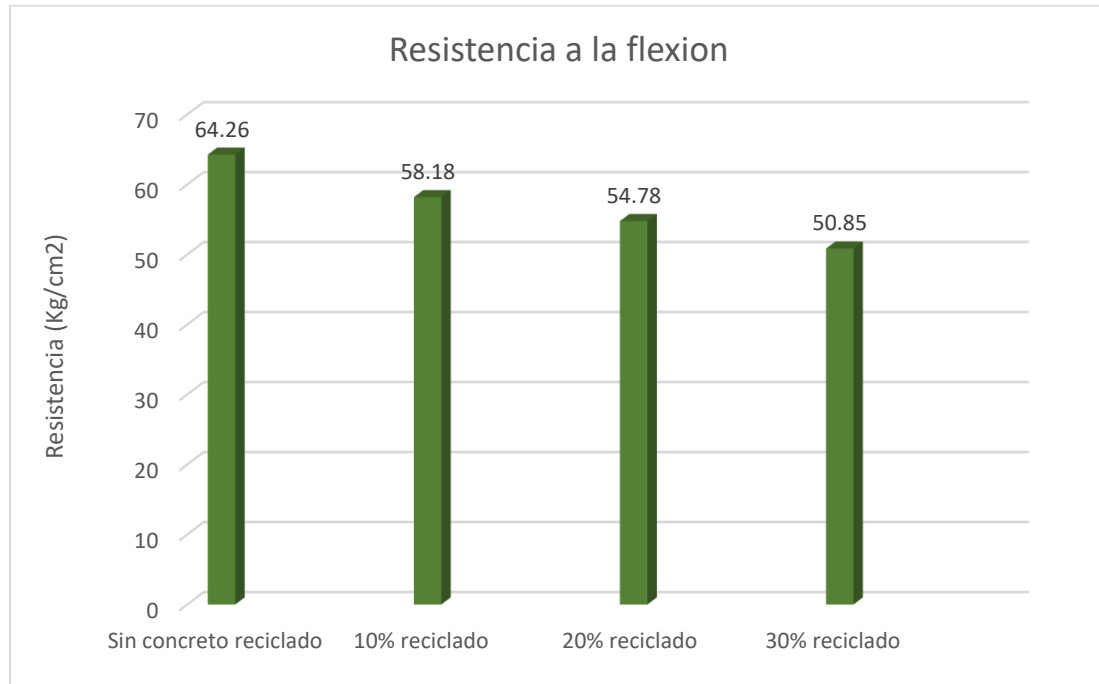
Tabla resumen de la resistencia a la flexión de los adocretos

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Sin concreto Reciclado	Kg/cm ²	62.01	68.21	62.58	64.26
	Mpa	6.10	6.70	6.10	6.30
Con 10% de concreto Reciclado	Kg/cm ²	58.30	53.23	63.02	58.18
	Mpa	5.70	5.20	6.20	5.70
Con 20% de concreto Reciclado	Kg/cm ²	55.62	53.53	55.19	54.78
	Mpa	5.50	5.20	5.40	5.40
Con 30% de concreto Reciclado	Kg/cm ²	53.22	46.15	53.19	50.85
	Mpa	5.20	4.50	5.20	5.00



Figura 46

Grafica comparativa del promedio de las resistencias a la flexión de los adcretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado



La tabla 107 y figura 46 indican los valores obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión, el valor de resistencia promedio a la flexión para el adocreto sin concreto reciclado fue de 64.26 kg/cm², 58.18 kg/cm² para los adcretos con 10% de concreto reciclado, 54.78 kg/cm² para adcretos con 20% de concreto reciclado y 50.85 kg/cm² para los adcretos con 30% de concreto reciclado.

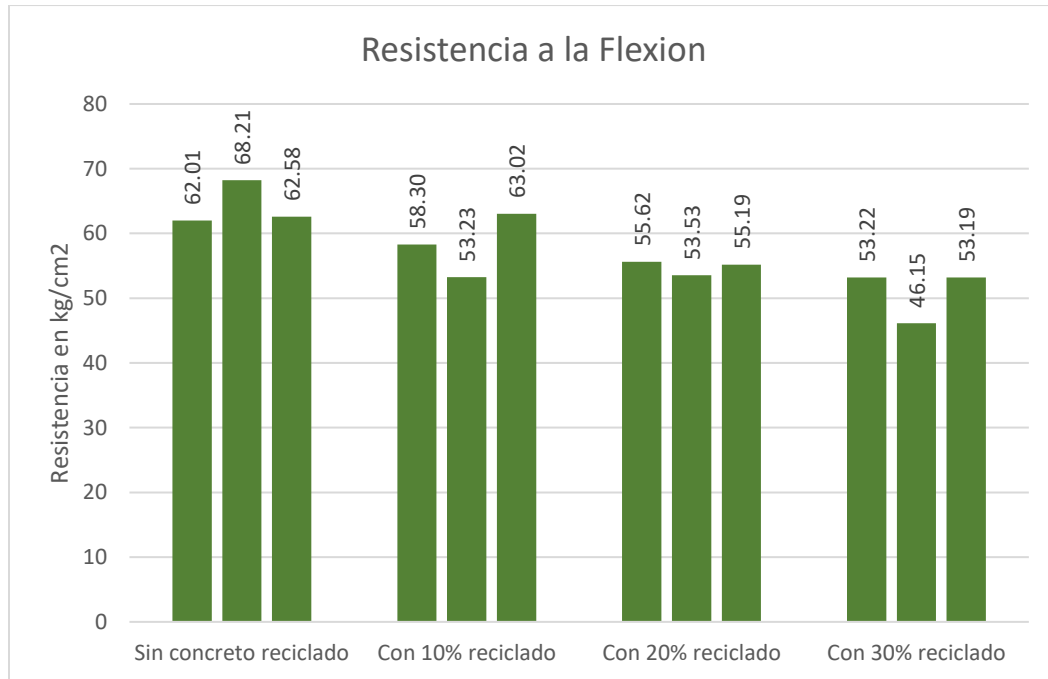
El valor de resistencia promedio de los adcretos patrón son los que obtuvieron un mejor desempeño en comparación a los otros, el porcentaje de resistencia de los adcretos con 10% de reciclado respecto al patrón es del 90.53% y una diferencia de 6.08 kg/cm², los adcretos con 20% de reciclado obtuvieron un valor del 85.25% respecto a los adcretos convencionales y una diferencia de 9.48kg/cm² y para los adcretos con 30% de reciclado se



obtuvieron un porcentaje del 79.13% en comparación con los adocretos convencionales con una diferencia de 13.41 kg/cm².

Figura 47

Grafica comparativa de las resistencias a la flexión de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado



La figura 47 muestra todos los valores de cada adocreto sometido al ensayo de flexión, los adocretos convencionales obtuvieron una resistencia de 62.01 , 68.21 y 62.58 kg/cm² estando todas por encima de los 35.7 kg/cm² exigidos, los adocretos con 10% de reciclado obtuvieron valores de 58.30 , 53.23 y 63.02 kg/cm² todas por encima de los 35.7 kg/cm², para un 20% de reciclado se obtuvieron valores de 55.62 , 53.53 y 55.19 kg/cm² y los adocretos con 30% de reciclado presentaron valores de 53.22, 46.15 y 53.19 kg/cm² los cuales presentan los valores más bajos de todas las muestras.



7.2.3 Análisis de la Máxima Absorción

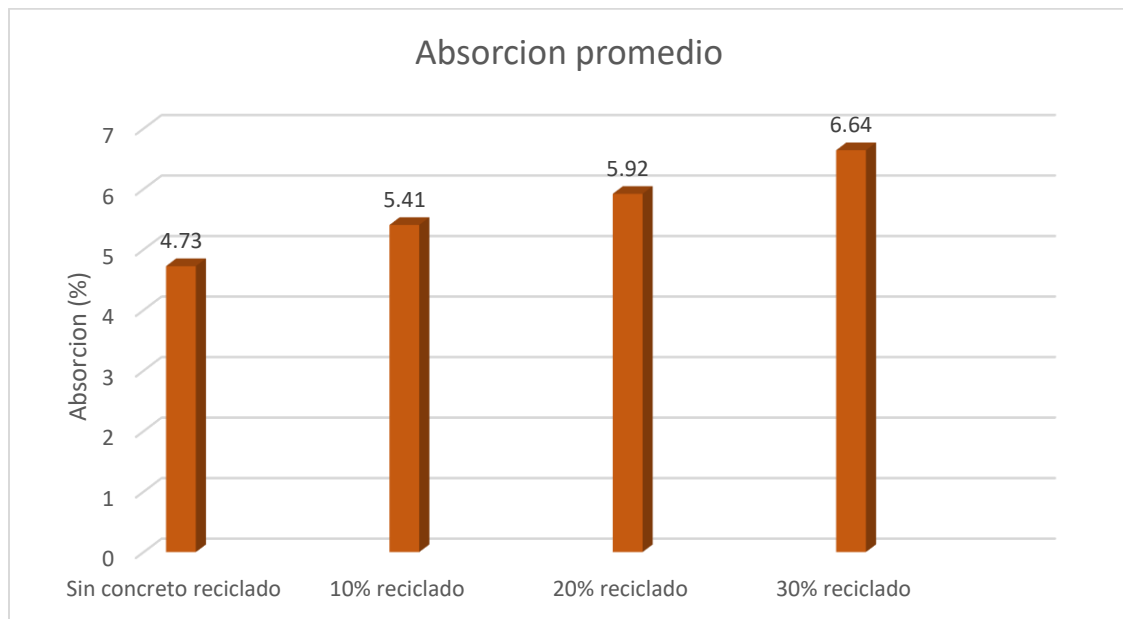
Tabla 108

Tabla resumen de la máxima absorción de los adocretos

	Sin concreto reciclado	Con 10% de concreto reciclado	Con 20% de concreto reciclado	Con 30% de concreto reciclado
Absorción (%)	4.62	5.20	5.92	6.54
	4.91	5.42	5.87	6.70
	4.65	5.59	5.97	6.68
Promedio	4.73	5.41	5.92	6.64

Figura 48

Grafica comparativa del promedio de las máximas absorciones de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado



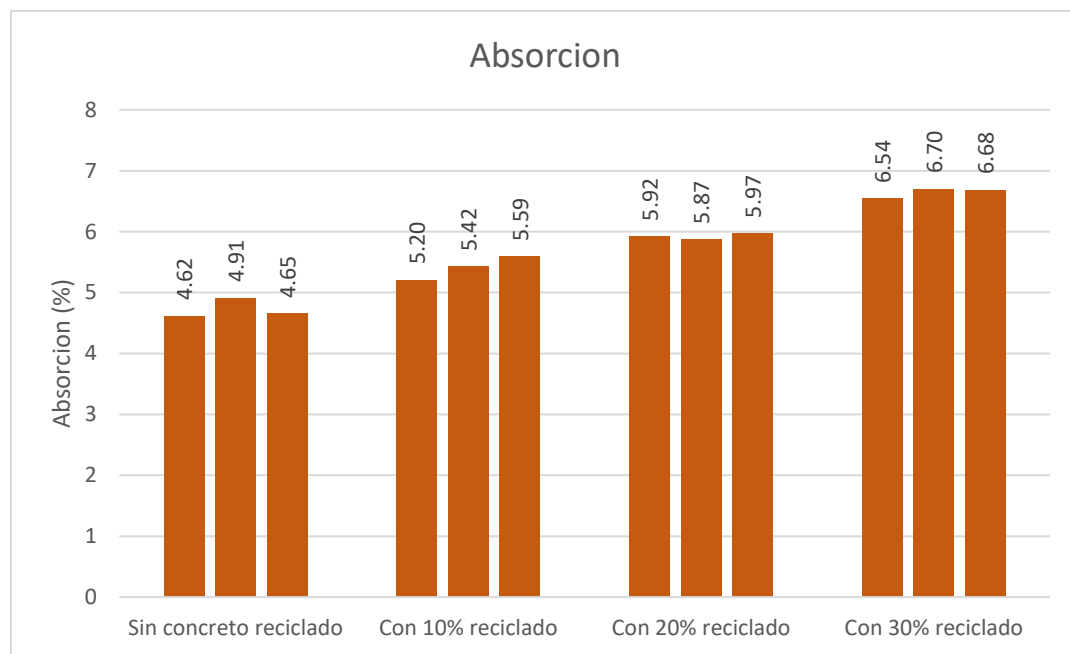
La tabla 108 y figura 48 indican los resultados promedios de los ensayos de absorción en adocretos, el porcentaje obtenido en los adocretos sin concreto reciclado fue de un 4.73%, los adocretos con 10% de concreto reciclado obtuvieron un porcentaje del 5.41%, los adocretos con 20% de concreto reciclado obtuvieron un porcentaje del 5.92 % y finalmente los adocretos con 30% de concreto reciclado tuvieron valores del 6.64%.



Los adocretos con reciclados aumentan el porcentaje de absorción frente a los adocretos convencionales, los adocretos con 10% de concreto reciclado aumentaron la absorción en un 0.68% respecto al adocreto patrón, los adocretos con 20% de concreto reciclado presentaron un aumento del 1.19% y los adocretos con 30% de concreto reciclado un aumento del 1.91%.

Figura 49

Grafica comparativa de las máximas absorciones de los adocretos con agregado natural de cantera y con 10%, 20% y 30% de concreto reciclado



La figura 49 muestra los resultados de absorción de todos los adocretos sometidos al ensayo de máxima absorción, los adocretos convencionales y los tienen agregado de concreto reciclado en un 10 % y 20 % obtuvieron valores por debajo del 7.5 % exigido por la norma NTP 399.611, los adocretos con 30% de agregado reciclado obtuvieron valores del 6.54 %, 6.70 y 6.68 % estando ya próximos al límite exigido.



7.3 Discusión

Respecto a la situación problemática

La investigación fue realizada tomando en cuenta dos factores, la primera y principal, fue la grave situación medio ambiental causada por la actividad humana, uno de los elementos que más contribuyen a la contaminación medio ambiental son los desechos de concreto, por ello, se buscó reciclar los escombros de construcción para la producción de elementos de pavimentación. El segundo factor se refiere a la deficiencia en obras de pavimentación, es sabido que nuestra región tiene carencias en estructuras viales, ya sea a nivel de redes viales departamentales o locales, en consecuencia, por ello se decidió utilizar el concreto reciclado para la producción de adocretos. La región del cusco cuenta con una serie de lugares con valor histórico y cultural, por ello se eligió los adocretos para un uso peatonal ya que estos elementos tienen como una de sus características, el que son agradables a la vista, en una ciudad cultural como el Cusco es más agradable ver calles adoquinadas que calles con losas de concreto. Como resultado, investigaciones con enfoques similares ayudaran a promover y resolver los problemas antes mencionados.

Respecto a los resultados en los agregados y su interpretación

Los resultados obtenidos para los diferentes ensayos en los agregados, se pudo apreciar que los agregados reciclados por si solos no satisfacen parámetros como la cantidad de finos que pasan la malla N°200 o las de granulometría indicados en las NTP 400.018 y NTP 400.012, debido a que presentan mayor cantidad de granos finos en su estructura que los agregados de cantera, en los ensayos de peso específico y peso unitario se observó que obtuvieron valores por debajo de los agregados de cantera evidenciando que los agregados reciclados generan concretos más livianos, en cuanto a los ensayos de absorción y humedad los resultados de los agregados reciclados fueron



mayores a los agregados de cantera esto nos indica que los agregados reciclados presentan mayor cantidad de poros en su estructura por lo tanto almacenan mayor cantidad de agua.

En cuanto al ensayo de resistencia a la abrasión los ángeles los resultados para agregados naturales como reciclados, lograron alcanzar los parámetros de la Norma CE 0.10 pero se evidencio que los agregados reciclados tuvieron menor resistencia que los agregados naturales, debido a que en su estructura se encuentran granos de concreto fragmentado siendo estas menos resistentes que los fragmentados de roca.

Respecto al desempeño de tolerancia dimensional de la NTP 399.611

Para el vaciado de los adocretos se utilizaron moldes metálicos con dimensiones de 20x10x6cm esto para garantizar conseguir las dimensiones requeridas, los resultados para los adocretos tanto convencionales como para los adocretos con 10 %, 20 % y 30 % de agregados reciclados en su mezcla tuvieron un desempeño similar, en los resultados descritos en el Capítulo IV se aprecia que los adocretos tuvieron dimensiones con variaciones dentro de los límites de la norma NTP 399.611 y ninguno estuvo fuera de los parámetros permitidos. Esto se logró gracias a las adoquineras de metal ya que permitieron conservar las dimensiones hasta su desencofrado.

Respecto al desempeño de resistencia a la compresión requerida en la Norma NTP 399.611

La resistencia promedio a los 28 días de curado de los adocretos convencionales fue de 335.24 kg/cm², los adocretos con 10% de agregado reciclado obtuvieron un valor promedio de 320.99 kg/cm², los adocretos con 20% reciclado tuvieron un valor promedio de 291.34 kg/cm² y los adocretos con 30% de reciclados obtuvieron un valor promedio de 278.67 kg/cm².



Todos los adocretos convencionales y los adocretos con 10% y 20% de agregado reciclado lograron superar los 290 kg/cm² exigidos en la NTP 399.611, los adocretos con 30% de agregado reciclado ninguna de sus unidades logro superar el mínimo exigido.

La resistencia a la compresión de los adocretos disminuye a medida que aumenta el porcentaje de reciclado incorporado, este fenómeno ocurrió en todos los días registrados durante su curado (7, 14, 21 y 28 días). Los adocretos con concreto reciclado desarrollaron mayor resistencia temprana que los adocretos convencionales, esto debido a el agregado reciclado funciona como una especie de acelerante aumentando el porcentaje de resistencia a edad temprana como se indica en la figura 47.

Respecto al desempeño de resistencia a la flexión indicada en la NTG 41086

La resistencia promedio a la flexión para los adocretos convencionales fueron de 64.26 kg/cm², los adocretos con 10% de agregado reciclado obtuvieron una resistencia promedio de 58.18 kg/cm², los adocretos con 20% de agregados reciclados tuvieron un valor promedio de 54.78 kg/cm² y finalmente los adocretos con 30% de agregado reciclado llegaron a una resistencia promedio de 50.85 kg/cm², todos los adocretos ensayados a los 28 días obtuvieron una resistencia por encima de los 35.7 kg/cm² exigidos en la NTG 41086, se observó que la resistencia a la flexión de manera similar como en los resultados a la compresión disminuye a medida que se aumenta el porcentaje de agregado reciclado en los adocretos.

Desempeño con respecto a la máxima absorción requerida en la NTP 399.611

Los ensayos de máxima absorción en los adocretos fueron realizados a los 28 días de curado los adocretos convencionales tuvieron mejor desempeño que los adocretos con agregado reciclado. Los adocretos convencionales obtuvieron un valor promedio del 4.73%, los adocretos



con 10% de reciclado se alcanzaron un valor promedio del 5.41%, los adocretos con 20% de reciclado un valor promedio de 5.92% y los adocretos con 30% de reciclado un valor promedio de 6.64%. Aumentando la absorción a medida que aumenta el porcentaje de agregado reciclado, Todos los adocretos convencionales, así como los que tienen agregado reciclado en 10%, 20% y 30% obtuvieron valores por debajo del 7.5 % exigido, sin embargo, se observa que los adocretos con 30% de reciclado tienen valores cercanos al límite permitido.

Respecto a otras investigaciones

El desempeño en los ensayos de resistencia a la compresión, flexión y absorción en general disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje de agregado reciclado en la mezcla, estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por José C. Jordán Saldaña y Neiser Viera Caballero (2014). en la investigación titulada “ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, UTILIZANDO COMO AGREGADO EL CONCRETO RECICLADO EN OBRA” investigación en la que se reemplazó el agregado de cantera por agregado reciclado en porcentajes del 25%, 50% y 100% obteniendo resultados de resistencias cada vez menores, en la investigación de Eddson A. Carizayle Laurente y Sandra E. Anquise Huayhua (2015). Titulada “VIABILIDAD DEL USO DE CONCRETO RECICLADO PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD TACNA” se comprobó que al reemplazar agregado de cantera en un 100% por agregado reciclado de concreto, se obtenían resultados menores a los diseñados. En todas estas investigaciones concluyen que es posible utilizar el agregado de concreto reciclado, pero se tiene que escoger un porcentaje óptimo para cada tipo de elemento requerido.

Respecto al apartado económico y su factibilidad

El agregado reciclado tuvo un costo de producción de 30.20 soles mucho menor al costo de los agregados naturales. Al incorporar agregado reciclado en cantidades de 10%, 20% y 30% para un



metro cubico de concreto se obtuvo una reducción de 8.80 soles por cada 10% añadido, si bien la reducción no es mucha, aumenta a medida que aumenta el porcentaje de reciclado, aunque por el contrario disminuye su desempeño mecánico.

Los adocretos con agregado de concreto reciclado en conclusión tienen un costo menor a los adocretos convencionales, este motivo ya representa una alternativa a utilizar y confirma de su factibilidad, aunque el beneficio económico no sea alto los beneficios medio ambientales son mayores.

Selección de Mezcla con Mejor Desempeño

Los adocretos convencionales cumplieron con todos los requerimientos de la norma NTP 399.611 y la NTG 41086, la resistencia promedio que alcanzó fue de 335.24 kg/cm² cada uno de los especímenes superaron los 290kg/cm² mínimos requeridos. La resistencia a la flexión alcanzó un promedio de 64.26 kg/cm² y cada elemento superó los 35.7 kg/cm² mínimos requeridos, los resultados de absorción fueron de un 4.73% y cada adocreto tuvo valores por debajo de los 7.5 % exigidos, en consecuencia, los adocretos sin agregado de concreto reciclado pasaron satisfactoriamente todos los requisitos exigidos.

En el caso de los adocretos con 10% de agregado reciclado, en el ensayo de resistencia se obtuvo un valor promedio de 320.99 kg/cm² y cada uno de los especímenes superó los 290 kg/cm² de diseño, aunque la resistencia disminuyó en un 4.25% de la resistencia de los adocretos convencionales, en el caso de la resistencia a la flexión cada uno de los adocretos superó los 35.7 kg/cm² mínimos alcanzando una resistencia promedio de 58.18 kg/cm² disminuyendo un 9.47% de la resistencia a la flexión de los adocretos convencionales, Para la absorción los adocretos con 10% reciclado aumentaron la absorción en un 0.68% con respecto a los adocretos sin reciclado, aunque siguieron estando por debajo de los 7.5 % requeridos con un promedio de 5.41%. Estos adocretos



tuvieron buen desempeño sin tener una disminución considerable en comparación de los adocretos convencionales.

Los adocretos con 20% de agregado reciclado alcanzaron una resistencia a la compresión promedio de 291.34 kg/cm^2 y cada uno de los adocretos alcanzo el mínimo de 290 kg/cm^2 , pero ya estando cerca de este valor teniendo una disminución del 13.09% respecto al adocreto convencional, en el ensayo de resistencia a la flexión todos los adocretos superaron el 35.7 kg/cm^2 requeridos con una disminución del 14.76% y un promedio de 54.78 kg/cm^2 respecto al adocreto convencional. En cuanto a la absorción estos adocretos obtuvieron un promedio de 5.92% aumentando en un 1.19% respecto de los adocretos convencionales. Si bien estos adocretos superaron todos los parámetros requeridos sus resultados fueron más próximos a los límites.

Los adocretos con 30% de reciclado tuvieron un promedio de 278.67 kg/cm^2 en su resistencia a la compresión y todos los adocretos no llegaron a los 290 kg/cm^2 exigidos, la disminución en promedio con respecto a los adocretos sin reciclado fue de 20.63%. Para el ensayo de resistencia a la flexión se obtuvo un promedio de 50.85 kg/cm^2 y todos los adocretos obtuvieron valores por encima de los 35.7 kg/cm^2 . Para la prueba de absorción el valor promedio fue de 6.64%, el aumento respecto a los adocretos convencionales fue de 1.91% y por consiguiente estando cerca de los 7.5 % permitidos. Este diseño no logro superar todos los parámetros.

Si bien los adocretos con 10% y 20% de reciclados lograron superar los parámetros exigidos a nivel individual se puede concluir que cuanto menos reciclado se agrega mejores resultados se obtienen a nivel de desempeño físico mecánico, sin embargo, ya que la diferencia económica es de 8.80 soles por cada metro cubico de concreto, el diseño de mezcla con mejor desempeño es el de 10% de agregado de reciclado.



CAPÍTULO VIII: Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

Una vez visto todos los capítulos anteriores y en base a los objetivos planteados inicialmente, podemos concluir lo siguiente:

- El diseño de mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm² utilizando concreto reciclado para adocretos tipo I en vías peatonales; si es viable. Pero de acuerdo a nuestra investigación solo cumplen los adocretos con 10% y 20% de agregado reciclado. Por consiguiente, el diseño de mezcla recomendable es el de los adocretos con 10% de agregado reciclado.
- Las resistencias a compresión obtenidas en los adocretos tanto convencionales, como de 10%, 20% y 30% de agregado reciclado fueron 335.24 kg/cm², 320.99 kg/cm², 291.34 kg/cm² y 278.67 kg/cm² respectivamente. Por consiguiente, solo los adocretos con 10% y 20% de concreto reciclado lograron superar los 290kg/cm² de resistencia a la compresión, cumpliendo los parámetros exigidos por la norma NTP 399.611.
- Las resistencias a flexión obtenidas en los adocretos tanto convencionales, como de 10%, 20% y 30% de agregado reciclado fueron 64.26 kg/cm², 58.18kg/cm², 54.78 kg/cm² y 50.85 kg/cm² respectivamente. Por consiguiente, todos los adocretos lograron superar los 35.70 kg/cm² de resistencia a la flexión, cumpliendo los parámetros exigidos por la norma NTG 41086.
- Las máximas absorciones obtenidas en los adocretos tanto convencionales, como de 10%, 20% y 30% de agregado reciclado fueron 4.73 %, 5.41 %, 5.92 % y 6.64 %, todas estuvieron por debajo de los 7.5% de máxima absorción. Por consiguiente, todos cumplen los parámetros exigidos por la norma NTP 399.611.
- El costo de producción de 1 m³ de agregado reciclado fue de S/ 30.20 siendo éste considerablemente más económico que los S/ 140.00 de la arena de Cunyac, los S/ 70.00



del confitillo de Vicho y S/ 60.00 de la piedra chancada de vicho. El costo de 1 m³ de concreto para la producción de adocretos fue de S/ 356.62 (sin agregado reciclado), S/ 347.89 (con 10% de agregado reciclado), S/ 339.04 (con 20% de agregado reciclado) y S/ 330.13 (con 30% de agregado reciclado) por consiguiente el costo de 1 m³ de concreto para la producción de adocretos es menor a medida que se adiciona agregado reciclado además este ahorro se incrementara a medida que se requiera mayor cantidad de concreto. Todo este análisis nos permite concluir que económicamente es viable el uso de agregado reciclado en la producción de adocretos tipo I

- Se observó que los agregados reciclados por si solos no satisfacen los parámetros de los ensayos para agregados fino y grueso en los ensayos de cantidad de finos que pasa la malla n.º 200 y granulometría. Y según a los resultados y discusiones previas se concluye que a medida que se adiciona agregado reciclado de concreto los agregados finales bajan la calidad de sus propiedades físico mecánicas.

8.2 Recomendaciones

- Se podría ampliar el porcentaje adicionado de agregado reciclado para tener mayor rango de datos y evaluar el comportamiento de los parámetros mecánicos y físicos con porcentajes menores a 30 % de concreto reciclado.
- El concreto reciclado al reducir la resistencia de la mezcla diseñada se puede utilizar en mayores porcentajes para elementos con menos requisitos de resistencia o elementos no estructurales como revoques o acabados.
- El factor de corrección obtenido es específicamente para adocretos con dimensiones de 20x10x6cm este mismo factor podría ser calculada para adocretos de otras dimensiones y formas.



- Para aumentar el porcentaje de agregado reciclado en cualquier elemento sin disminuir la resistencia se recomienda la investigación adicionando otros materiales que se sabe que aumentan la resistencia como por ejemplo las fibras metálicas o de carbono.
- Se puede tener mejores desempeños y aumentar el porcentaje de agregado reciclado cambiando los agregados de otras canteras buscando materiales con mayor calidad o que se desempeñen de mejor manera al mezclarse con agregado reciclado.
- Se recomienda analizar el diseño en la producción de adocretos de manera convencional de las diferentes empresas y analizar si con el factor de correlación por forma y esbeltez se puede disminuir los costos de producción.



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- American Concrete Institute Committee 211. (1991). *Standard Practice for Selecting*. Farmington Hills.
- Carizayle Laurent, E., & Anquise Huayhua, S. (2015). *Viabilidad del uso del concreto reciclado para la construccion de viviendas en tacna*. Tacna.
- Coila Ticona, N. A., & Loayza Cahua, J. D. (2015). *Influencia de la relación agua cemento y el agregado fino en la retracción y/o contracción para concretos en Arequipa* . Arequipa.
- Cordero Estévez, G. D., Cárdenas Gutiérrez, J. A., & Rojas Suárez, J. P. (2018). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI*. Bogotá.
- Cruz García, J., & Ramón Velázquez, Y. (2004). *Concreto reciclado*.
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodologia de la investigacion* . Mexico.
- Huarcaya Gonzales, A. A. (2019). *Análisis de las propiedades físico mecanicas del cemento Pórtland tipo I en Lima metropolitana*. Lima.
- Jordán Saldaña, J., & Viera Caballero, N. (2014). *Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto en obra*.
- Ledezma Chumes, F., & Yauri Huiza, w. (2018). *Diseño de mezcla de concreto para la elaboracion de adoquines con material reciclado de neumaticos en la provincia de huancavelica*.
- Mejía, E., Giraldo, J., & Martínez, L. (2013). *Residuos de construcción y demolición. Revision sobre su composición, impactos y gestión*.
- Norma Tecnica Guatemalteca. (2015). NTG 41086.
- NTP 399.604. (2015). Unidades de albañileria, metodo de muestreo y ensayo de unidades de albañileria de concreto.



NTP 399.611. (2017). Unidades de albañolería, adoquines para pavimento.

NTP 400.037. (2013). Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados de concreto.

Pasquel, E. (1998). *Temas de tecnología del concreto*.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2017). *Concreto armado E 0.60*.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2017). Pavimentos Urbanos CE 0.10.

Riva Lopez, E. (1998). *Tecnología del concreto*.

Riva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y materiales de construcción*.

Rodríguez Carrasco, M. A. (2011). *Fraguado del concreto en diferentes medios: con humedad, sin humedad en temperatura bajo cero*. Juárez.

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lezcano, A. R. (2015). *Pavimentos materiales, construcción y diseño*. Bogotá: ECOE.

Vidaud, I., Castaño, T., & Vidaud, E. (2013). *Concreto sustentable, ¿mito o realidad? construcción y tecnología en concreto*.

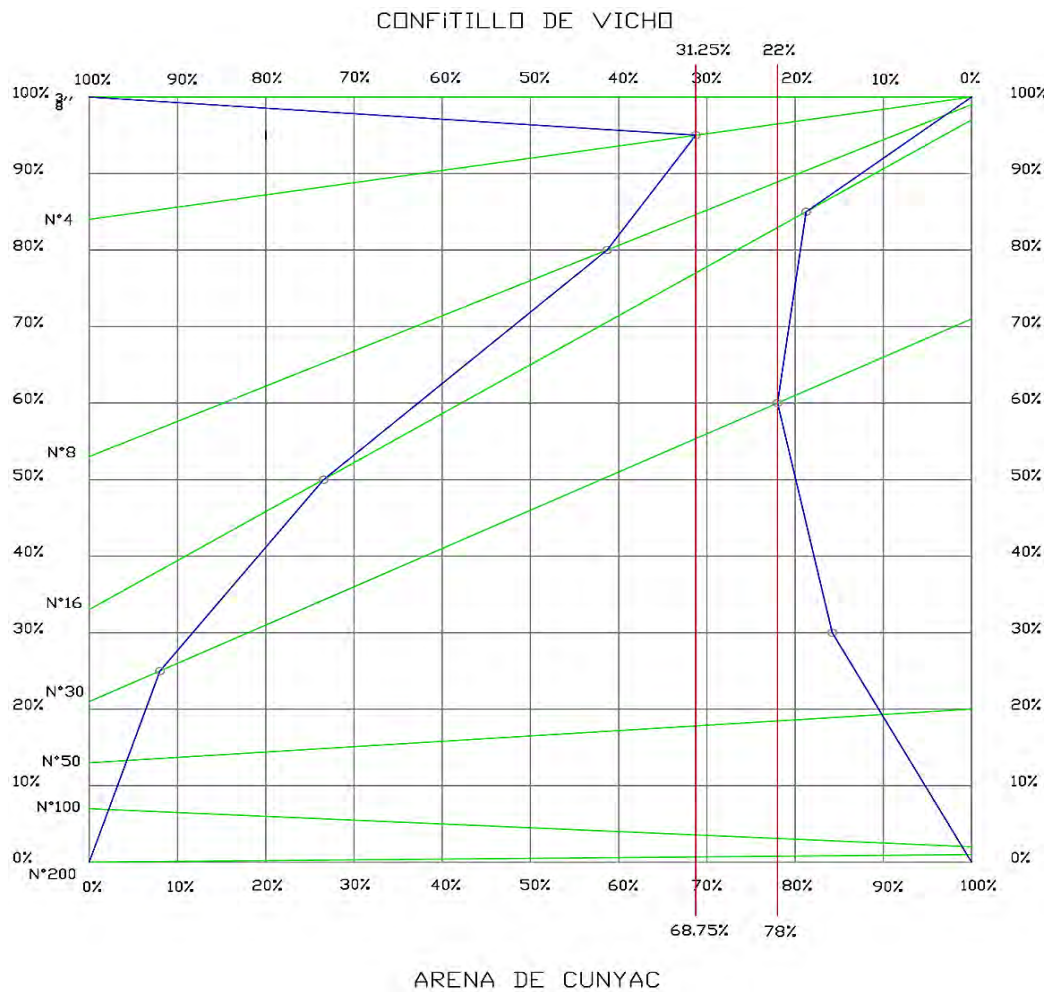


ANEXO

10.1 Anexo 1: Cálculo de Optimización de Agregado Fino (Método Gráfico)

Figura 50

Método gráfico de optimización de agregado fino



Porcentaje a usar:



$$\% \text{ de confitollo de vicho} = \frac{31.25 + 22}{2} = 26.62 \approx 25\%$$

$$\% \text{ de arena de cunyac} = \frac{68.75 + 78}{2} = 73.38 \approx 75\%$$

Para la mezcla optimizada de agregado fino se cuenta con un 25% de confitollo de Vicho y 75% de arena de Cunyac.



10.2 Anexo 2: Ensayos de Porcentaje de Finos que Pasa la Malla n°200

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL																										
<i>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</i>																											
Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado																										
Normativa:	MTC E 202 NTP 400.018																										
Datos generales																											
Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”																										
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma																										
Fecha:	13/06/2022																										
Datos del Ensayo																											
Muestra:	AGREGADO FINO RECICLADO																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Cantidad</th> <th rowspan="2">Unidad</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td>111.78</td> <td>156.56</td> <td>153.90</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + Muestra seca original</td> <td>1117.01</td> <td>1158.32</td> <td>1162.14</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + Muestra seca lavada</td> <td>1093.20</td> <td>1135.28</td> <td>1140.41</td> <td>gr</td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Cantidad			Unidad	M-1	M-2	M-3	Peso del recipiente	111.78	156.56	153.90	gr	Peso del recipiente + Muestra seca original	1117.01	1158.32	1162.14	gr	Peso del recipiente + Muestra seca lavada	1093.20	1135.28	1140.41	gr
Descripción	Cantidad			Unidad																							
	M-1	M-2	M-3																								
Peso del recipiente	111.78	156.56	153.90	gr																							
Peso del recipiente + Muestra seca original	1117.01	1158.32	1162.14	gr																							
Peso del recipiente + Muestra seca lavada	1093.20	1135.28	1140.41	gr																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Cantidad</th> <th rowspan="2">Unidad</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de muestra seca original</td> <td>1005.23</td> <td>1001.76</td> <td>1008.24</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de muestra seca lavada</td> <td>981.42</td> <td>978.72</td> <td>986.51</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje fino que pasa malla N°200</td> <td>2.43</td> <td>2.35</td> <td>2.20</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Cantidad			Unidad	M-1	M-2	M-3	Peso de muestra seca original	1005.23	1001.76	1008.24	gr	Peso de muestra seca lavada	981.42	978.72	986.51	gr	Porcentaje fino que pasa malla N°200	2.43	2.35	2.20	%
Descripción	Cantidad			Unidad																							
	M-1	M-2	M-3																								
Peso de muestra seca original	1005.23	1001.76	1008.24	gr																							
Peso de muestra seca lavada	981.42	978.72	986.51	gr																							
Porcentaje fino que pasa malla N°200	2.43	2.35	2.20	%																							



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μ m (N° 200) por lavado
Normativa:	MTC E 202 NTP 400.018

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	14/06/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	AGREGADO GRUESO RECICLADO																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Cantidad</th> <th rowspan="2">Unidad</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td>403.87</td> <td>331.24</td> <td>345.48</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + Muestra seca original</td> <td>2525.91</td> <td>2345.78</td> <td>2367.12</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + Muestra seca lavada</td> <td>2481.82</td> <td>2299.45</td> <td>2325.56</td> <td>gr</td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Cantidad			Unidad	M-1	M-2	M-3	Peso del recipiente	403.87	331.24	345.48	gr	Peso del recipiente + Muestra seca original	2525.91	2345.78	2367.12	gr	Peso del recipiente + Muestra seca lavada	2481.82	2299.45	2325.56	gr
Descripción	Cantidad			Unidad																							
	M-1	M-2	M-3																								
Peso del recipiente	403.87	331.24	345.48	gr																							
Peso del recipiente + Muestra seca original	2525.91	2345.78	2367.12	gr																							
Peso del recipiente + Muestra seca lavada	2481.82	2299.45	2325.56	gr																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Cantidad</th> <th rowspan="2">Unidad</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de muestra seca original</td> <td>2122.04</td> <td>2014.54</td> <td>2021.64</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de muestra seca lavada</td> <td>2077.95</td> <td>1968.21</td> <td>1980.08</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje fino que pasa malla N°200</td> <td>2.12</td> <td>2.35</td> <td>2.10</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Cantidad			Unidad	M-1	M-2	M-3	Peso de muestra seca original	2122.04	2014.54	2021.64	gr	Peso de muestra seca lavada	2077.95	1968.21	1980.08	gr	Porcentaje fino que pasa malla N°200	2.12	2.35	2.10	%
Descripción	Cantidad			Unidad																							
	M-1	M-2	M-3																								
Peso de muestra seca original	2122.04	2014.54	2021.64	gr																							
Peso de muestra seca lavada	2077.95	1968.21	1980.08	gr																							
Porcentaje fino que pasa malla N°200	2.12	2.35	2.10	%																							



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado
Normativa:	MTC E 202 NTP 400.018

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	15/06/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	PIEDRA CHANCADA DE VICHO 3/8''				
	Cantidad			Unidad	
	M-1	M-2	M-3		
	Peso del recipiente	345.92	331.42	345.82	gr
	Peso del recipiente + Muestra seca original	2526.43	2565.41	2432.41	gr
	Peso del recipiente + Muestra seca lavada	2514.16	2557.92	2427.37	gr
	Cantidad			Unidad	
	M-1	M-2	M-3		
	Peso de muestra seca original	2180.51	2233.99	2086.59	gr
	Peso de muestra seca lavada	2168.24	2226.50	2081.55	gr
	Porcentaje fino que pasa malla N°200	0.57	0.34	0.24	%



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado
Normativa:	MTC E 202 NTP 400.018

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	20/06/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	ARENA DE CUNYAC																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Cantidad</th> <th rowspan="2">Unidad</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td style="text-align: center;">375.92</td> <td style="text-align: center;">375.92</td> <td style="text-align: center;">375.92</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + Muestra seca original</td> <td style="text-align: center;">1388.07</td> <td style="text-align: center;">1385.22</td> <td style="text-align: center;">1385.27</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + Muestra seca lavada</td> <td style="text-align: center;">1383.16</td> <td style="text-align: center;">1378.77</td> <td style="text-align: center;">1381.11</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Cantidad			Unidad	M-1	M-2	M-3	Peso del recipiente	375.92	375.92	375.92	gr	Peso del recipiente + Muestra seca original	1388.07	1385.22	1385.27	gr	Peso del recipiente + Muestra seca lavada	1383.16	1378.77	1381.11	gr
Descripción		Cantidad				Unidad																	
	M-1	M-2	M-3																				
Peso del recipiente	375.92	375.92	375.92	gr																			
Peso del recipiente + Muestra seca original	1388.07	1385.22	1385.27	gr																			
Peso del recipiente + Muestra seca lavada	1383.16	1378.77	1381.11	gr																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Cantidad</th> <th rowspan="2">Unidad</th> </tr> <tr> <th>M-1</th> <th>M-2</th> <th>M-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de muestra seca original</td> <td style="text-align: center;">1012.15</td> <td style="text-align: center;">1009.30</td> <td style="text-align: center;">1009.35</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de muestra seca lavada</td> <td style="text-align: center;">1007.24</td> <td style="text-align: center;">1002.85</td> <td style="text-align: center;">1005.19</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje fino que pasa malla N°200</td> <td style="text-align: center;">0.49</td> <td style="text-align: center;">0.64</td> <td style="text-align: center;">0.41</td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Cantidad			Unidad	M-1	M-2	M-3	Peso de muestra seca original	1012.15	1009.30	1009.35	gr	Peso de muestra seca lavada	1007.24	1002.85	1005.19	gr	Porcentaje fino que pasa malla N°200	0.49	0.64	0.41	%
Descripción		Cantidad				Unidad																	
	M-1	M-2	M-3																				
Peso de muestra seca original	1012.15	1009.30	1009.35	gr																			
Peso de muestra seca lavada	1007.24	1002.85	1005.19	gr																			
Porcentaje fino que pasa malla N°200	0.49	0.64	0.41	%																			



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (N° 200) por lavado
Normativa:	MTC E 202 NTP 400.018

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adcretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	28/06/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	CONFITILLO DE VICHO				
	Cantidad			Unidad	
	M-1	M-2	M-3		
	Peso del recipiente	331.54	331.38	331.79	gr
	Peso del recipiente + Muestra seca original	1311.41	1314.52	1313.09	gr
	Peso del recipiente + Muestra seca lavada	1298.87	1300.94	1299.91	gr
	Cantidad			Unidad	
	M-1	M-2	M-3		
	Peso de muestra seca original	979.87	983.14	981.30	gr
	Peso de muestra seca lavada	967.33	969.56	968.12	gr
	Porcentaje fino que pasa malla N°200	1.30	1.40	1.36	%



10.3 Anexo 3: Ensayos de Granulometría

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

<i>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</i>

Ensayo:	Análisis granulométrico de agregados grueso y fino
Normativa:	MTC E 204 NTP 400.012



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto f’c=290 kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	22/06/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	AGREGADO FINO RECICLADO	Peso neta de la muestra (gr)	1024.46			
tamiz		PESO				
pulgadas (in)	milímetros (mm)	retenido (gr)	retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	52.23	52.32	5.11	5.11	94.89
N° 8	2.36	150.74	150.99	14.74	19.85	80.15
N° 16	1.18	178.7	179.00	17.47	37.32	62.68
N° 30	0.6	191.24	191.56	18.70	56.02	43.98
N° 50	0.3	181.83	182.14	17.78	73.80	26.20
N° 100	0.15	137.64	137.87	13.46	87.25	12.75
N° 200	0.075	115.88	116.08	11.33	98.59	1.41
CAZUELA		14.47	14.49	1.41	100.00	0.00
Σ =		1022.73	1024.46	100.00	M.F=	2.79



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Análisis granulométrico de agredagos grueso y fino
Normativa:	MTC E 204 NTP 400.012



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto f’c=290 kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	27/06/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	AGREGADO GRUESO RECICLADO	Peso neta de la muestra (gr)	1000.20			
tamiz		PESO				
pulgadas (in)	milímetros (mm)	retenido (gr)	retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	35.99	35.99	3.60	3.60	96.40
N° 4	4.75	854.33	854.37	85.42	89.02	10.98
N° 8	2.36	92.26	92.26	9.22	98.24	1.76
Cazuela		17.57	17.57	1.76	100.00	
$\Sigma =$		1000.15	1000.20	100.00		



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Análisis granulométrico de agregados grueso y fino
Normativa:	MTC E 204 NTP 400.012



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adcretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	16/08/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	ARENA DE CUNYAC	Peso neta de la muestra (gr)	1000.88			
tamiz		PESO				
pulgadas (in)	milímetros (mm)	retenido (gr)	retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	4.02	4.03	0.40	0.40	99.60
N° 8	2.36	2.99	3.00	0.30	0.70	99.30
N° 16	1.18	21.37	21.45	2.14	2.85	97.15
N° 30	0.6	262.46	263.42	26.32	29.16	70.84
N° 50	0.3	506.72	508.57	50.81	79.98	20.02
N° 100	0.15	184.1	184.77	18.46	98.44	1.56
N° 200	0.075	14.42	14.47	1.45	99.88	0.12
CAZUELA		1.15	1.15	0.12	100.00	0.00
$\Sigma =$		997.23	1000.88	100.00	M.F=	2.12



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Análisis granulométrico de agredagos grueso y fino
Normativa:	MTC E 204 NTP 400.012



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto f’c=290 kg/cm ² con concreto reciclado para adcretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	16/08/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	CONFITILLO DE VICHO		Peso neta de la muestra (gr)		1000.23	
tamiz		PESO				
pulgadas (in)	milímetros (mm)	retenido (gr)	retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
3/8"	9.5	0	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	162.15	162.23	16.22	16.22	83.78
N° 8	2.36	312.07	312.22	31.21	47.43	52.57
N° 16	1.18	200.44	200.54	20.05	67.48	32.52
N° 30	0.6	116.98	117.04	11.70	79.18	20.82
N° 50	0.3	79.19	79.23	7.92	87.10	12.90
N° 100	0.15	60.32	60.35	6.03	93.14	6.86
N° 200	0.075	33.03	33.05	3.30	96.44	3.56
CAZUELA		35.57	35.59	3.56	100.00	0.00
Σ =		999.75	1000.23	100.00	M.F=	3.91



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Análisis granulométrico de agredagos grueso y fino
Normativa:	MTC E 204 NTP 400.012

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	22/06/2022

Datos del Ensayo

Muestra:	PIEDRA CHANCADA DE VICHO 3/8'	Peso neta de la muestra (gr)	1000.51			
		PESO				
tamiz						
pulgadas (in)	milímetros (mm)	retenido (gr)	retenido corregido (gr)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
1/2"	12.5	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	459.98	460.14	45.99	45.99	54.01
N° 4	4.75	490.12	490.29	49.00	94.99	5.01
N° 8	2.36	49.10	49.12	4.91	99.90	0.10
Cazuela		0.97	0.97	0.10	100.00	
$\Sigma =$		1000.17	1000.51	100.00		



10.4 Anexo 4: Ensayos de Peso Unitario

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

<i>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</i>

Ensayo:	Peso unitario y vacios de los agregados
Normativa:	MTC E 203 NTP 400.017



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	20/06/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO FINO RECICLADO			
	P. U. SUELTO			
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso Proctor	4241.88	4241.88	4241.88	gr
Peso Proctor + muestra	5486.01	5480.73	5484.85	gr
Volumen Proctor	940.00	940.00	940.00	cm ³
Peso Muestra	1244.13	1238.85	1242.97	gr
Peso Unitario	1323.54	1317.93	1322.31	kg/m ³
	P. U. COMPACTO			
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso Proctor	4241.88	4241.88	4241.88	gr
Peso Proctor + muestra	5673.28	5704.65	5622.88	gr
Volumen Proctor	940.00	940.00	940.00	cm ³
Peso Muestra	1431.40	1462.77	1381.00	gr
Peso Unitario	1522.77	1556.14	1469.15	kg/m ³



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Peso unitario y vacios de los agregados
Normativa:	MTC E 203 NTP 400.017



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	28/06/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO RECICLADO																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">P.U. SUELTO</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripcion</th> <th style="width: 15%;">M-1</th> <th style="width: 15%;">M-2</th> <th style="width: 15%;">M-3</th> <th style="width: 25%;">Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Proctor</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Proctor + muestra</td> <td style="text-align: center;">8900</td> <td style="text-align: center;">8900</td> <td style="text-align: center;">9000</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen Proctor</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra</td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td style="text-align: center;">2600</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario</td> <td style="text-align: center;">1177.02</td> <td style="text-align: center;">1177.02</td> <td style="text-align: center;">1224.11</td> <td style="text-align: center;">kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>					P.U. SUELTO					Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad	Peso Proctor	6400	6400	6400	gr	Peso Proctor + muestra	8900	8900	9000	gr	Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³	Peso Muestra	2500	2500	2600	gr	Peso Unitario	1177.02	1177.02	1224.11	kg/m ³
P.U. SUELTO																																							
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad																																			
Peso Proctor	6400	6400	6400	gr																																			
Peso Proctor + muestra	8900	8900	9000	gr																																			
Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³																																			
Peso Muestra	2500	2500	2600	gr																																			
Peso Unitario	1177.02	1177.02	1224.11	kg/m ³																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">P.U. COMPACTO</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripcion</th> <th style="width: 15%;">M-1</th> <th style="width: 15%;">M-2</th> <th style="width: 15%;">M-3</th> <th style="width: 25%;">Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Proctor</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Proctor + muestra</td> <td style="text-align: center;">9200</td> <td style="text-align: center;">9300</td> <td style="text-align: center;">9200</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen Proctor</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra</td> <td style="text-align: center;">2800</td> <td style="text-align: center;">2900</td> <td style="text-align: center;">2800</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario</td> <td style="text-align: center;">1318.27</td> <td style="text-align: center;">1365.35</td> <td style="text-align: center;">1318.27</td> <td style="text-align: center;">kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>					P.U. COMPACTO					Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad	Peso Proctor	6400	6400	6400	gr	Peso Proctor + muestra	9200	9300	9200	gr	Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³	Peso Muestra	2800	2900	2800	gr	Peso Unitario	1318.27	1365.35	1318.27	kg/m ³
P.U. COMPACTO																																							
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad																																			
Peso Proctor	6400	6400	6400	gr																																			
Peso Proctor + muestra	9200	9300	9200	gr																																			
Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³																																			
Peso Muestra	2800	2900	2800	gr																																			
Peso Unitario	1318.27	1365.35	1318.27	kg/m ³																																			



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Peso unitario y vacios de los agregados
Normativa:	MTC E 203 NTP 400.017



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto f’c=290 kg/cm ² con concreto reciclado para adcretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	17/08/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO FINO COMBINADO																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">P.U. SUELTO</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripcion</th> <th style="width: 15%;">M-1</th> <th style="width: 15%;">M-2</th> <th style="width: 15%;">M-3</th> <th style="width: 25%;">Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Proctor</td> <td>4206.51</td> <td>4206.51</td> <td>4206.51</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Proctor + muestra</td> <td>5629.60</td> <td>5634.22</td> <td>5654.79</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen Proctor</td> <td>940.00</td> <td>940.00</td> <td>940.00</td> <td>cm³</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra</td> <td>1423.09</td> <td>1427.71</td> <td>1448.28</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario</td> <td>1513.93</td> <td>1518.84</td> <td>1540.72</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">P.U. COMPACTO</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripcion</th> <th style="width: 15%;">M-1</th> <th style="width: 15%;">M-2</th> <th style="width: 15%;">M-3</th> <th style="width: 25%;">Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Proctor</td> <td>4206.51</td> <td>4206.51</td> <td>4206.51</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Proctor + muestra</td> <td>5830.69</td> <td>5830.85</td> <td>5833.16</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen Proctor</td> <td>940.00</td> <td>940.00</td> <td>940.00</td> <td>cm³</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra</td> <td>1624.18</td> <td>1624.34</td> <td>1626.65</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario</td> <td>1727.85</td> <td>1728.02</td> <td>1730.48</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>					P.U. SUELTO					Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad	Peso Proctor	4206.51	4206.51	4206.51	gr	Peso Proctor + muestra	5629.60	5634.22	5654.79	gr	Volumen Proctor	940.00	940.00	940.00	cm ³	Peso Muestra	1423.09	1427.71	1448.28	gr	Peso Unitario	1513.93	1518.84	1540.72	kg/m ³	P.U. COMPACTO					Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad	Peso Proctor	4206.51	4206.51	4206.51	gr	Peso Proctor + muestra	5830.69	5830.85	5833.16	gr	Volumen Proctor	940.00	940.00	940.00	cm ³	Peso Muestra	1624.18	1624.34	1626.65	gr	Peso Unitario	1727.85	1728.02	1730.48	kg/m ³
P.U. SUELTO																																																																										
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad																																																																						
Peso Proctor	4206.51	4206.51	4206.51	gr																																																																						
Peso Proctor + muestra	5629.60	5634.22	5654.79	gr																																																																						
Volumen Proctor	940.00	940.00	940.00	cm ³																																																																						
Peso Muestra	1423.09	1427.71	1448.28	gr																																																																						
Peso Unitario	1513.93	1518.84	1540.72	kg/m ³																																																																						
P.U. COMPACTO																																																																										
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad																																																																						
Peso Proctor	4206.51	4206.51	4206.51	gr																																																																						
Peso Proctor + muestra	5830.69	5830.85	5833.16	gr																																																																						
Volumen Proctor	940.00	940.00	940.00	cm ³																																																																						
Peso Muestra	1624.18	1624.34	1626.65	gr																																																																						
Peso Unitario	1727.85	1728.02	1730.48	kg/m ³																																																																						



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Peso unitario y vacios de los agregados
Normativa:	MTC E 203 NTP 400.017



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto f’c=290 kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	17/08/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO DE VICHO																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">P.U. SUELTO</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripcion</th> <th style="width: 10%;">M-1</th> <th style="width: 10%;">M-2</th> <th style="width: 10%;">M-3</th> <th style="width: 10%;">Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Proctor</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Proctor + muestra</td> <td style="text-align: center;">9400</td> <td style="text-align: center;">9300</td> <td style="text-align: center;">9300</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen Proctor</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra</td> <td style="text-align: center;">3000</td> <td style="text-align: center;">2900</td> <td style="text-align: center;">2900</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario</td> <td style="text-align: center;">1412.43</td> <td style="text-align: center;">1365.35</td> <td style="text-align: center;">1365.35</td> <td style="text-align: center;">kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>					P.U. SUELTO					Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad	Peso Proctor	6400	6400	6400	gr	Peso Proctor + muestra	9400	9300	9300	gr	Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³	Peso Muestra	3000	2900	2900	gr	Peso Unitario	1412.43	1365.35	1365.35	kg/m ³
P.U. SUELTO																																							
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad																																			
Peso Proctor	6400	6400	6400	gr																																			
Peso Proctor + muestra	9400	9300	9300	gr																																			
Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³																																			
Peso Muestra	3000	2900	2900	gr																																			
Peso Unitario	1412.43	1365.35	1365.35	kg/m ³																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">P.U. COMPACTO</th> </tr> <tr> <th style="width: 30%;">Descripcion</th> <th style="width: 10%;">M-1</th> <th style="width: 10%;">M-2</th> <th style="width: 10%;">M-3</th> <th style="width: 10%;">Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Proctor</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">6400</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Proctor + muestra</td> <td style="text-align: center;">9600</td> <td style="text-align: center;">9600</td> <td style="text-align: center;">9800</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen Proctor</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">2124</td> <td style="text-align: center;">cm³</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra</td> <td style="text-align: center;">3200</td> <td style="text-align: center;">3200</td> <td style="text-align: center;">3400</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso Unitario</td> <td style="text-align: center;">1506.59</td> <td style="text-align: center;">1506.59</td> <td style="text-align: center;">1600.75</td> <td style="text-align: center;">kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>					P.U. COMPACTO					Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad	Peso Proctor	6400	6400	6400	gr	Peso Proctor + muestra	9600	9600	9800	gr	Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³	Peso Muestra	3200	3200	3400	gr	Peso Unitario	1506.59	1506.59	1600.75	kg/m ³
P.U. COMPACTO																																							
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad																																			
Peso Proctor	6400	6400	6400	gr																																			
Peso Proctor + muestra	9600	9600	9800	gr																																			
Volumen Proctor	2124	2124	2124	cm ³																																			
Peso Muestra	3200	3200	3400	gr																																			
Peso Unitario	1506.59	1506.59	1600.75	kg/m ³																																			



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Peso especifico y absorcion de agregados gruesos
Normativa:	MTC E 206 NTP 400.022

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto f’c=290 kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	30/06/2022



Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO RECICLADO
---------	---------------------------

Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso de la muestra sss	2000.39	2001.29	1999.08	gr
Peso muestra en agua	1154.40	1156.60	1153.30	gr
Peso secp + recipiente	2506.14	2507.14	2499.21	gr
Peso recipiente	640.32	640.32	640.32	gr
Peso seco de muestra	1865.82	1866.82	1858.89	gr
Pem	2.21	2.21	2.20	gr/cm ³
Psss	2.36	2.37	2.36	gr/cm ³
Pea	2.62	2.63	2.63	gr/cm ³
Prom. Pem	2.20			gr/cm ³
Prom. Pss	2.37			gr/cm ³
Prom. Pea	2.63			gr/cm ³

Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso de muestra sss	1865.82	1866.82	1858.89	gr
Peso de muestra seca	2000.39	2001.29	1999.08	gr
Abs	7.21	7.20	7.54	%



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Gravedad especifica y absorcion de agregados finos
Normativa:	MTC E 205 NTP 400.022

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	24/08/2022



Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO FINO COMBINADO
---------	-------------------------

Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso picnometro + agua	637.78	641.16	641.93	gr
Peso p + agua + muestra	947.74	951.73	953.08	gr
Peso de muestra sss	500.02	500.07	500.00	gr
Peso seco + recipiente	764.31	818.40	807.54	gr
Peso recipiente	272.09	327.08	315.22	gr
Peso de muestra seca	492.22	491.32	492.32	gr
Pem	2.59	2.59	2.61	gr/cm3
Psss	2.63	2.64	2.65	gr/cm3
Pea	2.70	2.72	2.72	gr/cm3
Prom. Pem	2.60			gr/cm3
Prom. Pss	2.64			gr/cm3
Prom. Pea	2.71			gr/cm3

Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso de muestra sss	500.02	500.07	500.00	gr
Peso de muestra seca	492.22	491.32	492.32	gr
Abs	1.58	1.78	1.56	%



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

<i>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</i>

Ensayo:	Peso especifico y absorcion de agregados gruesos
Normativa:	MTC E 206 NTP 400.022

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto f’c=290 kg/cm ² con concreto reciclado para adcretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	22/08/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO DE VICHO			
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso de la muestra sss	2000.11	2000.34	2000.49	gr
Peso muestra en agua	1242.40	1242.90	1243.40	gr
Peso seca + recipiente	2281.54	2281.92	2282.77	gr
Peso recipiente	331.42	327.08	329.23	gr
Peso seco de muestra	1950.12	1954.84	1953.54	gr
Pem	2.57	2.58	2.58	gr/cm ³
Psss	2.64	2.64	2.64	gr/cm ³
Pea	2.76	2.75	2.75	gr/cm ³
Prom. Pem	2.58			gr/cm ³
Prom. Pss	2.64			gr/cm ³
Prom. Pea	2.75			gr/cm ³
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso de muestra sss	1950.12	1954.84	1953.54	gr
Peso de muestra seca	2000.11	2000.34	2000.49	gr
Abs	2.56	2.33	2.40	%



10.6 Anexo 6: Ensayos de Contenido de Humedad

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

<i>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</i>

Ensayo:	Contenido de humedad
Normativa:	MTC E 215 NTP 339.185



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	21/06/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO FINO RECICLADO			
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso recipiente	112.05	114.41	115.59	gr
Peso humedo + recipiente	624.91	627.26	627.98	gr
Peso seco + recipiente	605.08	606.84	609.17	gr
Masa de la muestra humeda	512.86	512.85	512.39	gr
Masa de la muestra seca	493.03	492.43	493.58	gr
Contenido de humedad	4.02	4.15	3.81	%



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Contenido de humedad
Normativa:	MTC E 215 NTP 339.185



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	21/06/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO RECICLADO			
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso recipiente	346.46	554.12	352.54	gr
Peso humedo + recipiente	2344.20	2556.14	2352.77	gr
Peso seco + recipiente	2289.09	2505.02	2297.65	gr
Masa de la muestra humeda	1997.74	2002.02	2000.23	gr
Masa de la muestra seca	1942.63	1950.90	1945.11	gr
Contenido de humedad	2.84	2.62	2.83	%



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Contenido de humedad
Normativa:	MTC E 215 NTP 339.185

Datos generales



Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	17/08/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO FINO COMBINADO
---------	-------------------------

Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso recipiente	272.09	327.08	329.23	gr
Peso humedo + recipiente	1000.39	1001.15	1002.15	gr
Peso seco + recipiente	1263.84	1318.83	1321.29	gr
Masa de la muestra humeda	1000.39	1001.15	1002.15	gr
Masa de la muestra seca	991.75	991.75	992.06	gr
Contenido de humedad	0.87	0.95	1.02	%



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

<i>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</i>

Ensayo:	Contenido de humedad
Normativa:	MTC E 215 NTP 339.185

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	17/08/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO DE VICHO			
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Peso recipiente	272.09	327.08	329.23	gr
Peso humedo + recipiente	2000.34	2001.10	2003.08	gr
Peso seco + recipiente	2258.52	2313.88	2316.78	gr
Masa de la muestra humeda	2000.34	2001.10	2003.08	gr
Masa de la muestra seca	1986.43	1986.80	1987.55	gr
Contenido de humedad	0.70	0.72	0.78	%



10.7 Anexo 7: Ensayos de Abrasión los Ángeles

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
--	---	--

<i>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES</i>

Ensayo:	Abrasion los angeles
Normativa:	MTC E 207 NTP 400.019



Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	23/06/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO RECICLADO			
	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8"		
	GRADACION	C		
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Numero de esferas	8	8	8	gr
Peso seco inicial	5002.43	5006.44	5004.36	gr
Peso retenido malla N°12	3376.51	3383.97	3380.52	gr
Porcentaje de Desgaste	32.50	32.41	32.45	%



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
---	---	---

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

Ensayo:	Abrasion los angeles
Normativa:	MTC E 207 NTP 400.019

Datos generales

Tesis:	“Diseño de mezcla de concreto $f'c=290 \text{ kg/cm}^2$ con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales, en el laboratorio de la EPIC, Cusco – 2022”
Tesistas:	Max Bryan Holguino Espirilla Edward Vilcahuaman Suma
Fecha:	31/08/2022

Datos del Ensayo

MUESTRA	AGREGADO GRUESO DE VICHO			
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	3/8''			
GRADACION	C			
Descripcion	M-1	M-2	M-3	Unidad
Numero de esferas	8	8	8	gr
Peso seco inicial	5000.34	5000.24	5000.36	gr
Peso retenido malla N°12	3588.33	3590.18	3594.54	gr
Porcentaje de Desgaste	28.24	28.20	28.11	%



10.8 Anexo 8: Diseño de Mezclas para Calculo de Coeficiente de Corrección

DISEÑO DE MEZCLA BASE

Tabla 109

Diseño de mezcla base

Propiedades	Unidad	Agregado fino combinado	Agregado grueso
Módulo de fineza	---	2.56	---
Peso Unitario suelto	kg/m ³	1524.50	1381.04
Peso Unitario compacto	kg/m ³	1728.78	1537.98
Peso Especifico	gr/cm ³	2.60	2.58
Contenido de humedad	%	0.945	0.734
Absorción	%	1.64	2.43

1. Requerimientos iniciales de la mezcla

$$f'c = 290 \text{ kg/cm}^2$$

$$SLUMP = 3''$$

$$TMN = 1.2 \text{ cm} \approx 3/8''$$

2. Contenido de agua

Para un TMN de 3/8'' y un SLUMP de 3'' de acuerdo a la tabla 14 se obtiene 225 lt/m³ de agua y aire atrapado del 3%.

3. Relación agua cemento

De la tabla 15, para un $f'cr=374 \text{ kg/cm}^2$

$$350 \text{-----} 0.48$$

$$374 \text{-----} x$$

$$400 \text{-----} 0.43$$

$$a/c = 0.456$$

4. Contenido de cemento

$$\text{Peso Cemento} = \text{Contenido de agua} / a/c$$

$$\text{Peso Cemento} = \frac{225}{0.456}$$

$$\text{Peso Cemento} = 493.42 \text{ kg}$$

5. Cálculo de agregado grueso



De la tabla 16, para un M.F=2.56

$$2.40\text{-----}0.50$$

$$2.56\text{-----}x$$

$$2.60\text{-----}0.48$$

$$V = 0.484 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = PU \text{ compacto} \times V$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 1537.98 \times 0.484$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 744.38 \text{ kg}$$

6. Cálculo de agregado fino

El cálculo se realiza para 1m³ de volumen

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{\text{Peso de agregado grueso}}{\text{Peso específico de agregado grueso}}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{744.38 \text{ kg}}{2.58 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.289 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Peso de cemento}}{\text{Peso específico de cemento}}$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{493.42 \text{ kg}}{2.85 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de cemento} = 0.173 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de vacios} = 0.03 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 1 - (V. \text{grueso} + V. \text{cemento} + V. \text{vacios})$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.283 \text{ m}^3$$

7. Cálculo de todos los pesos

$$\text{Peso de agregado fino} = \text{Volumen de agregado fino} \times P. \text{específico fino}$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 0.283 \text{ m}^3 \times 2.60 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 736.71 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 744.38 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agua} = 225 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de cemento} = 493.42 \text{ kg}$$



Tabla 110

Peso y volumen de los materiales de la mezcla base

Materiales	Volumen (m³)	Peso (Kg)
A. grueso	0.289	744.38
Agua	0.225	225.00
Aire	0.030	---
Cemento	0.173	493.42
A. fino	0.283	736.71

8. Corrección por Humedad y Absorción

Peso de agregado húmedos

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

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

$$\text{Peso A. grueso humedo} = (744.38) \left(1 + \frac{0.73}{100} \right) = 749.82 \text{ kg}$$

$$\text{Peso A. fino humedo} = (736.71) \left(1 + \frac{0.95}{100} \right) = 743.71 \text{ kg}$$

Agua efectiva

$$\text{Agua A. grueso} = (\text{Peso A. grueso seco}) \left(\frac{\% \text{ humedad A. grueso} - \% \text{ absorcion A. grueso}}{100} \right)$$

$$\text{Agua A. fino} = (\text{Peso A. fino seco}) \left(\frac{\% \text{ humedad A. fino} - \% \text{ absorcion A. fino}}{100} \right)$$

$$\text{Agua A. grueso} = (744.38) \left(\frac{0.73 - 2.43}{100} \right) = -12.65$$

$$\text{Agua A. fino} = (736.71) \left(\frac{0.95 - 1.64}{100} \right) = -5.08$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - (\text{Agua A. grueso} + \text{Agua A. fino})$$

$$\text{Agua efectiva} = 225 - (-12.65 + -5.08) = 242.74 \text{ lt}$$

9. Proporción en peso

$$\text{Proporcion en peso} = \frac{\text{Peso del agregado, agua, cemento}}{\text{Peso de cemento}}$$

$$\text{Proporcion en peso A. grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{749.82}{493.42} = 1.52$$



$$\text{Proporcion en peso A. fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{743.71}{493.42} = 1.51$$

$$\text{Proporcion en peso cemento} = \frac{\text{Peso de cemento}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{493.42}{493.42} = 1$$

$$\text{Proporcion en peso Agua} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{242.74}{493.42} = 0.49$$

cemento : agregado fino : agregado grueso / agua(lt)

Proporción en peso: 1: 1.51: 1.52 / 0.49

10.9 Anexo 9: Resultados de Ensayos en Adocretos y Briquetas

Tabla 111

Resultados detallados de las resistencias a compresión de briquetas cilíndricas y adocretos

RESISTENCIA A LA COMPRESION EN BRIQUETAS CILINDRICAS Y ADOCRETO									
Espécimen	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	BRIQUETAS (20x10cm)			ADOCRETO (20x10x6cm)			
			Área (cm)	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Área (cm)	Fuerza (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	
1	12/10/2022	09/11/2022	78.54	28760	366.18	200.00	113230	566.15	
2	12/10/2022	09/11/2022	78.54	25920	330.02	200.00	108320	541.60	
3	12/10/2022	09/11/2022	78.54	26180	333.33	200.00	113158	565.79	
4	12/10/2022	09/11/2022	78.54	27260	347.08	200.00	109610	548.05	
5	12/10/2022	09/11/2022	78.54	26970	343.39	200.00	109150	545.75	
6	12/10/2022	09/11/2022	78.54	27560	350.90	200.00	106760	533.80	
7	12/10/2022	09/11/2022	78.54	26510	337.54	200.00	97820	489.10	
8	12/10/2022	09/11/2022	78.54	26360	335.63	200.00	113670	568.35	
9	12/10/2022	09/11/2022	78.54	25250	321.49	200.00	101060	505.30	
10	12/10/2022	09/11/2022	78.54	27700	352.69	200.00	99080	495.40	
11	13/10/2022	10/11/2022	78.54	26900	342.50	200.00	100860	504.30	
12	13/10/2022	10/11/2022	78.54	25750	327.86	200.00	100660	503.30	
13	13/10/2022	10/11/2022	78.54	27080	344.79	200.00	107170	535.85	
14	13/10/2022	10/11/2022	78.54	25200	320.86	200.00	114410	572.05	
15	13/10/2022	10/11/2022	78.54	25750	327.86	200.00	101830	509.15	
16	13/10/2022	10/11/2022	78.54	29320	373.31	200.00	104090	520.45	
17	13/10/2022	10/11/2022	78.54	26820	341.48	200.00	101560	507.80	
18	13/10/2022	10/11/2022	78.54	25320	322.38	200.00	99050	495.25	
19	13/10/2022	10/11/2022	78.54	31410	399.92	200.00	101420	507.10	
20	13/10/2022	10/11/2022	78.54	26710	340.08	200.00	98110	490.55	
Promedio					342.97	Promedio			525.25



Tabla 112

Datos estadísticos de los ensayos en briquetas cilíndricas

Estadístico	Resistencia
N.º de observaciones	20
Mínimo	320.856
Máximo	399.924
1° Cuartil	329.482
Mediana	340.782
3° Cuartil	348.039
Media	342.965
Varianza (n)	353.333
Varianza (n-1)	371.929
Desviación típica (n)	18.797
Desviación típica (n-1)	19.285
Desviación absoluta media	13.456

Tabla 113

Datos estadísticos de los ensayos en adocretos

Estadístico	Resistencia
N.º de observaciones	20
Mínimo	489.100
Máximo	572.050
1° Cuartil	504.050
Mediana	514.800
3° Cuartil	546.325
Media	525.255
Varianza (n)	764.692
Varianza (n-1)	804.939
Desviación típica (n)	27.653
Desviación típica (n-1)	28.371
Desviación absoluta media	25.010



10.10 Anexo 10: Diseño de Mezclas para Adocretos (0%, 10%, 20% y 30%)

Tabla 114

Datos necesarios para el diseño de concreto

Ensayos para el diseño de mezcla					
Propiedades	Unidad	Agregado fino combinado	Agregado grueso 3/8” de vicho	Agregado fino reciclado	Agregado grueso reciclado
Módulo de fineza	---	2.56	---	2.79	---
Peso Unitario suelto	kg/m ³	1524.50	1381.04	1321.26	1192.72
Peso Unitario compacto	kg/m ³	1728.78	1537.98	1516.02	1333.96
Peso Especifico	gr/cm ³	2.60	2.58	2.21	2.20
Contenido de humedad	%	0.95	0.73	3.99	2.76
Absorción	%	1.64	2.43	8.85	7.32

Para las propiedades requeridas de los agregados con 10%, 20% y 30% de reciclado, se utilizó el método estadístico de media ponderada:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

x_1, x_2, \dots, x_i : Propiedad física a evaluar

w_1, w_2, \dots, w_i : Peso de cada muestra

Tabla 115

Ensayos para el diseño de mezcla con agregado reciclado

Ensayos para el diseño de mezcla con agregados reciclados					
Propiedades		Unidad	Mezcla con 10% reciclado	Mezcla con 20% reciclado	Mezcla con 30% reciclado
AGREGADO GRUESO	Peso Unitario suelto	kg/m ³	1362.21	1343.38	1324.54
	Peso Unitario compacto	kg/m ³	1517.58	1497.18	1476.77
	Peso Especifico	gr/cm ³	2.54	2.50	2.47
	Contenido de humedad	%	0.94	1.14	1.34
	Absorción	%	2.92	3.41	3.90
AGREGADO FINO	Peso Unitario suelto	kg/m ³	1504.17	1483.85	1463.53
	Peso Especifico	gr/cm ³	2.56	2.52	2.48
	Contenido de humedad	%	1.25	1.55	1.86
	Absorción	%	2.36	3.08	3.80



Parámetros iniciales para el diseño de mezcla

1. Resistencia de diseño f'_{cr} (Del capítulo 4.2)

$$f'_{cr} = 220 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección de asentamiento

De la tabla 12 obtenernos el slump para el concreto, como la mezcla se utilizó en adocretos tomamos de la tabla la utilidad de pavimentos y seleccionamos de entre 1'' y 3''. Tomando el valor de 3'' al querer una mezcla fluida y fácil de trabajar para los adocretos.

3. Selección del tamaño máximo nominal

Para adocretos de dimensiones de 20x10x6cm, calculamos el TMN:

1/3 (Espesor de losa)

1/5 (Menor distancia entre lados de formaleta)

3/4 (Espacio libre entre varillas de refuerzo)

$$\frac{\text{Peralte de losa}}{3} = \frac{6 \text{ cm}}{3} = 2 \text{ cm}$$

$$\frac{\text{Lado menor}}{5} = \frac{6 \text{ cm}}{5} = 1.2 \text{ cm}$$

$$TMN = 1.2 \text{ cm} \approx 3/8''$$

DISEÑO DE MEZCLA PATRON (SIN AGREGADO RECICLADO)

1. Requerimientos iniciales de la mezcla

$$f'_{cr} = 220 \text{ kg/cm}^2$$

$$SLUMP = 3''$$

$$TMN = 1.2 \text{ cm} \approx 3/8''$$

2. Contenido de agua

Para un TMN de 3/8'' y un SLUMP de 3'' de acuerdo a la Tabla 14 se obtiene 225 lt/m³ de agua y aire atrapado del 3%.

3. Relación agua cemento

De la tabla 15, para un $f'_{c}=220 \text{ kg/cm}^2$

$$200 \text{-----} 0.7$$



$$220-----x$$

$$250-----0.62$$

$$a/c=0.668$$

4. Contenido de cemento

$$\text{Peso Cemento} = \text{Contenido de agua} / a/c$$

$$\text{Peso Cemento} = \frac{225}{0.668}$$

$$\text{Peso Cemento} = 336.83 \text{ kg}$$

5. Cálculo de agregado grueso

De la tabla 16, para un M.F=2.56

$$2.40-----0.50$$

$$2.56-----x$$

$$2.60-----0.48$$

$$V = 0.484 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = PU \text{ compacto} \times V$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 1537.98 \times 0.484$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 744.38 \text{ kg}$$

6. Cálculo de agregado fino

El cálculo se realiza para 1m³ de volumen

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{\text{Peso de agregado grueso}}{\text{Peso específico de agregado grueso}}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{744.38 \text{ kg}}{2.58 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.289 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Peso de cemento}}{\text{Peso específico de cemento}}$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{336.83 \text{ kg}}{2.85 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de cemento} = 0.118 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de vacios} = 0.03 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 1 - (V. \text{grueso} + V. \text{cemento} + V. \text{vacios})$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.338 \text{ m}^3$$



7. Cálculo de todos los pesos

$$\text{Peso de agregado fino} = \text{Volumen de agregado fino} \times P. \text{especifico fino}$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 0.338 \text{ m}^3 \times 2.60 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 877.88 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 744.38 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agua} = 225 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de cemento} = 336.83 \text{ kg}$$

Tabla 116

Volumen y peso de los materiales para el diseño de mezcla sin agregado reciclado

Material	Volumen (m ³)	Peso (Kg)
A. grueso	0.289	744.38
Agua	0.225	225.00
Aire	0.03	---
Cemento	0.118	336.83
A. fino	0.338	877.88

8. Corrección por Humedad y Absorción

Peso de agregado húmedos

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

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

$$\text{Peso A. grueso humedo} = (744.38) \left(1 + \frac{0.73}{100} \right) = 749.84 \text{ kg}$$

$$\text{Peso A. fino humedo} = (877.88) \left(1 + \frac{0.95}{100} \right) = 886.18 \text{ kg}$$

Agua efectiva

$$\text{Agua A. grueso} = (\text{Peso A. grueso seco}) \left(\frac{\% \text{ humedad A. grueso} - \% \text{ absorcion A. grueso}}{100} \right)$$

$$\text{Agua A. fino} = (\text{Peso A. fino seco}) \left(\frac{\% \text{ humedad A. fino} - \% \text{ absorcion A. fino}}{100} \right)$$

$$\text{Agua A. grueso} = (744.38) \left(\frac{0.73 - 2.43}{100} \right) = -12.64$$



$$\text{Agua A. fino} = (877.88) \left(\frac{0.95 - 1.64}{100} \right) = -6.11$$

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - (\text{Agua A. grueso} + \text{Agua A. fino})$$

$$\text{Agua efectiva} = 225 - (-12.64 + -6.11) = 243.75 \text{ lt}$$

9. Proporción en peso

$$\text{Proporción en peso} = \frac{\text{Peso del agregado, agua, cemento}}{\text{Peso de cemento}}$$

$$\text{Proporción en peso A. grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{749.84}{336.83} = 2.23$$

$$\text{Proporción en peso A. fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{886.18}{336.83} = 2.63$$

$$\text{Proporción en peso cemento} = \frac{\text{Peso de cemento}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{336.83}{336.83} = 1$$

$$\text{Proporción en peso Agua} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{243.75}{336.83} = 0.72$$

$$\text{cemento : agregado fino : agregado grueso / agua (lt)}$$

$$\text{Proporción en peso: } 1 : 2.63 : 2.23 / 0.72$$

10. Proporción en volumen

$$\text{Volumen suelto de cemento} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = \frac{336.83}{1500} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = \frac{886.18}{1524.50} = 0.581 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)} = \frac{749.84}{1381.04} = 0.543 \text{ m}^3$$

$$\text{cemento : agregado fino : agregado grueso / agua (lt/bls)}$$

$$\text{Proporción en volumen: } 1 : 2.59 : 2.42 / 30.76$$

DISEÑO DE MEZCLA CON 10% RECICLADO

1. Requerimientos iniciales de la mezcla

$$f'_{cr} = 220 \text{ kg/cm}^2$$

$$SLUMP = 3''$$

$$TMN = 1.2 \text{ cm} \approx 3/8''$$



2. Contenido de agua

Para un TMN de 3/8” y un SLUMP de 3” de acuerdo a la Tabla 14 se obtiene 225 lt/m³ de agua y aire atrapado del 3%.

3. Relación agua cemento

De la tabla 15, para un $f'c=220\text{kg/cm}^2$

200-----	0.7
220-----	x
250-----	0.62
$a/c=0.668$	

4. Contenido de cemento

$$\text{Peso Cemento} = \frac{225}{0.668}$$

$$\text{Peso Cemento} = 336.83 \text{ kg}$$

5. Cálculo de agregado grueso

De la tabla 16, para un M.F=2.59

2.40-----	0.50
2.59-----	x
2.60-----	0.48
$V = 0.481 \text{ m}^3$	

$$\text{Peso de agregado grueso} = 1517.58 \times 0.481$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 729.95 \text{ kg}$$

6. Cálculo de agregado fino

El cálculo se realiza para 1m³ de volumen

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{729.95 \text{ kg}}{2.54 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.287 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{336.83 \text{ kg}}{2.85 \text{ gr/cm}^3}$$



$$\text{Volumen de cemento} = 0.118 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de vacios} = 0.03 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 1 - (\text{V. grueso} + \text{V. cemento} + \text{V. vacios})$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.340 \text{ m}^3$$

7. Cálculo de todos los pesos

$$\text{Peso de agregado fino} = 0.340 \text{ m}^3 * 2.56 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 868.31 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 729.95 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agua} = 225 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de cemento} = 336.83 \text{ kg}$$

Tabla 117

Volumen y peso de los materiales para el diseño de mezcla con 10% de agregado reciclado

Material	Volumen (m3)	Peso (Kg)
A. grueso	0.287	729.95
Agua	0.225	225.00
Aire	0.030	---
Cemento	0.118	336.83
A. fino	0.340	868.31

8. Corrección por Humedad y Absorción

Peso de agregado húmedos

$$\text{Peso A. grueso humedo} = (729.95) \left(1 + \frac{0.94}{100} \right) = 736.79 \text{ kg}$$

$$\text{Peso A. fino humedo} = (869.31) \left(1 + \frac{1.25}{100} \right) = 879.16 \text{ kg}$$

Agua efectiva

$$\text{Agua A. grueso} = (729.96) \left(\frac{0.94 - 2.92}{100} \right) = -14.48$$

$$\text{Agua A. fino} = (869.81) \left(\frac{1.25 - 2.36}{100} \right) = -9.66$$

$$\text{Agua efectiva} = 225 - (-14.48 + -9.66) = 249.14 \text{ lt}$$

9. Proporción en peso



$$\text{Proporcion en peso A. grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{736.79}{336.83} = 2.19$$

$$\text{Proporcion en peso A. fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{879.16}{336.83} = 2.61$$

$$\text{Proporcion en peso cemento} = \frac{\text{Peso de cemento}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{336.83}{336.83} = 1$$

$$\text{Proporcion en peso Agua} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{249.14}{336.83} = 0.74$$

cemento : agregado fino : agregado grueso / agua(lt)

Proporción en peso: 1 : 2.61: 2.19 / 0.74

10. Proporción en volumen

$$\text{Volumen suelto de cemento} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{336.83}{1500} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{879.16}{1504.18} = 0.584 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{736.79}{1362.21} = 0.541 \text{ m}^3$$

cemento : agregado fino : agregado grueso / agua(lt/bls)

Proporción en volumen: 1 : 2.60 : 2.41 / 31.44

DISEÑO DE MEZCLA CON 20% RECIALDO

1. Requerimientos iniciales de la mezcla

$$f'_{cr} = 220 \text{ kg/cm}^2$$

$$SLUMP = 3''$$

$$TMN = 1.2 \text{ cm} \approx 3/8''$$

2. Contenido de agua

Para un TMN de 3/8'' y un SLUMP de 3'' de acuerdo a la Tabla 14 se obtiene 225 lt/m³ de agua y aire atrapado del 3%.

3. Relación agua cemento

De la tabla 15, para un f'c=220kg/cm²



$$200-----0.7$$

$$220-----x$$

$$250-----0.62$$

$$a/c=0.668$$

4. Contenido de cemento

$$\text{Peso Cemento} = \frac{225}{0.668}$$

$$\text{Peso Cemento} = 336.83 \text{ kg}$$

5. Cálculo de agregado grueso

De la tabla 16, para un M.F=2.61

$$2.80-----0.46$$

$$2.61-----x$$

$$2.60-----0.48$$

$$V = 0.479 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 1497.18 \times 0.479$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 717.15 \text{ kg}$$

6. Cálculo de agregado fino

El cálculo se realiza para 1m³ de volumen

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{717.15 \text{ kg}}{2.50 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.286 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{336.83 \text{ kg}}{2.85 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de cemento} = 0.118 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de vacios} = 0.03 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 1 - (V. \text{grueso} + V. \text{cemento} + V. \text{vacios})$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.340 \text{ m}^3$$

7. Cálculo de todos los pesos



$$\text{Peso de agregado fino} = 0.340 \text{ m}^3 * 2.52 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 857.10 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 717.15 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agua} = 225 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de cemento} = 336.83 \text{ kg}$$

Tabla 118

Volumen y peso de los materiales para el diseño de mezcla con 20% de agregado reciclado

Material	Volumen (m ³)	Peso (Kg)
A. grueso	0.286	717.15
Agua	0.225	225
Aire	0.030	---
Cemento	0.118	336.83
A. fino	0.340	857.10

8. Corrección por Humedad y Absorción

Peso de agregado húmedos

$$\text{Peso A. grueso humedo} = (717.15) \left(1 + \frac{1.14}{100} \right) = 725.32 \text{ kg}$$

$$\text{Peso A. fino humedo} = (857.10) \left(1 + \frac{1.55}{100} \right) = 870.43 \text{ kg}$$

Agua efectiva

$$\text{Agua A. grueso} = (717.15) \left(\frac{1.14 - 3.41}{100} \right) = -16.27$$

$$\text{Agua A. fino} = (857.10) \left(\frac{1.55 - 3.08}{100} \right) = -13.10$$

$$\text{Agua efectiva} = 225 - (-16.27 + -13.10) = 254.38 \text{ lt}$$

9. Proporción en peso

$$\text{Proporcion en peso A. grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{725.32}{336.83} = 2.15$$

$$\text{Proporcion en peso A. fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{870.43}{336.83} = 2.58$$

$$\text{Proporcion en peso cemento} = \frac{\text{Peso de cemento}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{336.83}{336.83} = 1$$



$$\text{Proporcion en peso Agua} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de cemento}} = \frac{254.38}{336.83} = 0.76$$

cemento : agregado fino : agregado grueso / agua(lt)

Proporción en peso: 1 : 2.58 : 2.15 / 0.76

10. Proporción en volumen

$$\text{Volumen suelto de cemento} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{336.83}{1500} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{870.43}{1483.85} = 0.587 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{725.32}{1343.38} = 0.540 \text{ m}^3$$

cemento : agregado fino : agregado grueso / agua(lt/bls)

Proporción en volumen: 1 : 2.61 : 2.40 / 32.12

DISEÑO DE MEZCLA CON 30% RECIALDO

1. Requerimientos iniciales de la mezcla

$$f'_{cr} = 220 \text{ kg/cm}^2$$

$$SLUMP = 3''$$

$$TMN = 1.2 \text{ cm} \approx 3/8''$$

2. Contenido de agua

Para un TMN de 3/8'' y un SLUMP de 3'' de acuerdo a la Tabla 14 se obtiene 225 lt/m³ de agua y aire atrapado del 3%.

3. Relación agua cemento

De la tabla 15, para un f'c=220kg/cm²

200-----0.7

220-----x

250-----0.62



$$a/c=0.668$$

4. Contenido de cemento

$$\text{Peso Cemento} = \frac{225}{0.668}$$

$$\text{Peso Cemento} = 336.83 \text{ kg}$$

5. Cálculo de agregado grueso

De la tabla 16, para un M.F=2.63

$$2.80 \text{-----} 0.46$$

$$2.63 \text{-----} x$$

$$2.60 \text{-----} 0.48$$

$$V = 0.477 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 1476.77 \times 0.477$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 704.42 \text{ kg}$$

6. Cálculo de agregado fino

El cálculo se realiza para 1m³ de volumen

$$\text{Volumen de agregado grueso} = \frac{704.42 \text{ kg}}{2.47 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de agregado grueso} = 0.286 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agua} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{336.83 \text{ kg}}{2.85 \text{ gr/cm}^3}$$

$$\text{Volumen de cemento} = 0.118 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de vacios} = 0.03 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 1 - (V. \text{grueso} + V. \text{cemento} + V. \text{vacios})$$

$$\text{Volumen de agregado fino} = 0.341 \text{ m}^3$$

7. Cálculo de todos los pesos

$$\text{Peso de agregado fino} = 0.341 \text{ m}^3 * 2.48 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 845.81 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 704.42 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de agua} = 225 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de cemento} = 336.83 \text{ kg}$$



Tabla 119

Volumen y peso de los materiales para el diseño de mezcla con 30% de agregado reciclado

Material	Volumen (m3)	Peso (Kg)
A. grueso	0.286	704.42
Agua	0.225	225
Aire	0.030	---
Cemento	0.118	336.83
A. fino	0.341	845.81

8. Corrección por Humedad y Absorción

Peso de agregado húmedos

$$Peso A. grueso humedo = (704.42) \left(1 + \frac{1.34}{100} \right) = 713.88 \text{ kg}$$

$$Peso A. fino humedo = (845.81) \left(1 + \frac{1.86}{100} \right) = 861.54 \text{ kg}$$

Agua efectiva

$$Agua A. grueso = (704.42) \left(\frac{1.34 - 3.90}{100} \right) = -17.99$$

$$Agua A. fino = (845.81) \left(\frac{1.86 - 3.80}{100} \right) = -16.45$$

$$Agua efectiva = 225 - (-17.99 + -16.45) = 259.45 \text{ lt}$$

9. Proporción en peso

$$Proporcion \text{ en peso } A. grueso = \frac{Peso \text{ del agregado grueso}}{Peso \text{ de cemento}} = \frac{713.88}{336.83} = 2.12$$

$$Proporcion \text{ en peso } A. fino = \frac{Peso \text{ del agregado fino}}{Peso \text{ de cemento}} = \frac{861.54}{336.83} = 2.56$$

$$Proporcion \text{ en peso cemento} = \frac{Peso \text{ de cemento}}{Peso \text{ de cemento}} = \frac{336.83}{336.83} = 1$$

$$Proporcion \text{ en peso Agua} = \frac{Peso \text{ del agua}}{Peso \text{ de cemento}} = \frac{259.45}{336.83} = 0.77$$

cemento : agregado fino : agregado grueso / agua(lt)

Proporción en peso: 1: 2.56: 2.12 / 0.77



10. Proporción en volumen

$$\text{Volumen suelto de cemento} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{336.83}{1500} = 0.225 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado fino} = \frac{\text{Peso del agregado fino (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{861.54}{1463.53} = 0.589 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen suelto de agregado grueso} = \frac{\text{Peso del agregado grueso (kg)}}{\text{Peso unitario suelto cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = \frac{713.88}{1324.54} = 0.539 \text{ m}^3$$

cemento : agregado fino : agregado grueso / agua(lt/bls)

Proporción en volumen: 1 : 2.62 : 2.40 / 32.74

10.11 Anexo 11: Corrección de Datos de Flexión

Tabla 120

Corrección de datos de resistencia a la flexión

Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	espécimen	Fuerza (Lb)	F. Corregido (Lb)
Sin concreto reciclado	17/11/2022	15/12/2022	1	1878	1883.90
	17/11/2022	15/12/2022	2	2010	2016.10
	17/11/2022	15/12/2022	3	1844	1849.85
10% concreto reciclado	22/11/2022	20/12/2022	1	1708	1713.65
	22/11/2022	20/12/2022	2	1568	1573.44
	22/11/2022	20/12/2022	3	1865	1870.89
20% concreto reciclado	29/11/2022	27/12/2022	1	1613	1618.51
	29/11/2022	27/12/2022	2	1568	1573.44
	29/11/2022	27/12/2022	3	1624	1629.52
30% concreto reciclado	30/11/2022	28/12/2022	1	1559	1564.43
	30/11/2022	28/12/2022	2	1359	1364.13
	30/11/2022	28/12/2022	3	1558	1563.42



Tabla 121

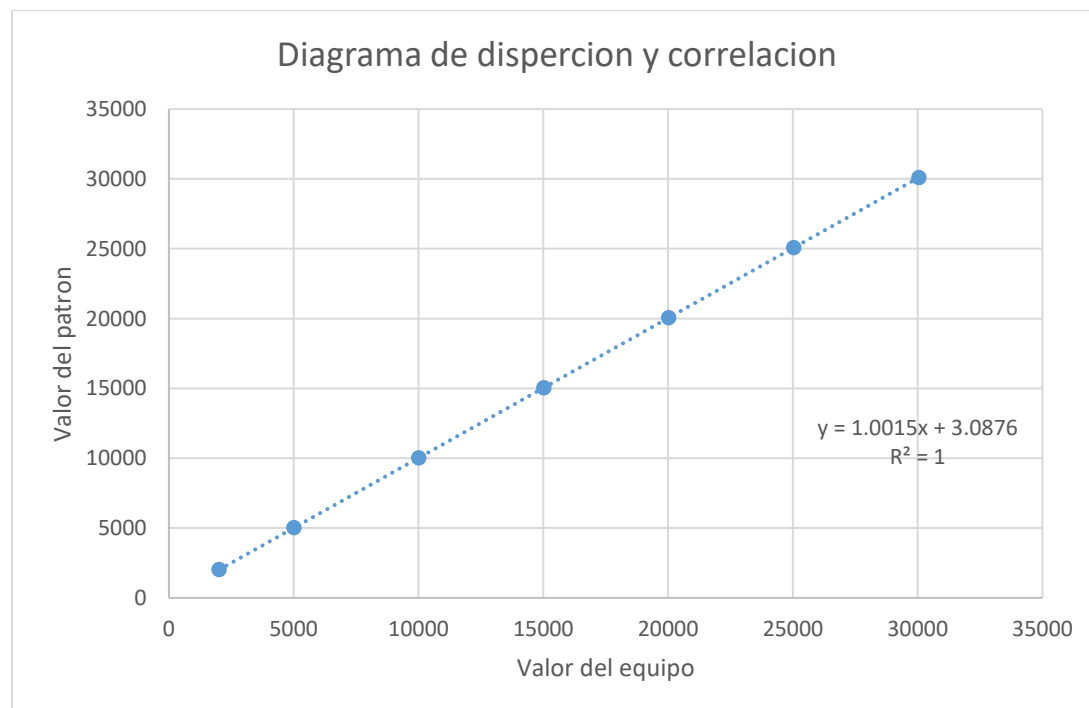
Datos del laboratorio de la EPIC para corregir la resistencia a la flexión

Valor Equipo	Valor Patrón	Error
2010.00	2020.00	-10.00
5016.00	5021.00	-5.00
10016.00	10033.20	-17.20
15020.00	15042.50	-22.50
20025.00	20068.00	-43.00
25040.00	25085.00	-45.00
30056.00	30098.50	-42.50

El valor de equipo es el valor indicado en la máquina y el valor patrón se refiere al valor real que debería leer el equipo.

Figura 51

Diagrama de dispersión y correlación





10.12 Anexo 12: Matriz de Consistencia

Tabla 122

Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	FACTORES	INDICADORES
PG: ¿Cuál será el diseño de mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales?	OG: Diseñar una mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I utilizados en vías peatonales.	HG: Es viable el diseño de mezcla de concreto $f'c=290$ kg/cm ² con concreto reciclado para adocretos tipo I, utilizados en vías peatonales.	X1: Concreto reciclado (Agregado)	X11: Granulometría X12: Absorción X13: Humedad X14: Peso específico X15: Peso unitario	X111: % X121: % X131: % X141: gr/cm ³ X151: kg/m ³
			Y1: Adocretos tipo I	Y11: Resistencia a la compresión Y12: Resistencia a la flexión Y13: Máxima absorción	Y111: kg/cm ² Y121: kg/cm ² Y131: %
			Y2: Diseño de mezcla de concreto	Y21: Agregado grueso Y22: Agregado fino Y23: Cemento Y24: Agua	Y211: Kg Y221: Kg Y231: Kg Y241: Kg
PE1: ¿Cuál será la resistencia a la compresión de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales?	OE1: Evaluar la resistencia a la compresión en adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales.	HE1: La resistencia a la compresión de los adocretos tipo I con agregados de concreto reciclado utilizados en vías peatonales cumplen los parámetros de la norma.	Y1: Adocretos tipo I	Y11: Resistencia a la compresión	Y111: kg/cm ²
PE2: ¿Cuál será la resistencia a la flexión de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales?	OE2: Evaluar la resistencia a la flexión en adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales.	HE2: La resistencia a la flexión de los adocretos tipo I con agregados de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales cumplen los parámetros de la norma.		Y12: Resistencia a la flexión	Y121: kg/cm ²
PE3: ¿Cuál será la máxima absorción de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales?	OE3: Evaluar la absorción de los adocretos tipo I con agregado de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales.	HE3: La Absorción de los adocretos tipo I con agregados de concreto reciclado, utilizados en vías peatonales cumplen los parámetros de la norma.		Y13: Absorción	Y131: %
PE4: ¿Cuál será la diferencia del costo de los agregados de cantera con los agregados de concreto reciclado empleados en la producción de adocretos tipo I utilizados en vías peatonales?	OE4: Comparar el costo de los agregados de cantera con los agregados de concreto reciclado empleados en la producción de adocretos tipo I utilizados en vías peatonales.	HE4: El costo de los agregados de concreto reciclado empleados en la producción de adocretos tipo I utilizados en vías peatonales es menor al de los agregados de cantera.	Y2: Diseño de mezcla de concreto	Y21: Agregado grueso Y22: Agregado fino Y23: Cemento Y24: Agua	Y211: Kg Y221: Kg Y231: Kg Y241: Kg
PE5: ¿Cuáles serán las diferencias entre las propiedades físico mecánicas de los agregados de concreto reciclado y los agregados de cantera?	OE5: Comparar las propiedades físico mecánicas de los agregados de concreto reciclado y los agregados de cantera.	HE5: Existen diferencias entre las propiedades físico mecánicas de los agregados reciclados y los agregados de cantera.	X1: Concreto reciclado (Agregado)	X11: Granulometría X12: Absorción X13: Humedad X14: Peso específico X15: Peso unitario	X111: % X112: % X113: % X114: gr/cm ³ X115: kg/m ³



10.13 Anexo 13: Cer do Otorgado por el Laboratorio de la EPIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 Av. de la cultura Nro. 733 – Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CONSTANCIA DE USO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

HACE CONSTAR:

Que los testistas; conducentes a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach. **EDWARD VILCAHUAMAN SUMA** y Bach. **MAX BRYAN HOLGUINO ESPIRILLA**, hizo uso del laboratorio para ejecución de la tesis de investigación: “**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO F’C=290kg/cm² CON CONCRETO RECICLADO PARA ADOCRETOS TIPO I EN VIAS PEATONALES, EN EL LABORATORIO DE LA EPIC, CUSCO - 2022**”.

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

Nro	ENSAYO	NORMA	CANT.
01	Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz de 75µm (N°200) por lavado en agregados	NTP 400.018	15
02	Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global	NTP 400.012	05
03	Determinación de la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados	NTP 400.017	12
04	Peso específico y absorción del agregado grueso	NTP 400.021	06
05	Peso específico y absorción del agregado fino	NTP 400.022	06
06	Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.	NTP 339.185	12
07	determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Angeles.	NTP 400.019	06
08	Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.	NTP 339.034	20
09	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos: Resistencia a la compresión	NTP 399.611, 2017	68
10	RESISTENCIA A LA FLEXOTRACCIÓN (MÓDULO DE ROTURA)	NTC 2017	12
11	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos: Absorción	NTP 399.611, 2017	12
12	UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos: Tolerancia dimensional	NTP 399.611, 2017	72

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita por los interesados; con fines académicos para la tesis de investigación.

Cusco, 26 de mayo de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Ing. Luz Marlene Nieto Palomino
 Jefe de Laboratorio



10.14 Anexo 14: Cer do de Calibración de la Maquina Universal



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
 NTP ISO / IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-05574-2022

PROFORMA : 9731A Fecha de emisión : 2022-04-12 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 Dirección : AV. DE LA CULTURA 773 CUSCO - CUSCO

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MÁQUINA DE ENSAYO UNIVERSAL
 Marca : INSTRON
 Modelo : 600DX-B1-C3A-G1F
 Serie : 600DXR4565
 Alcance : 600 kN
 Division de Escala : 1 Kg
 Procedencia : U.S.A.
 Identificación : No indica
 Fecha de Calibración : 2022-04-07
 Ubicación : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA (°C)	24,5	24,5
HUMEDAD RELATIVA (%HR)	69%	69%

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolas Ramos Paucar
 Gerente Técnico.
 CFP :0316



PANEL FOTOGRÁFICO

A1. Ubicación del concreto reciclado.



A2. Recolección y limpieza de los escombros de concreto reciclado.



A3. Trituración de escombros de concreto reciclado.





A4. Lavado y secado de los agregados de concreto reciclado.



A5. Ensayos de cantidad de finos que pasa la malla n°200

A5.1. Cantidad de finos que pasa la malla n°200 del agregado fino arena de Cunyac



A5.2. Cantidad de finos que pasa la malla n°200 del agregado fino confitillo de Vicho

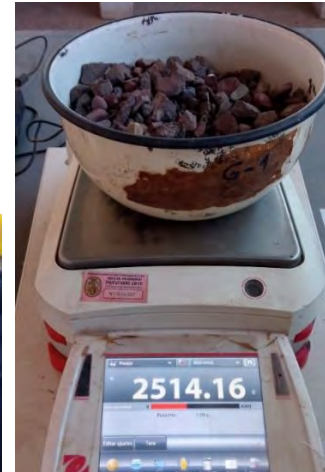




A5.3. Cantidad de finos que pasa la malla n°200 del agregado fino reciclado



A5.4. Cantidad de finos que pasa la malla n°200 del agregado grueso piedra chancada 3/8"



A5.5. Cantidad de finos que pasa la malla n°200 del agregado grueso reciclado





A6. Ensayos de granulometría

A6.1. Granulometría del agregado fino arena de Cunyac



A6.2. Granulometría del agregado fino confitillo de vicho



A6.3. Granulometría del agregado fino reciclado





A6.4. Granulometría del agregado grueso piedra chancada 3/8” de vicho



A6.5. Granulometría del agregado grueso reciclado



A7. Ensayos de Peso Unitario

A7.1. Peso Unitario suelto del agregado fino combinado





A7.2. Peso Unitario compacto del agregado fino combinado



A7.3. Peso Unitario suelto del agregado fino reciclado

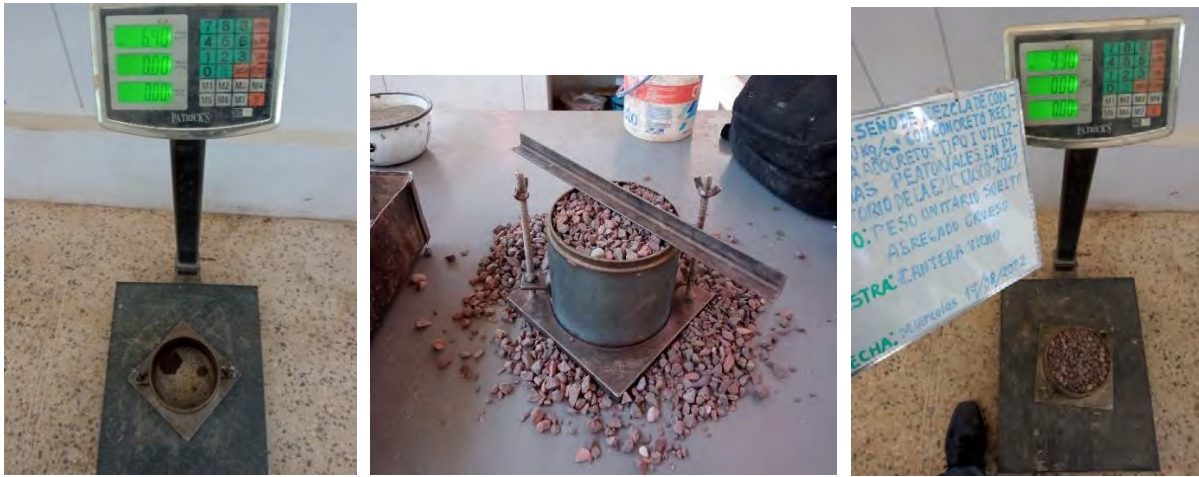


A7.4. Peso Unitario compacto del agregado fino reciclado





A7.5. Peso Unitario suelto del agregado grueso piedra chancada de 3/8" de vicho



A7.6. Peso Unitario compacto del agregado grueso piedra chancada de 3/8" de vicho



A7.7. Peso Unitario suelto del agregado grueso reciclado



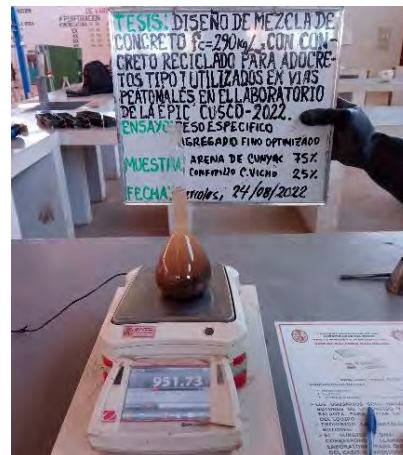


A7.8. Peso unitario compacto del agregado grueso reciclado



A8. Ensayos de Peso Específico y Absorción

A8.1. Peso Específico y Absorción del agregado fino combinado



A8.2. Peso Específico y Absorción del agregado fino reciclado



A8.3. Peso Específico y Absorción del agregado grueso piedra chancada de 3/8" de vicho



A8.4. Peso Específico y Absorción del agregado grueso reciclado



A9. Ensayos de Porcentaje de Humedad

A9.1. Porcentaje de humedad del agregado fino combinado

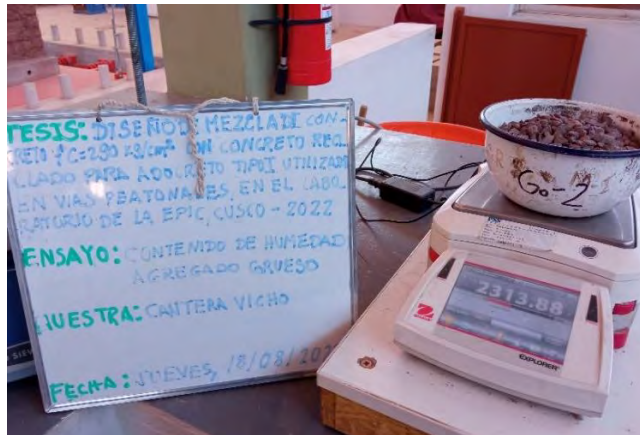




A9.2. Porcentaje de humedad del agregado fino reciclado



A9.3. Porcentaje de humedad del agregado grueso piedra chancada de 3/8" de vicho



A9.4. Porcentaje de humedad del agregado grueso reciclado



A10. Ensayos de abrasión los ángeles

A10.1. Abrasión los ángeles del agregado grueso piedra chancada de 3/8” de vicho



A10.2. Abrasión los ángeles del agregado grueso reciclado



A11. Ensayos de resistencia a la compresión en briquetas cilíndricas (10x20 cm) y adocretos (20x10x6 cm) para el factor de corrección por esbeltez.





A11.1 resistencia a la compresión de briquetas cilíndricas (10x20 cm)

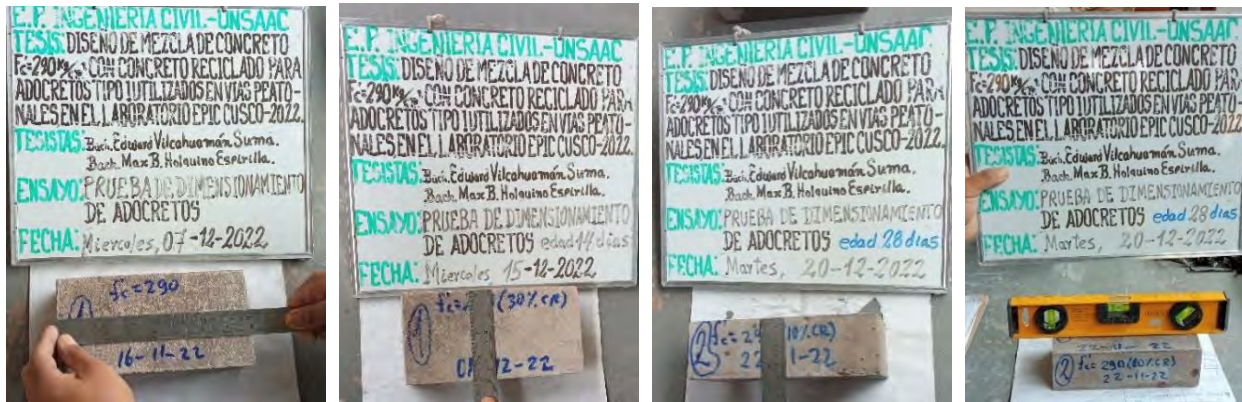


A11.2 resistencia a la compresión de adocretos (20x10x6 cm)





A 12. Pruebas de tolerancia dimensional en adcretos

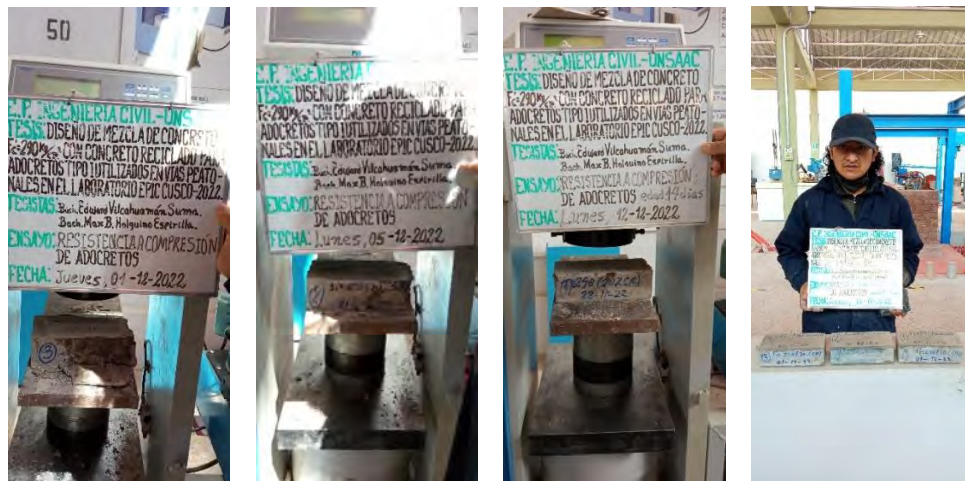


A 13. Ensayos de resistencia a la compresión de adcretos

A13.1. Resistencia a la compresión a los 7 días



A13.2. Resistencia a la compresión a los 14 días



A13.3. Resistencia a la compresión a los 21 días

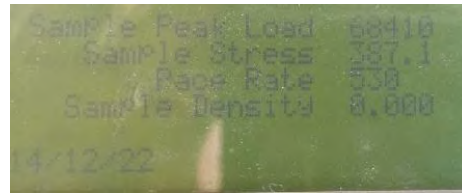


A13.4. Resistencia a la compresión a los 28 días

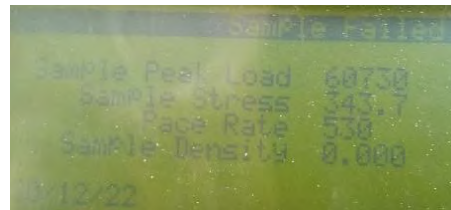
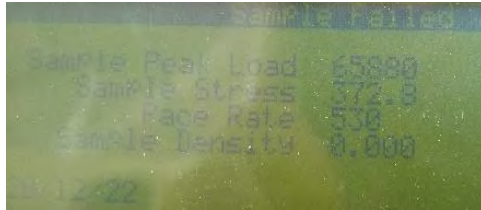




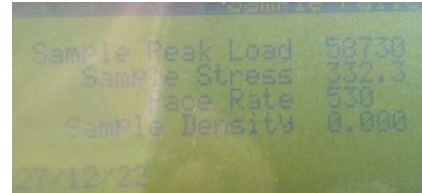
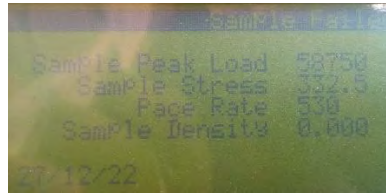
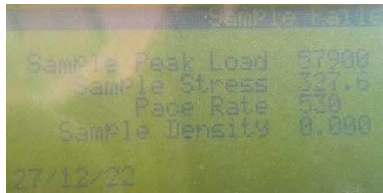
A13.4.1. Lectura de resistencia a la compresión de adocretos sin concreto reciclado



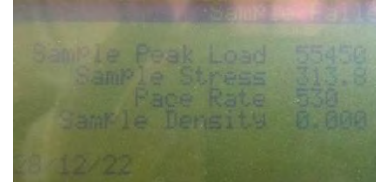
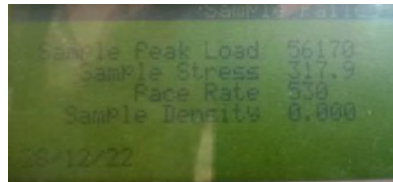
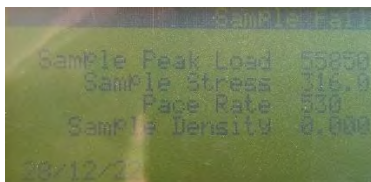
A13.4.2. Lectura de resistencia a la compresión de adocretos con 10% de reciclado



A13.4.3. Lectura de resistencia a la compresión de adocretos con 20% de reciclado



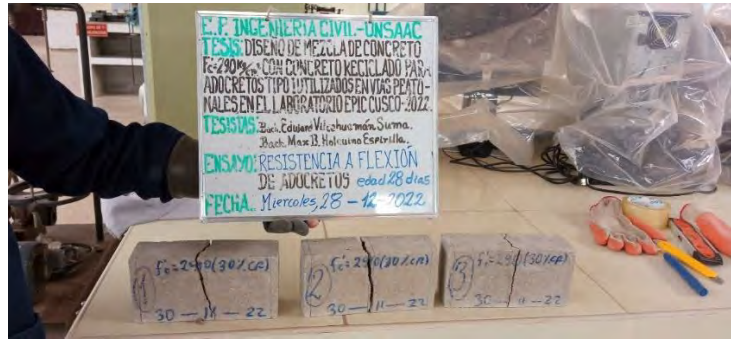
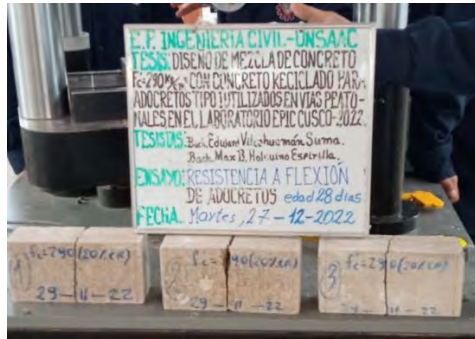
A13.4.4. Lectura de resistencia a la compresión de adocretos con 30% de reciclado



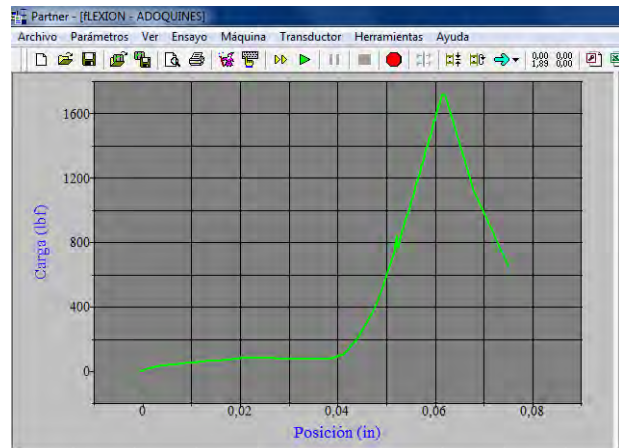
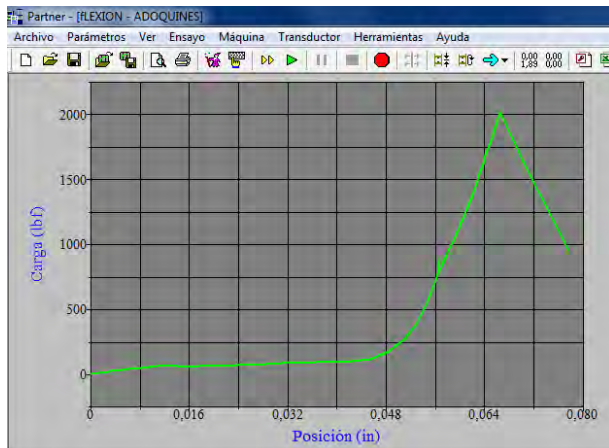
A 14. Ensayos de resistencia a la flexión de adocretos

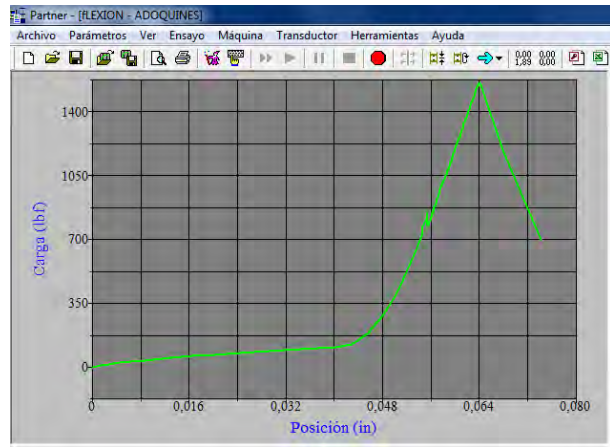
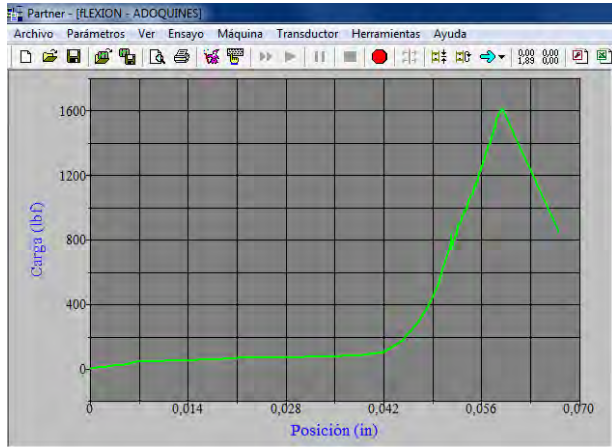






A 14.1. lecturas de resistencia a la flexión de adocreto





A15. Ensayos de máxima absorción de adcretos

