

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

***“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO  
OBTENIDO CON AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE LA  
DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL DISTRITO  
BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA”***

**TESISTA:**

**Bachiller DÁVILA DÁVILA, Flavio**

**ASESOR:**

**Ms. LEÓN BOBADILLA, Abner Itamar**

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR**

**EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

***“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO OBTENIDO CON AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA”***

**Tesista : Bachiller Dávila Dávila, Flavio**

**Asesor : Ms. LEÓN BOBADILLA, Abner Itamar.**

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2019**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

"Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional"

## ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

Siendo las once horas del día trece de junio del año dos mil dieciocho, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, y en cumplimiento a la Resolución N° 356-2017-UNS-CFI (27.11.2017) y Resolución Decanal N° 246-2018-UNS-FI (29.05.2018), integrado por los docentes Ms María Jesús Estela Díaz Hernández (Presidenta), Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Secretario) Ms. Atilio Rubén López Carranza (Integrante), se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO OBTENIDO CON AGREGADO PRODUCTO DE LA DEMOLICION DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN EL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA"** presentado por el Bachiller: **DAVILA DAVILA FLAVIO**, quien fue asesorado por el Ms. Abner Itamar León Bobadilla, según Resolución Decanal N° 251-2017-UNS-FI. (06.11.2017)

El Jurado, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el artículo 40° del Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
DAVILA DAVILA FLAVIO	17	MUY BUENO

Siendo las doce horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, y en señal de conformidad, firma el Jurado la presente Acta.

Nuevo Chimbote, 13 de junio 2018

Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández  
Presidenta

Ms. Abner Itamar León Bobadilla  
Secretario

Ms. Atilio Rubén López Carranza  
Integrante



---

## DEDICATORIA

Con mucho afecto a mi madre; ser su hijo es el regalo más grande que Dios me pudo haber dado. Gracias por apoyarme en los momentos más difíciles de mi carrera, por ti, hoy puedo ver alcanzada mi meta.

A mis hermanos, que contribuyeron para que pueda llegar a este punto de mi trayectoria universitaria; siempre me dieron palabras de ánimo para lograr todo aquello que me he propuesto.

A mi novia, quien con su paciencia, cuidado y amor durante todo este tiempo; por ser el soporte diario para llenar estas páginas que marcan el fin de una etapa y el comienzo de otra.

A mi hijo, que me da la fuerza necesaria para seguir y enfrentar cualquier situación por adversa que sea.

A mi asesor el Ms. Abner Itamar León Bobadilla quien, con sus conocimientos y confianza en mí, me apoyo para realizar este trabajo de investigación. Su tiempo y dedicación fueron muy bien aprovechados.

El Autor.



---

## AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos a nuestra querida e ilustre Universidad Nacional del Santa, de una manera muy especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil; como también a mis queridos Profesores por haber compartido sin interés alguno sus conocimientos.

Agradecer de manera muy especial al Ms. Abner Itamar León Bobadilla, por haber colaborado en el desarrollo del Proyecto del Trabajo de Investigación y haber facilitado los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de este Proyecto



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.1.1. REFERENCIAS INTERNACIONALES.....	3
1.1.2. REFERENCIAS LOCALES .....	5
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL: .....	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	5
1.4. HIPÓTESIS .....	6
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO .....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	1
2.1.1. DEFINICIÓN .....	9
2.1.2. PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CONCRETO .....	10
2.2. CONCRETO RECICLADO.....	14
2.2.1. CONCEPTO.....	14
2.2.2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN .....	15
2.2.3. ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS .....	15
2.2.4. PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS .....	16
2.2.5. PRODUCCIÓN DE AGREGADOS O ÁRIDOS RECICLADOS .....	17
2.2.6. MORTERO ADHERIDO .....	17
2.3. CATEGORÍA DE LOS AGREGADOS RECICLADOS .....	17
2.3.1. DISTINTAS NORMATIVAS SOBRE AGREGADOS RECICLADOS... ..	17



2.4. REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN .....	19
2.4.2. AGREGADO GRUESO RECICLADO.....	23
2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADO.....	23
2.5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185).....	23
2.5.2. PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO (ASTM C138) .....	26
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....	7
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....	48
3.1.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN: .....	48
3.1.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: .....	48
3.2. UNIVERSO Y MUESTRA:.....	48
3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL UNIVERSO:.....	48
3.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:.....	48
3.2.3. MÉTODO QUE SE EMPLEO PARA LA MUESTRA:.....	49
3.2.4. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS:.....	49
3.3. ORIGEN DE LOS AGREGADOS.....	49
3.3.1. MATERIAL RECICLADO: .....	49
3.3.2. MATERIAL NATURAL:.....	50
3.4. INSTRUMENTOS: .....	50
3.4.1. EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO.....	50
3.4.2. MATERIALES: .....	52
3.4.3. INSTRUMENTOS DE MEDICION:.....	53
CAPÍTULO IV: PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS .....	46
4. PROCEDIMIENTO: .....	58
4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012:2013).....	58
4.1.1 Agregado Fino: .....	58
4.1.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012:2013).....	59
4.1.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012:2013).....	61
4.1.1.3. PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO (NTP 400.017:2011): .....	63
4.1.1.4. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185.2013).....	66
4.1.1.5. PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (NTP 400.21:2013 -400.022: 2013).....	69
4.1.1.6. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (NTP 400.019): .....	71
4.1.1.7. RESISTENCIA A COMPRESIÓN (NTP 339.034): .....	72



4.2.	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS: .....	75
4.2.1.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO: .....	75
4.2.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO:.....	78
4.2.3.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:.....	82
4.2.4.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO:.....	85
4.2.5.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO: .....	88
4.2.6.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:.....	91
4.2.7.	ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO: .....	94
	.....	95
4.2.9.	ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:.....	97
4.2.10.	ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO:.....	98
4.2.11.	ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO:.....	103
4.2.12.	ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO RECICLADO: .....	107
4.2.13.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO: .....	112
4.2.14.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:.....	112
4.3.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $F^c = 210 \text{ KG/CM}^2$ - MÉTODO DEL MÓDULO FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....	113
4.3.1.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO 113	
4.3.2.	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO.....	124
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		55
4.1.	RESULTADO DE DISEÑO .....	136
4.1.1.	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO .....	136
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS:.....	138
4.2.1.	RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADOS NATURALES .....	138



---

4.1.2. RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADOS GRUESO RECICLADO .....	139
4.3. ANÁLISIS DE COSTOS .....	142
4.3.1. COSTOS POR 1M <sup>3</sup> PARA CONCRETO DISEÑADO CON AGREGADOS NATURALES .....	142
4.3.2. COSTOS POR 1M <sup>3</sup> PARA CONCRETO DISEÑADO CON AGREGADO RECICLADO.....	142
5.1. CONCLUSIONES.....	144
5.2. RECOMENDACIONES: .....	145
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	147
ANEXO I: GRAFICAS Y CUADROS ESTADÍSTICOS.....	155
ANEXO II: ENSAYOS QUÍMICOS DE LOS AGREGADO.....	158
ANEXO III: PANEL FOTOGRÁFICO .....	162



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: FORMAS DE OBTENCIÓN DEL CONCRETO RECICLADO .....	14
TABLA 2: LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO .....	21
TABLA 3: LIMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO.....	21
TABLA 4: PESOS DE LA CARGA ABRASIVA .....	32
TABLA 5: GRADUACIÓN DE LA MUESTRA DE PRUEBA.....	34
TABLA 6: CUANDO NO SE TIENE REGISTRO DE CONTROL DE PROBETAS	42
TABLA 7: TENIENDO EL CONTROL DE CALIDAD DE LA OBRA .....	42
TABLA 8: CONSISTENCIA Y ASENTAMIENTO .....	43
TABLA 9: REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO .....	44
TABLA 10: RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO .....	44
TABLA 11: MÁXIMA RELACIÓN AGUA/CEMENTO PERMISIBLES PARA CONCRETOS SOMETIDOS A CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN .....	45
TABLA 12: MODULO DE FINEZA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS	46
TABLA 13: FORMATO PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN .....	53
TABLA 14: FORMATO PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO .....	53
TABLA 15: FORMATO PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO .....	54
TABLA 16: FORMATO PARA CALCULAR EL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO .....	54
TABLA 17: FORMATO PARA CALCULAR EL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO .....	54
TABLA 18: FORMATO PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.....	55
TABLA 19: FORMATO PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO .....	55



---

TABLA 20: FORMATO PARA CALCULAR EL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO .....	56
TABLA 21: FORMATO PARA CALCULAR EL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO .....	56
TABLA 22: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO FINO DE LA MUESTRA N° 01 .....	58
TABLA 23: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO FINO DE LA MUESTRA N° 02 .....	58
TABLA 24: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO FINO DE LA MUESTRA N° 03 .....	59
TABLA 25: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO DE LA MUESTRA N° 01 .....	59
TABLA 26: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO DE LA MUESTRA N° 02 .....	60
TABLA 27: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO DE LA MUESTRA N° 03 .....	60
TABLA 28: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO DE LA MUESTRA N° 01 .....	61
TABLA 29: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO DE LA MUESTRA N° 02 .....	62
TABLA 30: DATOS OBTENIDOS DESPUÉS DEL TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO DE LA MUESTRA N° 03 .....	62
TABLA 31: DATOS OBTENIDOS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO FINO .....	63
TABLA 32: DATOS OBTENIDOS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO .....	64
TABLA 33: DATOS OBTENIDOS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO .....	64
TABLA 34: DATOS OBTENIDOS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO .....	65
TABLA 35: DATOS OBTENIDOS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO .....	66

---



---

TABLA 36: DATOS OBTENIDOS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO	
COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO .....	66
TABLA 37: DATOS OBTENIDOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL	
AGREGADO FINO .....	67
TABLA 38: DATOS OBTENIDOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL	
AGREGADO GRUESO .....	67
TABLA 39: DATOS OBTENIDOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL	
AGREGADO GRUESO RECICLADO .....	68
TABLA 40: DATOS OBTENIDOS DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO	
.....	69
TABLA 41: DATOS OBTENIDOS DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO	
GRUESO.....	70
TABLA 42: DATOS OBTENIDOS DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO	
GRUESO RECICLADO.....	70
TABLA 43: DATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL	
AGREGADO GRUESO .....	71
TABLA 44: DATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL	
AGREGADO GRUESO RECICLADO .....	72
TABLA 45: DATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL	
CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO GRUESO A LOS 7 DÍAS....	73
TABLA 46: DATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL	
CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO GRUESO A LOS 14 DÍAS..	73
TABLA 47: DATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL	
CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO GRUESO A LOS 28 DÍAS..	73
TABLA 48: DATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL	
CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO A LOS 7	
DÍAS .....	74
TABLA 49: DATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL	
CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO A LOS	
14 DÍAS .....	74

---



---

TABLA 50: SATOS OBTENIDOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO A LOS 28 DÍAS .....	74
TABLA 51: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 01.....	75
TABLA 52: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 02.....	76
TABLA 53: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 03.....	77
TABLA 54: MODULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO .....	78
TABLA 55: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 01.....	78
TABLA 56: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 02.....	80
TABLA 57: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 03.....	81
TABLA 58: MODULO DE FINURA DEL AGREGADO GRUESO .....	82
TABLA 59: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 01.....	82
TABLA 60: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 02.....	83
TABLA 61: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 03.....	84
TABLA 62: PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO FINO .....	87
TABLA 63: PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DEL AGREGADO FINO .....	88
TABLA 64: PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO.....	90
TABLA 65: PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO.....	91



---

TABLA 67: PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO.....	93
TABLA 68: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO.....	95
TABLA 69: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO .....	97
TABLA 70: CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO.....	98
TABLA 71: PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.....	102
TABLA 72: PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO .....	107
TABLA 73: PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO .....	111
TABLA 74: RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO .....	112
TABLA 75: RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO.....	112
TABLA 76: DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLA.....	113
TABLA 77: DATOS DEL DISEÑO DE MEZCLA.....	124
TABLA 78: VALORES DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS .....	136
TABLA 79: DISEÑO DE PRUEBA DEL CONCRETO CON AGREGADOS NATURALES.....	137
TABLA 80: DISEÑO DE PRUEBA DEL CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO.....	137
TABLA 81: DISEÑO FINAL DE CONCRETO CON AGREGADOS NATURALES.....	137
TABLA 82: DISEÑO FINAL DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO.....	138
TABLA 83: ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.....	138
TABLA 84: ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS.....	139
TABLA 85: ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS.....	139
TABLA 86: ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS.....	139
TABLA 87: ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS.....	140
TABLA 88: ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS.....	140



---

TABLA 89: COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO NATURAL .....	156
TABLA 90: COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADO RECICLADO.....	156



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL AGREGADO RECICLADO .....	16
FIGURA 2: TIPOS DE CONTENIDOS DE HUMEDAD .....	24
FIGURA 3: TIPOS DE FALLAS A COMPRESIÓN.....	35
FIGURA 4: PROBETAS DE CONCRETO RECICLADO ENSAYADA A LOS 7 DÍAS DE CURADO .....	36
FIGURA 5: PROBETAS DE CONCRETO RECICLADO ENSAYADA A LOS 7 DÍAS DE CURADO .....	36
FIGURA 6: PROBETAS DE CONCRETO RECICLADO ENSAYADAS A LOS 14 DÍAS DE CURADO .....	36
FIGURA 9: PROBETA DE CONCRETO NATURAL ENSAYADA A LOS 7 DÍAS DE CURADO.....	37
FIGURA 7: PROBETAS DE CONCRETO RECICLADO ENSAYADA A LOS 28 DÍAS DE CURADO .....	37
FIGURA 8: PROBETA DE CONCRETO RECICLADO ENSAYADA A LOS 28 DÍAS DE CURADO .....	37
FIGURA 10: PROBETA DE CONCRETO NATURAL ENSAYADA A LOS 7 DÍAS DE CURADO .....	38
FIGURA 12: PROBETA DE CONCRETO NATURAL ENSAYADA A LOS 14 DÍAS DE CURADO .....	38
FIGURA 11: PROBETA DE CONCRETO NATURAL ENSAYADA A LOS 14 DÍAS DE CURADO .....	38
FIGURA 13: PROBETA DE CONCRETO NATURAL ENSAYADA A LOS 28 DÍAS DE CURADO .....	39
FIGURA 14: PROBETAS DE CONCRETO NATURAL ENSAYADAS A LOS 28 DÍAS DE CURADO .....	39
FIGURA 15: INSTRUMENTOS DE LABORATORIO PARA HALLAR EL PESO ESPECIFICO .....	50
FIGURA 16: INSTRUMENTO DE LABORATORIO PARA HALLAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD .....	50



---

FIGURA 17: INSTRUMENTO DE LABORATORIO PARA HALLAR EL PESO VOLUMÉTRICO .....	51
FIGURA 18: INSTRUMENTOS DE LABORATORIO PARA HALLAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	51
FIGURA 19: INSTRUMENTOS DE LABORATORIO PARA HALLAR EL ASENTAMIENTO .....	51
FIGURA 20: AGREGADO GRUESO (RÍO CHONTA) .....	52
FIGURA 21: AGREGADO GRUESO RECICLADO (PAVIMENTOS RÍGIDOS).....	52
FIGURA 22: AGREGADO GRUESO NATURAL (RÍO CHONTA) .....	52
FIGURA 24 .....	65
FIGURA 25 .....	66
FIGURA 26 .....	69
FIGURA 27 .....	70
FIGURA 28 .....	72
FIGURA 29: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 01 .....	76
FIGURA 30: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 02.....	77
FIGURA 31: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 03.....	78
FIGURA 32: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 01.....	79
FIGURA 33: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 02.....	80
FIGURA 34: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 03.....	81
FIGURA 35: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 01.....	83
FIGURA 36: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 02.....	84
FIGURA 37: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO CORRESPONDIENTE AL ENSAYO N° 03.....	85

---



---

FIGURA 38: VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD .....	141
FIGURA 39: RESISTENCIA DEL CONCRETO EN EL TIEMPO .....	141
FIGURA 40: CUADRO ESTADÍSTICO DE RESISTENCIA EN EL TIEMPO .....	155
FIGURA 41: CUADRO ESTADÍSTICO DE VARIACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD .....	155
FIGURA 42: DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS .	157
FIGURA 43: ACOPIO DEL MATERIAL DE PAVIMENTOS RECICLADOS (BOTADERO SHUDAL).....	162
FIGURA 44: BLOQUES DE PAVIMENTO RÍGIDO A INVESTIGAR.....	162
FIGURA 45: LUGAR DE PROCESAMIENTO DEL CONCRETO RECICLADO (CHANCADORA ROCA FUERTE) .....	163
FIGURA 46: AGREGADO GRUESO RECICLADO LISTO PARA SER ANALIZADO EN EL LABORATORIO.....	163
FIGURA 47: CURADO DE PROBETAS LISTAS PARA SER ENSAYADAS A COMPRESIÓN.....	163
FIGURA 48: ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS.....	163



## RESUMEN

Hoy en día la construcción se ha convertido en una de las dinámicas más sobresalientes dentro del crecimiento de una ciudad, es por ello que se está produciendo una gran cantidad de desechos sólidos provenientes de las demoliciones y construcciones, no obstante, estos residuos sólidos pueden ser nuevamente usados, si se elige reciclarlos.

Cajamarca no es ajena a este crecimiento y por lo tanto produce gran cantidad de residuos sólidos provenientes de las construcciones, es por ello que mi proyecto de investigación se centra en la recuperación de este residuo sólido y en la producción un nuevo concreto elaborado con agregado grueso reciclado proveniente de los pavimentos rígidos.

El material usado para mi investigación fue los residuos sólidos proveniente de la demolición de pavimentos rígidos del distrito Baños del Inca, donde se elaboraron probetas con agregados naturales y con agregado reciclados producto de las demoliciones de pavimentos al cual se les analizaron sus propiedades y para su diseño de mezcla se usó del método de Modulo de finura de los agregados, cuya resistencia del concreto fue de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ .

Finalmente, después de realizar los respectivos diseños de mezcla, podemos confirmar que el concreto elaborado con agregados reciclados alcanzó una resistencia de  $f'c = 223.65 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días de curado mientras que el concreto diseñado con agregado natural alcanzó una resistencia de  $219.23 \text{ Kg/cm}^2$ , Habiendo una diferencia entre el primero y el segundo es de 2.11% de resistencia.

Entonces podemos concluir que el concreto diseñado con agregado grueso reciclado, se comporta tan igual que un concreto elaborado con agregados naturales y se recomienda su uso en las construcciones.

**Palabras clave:** Concreto reciclado, concreto, resistencia a la compresión.



---

## ABSTRACT

Nowadays, construction has become one of the most outstanding dynamics within the growth of a city, which is why a large amount of solid waste coming from demolitions and constructions is being produced, however, this solid waste can be newly used, if you choose to recycle them.

Cajamarca is no stranger to this growth and therefore produces a large amount of solid waste from the buildings, which is why my research project focuses on the recovery of this solid waste and in the production of a new concrete made with coarse aggregate recycled from rigid pavements.

The material used for my research was the solid waste coming from the demolition of rigid pavements in the Baños del Inca district, where samples were made with natural aggregates and with recycled aggregates as a result of the demolition of pavements to which their properties were analyzed and for their Mixing design was used of the modulus method of fineness of the aggregates, whose concrete strength was  $f'c = 210 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ .

Finally, after making the respective mix designs, we can confirm that the concrete made with recycled aggregates reached a strength of  $f_c = 223.65 \text{ Kg} / \text{cm}^2$  after 28 days of curing while the concrete designed with natural aggregate reached a resistance of  $219.23 \text{ Kg} / \text{cm}^2$ , having a difference between the first and the second is 2.11% resistance.

Then we can conclude that the concrete designed with coarse recycled aggregate, behaves as well as a concrete made with natural aggregates and its use is recommended in the buildings.

Keywords: Recycled concrete, concrete, resistance to compression.



## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**



## 1.1. ANTECEDENTES

Las actividades de la construcción producen perjuicios dañando irreversiblemente al medio ambiente y causando escases de los recursos naturales al extraer; las cuales van en contra de los conceptos ecológicos y ambientalistas dados en la actualidad, siendo estos de gran importancia a nivel mundial (Cruz-García & Velásquez-Yañez, 2004).

(Castillo Martínez, 2010), señala: existe la urgencia de incluir en la construcción cambios que ayuden al mantenimiento y la mejora de nuestro entorno.

Se tiene conocimiento que después de la segunda guerra mundial en los Países Europeos se tenía una gran cantidad de escombros producto de sus ciudades destruidas, impulsándolos a reciclar estos desechos de las construcciones para volver a reutilizarlos (Cruz-García & Velásquez-Yañez, 2004).

Inicialmente los estudios realizados en EEUU, sugieren el empleo de concreto hidráulico reciclado de origen vial o pavimento rígido, y luego el uso de concreto reciclado procedentes de viviendas, pues mencionan que puede estar infectado con azufre (Torres-Acosta, y otros, 2015).

En el Perú actualmente el tema ambiental sobre la construcción ha tenido gran importancia en los últimos años, promoviéndose el buen uso de materiales, aplicar metodologías y técnicas sostenibles con el fin de cuidar los recursos naturales para futuras generaciones.

Lima no es ajena a esta situación ya que genera un aproximado de 19,000 Tn/día, y en Cajamarca 644,402 Tn/día. INEI (Registro Nacional de Municipalidades 2016).

Este trabajo de investigación determinó las propiedades del concreto obtenido con agregado grueso producto de la demolición de pavimentos rígidos, para lo cual se tomó una muestra de pavimento rígido, pasando su respectivo análisis tanto mecánicos como físicos con la finalidad de saber si cumple con las propiedades establecidas en la NTP para su uso como un nuevo agregado en las diferentes construcciones. Dicha muestra fue tomada del Jr. Hurtado Miller el cual estaba siendo reemplazada en el Distrito Baños del Inca - Cajamarca; con lo cual lograremos disminuir la contaminación ambiental, disminuyendo la explotación de los recursos



naturales a extraer. En base a ello formularé la siguiente hipótesis: El concreto diseñado con agregado grueso producto de la demolición de pavimentos rígidos, tiene propiedades similares a la de un concreto diseñado con agregados naturales.

La conclusión determinará si este nuevo concreto elaborado con agregado grueso reciclado puede diseñarse para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  y si es mejor o no que el concreto diseñado con concreto convencional para su respectivo uso en la construcción.

Analizando lo anterior, la presente investigación se basó en mejorar el uso de un recurso que es necesario en la construcción; usando el Principio del Reciclaje cuyo fin es aprovechar al máximo un recurso, me centraré en el agregado grueso reciclado, proveniente de los pavimentos rígidos.

### **1.1.1. REFERENCIAS INTERNACIONALES**

Últimamente a nivel mundial se está produciendo gran cantidad de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) lo cual esta ocasionado un problema ambiental, debido a que estos desechos de la construcción están siendo eliminados indiscriminadamente en vertederos o botaderos. Sin embargo, hay países que están tratando de darle un nuevo uso a estos desechos de la construcción con la finalidad de poder reutilizarlos por medio del reciclaje, países como Holanda, Alemania, China, España, Brasil, Chile, entre otros, (Ossa & García, 2015).

#### **EUROPA**

Mukesh Limbachiya (15/04/2003) nos dice que en el Reino Unido se produce un aproximado de 30 millones de toneladas al año de residuos sólidos provenientes de las demoliciones., la cual está ejerciendo una presión a la industria de la construcción europea ya que estas producen una gran cantidad de residuos de construcción y demolición y están agotando los recursos naturales debido a la explotación indiscriminada de este material.

En Holanda está prohibido que los residuos de construcción sean eliminados en vertederos, donde los residuos sólidos son recuperados y reutilizados. Otro país que ha tomado esta iniciativa es Finlandia, ya que todo material proveniente de una demolición es reciclado para ser reutilizado. Australia también está reciclando residuos sólidos para la elaboración de



nuevos productos (Guacaneme- Lizarazo, 2015).

## **AMÉRICA**

En Colombia se han formulado leyes para proteger los recursos naturales que tiene como finalidad principal cuidar este recurso, ya que en los últimos años se han producido una gran cantidad de residuos sólidos debido a las nuevas construcciones las cuales al ser desechadas en los botaderos producen contaminaciones medio ambientales. La Ley 1259 se hizo efectiva el 2008 donde se infracciono a aquellas empresas que infringieron la respectiva ley (Guacaneme- Lizarazo, 2015).

(Martínez y Mendoza, 2006), señalan que el uso de concreto reciclado como agregado está teniendo buenos resultados al hacerles sus respectivos análisis físicos y mecánicos, tanto así que su comportamiento es muy parecido al de un concreto natural.

Cruz y Velázquez (2004) nos señala que la reutilización de los residuos de construcción está disminuyendo la contaminación del medio ambiente y a la vez se está salvaguardando la explotación indiscriminada de este recurso.

## **EN EL PERÚ**

Debido al crecimiento en el sector de la construcción y a la producción de residuos sólidos, se presentó un Congreso Internacional sobre el Estudio de Hormigones Reciclados, el cual está enfocado al uso de este residuo solido reciclado como un nuevo recurso para la construcción, cuyo objetivo es disminuir la contaminación y la explotación de este recurso natural ( Bolla, y otros, 2013).

Las tomas de residuos sólidos para este estudio se las hicieron de pavimentos rígidos colapsados de la zona, donde se elaboraron muestras para los diferentes tipos de hormigones, cuyos resultados obtenidos nos llevan a concluir que los hormigones usados en este estudio, pueden ser considerados en la construcción, como una opción viable para la construcción de pavimentos ( Bolla, y otros, 2013).



### **1.1.2. REFERENCIAS LOCALES**

Actualmente Cajamarca está creciendo rápidamente en el sector de la construcción el cual está produciendo una gran cantidad de residuos sólidos el cual no son aprovechados y son desechados en botaderos y a veces usados como rellenos.

Debido a lo difícil que es conseguir este recurso natural de origen aluvial o en las canteras, se están realizando investigaciones acerca de este residuo sólido como una alternativa en la construcción para ser reciclado y reutilizarlo como un nuevo material en las diferentes obras civiles.

El valioso aporte del Ing., Asencio Sangay Armando Régulo mediante su trabajo de investigación llega a la conclusión que el concreto elaborado con agregado grueso reciclado de pavimento rígido de  $f_c=210\text{kg/cm}^2$  resiste un 15.49% menos que el concreto elaborado con agregados naturales a los 28 días.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

- ¿La elaboración de un concreto nuevo incorporando agregado grueso producto de la demolición de pavimentos rígidos cumple con las propiedades especificadas y normadas para la producción de concreto?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL:**

Determinar si las propiedades de un concreto elaborado con agregado grueso producto de la demolición de pavimentos rígidos cumplen con las propiedades especificadas y normadas para la producción de concreto.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar las propiedades del concreto fresco y de concreto endurecido elaborados con pavimentos rígidos reciclados.



- Determinar si el uso de pavimento rígido reciclado, como agregado grueso, permite obtener un concreto apropiado para obras civiles.
- Identificar los beneficios del uso del agregado de concreto reciclado y las ventajas que estas generan.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

El concreto diseñado con agregado grueso producto de la demolición de pavimentos rígidos, tiene propiedades similares a la del concreto diseñado con agregados naturales.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN**

En el Perú y específicamente en Cajamarca, estos Residuos de demolición provenientes de la construcción no son aprovechados adecuadamente y generalmente son descartados como basura o, en el mejor de los casos, se usan como relleno; países como Colombia, Chile y México, están realizando estudios para aprovechar este residuo sólido proveniente de la construcción y así poder darle un uso más adecuado; nuestro país a comparación de los demás está rezagado ya que en la actualidad no aprovecha estos recursos de manera adecuada. Es importante tocar este tema ya que nosotros somos los responsables directos de la depredación y destrucción del medio ambiente. Perú se caracteriza por poseer una amplia gama de recursos naturales, específicamente los agregados, pero éstos deben usarse de una manera responsable y adecuadamente y más aún si estos recursos ya fueron empleados en la elaboración de concreto.

Las ventajas que se obtendrían de los residuos sólidos provenientes de las construcciones es que favorecerían a varios sectores tanto sociales como industriales, ya que el concreto es el material más empleado.

Es por eso, que esta investigación desea aportar un nuevo concreto, elaborado con agregado reciclado de los pavimentos rígidos y así contribuir de manera directa con las entidades responsables con este sector.



## **1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO**

Dentro de las limitaciones que se encontraron para el desarrollo de esta tesis, fue el traslado de material de demolición ya que éste se encontraba acopiado en un lugar de poco acceso para su carguío correspondiente y su traslado demoro más del tiempo calculado, el cual influyó en el costo de su traslado.

Otro factor que influyó para su traslado y no menos importante, fue la temporada de lluvias que se presentó en esas fechas del año en la ciudad de Cajamarca.



## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**



## EL CONCRETO

### 2.1.1. DEFINICIÓN

El concreto es un material de construcción que al mezclarse con cemento, agua, agregado fino, agregado grueso y en algunos casos aditivos, llega a fraguar y se endurece logrando alcanzar una gran resistencia (Kastellon Corrales & De la Ossa Arias, 2013).

(Abanto Castillo, 2017) nos señala que la unión del cemento con el agua reacciona químicamente formando una mezcla compacta con los agregados y en algunos casos también se le hecha aditivos, el cual mejoran las propiedades del concreto.

En algunos casos los agregados se obtienen de otros materiales, pero generalmente se hace uso de los recursos naturales específicamente de las rocas los cuales pueden ser separados en gruesas y finas (Cuellar Yañez, 2018).

De acuerdo al tamaño de las partículas, los agregados se clasifican en agregado fino y agregado grueso. Los agregados finos son arenas naturales donde el tamaño de sus partículas pueden llegar hasta 10 mm, el agregado grueso también conocido como grava, es uno de los principales componentes del concreto, donde sus partículas se retienen en la malla N°.4 y varían hasta 152 mm (Avila Cardenas, 2015).

En el concreto los agregados son muy importantes porque estos constituyen más o menos el 60% al 75% del volumen total. Por lo tanto estos agregados deben contar con una granulometría deseada para que puedan resistir a las diferentes condiciones al ser expuestas (Pereira Araujo, 2017).

La relación agua/cemento ( $a/c$ ) es importante porque determina la distribución interna del cemento y porque influye directamente en la resistencia y durabilidad del concreto. Cuando se aumenta la cantidad de agua la relación agua/cemento ( $a/c$ ) crece y cuando se disminuye la cantidad de agua la relación agua /cemento ( $a/c$ ) decrece En conclusión , cuanto más baja es la relación agua/cemento ( $a/c$ ) más favorable son las propiedades del cemento endurecido. (Medina Murillo, 2014)



Debemos tener en cuenta que el mezclado de los materiales juega un papel muy importante en el producto final del concreto, ya que esta mezcla debe ser plástica y semifluida y a la vez capaz de moldearse a mano (Ramirez Bencosme, 2010).

(Marcano , 2015) nos señala que al momento de ser transportado la mezcla los elementos como son la arena, la grava o piedra se mantienen en suspensión, por lo tanto, no se desmoronan y fluye como un líquido viscoso que al momento de endurecer se convierte en una mezcla uniforme.

## **2.1.2. PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CONCRETO**

Principales propiedades del concreto fresco:

### **2.1.2.1. Trabajabilidad**

Es la facilidad que tiene el concreto fresco para ser mezclado, transportado y compactado. Esta propiedad depende de las facilidades que tengan durante su proceso, por lo tanto no hay prueba hasta el momento que nos permita cuantificar esta propiedad (Delgado, 2015).

La trabajabilidad principalmente es influenciada por la pasta, el contenido de agua y la proporción que hay entre los finos y gruesos.

(Civil Geekes, 2011) nos indica que todo concreto es trabajable cuando al ser transportado siempre mantiene una capa de un  $\frac{1}{4}$ " sobre el agregado grueso.

Indirectamente el método que usa para medir la trabajabilidad se llama Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, el cual permite dar una aproximación numérica a esta propiedad del concreto. (Civil Geekes, 2011).

### **2.1.2.2. Consistencia**

El ensayo de consistencia" también conocido como revenimiento o "Slump test" se usa para identificar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba desarrollada por Duff Abrams fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.



(Morales, S.F.) nos indica que el concreto fresco tiene la capacidad de ocupar todos los espacios en el encofrado, donde influyen la cantidad de agua, el tamaño, forma y granulometría de los áridos. Para proceder a su uso se le hace el ensayo respectivo, el cual se conoce como cono de Abrams, que consiste en llenar un cono tronco de 30 cm de altura con concreto fresco, la pérdida de altura cuando se desmolda se le denomina Consistencia

### **2.1.2.3. Segregación**

Las diferencias de densidades entre los agregados finos y agregados gruesos son solo de un 20% uno con respecto al otro, lo cual añadido la viscosidad produce que el agregado grueso quede suspendido e inmerso en el molde (Escobedo Huamanquispe, y otros, S.F.).

(Escobedo Huamanquispe, y otros, S.F.) nos indica que la Segregación se da por la falta de viscosidad en la pasta donde las partículas gruesas se separan de la mezcla debido a la mala distribución de las partículas, la insuficiente concentración de pasta o granulometría deficiente.

### **2.1.2.4. Exudación**

(Escobedo Huamanquispe, y otros, S.F.) nos señala que la exudación es un fenómeno que se produce por el ascenso de agua de la mezcla a la superficie del concreto durante el tiempo de fragua.

Es un error considerar que la exudación es una condición rara del concreto, porque, si tratamos de secar el concreto espolvoreando cemento, este formara una película, delgada de pasta que al producirse la contracción por secado y cambios por temperatura este se agrietara formando fisuras en forma de panal de abejas. pero si se espolvorea cemento cuando la exudación ha terminado se reduce la relación agua /cemento, logrando buenos resultados con respeto a la resistencia al desgaste (Escobedo Huamanquispe, y otros, S.F.).



#### **2.1.2.5. Contracción**

(Escobedo Huamanquispe, y otros, S.F.) nos señala que la pasta de cemento se reduce a causa de la disminución del volumen del agua por una combinación química. Éste fenómeno es conocido con el nombre de Contracción, que es considerado como una de las propiedades más importantes porque está ligada a los problemas de fisuración.

Podemos decir que esta propiedad no es irreversible, ya que podemos reponer el agua perdida por secado, con lo cual recuperaremos la mayor parte de la contracción sufrida. En conclusión, el concreto siempre se va contraer, por lo tanto, si no se toman las medidas correctivas siempre va a producirse fisuración (Escobedo Huamanquispe, y otros, S.F.).

#### **2.1.2.6. Impermeabilidad**

(Lopez, 2017) nos señala que la impermeabilidad es la habilidad que posee un material para frenar el paso de los fluidos. Considerada también como una propiedad importante que se puede mejorar con frecuencia si disminuimos la cantidad de agua en la mezcla con la cual estaríamos reduciendo los vacíos que se producen al momento de evaporarse, Debemos tener en cuenta que la entrada de agua por estos vacíos son las principales causas que llevan a el deterioro de las estructuras.

#### **2.1.2.7. Durabilidad**

Es la capacidad que tiene el concreto para resistir la acción del intemperismo. La falta de durabilidad se debe al medio al que está expuesto el concreto como son condiciones atmosféricas y mecánicas. Por lo tanto el grado de deterioro dependerá principalmente de la calidad del concreto (Rivera Quio, 2014).

#### **2.1.2.8. Resistencia a la compresión**

Es una de las principales propiedades donde se logra determinar la calidad de la mezcla, así como de los agregados que se utilizaron. Esta resistencia se encuentra en función a la relación que existe entre el agua/cemento el cual está directamente



relacionada al curado, las condiciones ambientales y la edad del concreto (Castellanos Araujo, 2006).

#### **2.1.2.9. *Peso unitario (NTP 339.046)***

(Ramirez Gil, 2016) nos manifiesta: que el peso específico unitario es el vínculo existente entre la masa del agregado que ocupa un volumen entre la magnitud de este. Dependiendo del material que se emplee, existen dos valores que se emplean para calcular el peso específico unitario y son: peso unitario suelto y peso unitario compactado, El peso específico unitario también es usado para transformar pesos a volúmenes.

#### **2.1.2.10. *Permeabilidad***

(H., 2011) nos hace referencia: que la permeabilidad es la cantidad de agua que migra a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, también lo define como la capacidad del concreto de resistir la penetración del agua u otra sustancia.

La permeabilidad es una de las principales causas del deterioro de las estructuras, y esto se debe a la cantidad de agua que se emplea en la elaboración de la mezcla pues con ella se le da mayor fluidez, pero al final termina dejando una serie de poros que serán determinantes para volverlos más permeables (H., 2011).

#### **2.1.2.11. *Resistencia mecánica***

La resistencia mecánica del concreto es la propiedad que se identifica con su comportamiento como material de construcción. Por lo tanto, la resistencia mecánica depende de la pasta de cemento endurecido y de la calidad de los agregados. Si la resistencia mecánica cuenta con agregados resistentes y duros tiende a ser gobernada por la adherencia que existe entre la pasta con los agregados, caso contrario, si los agregados son débiles no alcanzarán su máxima resistencia (Caysahuana Melendez, 2015).



**2.1.2.12. Resistencia a abrasión**

(H., 2011) nos indican que está relacionada directamente con la resistencia a compresión del concreto. Por lo tanto, todo concreto que tiene mayor resistencia a la compresión será más resistente a la abrasión a que uno no tenga mucha resistencia. La resistencia a la compresión tiene relación directa con el tipo de agregado que se usa, al curado, a la relación agua/cemento y al acabado de su superficie.

**2.2. CONCRETO RECICLADO**

**2.2.1. CONCEPTO**

Son todos los fragmentos granulares finos o gruesos producto de las demoliciones de las construcciones, las cuales a través de un proceso de selección en plantas chancadoras se separan los agregados para ser usados en un nuevo concreto (Alvarez, Concreto Reciclado, 2012).

La cantidad de demoliciones provenientes de los pavimentos rígidos es un insumo disponible para la elaboración de concreto reciclado, de la cual se tomara como muestra de agregado grueso para la elaboración de concreto (Ruelas Paredes, 2015).

Tabla 1: *Formas de obtención del concreto reciclado*

ACTIVIDAD	TIPO DE OBRA	COMPONENTES PRINCIPALES
<b>DEMOLICIÓN</b>	Vivienda Edificios Obras Públicas	Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas, etc. Recientes: ladrillo, hormigón, hierro acero, metales, escombros y plástico Industriales: hormigón, acero, ladrillo
	Excavación Edificación y Obras Públicas Reconstrucción Otros	Tierra Fierro, acero, ladrillos, bloques Tejas y Materiales no féreos Suelo, roca, hormigón, cal, yeso pavimento, ladrillo y escombros Madera, plástico, etc.

Fuente: Alfonso Aguilar, Residuos, 1997

El reciclaje de los residuos de construcción y demolición (RCD) para su reutilización nos permite reducir la extracción de este recurso natural y el impacto ambiental que estos ocasionan,



es por ello que se están poniendo en práctica la implementación de las metodología de las 3R (reducir, reusar y reciclar). (Palacio Leon, Chavez Porras, & Velasquez Castiblanco, 2015)

### **2.2.2. RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN**

Son todos los residuos que se generan durante un proceso constructivo ya sea en una rehabilitación, remodelación y/o demolición de una infraestructura.

(Martel, 2008) define a los RCD como sobrantes que no han sido empleados en la construcción y los han dejado de lado por proceso constructivo.

Los residuos sólidos son aquellos que se producen durante la ejecución de una nueva construcción (Burgos, 2010).

### **2.2.3. ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS RECICLADOS**

- 1) Se trasladan los residuos sólidos de construcción hasta la planta, en donde se separan las piezas más grandes las cuales son demolidas para conseguir el tamaño adecuado.
- 2) Se realiza una pre selección de los residuos sólidos, antes de empezar el proceso de trituración.
- 3) Mediante los esfuerzos de compresión y cizalladura se inicia la primera trituración, donde la cinta de alimentación del molino rompe los bloques.
- 4) Para apartar los cuerpos metálicos se emplea un separador magnético, que se encuentra a la salida del molino.
- 5) El material que se obtiene pasa a una zona de triaje, donde se eliminan los restos de plásticos, maderas o metales en forma manual.
- 6) Una vez hecha la selección a mano, se introduce el material a la tolva de corte a través de una cinta transportadora, los cuales son derivadas a otras cribas donde se selecciona el material según el tamaño.





### **2.2.5. PRODUCCIÓN DE AGREGADOS O ÁRIDOS RECICLADOS**

Las plantas fijas tienen una producción mayor al de las plantas móviles y cuentan con sistemas para eliminar todas las impurezas y contaminantes. Dichas plantas llegan a procesar aproximadamente hasta 400 tn/hora (Alvarez, Concreto Reciclado, 2012).

### **2.2.6. MORTERO ADHERIDO**

(Alvarez, Concreto Reciclado, 2012) nos manifiesta que la cantidad de mortero adherido es la principal diferencia que existe entre un agregado natural y un agregado reciclado, ya que el agregado reciclado presenta propiedades distintas que se ve reflejado en menor resistencia, menor densidad y la mayor absorción de agua.

## **2.3. CATEGORÍA DE LOS AGREGADOS RECICLADOS**

Residuos triturados procedentes de demoliciones: en esta categoría se encuentran las mezclas de concreto y residuos de cerámica triturados con poco porcentaje de contaminantes.

Residuos de demolición clasificados y limpios: en esta categoría están las mezclas de concreto y residuos cerámicos triturados, sin presencia de contaminantes.

Residuos cerámicos limpios: en esta categoría están los restos de ladrillo triturado y tienen menos del 5 % de concreto.

Residuos de concreto limpios, esta categoría se caracteriza por tener menos del 5% de restos de ladrillo y otros contaminantes (Velasquez Pacco, 2015).

### **2.3.1. DISTINTAS NORMATIVAS SOBRE AGREGADOS RECICLADOS**

Antes de ser utilizados en la elaboración de concreto estos agregados deben poseer una dureza apropiada para lograr la resistencia a compresión deseada. Según su uso se clasifican en:

Agregados para rellenos en general, se pueden usar las cuatro categorías mencionadas anteriormente.

Agregados para drenajes. Todas las categorías mencionadas anteriormente se pueden usar.



Agregados para base y sub base, las tres últimas categorías son las más recomendables

Agregados para la fabricación de concreto. La última categoría es la que más se usa para esta finalidad (Velasquez Pacco, 2015).

### **ESTADO ACTUAL EN JAPÓN**

Japón clasifica en tres categorías los agregados reciclados. Al agregado reciclado de mayor calidad se le denomina con la letra H, al de calidad intermedia con la letra M y al de más baja calidad con la letra L.

Están regulados por las normas JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023 que entraron en vigencia entre los años 2005 y 2007 (Velasquez Pacco, 2015).

### **ESTADO ACTUAL EN AUSTRALIA**

El Ministerio de Medio Ambiente y Patrimonio con participación con el CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) elaboró una guía nacional para el uso de concreto reciclado en el año 2002. Donde clasifica a los agregados reciclados de clase 1 y de clase 2. Los de clase 1 son los que se usan en la producción de concreto.

Los agregados reciclados de clase 2 se utilizan como material de relleno y como base, sub-bases en carreteras (Velasquez Pacco, 2015).

### **EN LA COMUNIDAD EUROPEA**

Alemania clasifica a los agregados reciclados en cuatro categorías diferentes según la norma DIN 4226-100, las cuales se mencionan a continuación:

TIPO 1: estos agregados poseen 90% de residuos de concreto y un 10% entre ladrillo y arenisca.

TIPO 2: estos agregados tienen 70% de residuos de concreto y un 30% de ladrillo Clinker y arenisca caliza.

TIPO 3: estos agregados contienen 80 % de residuos cerámicos y un 20% de residuos de



concreto.

TIPO 4: estos agregados provienen de las mezclas de los Residuos de construcción y demolición y tienen 80% de residuos sólidos y de cerámicos (Velasquez Pacco, 2015).

## **2.4. REUTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN**

(Choque Aguilar, 2011) nos manifiesta que los agregados reciclado pueden ser una solución a los problemas tanto en el aspecto ambiental y económico ya que con este nuevo insumo se estaría reutilizándolo en las diferentes obras civiles y con ello se estaría salvaguardando el recurso natural y cuidando nuestro medio ambiente. Los agregados reciclados pueden ser empleados en los diferentes campos de la construcción como son pavimentaciones de poca fluencia, muros de contención, estabilización de suelos y también en la producción de concreto para diferentes usos como canales, pisos, veredas, buzones, etc. Además de lo antes mencionado los agregados reciclados de residuos sólidos pueden ser usados en capas para una pavimentación.

### **LOS AGREGADOS**

Son materiales que están inmersos en pasta de concreto y ocupan los 2/3 de la mezcla que viene a ser el 75% del volumen del concreto. También se define al agregado como un conglomerado de partículas inorgánicas que puede ser natural o artificial, que sirve para producir concreto. Todos los agregados que se usan para la elaboración de concreto deben cumplir con la NTP 400.037 (Espinoza Sanchez, 2015)

Años atrás los agregados eran considerados como materiales inertes ya que no tenían participación directa dentro de las reacciones químicas del concreto, Hoy en día el agregado es considerado muy importante porque ocupan el mayor porcentaje y sus propiedades influyen en la mezcla de concreto (Espinoza Sanchez, 2015).

(Espinoza Sanchez, 2015) nos señala que los agregados no solo tienen influencia en las propiedades del concreto como son el acabado y calidad del mismo, sino que también influye directamente en la trabajabilidad, la durabilidad, y peso unitario del concreto.



La norma E-060, nos recomienda que en algunos casos los agregados no han cumplido con los requisitos establecidos por la norma, sin embargo su comportamiento ha sido aceptable en el tiempo, pero esto no nos garantiza buenos resultados bajo otras (Díaz Maita & Rodríguez Ríos, 2011).

## CLASIFICACIÓN

Los agregados se clasifican en gruesos o finos. Es grueso cuando el 95% o más quedan retenidos sobre el tamiz N° 4 y es fino cuando el 95% como mínimo pasa por el tamiz N° 4.

### **2.4.1.1. Agregado fino**

Son partículas que se originan de la descomposición natural o artificial de las rocas, pasan por la malla 3/8" y quedan retenidos en la malla N°200.

También es importante recalcar que el agregado fino tiene mayor efecto en las dosificaciones de la mezcla de concreto que el de un agregado grueso, esto quiere decir que los agregados finos tienen mayor superficie específica por lo tanto la pasta se verá afectada en proporción en la que a esta se la incluya. El módulo de fineza inferior al 2,5 dan mezclas con consistencia pegajosa lo cual hace más trabajoso su compactado, si su grado de finura son de 3.0 son más trabajables y resistentes a la compresión (Campos Cisneros, 2009).

### **2.4.1.2. Granulometría**

La norma NTP 400.037 nos señala que todo agregado fino deberá estar gradado dentro de los límites de la norma, y se tiene que tener en cuenta.

Para hacer su respectivo análisis granulométrico se usan las mallas de la serie Tyler cuyas partículas quedaran retenidos en las mallas N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100 (Rivva Lopez, 2010).



Tabla 2: *Límites granulométricos del agregado fino*

MALLA		LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
Nº	mm		
3/8	9.5	100%	100%
4	4.76	100%	95%
8	2.36	100%	80%
16	1.18	85%	50%
30	0.6	60%	25%
50	0.3	30%	10%
100	0.15	10%	2%
200	0.3	0%	0%

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037:2014, elaboración propia, 2018.

Los agregados tanto finos como gruesos deben ser bien graduados para producir mezcla más homogénea. Cuando no existe una buena textura superficial, dificultad para lograr buenos acabados y exudación del concreto, esto se debe a que el agregado fino ha pasado en mayor cantidad por las mallas 50 y 100, para que no suceda esto la norma nos recomienda que el porcentaje que pase por la malla No. 50 esté entre el 10 y 30. El módulo de finura utilizado en la elaboración de mezclas de concreto, deberá estar entre 2,3 y 3,1 para evitar segregación del agregado (Bernal Arias, 2009).

#### 2.4.1.3. *Agregado grueso*

El agregado grueso se obtiene de la roca o grava triturada el cual antes de ser utilizada ha sido seleccionada y analizada en un laboratorio para garantizar su calidad, por lo tanto el agregado grueso es muy importante dentro de la composición del concreto porque gracias a este material nos va garantizar buenos resultados en la elaboración de estructuras de concreto (Salazar , 2015).

#### 2.4.1.4. *Granulometría*

La norma NTP 400.37 nos señala que todo agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites de la norma, los cuales están indicados en la siguiente tabla:



Tabla 3: *Limites granulométricos del agregado grueso*

N°	MALLA		LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
		mm		
2		50	100%	100%
1 ½		37.5	90%	100%
1		25.4	20%	55%
¾		19	0%	15%
½		12.7	0%	10%
3/8		9.51	0%	5%
N° 4		4.76	0%	0%

Fuente: Norma Técnica Peruana, 400.037:2014; elaboración propia, 2018.

Los agregados gruesos deben tener textura rugosa, preferentemente angular duras, compactas y resistentes.

Deben estar libres de tierra, polvos, incrustaciones superficiales o cualquier sustancia dañina.

La Norma Técnica Peruana NTP 400.037, nos señala:

- ✓ Los tamaños de los agregados gruesos deben ser continuos.
- ✓ Una vez realizada la granulometría se deberá obtener la máxima densidad del concreto, la cual está en función a la mezcla.
- ✓ El agregado grueso no debe de acumular más del 5% de agregado retenido en la malla 1 ½" ni más del 6% que pase la malla de ¾" después de haber realizado su respectivo análisis granulométrico (Huatay Aliaga, 2014).

El Reglamento nacional de edificaciones, 2015 recomienda que el tamaño máximo nominal del agregado a tomar será:

Su tamaño será 1/5 menor de las caras del encofrado.

No deberá exceder 1/3" altura de las losas.

El tamaño máximo nominal no debe ser mayor a 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas de refuerzo.



## **2.4.2. AGREGADO GRUESO RECICLADO**

Se comporta tan igual como un agregado natural ya que ambas poseen las mismas características, por lo tanto, el agregado reciclado cumple con las mismas propiedades estipuladas en la NTP.

En esta investigación se realiza el mismo análisis para encontrar sus propiedades y para elaborar el diseño de mezcla.

Este agregado que proviene del reciclaje contienen elementos susceptibles que atacaran al concreto recién elaborado como son materias orgánicas, alcalinos, sulfatos.

## **2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADO**

### **2.5.1. CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)**

#### **2.5.1.1. Definición:**

(Chavez Vasquez, S.F.) nos señala que es la cantidad de agua contenida en un material y pueden variar según el tiempo, motivo por el cual se debe determinar el contenido de humedad para hacer las respectivas correcciones de una mezcla.

#### **- Seco:**

Es el estado donde no existe humedad alguna, este secado se consigue en una estufa a  $105 \pm 5^\circ \text{C}$  de temperatura.

#### **- Seco al aire:**

Es una característica de los agregados que se han secados al medio ambiente y tiene un poco de humedad en el interior.

Por lo tanto, el contenido de humedad es menor al porcentaje de absorción, igual al del estado seco.



- **Saturado Y Superficialmente Seco:**

Este estado es el ideal para los agregados porque no cede ni absorbe agua ya que los poros del agregado se encuentran saturados de agua.

- **Húmedo:**

En este estado el contenido de humedad es mayor al porcentaje de absorción ya que el agregado se encuentra lleno de agua.

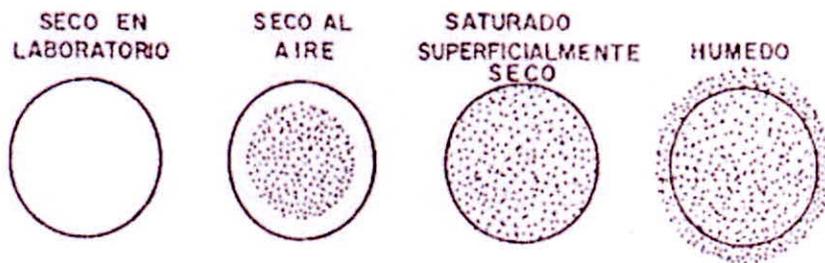


Figura 2: Tipos de contenidos de humedad

(Denis Tas, 2011) nos señala que el agregado que retiene mayor cantidad de agua es el agregado fino. Por lo tanto, el contenido de humedad de la muestra será condicionada por el estado en que se encuentre dicho material.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

- **Totalmente seco**

Se obtiene secando el agregado a 110°C en un horno por 24 horas hasta obtener un peso constante.

- **Parcialmente seco**

Estos estados se obtienen exponiendo el material al medio ambiente.



- ***Saturado y Superficialmente seco. (SSS)***

Este estado solo se logra en un laboratorio, y se da cuando los agregados se encuentran superficialmente seco, pero sus poros se encuentran llenos de agua.

- ***Totalmente Húmedo***

Cuando los agregados se encuentran llenos de agua y además existe agua libre superficial.

La absorción y el contenido de humedad de los agregados deben determinarse de tal manera que la proporción de agua en el concreto puedan controlarse y se puedan determinar los pesos corregidos de las muestras.

El contenido de humedad en los agregados se calcula mediante la utilización de la siguiente fórmula:

$$\%W = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} \times 100$$

Dónde:

$W_{mh}$ : peso de la muestra humedad (g)

$W_{ms}$ : Peso de la muestra seca (g)

W (%): contenido de humedad

**2.5.1.2. Especificaciones técnicas:**

(Chávez Vásquez, S.F.) nos manifiesta que esta propiedad física del agregado no cuenta con especificaciones, pero el agregado fino puede llegar a tener un 8% de contenido de humedad, mientras que el agregado grueso llega a 4%.



---

### ***EQUIPO Y MATERIALES:***

Balanza con sensibilidad de 0.1 g. y cuya capacidad no sea menor de 1 kg.

Recipiente adecuado para colocar la muestra.

Estufa, capaz de mantener una temperatura de 105° C a 110° C.

Recipiente para introducir la muestra en el horno.

#### ***2.5.1.3. Procedimiento:***

Se coloca la muestra húmeda a ensayar en un depósito y se procede a pesarla (peso del recipiente + muestra húmeda).

Se traslada la muestra humedad pesada a la estufa y se deja secar por 24 horas a una temperatura de 110° C  $\pm$  5° C.

Una vez secada en el horno por 24 horas se procede a pesarla (peso recipiente + muestra seca) y se determina la cantidad de agua evaporada.

Y finalmente se resta el peso inicial de la muestra con el peso seco y eso nos determinará el contenido de humedad del agregado (Denis Tas, 2011).

#### ***2.5.2. PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO (ASTM C138)***

##### ***2.5.2.1. Peso unitario volumétrico del agregado fino:***

###### **Definición**

Se denomina peso volumétrico del agregado fino, al material que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. Este valor está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (Chavez Vasquez, S.F.).



## **Fundamento Teórico**

### *Preparación de muestra.*

Para la determinación del peso unitario, la muestra deberá estar completamente mezclada y secada a temperatura ambiente.

### *Peso Unitario Suelto*

Es la relación peso/volumen, es decir cuando se deja caer el agregado a un recipiente a una altura de 5 cm aproximadamente.

El hallar el peso unitario suelto nos permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados. (Denis Tas, 2011)

### *Peso Unitario compactado*

Se refiere a compactar el material dentro del molde, este se usa en algunos métodos de diseño de mezcla como lo es el de American Concrete Institute (ACI).

### *Fórmula del Peso Unitario Volumétrico Suelto*

$$PUV_s = \frac{W_m}{V_r}$$

Dónde:

$W_m$  = Peso neto del agregado suelto

$V_r$  = Volumen del Recipiente

$PUV_s$  = Peso unitario volumétrico suelto

### *Fórmula del Peso unitario volumétrico compactado*

$$PUV_c = \frac{W_m}{V_r}$$



Dónde:

$W_m$  = Peso neto del agregado suelto

$V_r$  = Volumen del Recipiente

$PUV_c$  = Peso unitario volumétrico compactado

### **Procedimiento para Calcular el Peso Unitario Volumétrico Suelto**

- ✓ Se pesa el molde que voy a utilizar en el ensayo ( $W_r$ ).
- ✓ Se clasifica el agregado fino y se determina su P.U.V.
- ✓ Se llena el molde dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del molde.
- ✓ Se elimina el excedente del agregado con la varilla compactadora.
- ✓ Se halla el peso de la muestra más el recipiente ( $W_m+r$ ).
- ✓ Finalmente se determina el peso de la muestra y luego se calcula el P.U.V. mediante la fórmula mencionada anteriormente.

### **Procedimiento para Calcular el Peso Unitario Volumétrico Compactado**

- ✓ Se pesa el molde que voy a utilizar en el ensayo ( $W_r$ ).
- ✓ Se clasifica el agregado fino y se determina su P.U.V.
- ✓ Se llena el molde dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del molde.
- ✓ Se apisona la muestra con la barra compactadora dando 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- ✓ Se llena hasta 2/3 partes del recipiente y compacto nuevamente con 25 golpes como antes.
- ✓ Luego se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla).
- ✓ Se enrasa el recipiente utilizando la barra compactadora o con una regla y se desecha el material sobrante.
- ✓ Se determina el peso de la muestra compactada más el recipiente ( $W_m+r$ ).



- ✓ Finalmente se halla el peso de la muestra compactada y luego se calcula el P.U.V. mediante la fórmula mencionada anteriormente (Chavez Vasquez, S.F.).

#### 2.5.2.2. *Peso específico (NTP 400.021 – NTP 400.022)*

(Denis Tas, 2011) nos indica que el peso específico viene a ser la relación que existe entre el peso y volumen del material, se emplea para determinar el volumen que ocupa un agregado en los diferentes tipos de mezclas, también es usado para calcular el vacío en los agregados, a continuación, haremos mención de algunos de los pesos específicos: los agregados de origen natural cuyo peso específico es de 2,65 gr/cm<sup>3</sup>, el basalto cuyo peso específico es de 2,90 gr/cm<sup>3</sup>, areniscas es de 2,55 gr/cm<sup>3</sup> y la cuarcita su peso específico es de 2,50 gr/cm<sup>3</sup>.

##### - **Peso Específico Aparente:**

El peso específico se define como la relación de la masa en el aire del volumen unitario del material, con la masa en el aire de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura determinada. Es considerado de volumen impermeable cuando el material es sólido.

##### - **Peso Específico de Masa:**

Es el nexo existente entre la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable, a la masa en el aire de igual densidad de agua destilada libre de gas y a una temperatura determinada.

##### - **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seca.**

Viene a ser lo mismo que el peso específico de la masa con la única diferencia que la masa contiene agua en sus poros permeables.

##### - **Absorción:**

Esta propiedad depende de su porosidad ya que gracias a estos poros llenan de agua los vacíos permeables de su estructura interna al ser sumergidos en agua.



Esta particularidad de los agregados, es importante porque nos permite realizar correcciones en las mezclas de concreto. También tiene influencia directa en la resistencia a la abrasión, la adherencia con el cemento, la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo. (Chavez Vasquez, S.F.)

Se recomienda que el cálculo de la Absorción se realice entre los primeros 10 a 30 minutos ya que esta propiedad no se llega a cumplir en su totalidad.

### **Fundamento Teórico:**

#### **- Para agregado fino**

Peso Específico de Masa:

$$P_{em} = \frac{W_o}{v - v_a}$$

Peso Específico de Masa SSS:

$$P_{em_{sss}} = \frac{500}{v - v_a}$$

Peso Específico Aparente:

$$P_{eap} = \frac{W_o}{(v - v_a) - (500 - W_o)}$$

Porcentaje de Absorción:

$$Ab\% = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Dónde:

$W_o$  = peso en el aire de la muestra secada en la estufa.

V = volumen del voluménometro usado.



$v_a$  = peso en gramos o el volumen en  $\text{cm}^3$  del agua añadida al frasco.

- **Para agregado grueso**

Peso Específico de Masa:

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

Peso Específico de Masa SSS:

$$P_{em_{sss}} = \frac{B}{B - C}$$

Peso Específico Aparente:

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

Porcentaje de Absorción:

$$Ab\% = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Dónde:

A = peso en el aire de muestra secada en la estufa

B = peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca

C = peso en el agua de muestra saturada superficialmente seca

**2.5.2.3. Resistencia a la abrasión (NTP 400.019)**

La Resistencia a la Abrasión, depende principalmente de las características de la roca madre, ya que estas van a estar sometidas a un desgaste continuo.



El desgaste depende de la dureza del agregado que tiene, al ser expuesto al rozamiento con las esferas, por lo tanto, a menor pérdida mayor será la calidad del agregado para su uso.

Este ensayo se realiza en la máquina de los Ángeles, en donde se conoce la resistencia del agregado al desgaste físico – mecánico, por contacto con las esferas de acero que giran a una velocidad de 33rpm por segundo por un tiempo de 30 minutos (Rivadeneira Guerra, 2015).

Tabla 4: *Pesos de la carga abrasiva*

Graduación	Nº de esferas	Peso de la carga en (gr)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma Técnica Colombiana; NTC 98:2006; elaboración propia 2018.

### **Preparación de la muestra**

La muestra de agregado que se empleará para el ensayo debe cumplir las siguientes especificaciones técnicas:

Se tamizo la muestra a ensayar, para separar el material en distintos tamaños.

Se seleccionó la muestra a ensayar y se introdujo al horno a una temperatura de 105° C a 110° C

Una vez que tamizada la muestra, se realiza las combinaciones para determinar la graduación especificada en la tabla 5.

El peso de la muestra se determinará antes de realizar la prueba con la máquina de los Ángeles, registrándose con una aproximación de 1 gramo (Laura Ortega, 2012).



### **Procedimiento.**

Después de realizar la granulometría correspondiente y obtener su tamaño máximo se procede a consultar las tablas 4 y 5 para ver la cantidad de esferas que se usará en el ensayo y su respectivo peso de la muestra.

Se coloca la muestra a ensayar y la carga abrasiva en la máquina.

Se acciona la máquina para que gire a 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 r.p.m.

Una vez terminada esta operación, se procede a descargar el material y retiré las esferas.

Se realiza el tamizado preliminar del material con la malla No.4

Luego se procede a tamizar este material con la malla No. 12.

El material que se retuvo la malla No. 12, se lava para quitarle los finos adheridos a las partículas.

Después de lavar y sacar los finos de la partícula, se coloca la muestra en un molde y se procede a secarlo en un horno a temperatura de 105° C a 110° C.

Se calcula la diferencia entre el peso inicial y el peso final, el cual me da como valor el porcentaje de pérdida por abrasión.

$$\text{Pérdida máxima} = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

(Laura Ortega, 2012) nos recomienda que el 50%, es el porcentaje máximo de pérdida que se debe emplear una vez realizada la prueba de los Ángeles para un agregado.



Tabla 5: *Graduación de la muestra de prueba*

TAMAÑO DE LA MALLA Aberturas Cuadradas (pulgadas)		PESOS DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gramos)			
		GRADUACIÓN			
PASA	SE RETIENE EN:	A	B	C	D
1 1/2	1	1250 ± 25			
1	3/4	1250 ± 25			
3/4	1/2	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2	3/8	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8	1/4			2500 ± 10	
1/4	Nº4			2500 ± 10	
Nº 4	Nº8				5000 ± 10
<b>TOTAL</b>		<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 98: 2006; elaboración propia 2018.

#### 2.5.2.4. Resistencia a la compresión

Es el máximo esfuerzo que soporta un material al ser sometido a una carga, el concreto es uno de los materiales que más se usa a nivel mundial, pero a veces esta propiedad no se refleja en las obras, esto se debe a que no se lleva un adecuado control de calidad durante su proceso constructivo.

También se le conoce con el nombre de rotura de probetas, esta propiedad consiste en elaborar moldes cilíndricos de (0.15 x 0.30 m) de muestras de concreto, con la finalidad de llevar un control de calidad del elemento estructural que se ha ejecutado en dicha obra, se curan durante 28 días y luego pasado este tiempo se llevan a un laboratorio para ser ensayadas (Medina Cruz, 2011).

#### Procedimiento

- ✓ Se escoge un lugar apropiado para la elaboración de las probetas  
 Antes iniciar el moldeado de las probetas debemos tener en cuenta:
- ✓ Los dispositivos de cierre de molde
- ✓ Los moldes deben estar herméticos para evitar el escape de mezcla
- ✓ Perfecta verticalidad del molde respecto de la placa de asiento
- ✓ La superficie interior del molde debe estar limpia



- ✓ Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite en el interior del molde.
- ✓ Se toma la muestra de concreto en el molde metálico destinado para ese fin.
- ✓ Se procede a llenar el recipiente de mezcla de concreto, la cual se dividió en tres capas de 10 cm. de altura
- ✓ Una vez que se completa todo el procedimiento, se enrasa el exceso de mezcla con una barra compactadora.
- ✓ Luego se procede a darle el acabado final con una plancha de pulir, con la finalidad de tener una superficie lisa.
- ✓ Después de realizada su elaboración, se transporta las probetas a un lugar de almacenamiento.
- ✓ Después de 24 horas de haberla elaborado, se procede a retirar el molde con mucho cuidado (Medina Cruz, 2011).

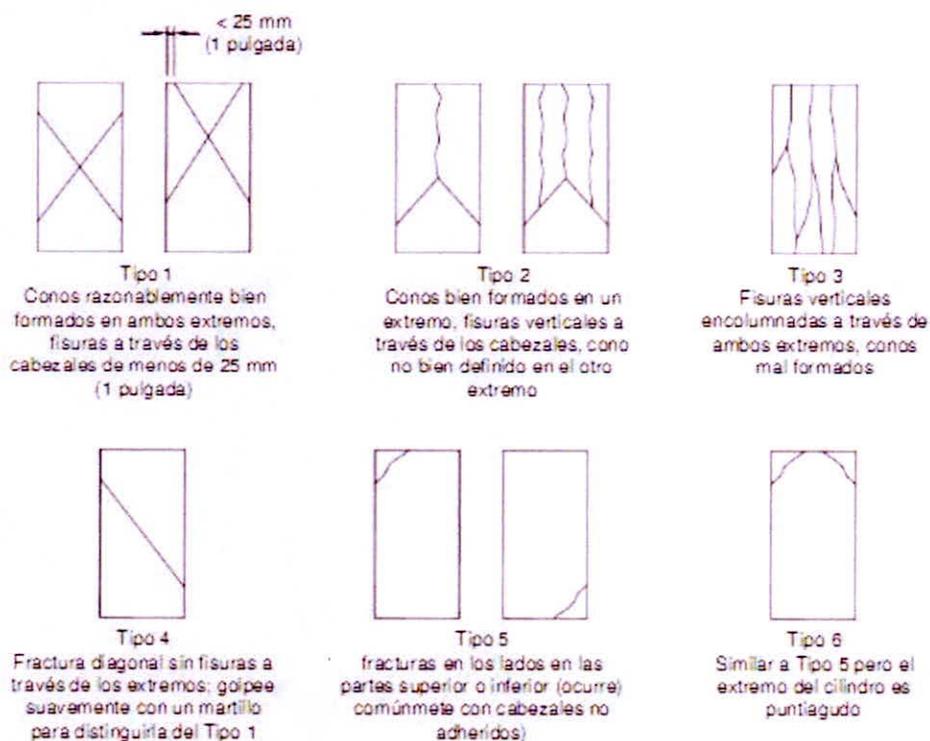


Figura 3: Tipos de fallas a compresión



Figura 4: Probetas de concreto reciclado ensayada a los 7 días de curado



Figura 5: Probetas de concreto reciclado ensayada a los 7 días de curado



Figura 6: Probetas de concreto reciclado ensayadas a los 14 días de curado

Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.

Tipo de falla N° 1

Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales.

Tipo de falla N° 1

Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales.



#### Tipo de falla N° 1

Conos razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a través de los cabezales.

Figura 7: Probeta de concreto reciclado ensayada a los 28 días de curado



#### Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.

Figura 8: Probeta de concreto reciclado ensayada a los 28 días de curado



#### Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.

Figura 9: Probeta de concreto natural ensayada a los 7 días de curado



Figura 10: Probeta de concreto natural ensayada a los 7 días de curado



Figura 11: Probeta de concreto natural ensayada a los 14 días de curado



Figura 12: Probeta de concreto natural ensayada a los 14 días de curado

Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.

Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.

Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.



Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas  
a través de ambos extremos,  
conos mal formados.

Figura 13: Probeta de concreto natural ensayada a los 28 días de curado



Tipo de falla N° 3

Fisuras verticales encolumnadas  
a través de ambos extremos,  
conos mal formados.

Figura 14: probetas de concreto natural ensayadas a los 28 días de curado



### 2.5.2.5. *Diseño de mezclas de concreto*

Es un proceso que nos permite determinar las proporciones de los materiales que se van a emplear en la elaboración de un concreto. Para realizar el diseño de mezcla existen diferentes métodos, pero no hay un método que nos dé un mejor resultado; pero podemos seleccionar uno de ellos según la ocasión (Escobedo Portal, 2014).

#### 2.5.2.5.1. Información requerida para el diseño de mezclas

- Se realiza el respectivo Análisis granulométrico de los agregados.
- Se calcula el peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Se halla el peso específico de los agregados (fino y grueso).
- Se determina el Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Perfil y textura de los agregados
- Se anota el tipo y marca del cemento
- Se halla el peso específico del cemento.
- Se evalúa las diferentes relaciones existentes entre resistencia y la relación agua/cemento, para realizar las posibles combinaciones de cementos y agregados. (Laura Huanca, 2006)

#### 2.5.2.5.2. Pasos para el proporcionamiento

Seguidamente, detallare los pasos a seguir del diseño de mezclas:

1. Se realiza el estudio minucioso de especificaciones técnicas de obra.
2. Se procede a elegir la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ).
3. Elección del Asentamiento (Slump)
4. Se procede a seleccionar tamaño máximo del agregado grueso.
5. Se elige el contenido del agua de mezclado y contenido de aire.
6. Se encuentra la relación agua/cemento ( $a/c$ ).



7. Después de encontrar la relación agua/cemento, se calcula el contenido de cemento.
8. Se hace el cálculo de la cantidad de agregado grueso y agregado fino.
9. Se realiza los respectivos ajustes por humedad y absorción.
10. Se procede a calcular las proporciones en peso.
11. Luego se calcula las proporciones en volumen.
12. Finalmente se halla las de cantidades por tanda. (Escobedo Portal, 2014)

#### 2.5.2.5.3. Especificaciones técnicas:

Tener en cuenta que, al hacer un diseño de mezcla debemos estudiar y revisar los planos y las especificaciones técnicas de la obra, con la finalidad de dar cumplimiento a los requisitos que plasmó el proyectista y que esta obra cumpla con su vida útil.

#### **Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ):**

##### **Método 1:**

Si contamos con muestras de ensayos de obras anteriores, calculamos la desviación estándar. El registro deberá:

- a) Contar con materiales de condiciones similares a aquellos con los que se va a iniciar la obra.
- b) Los concretos preparados para alcanzar una resistencia de diseño deben estar en el rango de  $\pm 70$  kg/cm<sup>2</sup> de la especificada para iniciar los trabajos a iniciar. Si cuenta con un registro de 3 ensayos consecutivos, se calculará la desviación estándar, empleando la siguiente fórmula: (Laura Huanca, 2006)

$$F_{cr} = f'_{c} + 1.33 \times S \dots\dots\dots (1)$$



$$F_{cr} = f'c + 2.33 \times S - 35 \dots\dots\dots (2)$$

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

S = Desviación estándar, en Kg/cm<sup>2</sup>

X<sub>i</sub>= valores obtenidos en probetas estándar

$\bar{X}$  = promedio de valores obtenidos en probetas estándar

n = numero de ensayos consecutivos de resistencia

**Método 2:**

Tabla 6: *Cuando no se tiene registro de control de probetas*

F'C	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210 - 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

Fuente: Rivva López; Diseño de mezclas; 2014.

**Método 3:**

Tabla 7: *Teniendo el control de calidad de la obra*

NIVEL DE CONTROL	F' cr
Regular o Malo	1.3 f' c - 1.5 f' c
210 - 350	1.2 f' c
> 350	1.1 f' c

Fuente: Rivva López; Diseño de mezclas; 2014



### **Elección del asentamiento (Slump):**

Si las especificaciones técnicas de obra necesitan poseer una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla:

Tabla 8: *Consistencia y asentamiento*

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0"(0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3"(75mm) a 4"(100mm)
Fluida	≥ 5"

Fuente: Diseño de mezcla Comité 211 ACI, Elaboración propia; 2018

### **Selección de tamaño máximo del agregado:**

Las Normas de Diseño Estructural nos recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea mayor y que y a la vez compatible con las dimensiones y características de la estructura.

(Laura Huanca, 2006) nos manifiesta: cuando se considera el tamaño máximo del agregado se reduce el contenido de agua en la mezcla, haciendo que se incremente la resistencia del concreto, esto se da en agregados que poseen un tamaño de 40 mm (1½").

### **Estimación del agua de mezclado y contenido de aire:**

La tabla 09 preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos da una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.



Tabla 9: *Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento*

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

Fuente: Rívva López, Diseño de mezcla; 2014

#### **Elección de la relación agua/cemento (a/c):**

Para la determinar la relación agua/cemento se puede aplicar dos principios (por resistencia, y por durabilidad), de los cuales se tomará el menor valor con lo que dará cumplimiento de las especificaciones y también a los requerimientos de durabilidad. Para concretos preparados con cemento Pórtland tipo 1, se toma la relación a/c de la tabla 10 (Laura Huanca, 2006).

Tabla 10: *Relación agua/cemento y resistencia a la compresión del concreto*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (F' cr) (Kg/cm2)	RELACIÓN AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53



200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: Rivva López, Diseño de mezcla; 2014

**Por durabilidad:**

La Norma Técnica de Edificación E.060 nos recomienda que, si se desea un concreto de baja permeabilidad el cual está sometido a deshielo y congelamiento deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla 11 (Laura Huanca, 2006).

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

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

Fuente: Rivva López, Diseño de mezcla; 2014

**Cálculo del contenido de cemento:**

Después de haber encontrado la relación agua/cemento hallamos la cantidad de cemento por unidad de volumen dividiendo la cantidad de agua por la relación a/c. Pero si en las especificaciones del proyecto consideran una cantidad mínima de cemento será para asegurar mejor acabado, calidad en la superficie de los elementos y trabajabilidad. (Laura Huanca, 2006)



$$\text{Contenido de cemento (Kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua mezclado ( lt/m}^3\text{)}}{\text{Relación a/c (para } f_{cr}\text{)}}$$

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

**2.5.2.6. Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados:**

La Universidad de Maryland ha realizado investigaciones con lo cual han conseguido establecer combinaciones entre los agregados fino y grueso, donde la norma ASTM establece que si sus granulometrías están dentro de los límites producen concretos trabajables, si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la tabla 12: (Laura Huanca, 2006)

Tabla 12: *Modulo de fineza de la combinación de agregados*

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO		Módulo de Fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/ metro cúbico indicados				
mm	Pulgadas	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: Rivva López. Diseño de mezcla; 2014

De la tabla 12, obtendremos el módulo de fineza de la combinación de agregados ( $m_c$ ), también se calcula , previamente, los valores de los módulos de fineza del agregado fino ( $m_f$ ) y del agregado grueso ( $m_g$ ), los cuales serán usados para encontrar el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula:



$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$$

Dónde:

$r_f$  = Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados. Los volúmenes de agregado fino y grueso por metro cúbico de concreto son:

$$\begin{aligned} \text{Volumen total de los agregados} \\ = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento}) \end{aligned}$$

$$\text{Volumen del agregado fino (m}^3\text{)} = \frac{r_f}{100} \times (\text{Vol. total de agregados})$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen del agregado grueso (m}^3\text{)} \\ = \text{Vol. total de agregados} - \text{Vol. agreg. fino} \end{aligned}$$

Por consiguiente, los pesos de los agregados por metro cúbico serán:

$$\begin{aligned} \text{Vol. agregado fino (kg/m}^3\text{)} \\ = (\text{Vol. agregado fino}) \times (\text{peso específico del A. fino}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. agregado grueso (} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{)} \\ = (\text{Vol. A. grueso}) \times (\text{Peso específico del A. grueso}) \end{aligned}$$



## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**



### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:**

**3.1.1 TIPO: CUANTITATIVO** El tipo de investigación es cuantitativa porque evalúa realidad en función de parámetros que son medibles, replicables los cuales se pueden desarrollar con las mismas condiciones en cualquier momento. Además, hace uso de datos numérico. (Sampieri, 1999).

Es cuantitativa porque demuestra, interpreta y escribe los valores los valores medibles y cuantificables.

También es **APLICADA**, porque emplea conceptos, conocimientos, mecanismos y/o estrategias que permite conseguir un elemento que puede ser de utilidad a la sociedad.

#### **3.1.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN:**

El nivel de investigación es **DESCRIPTIVO**, ya que se analizó el comportamiento de las propiedades tanto del concreto elaborado con agregado natural como del concreto elaborado con agregado grueso reciclado.

#### **3.1.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN:**

El método de investigación es **HIPOTÉTICO - DEDUCTIVO**, debido a que se cuenta con una hipótesis planteada, el cual será despejada según el avance de la investigación.

### **3.2. UNIVERSO Y MUESTRA:**

#### **3.2.1. DESCRIPCIÓN DEL UNIVERSO:**

El universo está conformado por el concreto elaborado con agregados naturales y el concreto elaborado con agregados gruesos reciclados; en ambos se analizaron sus propiedades para comprobar si estas cumplen con las Normas Técnicas Peruanas.

#### **3.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

La muestra de concreto para mi investigación, estuvo conformada por 42 probetas elaboradas con agregado grueso natural y con agregado grueso reciclado.



### **3.2.3. MÉTODO QUE SE EMPLEO PARA LA MUESTRA:**

El método que se use para esta investigación fue el no Probabilístico, debido a que tome en cuenta mi criterio **por** la cantidad de especímenes que ensayé.

### **3.2.4. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS:**

Hice 21 probetas elaboradas con agregado grueso natural las cuales se procedieron a ensayar a los 7 días de curado en una cantidad de 7 probetas, el segundo grupo los ensayé a los 14 días de curado también en una cantidad de 7 probetas y el último grupo procedí a realizar el ensayo a los 28 días de curado,

De la misma manera tome 21 probetas elaboradas con agregados gruesos reciclados, las cuales las ensayé también a los 7 días de curado en una cantidad de 7 probetas, luego el segundo grupo a los 14 días en una cantidad de 7 probetas y finalmente el tercer grupo a los 28 días de curado, al cual también emplee una cantidad de 7 probetas.

## **3.3. ORIGEN DE LOS AGREGADOS**

### **3.3.1. MATERIAL RECICLADO:**

El material empleado para mi investigación se obtuvo de las demoliciones de los pavimentos rígidos el cual se encontraban acumulados en el botadero Shudal, sitio donde se había desechado después ser eliminados. Estos residuos sólidos se obtuvieron del mejoramiento de los pavimentos que se les hizo a las calles de una urbanización.

Toda la demolición y levantamiento de este pavimento rígido, se llevó a cabo en la Urb. Hurtado Miller Mz J, Mz K, Mz L, Mz M y Mz N en el distrito Baños del Inca. El traslado del material de demolición de los pavimentos rígidos se hizo en un volquete de 5m<sup>3</sup> desde su punto de acopio en el botadero Shudal, hasta el lugar de procesamiento (chancadora).



### 3.3.2. MATERIAL NATURAL:

El material que se usó para elaborar el concreto natural fue de origen aluvial (piedra chancada y arena gruesa), procedente de la Cantera del Río Chonta (Distrito Baños del Inca).

### 3.4. INSTRUMENTOS:

#### 3.4.1. EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO



- Juego de tamices
- Balanza electrónica
- Picnómetro de 500 ml
- Cono de Absorción
- Bomba de vacíos

Figura 15: Instrumentos de laboratorio para hallar el peso específico



- Horno eléctrico

Figura 16: Instrumento de laboratorio para hallar el contenido de humedad



- Próctor
- Apisonador
- Espátula
- Brocha

Figura 17: Instrumento de laboratorio para hallar el peso volumétrico



- Cono de Abrams
- Varilla lisa de 5/8"
- Mazo de goma

Figura 18: Instrumentos de laboratorio para hallar el asentamiento



- Moldes de probetas  
15 x 30 cm

Figura 19: Instrumentos de laboratorio para hallar la resistencia del concreto



### 3.4.2. **MATERIALES:**



Figura 20: Agregado grueso reciclado (pavimentos rígidos)



Figura 21: Agregado grueso natural (Río Chonta)

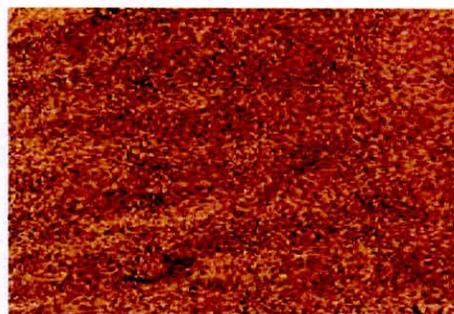


Figura 22: Agregado grueso (Río Chonta)



### 3.4.3. INSTRUMENTOS DE MEDICION:

Se utilizaron las siguientes tablas para recolectar la información:

Tabla 13: *Formato para ensayos a compresión*

FORMATO PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
ESPECIMEN PATRON				
Tipo de Material:				
Día de Preparación:			Peso(Kg):	
Día de rotura:			Diámetro(cm):	
Tiempo (días):			Altura (mm):	
Resistencia f' c (kg/cm2):			Área (cm2):	
Punto	Carga (Kg.)	Deformación Total (mm)	Esfuerzo (kg/cm2)	Deformación Unitaria
Ecuación:				
Esf. máximo de rotura (Kg/cm2)				
Módulo de elasticidad (kg/cm2)				

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 14: *Formato para determinar el análisis granulométrico del agregado fino*

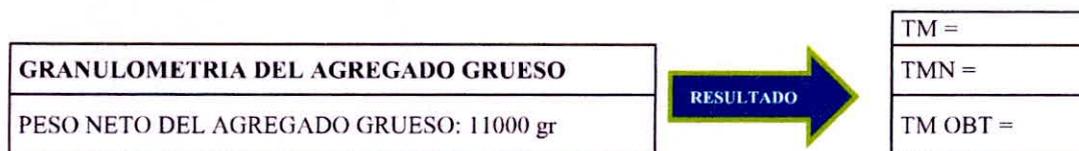
<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO</b>		<b>MÓDULO:</b>																																																															
<b>PESO NETO DEL AGREGADO FINO:</b>		¿El Módulo de finza cumple con la norma ASTM?																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Malla</th> <th style="width: 10%;">Peso Retenido</th> <th style="width: 10%;">Peso Comp.</th> <th style="width: 10%;">% Retenido</th> <th style="width: 10%;">% Retenido Acumulado</th> <th style="width: 10%;">% que pasa</th> <th style="width: 10%;">¿Cumple las normas A.S.T.M.?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3/8"</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 16</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 50</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 100</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N° 200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	¿Cumple las normas A.S.T.M.?	3/8"							N° 4							N° 8							N° 16							N° 30							N° 50							N° 100							N° 200						
Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	¿Cumple las normas A.S.T.M.?																																																											
3/8"																																																																	
N° 4																																																																	
N° 8																																																																	
N° 16																																																																	
N° 30																																																																	
N° 50																																																																	
N° 100																																																																	
N° 200																																																																	



Cazuela

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 15: Formato para determinar el análisis granulométrico del agregado grueso



Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
Nº 4					
Cazuela					

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 16: Formato para calcular el peso unitario volumétrico del agregado fino

DATOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE			
PESO DE LA MUESTRA (Kg)			
PESO DEL RECIPIENTE + LA MUESTRA			
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (Kg/m <sup>3</sup> )			
VOLUMEN DEL RECIPIENTE			
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m <sup>3</sup> )			
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (Kg/m <sup>3</sup> )			

Fuente: Elaboración propia; 2018



Tabla 17: *Formato para calcular el peso unitario volumétrico del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE			
PESO DE LA MUESTRA (Kg)			
PESO DEL RECIPIENTE + LA MUESTRA			
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (Kg/m <sup>3</sup> )			
VOLUMEN DEL RECIPIENTE			
PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m <sup>3</sup> )			
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO (Kg/m <sup>3</sup> )			

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 18: *Formato para calcular el contenido de humedad del agregado fino*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(gr)			
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)			
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)			
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)			
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)			

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 19: *Formato para calcular el contenido de humedad del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(gr)			
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)			
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)			
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)			
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)			

Fuente: Elaboración propia; 2018



Tabla 20: *Formato para calcular el peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO				
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERF. SECO (gr)				
PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA(gr)				
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA(gr/cm <sup>3</sup> )				
PESO ESPECÍFICO SSS DE LA MASA(gr/cm <sup>3</sup> )				
PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LA MASA(gr/cm <sup>3</sup> )				
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)				

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 21: *Formato para calcular el peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO				
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERF. SECO (gr)				
PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA(gr)				
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA(gr/cm <sup>3</sup> )				
PESO ESPECÍFICO SSS DE LA MASA(gr/cm <sup>3</sup> )				
PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LA MASA(gr/cm <sup>3</sup> )				
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)				

Fuente: Elaboración propia; 2018



## **CAPÍTULO IV: PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS**



## 4. PROCEDIMIENTO:

### 4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012:2013)

#### 4.1.1 Agregado Fino:

Se realizó tres muestras diferentes de 600 gr., a las cuales se les realizaron su respectivo análisis granulométrico, haciendo uso del juego de tamices 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50 y N° 100; donde obtuve los siguientes datos:

#### Ensayo 01:

Tabla 22: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado fino de la muestra N° 01*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
3/8"	0	0.00
N° 4	26.84	26.80
N° 8	83.59	83.60
N° 16	155.08	155.10
N° 30	136.34	136.30
N° 50	106.15	106.20
N° 100	66.08	66.10
N° 200	15.34	15.30
<b>Cazuela</b>	<b>10.58</b>	<b>10.58</b>
<b>600 .00 gr</b>		

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### Ensayo 02:

Tabla 23: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado fino de la muestra N° 02*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
3/8"	0	0.00
N° 4	29.65	29.70
N° 8	80.23	80.20
N° 16	133.99	134.00
N° 30	151.95	152.00
N° 50	103.42	103.40



N° 100	66.58	66.60
N° 200	19.53	19.50
<b>Cazuela</b>	<b>14.65</b>	<b>14.65</b>
<b>600.00 gr</b>		

Fuente: Elaboración propia; 2018

### Ensayo 03:

Tabla 24: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado fino de la muestra N° 03*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
3/8"	0	0.0
N° 4	28.69	28.70
N° 8	64.56	64.60
N° 16	165.82	165.80
N° 30	138.18	138.20
N° 50	115.82	115.80
N° 100	55.47	55.50
N° 200	19.49	19.50
<b>Cazuela</b>	<b>11.97</b>	<b>11.97</b>
<b>600.00 gr</b>		

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012:2013)

##### 4.1.1.1. Agregado Grueso Natural:

Se Tomó tres muestras diferentes de más de 10 Kg, a las cuales se les realizaron su respectivo análisis granulométrico, haciendo uso del juego de tamices; 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", 1/2", 3/8" y N° 4, donde obtuve los siguientes datos:

### Ensayo 01:

Tabla 25: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado grueso de la muestra N° 01*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
2"	0	0
1 1/2"	0	0



1"	6489.17	6489.17
3/4"	2251.74	2251.74
1/2"	1845.34	1845.34
3/8"	183.57	183.57
Nº 4	27.19	27.19
<b>Cazuela</b>	<b>2.99</b>	<b>3.00</b>
	<b>10800.00 gr</b>	<b>10800.00 gr</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018

### Ensayo 02:

Tabla 26: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado grueso de la muestra N° 02*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
2"	0	0
1 1/2"	0	0
1"	6259.63	6259.63
3/4"	2317.53	2317.53
1/2"	2215.82	2215.82
3/8"	176.44	176.44
Nº 4	23.54	23.54
<b>Cazuela</b>	<b>7.04</b>	<b>7.00</b>
	<b>11000.00 gr</b>	<b>11000.00 gr</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018

### Ensayo 03:

Tabla 27: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado grueso de la muestra N° 03*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
2"	0	0
1 1/2"	0	0
1"	5662.23	5662.23
3/4"	2644.91	2644.91



1/2"	2478.52	2478.52
3/8"	184.58	184.58
N° 4	26.08	26.08
<b>Cazuela</b>	<b>3.68</b>	<b>3.70</b>
	<b>11000.00 gr</b>	<b>11000.00 gr</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012:2013)

##### 4.1.2.1. Agregado Grueso Reciclado:

Se escogió tres muestras diferentes de más de 10 Kg, a las cuales se les realizaron su respectivo análisis granulométrico, donde hice uso del juego de tamices; 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 4, donde obtuve los siguientes datos:

##### Ensayo 01:

Tabla 28: Datos obtenidos después del tamizado del agregado grueso reciclado de la muestra N° 01

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
2"	0	0
1 1/2"	0	0
1"	1853.45	1853.45
3/4"	5364.16	5364.16
1/2"	3683.45	3683.45
3/8"	69.56	69.56
N° 4	25.13	25.13
<b>Cazuela</b>	<b>4.25</b>	<b>4.30</b>
	<b>11000.00 gr</b>	<b>11000.00 gr</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018



**Ensayo 02:**

Tabla 29: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado grueso reciclado de la muestra N° 02*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
2"	0	0
1 1/2"	0	0
1"	1678.20	1678.20
3/4"	5516.12	5516.12
1/2"	3622.20	3622.20
3/8"	62.38	62.38
N° 4	17.50	17.50
<b>Cazuela</b>	<b>3.60</b>	<b>3.60</b>
	<b>10900.00 gr</b>	<b>10900.00 gr</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018

**Ensayo 03:**

Tabla 30: *Datos obtenidos después del tamizado del agregado grueso reciclado de la muestra N° 03*

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.
2"	0	0
1 1/2"	0	0
1"	2342.05	2342.05
3/4"	6013.25	6013.25
1/2"	2757.83	2757.83
3/8"	67.44	67.44
N° 4	15.83	15.83
<b>Cazuela</b>	<b>3.60</b>	<b>3.60</b>
	<b>11200.00 gr</b>	<b>11200.00 gr</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018



### 4.1.3. PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO (NTP 400.017:2011):

#### 4.1.3.1. Peso Unitario Volumétrico Suelto del Agregado Fino

- Se pesó el recipiente que utilicé en el ensayo ( $W_r$ ).
- Se procedió a seleccionar el agregado fino al cual se le va a determinar su P.U.V.
- Luego se llenó el recipiente dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.



Figura 23

- Se eliminó el excedente del agregado con la varilla compactadora.
- Finalmente se determinó el peso de la muestra, y se anotaron los pesos de las tres muestras ensayadas. Cuyos datos son los siguientes:

Tabla 31: *Datos obtenidos del peso unitario volumétrico suelto del agregado fino*

DATOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	23.62	23.58	23.64
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	16.12	16.08	16.14

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.1.3.2. Peso Unitario Volumétrico Compactado del Agregado Fino

- Se pesó el recipiente que utilicé en el ensayo ( $W_r$ ).
- Se seleccionó el agregado fino al cual se le va a determinar su P.U.V.
- Se llenó el recipiente hasta la tercera parte dejando caer el agregado desde una altura no mayor de 5 cm. por encima del borde superior del recipiente.
- Se apisonó la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.
- Se Procedió a llenar hasta las 2/3 partes del recipiente y compactar nuevamente con 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie.



- Luego se llenó el recipiente hasta su medida, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla de 60 cm., de longitud).
- Se enrasó el recipiente utilizando la barra compactadora eliminando el material de sobra.
- Finalmente se determinó el peso de la muestra compactada más el recipiente ( $W_m+r$ ), anotando los pesos de las tres muestras ensayadas. Cuyos datos son los siguientes:

Tabla 32: *Datos obtenidos del peso unitario volumétrico compactado del agregado fino*

DATOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	24.26	24.38	24.30
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	16.76	16.88	16.80

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.1.3.3. *Peso Unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso*

- Se llenó el recipiente con una pala hasta la parte superior del molde dejando caer el agregado desde una altura de 5 cm, por encima del borde superior del recipiente.
- Se eliminó el excedente del material con la reglilla.
- Se procedió a determinar el peso neto del agregado en el recipiente ( $W_r$ ) y se anotó los pesos de las tres muestras ensayadas. Cuyos datos son los siguientes:

Tabla 33: *Datos obtenidos del peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso*

DATOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	24.00	23.96	24.08
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	16.50	16.46	16.58

Fuente: Elaboración propia; 2018



#### 4.1.3.4. *Peso Unitario Volumétrico Compactado del Agregado Grueso*

- Se llenó el recipiente hasta la tercera parte y se niveló con el mazo, luego se apisona la muestra con la barra compactadora mediante 25 golpes distribuidos por toda la superficie.



Figura 24

- Se llenó hasta 2/3 partes del recipiente y se compactó nuevamente con 25 golpes como antes.
- Luego se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora (varilla) de acero de 60 cm., de longitud.
- Se procedió a enrasar el recipiente utilizando la barra compactadora y se eliminó el material de sobra.
- Finalmente se determinó el peso de la muestra compactada más el recipiente ( $W_m+r$ ), y se anotó los pesos de las tres muestras ensayadas. Cuyos datos son los siguientes:

Tabla 34: *Datos obtenidos del peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso*

DATOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	25.40	25.48	25.50
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	17.90	17.98	18.00

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.1.3.5. *Peso Unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso Reciclado*

- Se realizó todo el procedimiento que se empleó para el agregado grueso natural, y se tomó nota de los pesos las tres muestras ensayadas. Cuyos datos son los siguientes:



- Después de secarla en el horno, se pesó el recipiente con la muestra seca (peso recipiente + muestra seca) para determinar la cantidad de agua evaporada.
- Finalmente se halló el peso de las muestras secas ensayadas, cuyos datos son los siguientes:

Tabla 37: *Datos obtenidos del contenido de humedad del agregado fino*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(gr)	26.70	27.10	27.30
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)	335.60	318.50	341.90
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	325.20	306.40	330.20
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)	308.90	291.40	314.60
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	298.50	279.30	302.90

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.1.4.2. *Contenido de Humedad del Agregado Grueso:*

- Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito y se procedió a pesarla (peso del recipiente + muestra húmeda).
- Luego se llevó el recipiente con la muestra húmeda al horno, para secarla durante 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Se procedió a pesar el recipiente con la muestra seca (peso recipiente + muestra seca) y hallé la cantidad de agua evaporada.
- Luego se determinó el peso de la muestra secas ensayadas, cuyos datos son los siguientes:

Tabla 38: *Datos obtenidos del contenido de humedad del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(gr)	38.60	42.40	39.70
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)	357.60	365.90	347.30
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	353.30	361.40	344.20
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)	319.00	323.50	307.60



PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	314.70	319.00	304.50
-----------------------------	--------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia; 2018

**4.1.4.3. Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado:**

- Se realizó el mismo procedimiento que se empleó para el agregado grueso natural, y se tomó nota de los pesos de las tres muestras ensayadas. Cuyos datos son los siguientes:

Tabla 39: *Datos obtenidos del contenido de humedad del agregado grueso reciclado*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(gr)	39.00	39.40	39.70
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)	442.60	468.90	456.30
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	427.30	450.40	441.20
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)	403.60	429.50	416.60
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	388.30	411.00	401.50

Fuente: Elaboración propia; 2018



#### 4.1.5. PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (NTP 400.21:2013 - 400.022: 2013)

##### 4.1.5.1. Peso Específico del Agregado Fino:

- Se realizó el cuarteo de la muestra a ensayar, luego se procedió a secarla a una temperatura de 110 °C por 24 horas, después de haber secado la muestra, se la saturó por todo un día.
- Luego que se saturó la muestra se procedió a secarla con ayuda de una cocina hasta que la muestra se encontró saturada superficialmente seca.



Figura 26

- Se usó el cono de absorción para comprobar si la muestra se encuentra saturada superficialmente seca.
- Se procedió a pesar el picnómetro con agua hasta el volumen de 500 ml y se anotó su peso.
- Luego se pesó 500gr de la muestra y se lo introdujo al picnómetro.
- Finalmente se anotó el peso del picnómetro con la muestra, cuyos datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 40: Datos obtenidos del peso específico del agregado fino

ENSAYOS	1	2	3
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO	4018.30	4126.00	4032.50
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	4058.40	4178.10	4085.50
PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA EN EL AGUA	2510.80	2556.20	2516.00

Fuente: Elaboración propia; 2018



**4.1.5.2. Peso Específico del Agregado Grueso:**

- Se seleccionó la muestra, luego se realizó el cuarteo respectivo y lo sumergí en agua por 24 horas.
- Pasada las 24 horas, se secó la muestra de manera natural.
- Luego se pesó la muestra y determiné el peso de la muestra saturada superficialmente seca.



Figura 27

- Nuevamente se sumergió el peso de la muestra en agua y se obtuvo el peso de la muestra sumergida saturada superficialmente seca, cuyos datos son los siguientes:

Tabla 41: Datos obtenidos del peso específico del agregado grueso

ENSAYOS	1	2	3
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO	4018.30	4126.00	4032.50
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	4058.40	4178.10	4085.50
PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA EN EL AGUA	2510.80	2556.20	2516.00

Fuente: Elaboración propia; 2018

**4.1.5.3. Peso Específico del Agregado Grueso Reciclado:**

- Se realizó el mismo procedimiento que se empleó para el agregado grueso natural, y se anotó los pesos de las tres muestras ensayadas. Cuyos datos son los siguientes:

Tabla 42: Datos obtenidos del peso específico del agregado grueso reciclado

ENSAYOS	1	2	3
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO	3855.20	3880.10	3820.60
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (gr)	4078.80	4135.20	4065.40
PESO DE LA MUESTRA SUMERGIDA EN EL AGUA	2375.00	2243.10	2365.80

Fuente: Elaboración propia; 2018



#### 4.1.6. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN (NTP 400.019):

##### 4.1.6.1. Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso:

- De acuerdo a la granulometría previamente obtenida y de acuerdo al tamaño máximo, se consultó las tablas 4 y 5 para ver la graduación del material y se eligió el número de esferas (carga abrasiva) y el peso de la muestra.
- Se colocó la muestra a probar y la carga abrasiva en la máquina.
- Se accionó la máquina para que gire a 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 r.p.m.
- Después del número prescrito de revoluciones, se descargó el material de la máquina y se retiró las esferas.
- Se hizo una separación preliminar del material, cribándolo por la malla No. 4
- El material que pasó la malla No. 4, se le realizó su respectivo tamizado, usando la malla No. 12.
- El material que se retuvo en la malla No. 4, se mezcló con el que retuvo la No. 12.
- El material que retuvo la malla No. 12, lo lave para quitarle los finos adheridos a las partículas.
- Una vez que se lavó el material, se llevó al horno durante 24 horas hasta secarse a una temperatura de 105° C a 110°.
- Se expresó la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra como un porcentaje del peso original, cuyos datos se detallan a continuación:

Tabla 43: Datos obtenidos de la resistencia a la abrasión del agregado grueso

TAMAÑO DE TAMICES NTP (ABERTURAS CUADRADAS)				A
PASA		RETENIDO		
Nº	(mm)	Nº	(mm)	
1 1/2"	37.50	1"	25.40	1268.40
1"	25.40	3/4"	19.00	1261.20
3/4"	19.00	1/2"	12.70	1256.50
1/2"	12.70	3/8"	9.51	1248.70

Fuente: Elaboración propia; 2018



**4.1.6.2. Resistencia a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado:**

- Se realizó todo el procedimiento que empleó para el agregado grueso natural, y tomó nota de los pesos de la muestra ensayada, cuyos datos se detallan a continuación:

Tabla 44: Datos obtenidos de la resistencia a la abrasión del agregado grueso reciclado

TAMAÑO DE TAMICES NTP (ABERTURAS CUADRADAS)				A
PASA		RETENIDO		
Nº	(mm)	Nº	(mm)	
1 1/2"	37.50	1"	25.40	1245.80
1"	25.40	3/4"	19.00	1262.20
3/4"	19.00	1/2"	12.70	1256.10
1/2"	12.70	3/8"	9.51	1356.70

Fuente: Elaboración propia; 2018

**4.1.7. RESISTENCIA A COMPRESIÓN (NTP 339.034):**

**4.1.7.1. Resistencia a Compresión del Agregado Grueso:**

- La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo entre el área de la sección transversal de la probeta, cuyos datos se detallan a continuación:



Figura 28



Tabla 45: *Datos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado grueso a los 7 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
PROMEDIO (Tn)	11.00						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	137.30	137.30	137.30	138.67	137.30	140.06	137.30
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	137.89						
% DE RESISTENCIA	65.38	65.38	65.38	66.03	65.38	66.70	65.38
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	65.66						

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 46: *Datos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado grueso a los 14 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	12.00	12.00	11.60	14.00	13.00	12.50	12.80
PROMEDIO (Tn)	12.56						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	148.78	149.78	144.79	176.48	162.26	159.15	159.76
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	157.43						
% DE RESISTENCIA	71.32	71.32	68.95	84.04	77.27	75.79	76.08
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	74.97						

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 47: *Datos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado grueso a los 28 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	16.00	17.75	17.00	18.00	16.40	18.50	17.11
PROMEDIO (Tn)	17.25						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	212.19	218.43	214.68	226.90	209.69	236.82	215.93
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	219.23						
% DE RESISTENCIA	101.04	104.10	102.23	108.05	99.85	112.77	102.82
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	104.39						

Fuente: Elaboración propia; 2018



**4.1.7.2. Resistencia a Compresión del Agregado Grueso Reciclado:**

- Se realizó todo el procedimiento que se empleó para el agregado grueso natural, cuyos resultados se detallan a continuación:

Tabla 48: *Datos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado grueso reciclado a los 7 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	11.40	9.60	11.00	10.50	9.00	11.00	10.00
PROMEDIO (Tn)	10.36						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	142.29	119.82	137.30	132.36	112.33	140.06	124.81
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	129.85						
% DE RESISTENCIA	67.76	57.06	65.38	63.03	53.49	66.70	59.43
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	61.83						

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 49: *Datos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado grueso reciclado a los 14 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	13.00	10.00	11.50	10.00	13.00	13.00	15.00
PROMEDIO (Tn)	12.21						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	162.26	124.81	143.54	126.06	162.26	165.52	190.99
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	153.63						
% DE RESISTENCIA	77.27	59.43	68.35	60.03	77.27	78.82	90.95
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	73.16						

Fuente: Elaboración propia; 2018



Tabla 50: Datos obtenidos de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado grueso reciclado a los 28 días

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	18.30	17.60	17.00	18.00	18.30	17.30	18.40
PROMEDIO (Tn)	17.84						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	228.41	219.67	212.19	226.91	228.41	220.27	229.66
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	223.65						
% DE RESISTENCIA	108.77	104.60	101.04	108.05	108.77	104.89	109.36
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	106.50						

Fuente: Elaboración propia; 2018

## 4.2. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS:

### 4.2.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO:

Tabla 51: Análisis granulométrico del agregado fino correspondiente al ensayo N° 01

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO				MÓDULO: 3.146		
PESO NETO DEL AGREGADO FINO: 600 gr				¿El módulo de finiza cumple con la norma ASTM? SI		
Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	¿Cumple las normas A.S.T.M.?
3/8"	0	0.00	0.00	0.00	100.0	Si Cumple
N° 4	26.84	26.80	4.50	4.50	95.50	Si Cumple
N° 8	83.59	83.60	13.90	18.40	81.60	Si Cumple
N° 16	155.08	155.10	25.80	44.30	55.70	Si Cumple
N° 30	136.34	136.30	22.70	67.00	33.00	Si Cumple
N° 50	106.15	106.20	17.70	84.70	15.30	Si Cumple
N° 100	66.08	66.10	11.00	95.70	4.30	Si Cumple
N° 200	15.34	15.30	2.60	98.20	1.80	Si Cumple
Cazuela	10.58	10.58	1.80	100.0	0.00	
600		CONCLUSIÓN: Este agregado se recomienda su uso en construcción				

Fuente: Elaboración propia; 2018

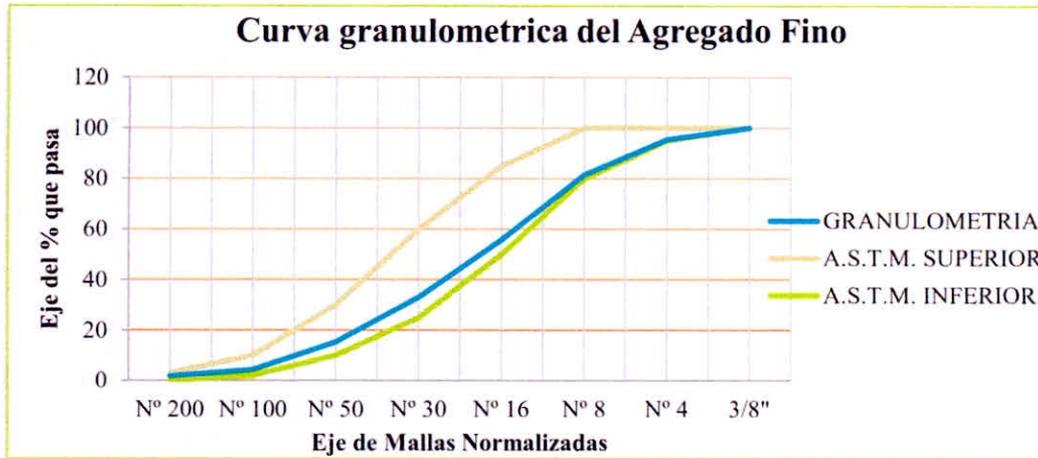


Figura 29: Curva granulométrica del agregado fino correspondiente al ensayo N° 01

Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Fino:

$$M_{f=} = \frac{3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}$$

$$M_{f=} = \frac{4.5 + 18.40 + 44.30 + 67.00 + 84.70 + 95.70}{100}$$

$$M_{f=} = 3.146$$

Tabla 52: Análisis granulométrico del agregado fino correspondiente al ensayo N° 02

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO</b> PESO NETO DEL AGREGADO FINO: 600 gr		<b>MÓDULO: 3.07</b> ¿El Módulo de fineza cumple con la norma ASTM? SI
---	--	--

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	¿Cumple las normas A.S.T.M.?
3/8"	0	0.0	0.0	0.0	100.0	Si Cumple
N° 4	29.65	29.7	4.9	4.9	95.1	Si Cumple
N° 8	80.23	80.2	13.4	18.3	81.7	Si Cumple
N° 16	133.99	134.0	22.3	40.6	59.4	Si Cumple
N° 30	151.95	152.0	25.3	66.0	34.0	Si Cumple
N° 50	103.42	103.4	17.2	83.2	16.8	Si Cumple
N° 100	66.58	66.6	11.1	94.3	5.7	Si Cumple
N° 200	19.53	19.5	3.3	97.6	2.4	Si Cumple
cazuela	14.65	14.65	2.4	100.0	0.0	
	600					

CONCLUSIÓN: Este agregado se recomienda su uso en construcción

Fuente: Elaboración propia; 2018

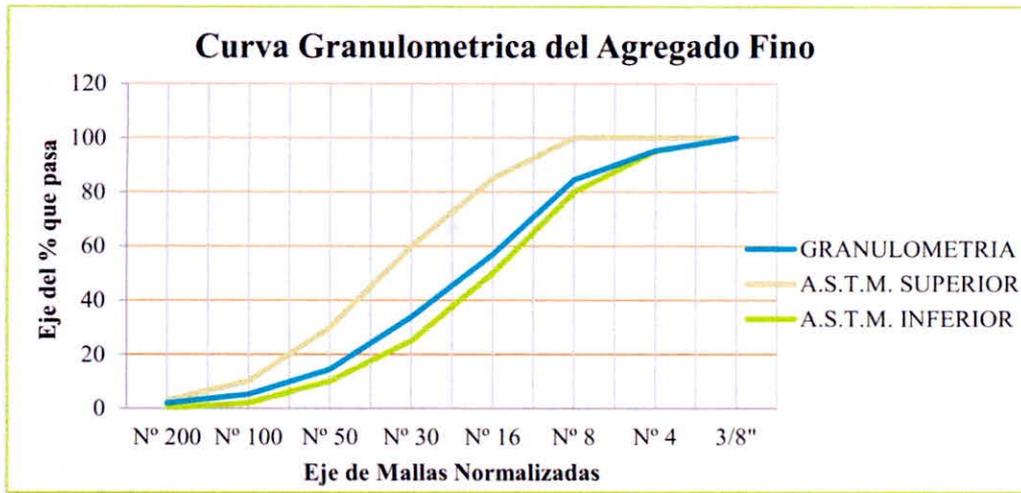


Figura 30: Curva granulométrica del agregado fino correspondiente al ensayo N° 02

Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Fino:

$$M_{f=} = \frac{3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}$$

$$M_{f=} = \frac{4.90 + 18.30 + 40.60 + 66.00 + 83.20 + 94.30}{100}$$

$$M_{f=} = 3.07$$

Tabla 53: Análisis granulométrico del agregado fino correspondiente al ensayo N° 03

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO</b> PESO NETO DEL AGREGADO FINO: 600 gr		<b>MÓDULO: 3.099</b> ¿El Módulo de fineza cumple con la norma ASTM? SI
---	--	---

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	¿Cumple las normas A.S.T.M.?
3/8''	0	0.0	0.0	0.0	100.0	Si Cumple
Nº 4	28.69	28.7	4.8	4.8	95.2	Si Cumple
Nº 8	64.56	64.6	10.8	15.5	84.5	Si Cumple
Nº 16	165.82	165.8	27.6	43.2	56.8	Si Cumple
Nº 30	138.18	138.2	23.0	66.2	33.8	Si Cumple
Nº 50	115.82	115.8	19.3	85.5	14.5	Si Cumple
Nº 100	55.47	55.5	9.2	94.8	5.2	Si Cumple
Nº 200	19.49	19.5	3.2	98.0	2.0	Si Cumple
cazuela	11.97	11.97	2.0	100.0	0.0	
	600		CONCLUSIÓN: Este agregado se recomienda su uso en construcción			

Fuente: Elaboración propia; 2018

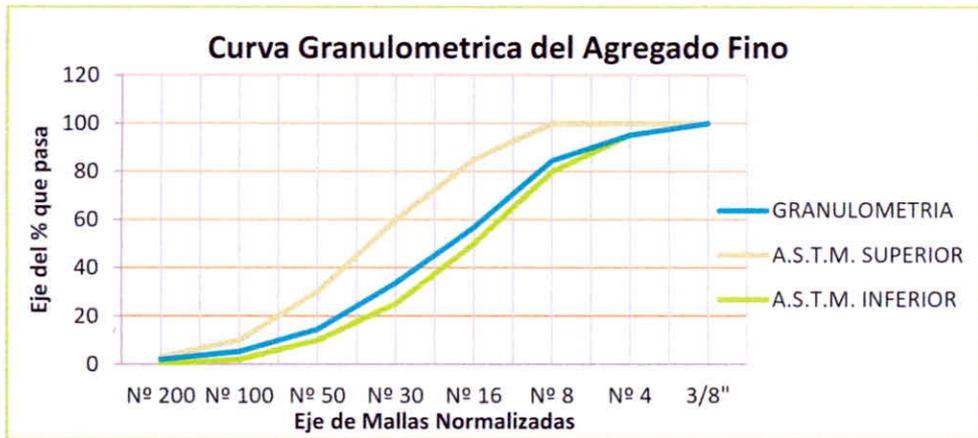


Figura 31: Curva granulométrica del agregado fino correspondiente al ensayo N° 03

Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Fino:

$$M_{f=} = \frac{3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}$$

$$M_{f=} = \frac{4.80 + 15.50 + 43.20 + 66.20 + 85.50 + 94.80}{100}$$

$$M_{f=} = 3.10$$

Tabla 54: Modulo de finura del agregado fino

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
MÓDULO DE FINURA	3.15	3.07	3.10	3.11

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO:

Tabla 55: Análisis granulométrico del agregado grueso correspondiente al ensayo N° 01

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO NATURAL</b> PESO NETO DEL AGREGADO GRUESO: 10800 gr		TM = 1 1/2"
		TMN = 1"
		TM OBT = 1"

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00



1"	6489.17	6489.17	60.10	60.10	39.90
3/4"	2251.74	2251.74	20.80	80.90	19.10
1/2"	1845.34	1845.34	17.10	98.00	2.00
3/8"	183.57	183.57	1.70	99.70	0.30
N° 4	27.19	27.19	0.30	100.00	0.00
cazuela	2.99	3.00	0.00	100.00	0.00
	10800.00	10800.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia; 2018

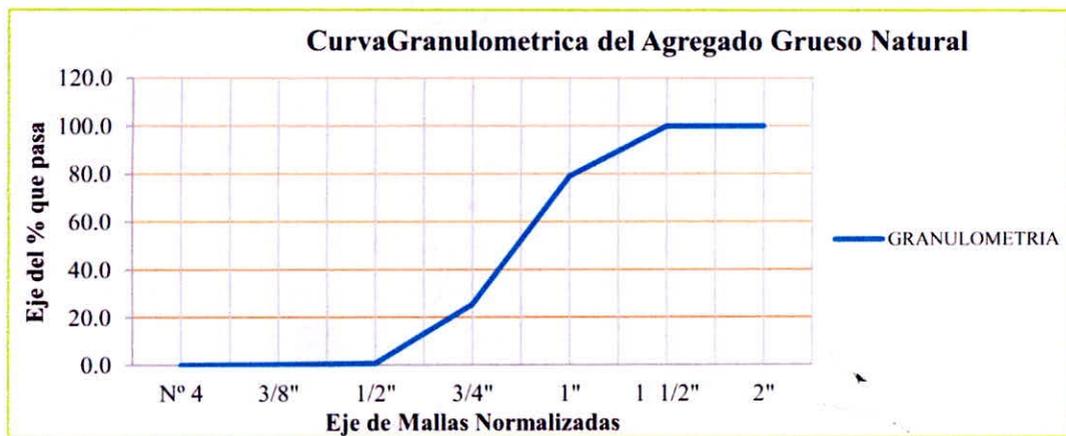


Figura 32: Curva granulométrica del agregado grueso correspondiente al ensayo N° 01

Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Grueso Natural:

$$M_{f= \frac{3/4 + 3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}}$$

$$M_{f= \frac{80.90 + 99.70 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00}{100}}$$

$$M_{f= 7.81}$$



Tabla 56: *Análisis granulométrico del agregado grueso correspondiente al ensayo N° 02*

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO</b>		<b>RESULTADO</b>	TM = 1 1/2"
PESO NETO DEL AGREGADO GRUESO: 11000 gr			TMN = 1"
			TM OBT = 1"

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	6259.63	6259.63	56.90	56.90	43.10
3/4"	2317.53	2317.53	21.10	78.00	22.00
1/2"	2215.82	2215.82	20.10	98.10	1.90
3/8"	176.44	176.44	1.60	99.70	0.30
N° 4	23.54	23.54	0.20	99.90	0.10
cazuela	7.04	7.00	0.10	100.00	0.00
	11000.00	11000.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia; 2018

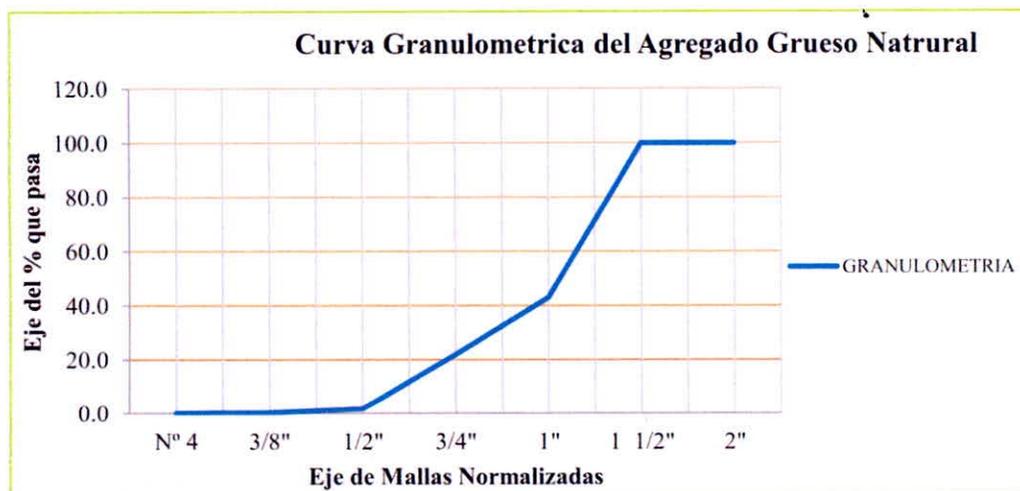


Figura 33: Curva granulométrica del agregado grueso correspondiente al ensayo N° 02

Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Grueso Natural:

$$M_{f=} = \frac{3/4 + 3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}$$

$$M_{f=} = \frac{78.00 + 99.70 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00}{100}$$

$$M_{f=} = 7.78$$



Tabla 57: Análisis granulométrico del agregado grueso correspondiente al ensayo N° 03

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO</b>						<b>RESULTADO</b> →	TM = 1 1/2"
PESO NETO DEL AGREGADO GRUESO: 11000 gr							TMN = 1"
							TM OBT = 1"

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	5662.23	5662.23	51.50	51.50	48.50
3/4"	2644.91	2644.91	24.00	75.50	24.50
1/2"	2478.52	2478.52	22.50	98.10	1.90
3/8"	184.58	184.58	1.70	99.70	0.30
N° 4	26.08	26.08	0.20	100.00	0.00
<b>Cazuela</b>	<b>3.68</b>	<b>3.70</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>
	<b>11000.00</b>	<b>11000.00</b>	<b>100.00</b>		

Fuente: Elaboración propia; 2018

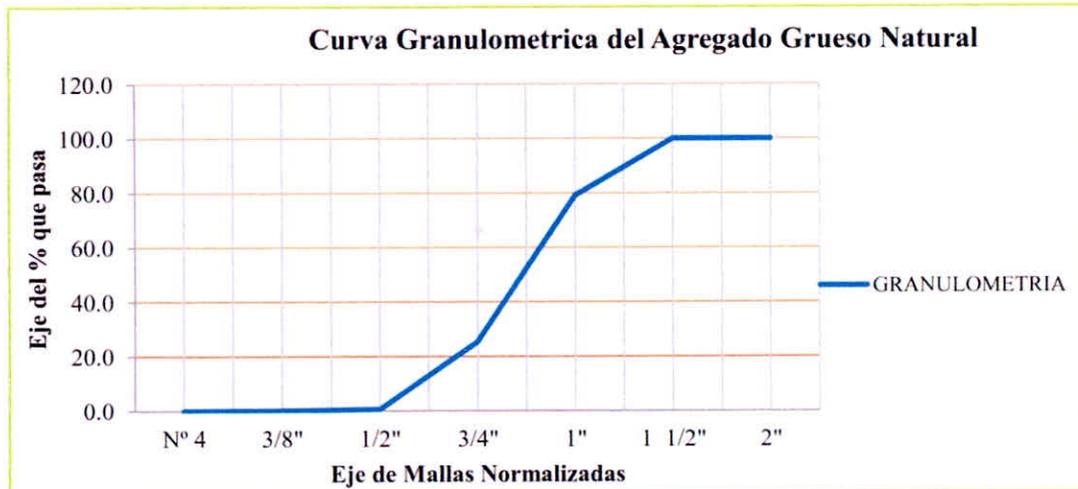


Figura 34: Curva granulométrica del agregado grueso correspondiente al ensayo N° 03

Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Grueso Natural:

$$M_{f= \frac{3/4 + 3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}}$$

$$M_{f= \frac{75.50 + 99.70 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00}{100}}$$



$$M_f = 7.75$$

Tabla 58: *Modulo de finura del agregado grueso*

ENSAYO	1	2	3	PROMEDIO
MÓDULO DE FINURA	7.81	7.78	7.75	7.78

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.2.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:

Tabla 59: *Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado correspondiente al ensayo N° 01*

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>			TM = 1 1/2"
PESO NETO DEL AGREGADO GRUESO: 11000 gr			TMN = 1"
			TM OBT = 1"

Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	1853.45	1853.45	16.80	16.80	83.20
3/4"	5364.16	5364.16	48.80	65.60	34.40
1/2"	3683.45	3683.45	33.50	99.10	0.90
3/8"	69.56	69.56	0.60	99.70	0.30
N° 4	25.13	25.13	0.20	100.00	0.00
<b>cazuela</b>	<b>4.25</b>	<b>4.30</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>
	<b>11000.00</b>	<b>11000.00</b>	<b>100.00</b>		

Fuente: Elaboración propia; 2018

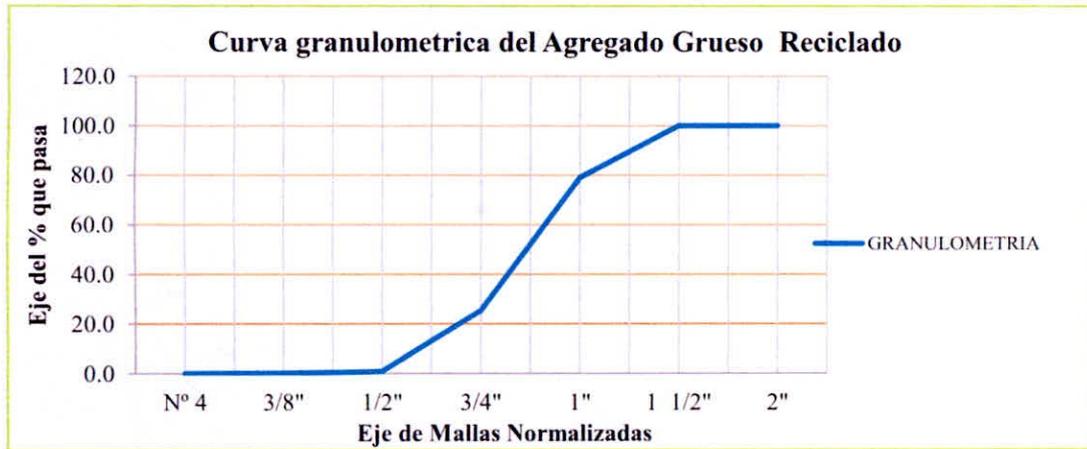


Figura 35: Curva granulométrica del agregado grueso reciclado correspondiente al ensayo N° 01

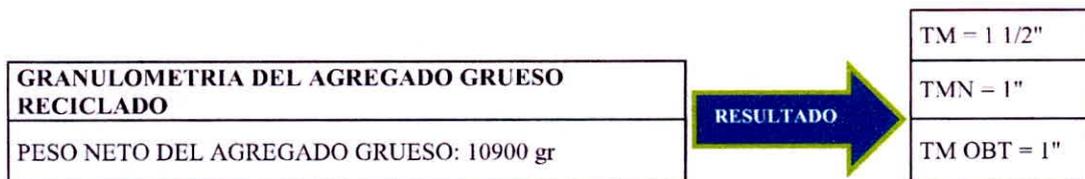
Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Grueso Reciclado:

$$M_{f=} = \frac{3/4 + 3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}$$

$$M_{f=} = \frac{65.60 + 99.70 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00}{100}$$

$$M_{f=} = 7.65$$

Tabla 60: Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado correspondiente al ensayo N° 02



Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	1678.20	1678.20	15.40	15.40	84.60
3/4"	5516.12	5516.12	50.60	66.00	34.00



1/2"	3622.20	3622.20	33.20	99.20	0.80
3/8"	62.38	62.38	0.60	99.80	0.20
Nº 4	17.50	17.50	0.20	100.00	0.00
<b>cazuela</b>	<b>3.60</b>	<b>3.60</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>
	<b>10900.00</b>	<b>10900.00</b>	<b>100.00</b>		

Fuente: Elaboración propia; 2018

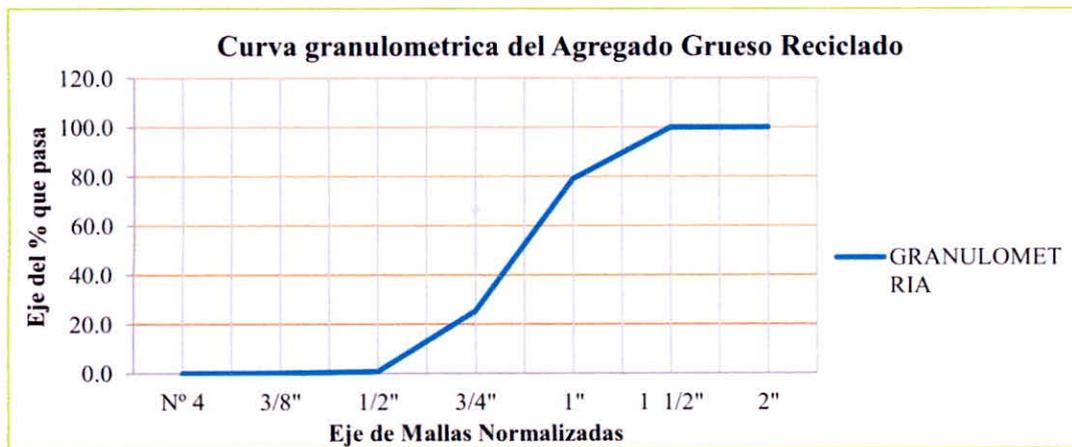


Figura 36: Curva granulométrica del agregado grueso reciclado correspondiente al ensayo N° 02

Cálculo del Módulo de Fineza del agregado Grueso Reciclado:

$$M_{f= \frac{3/4 + 3/8 + N4 + N8 + N16 + N30 + N50 + N100}{100}}$$

$$M_{f= \frac{66.00 + 99.80 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00 + 100.00}{100}}$$

$$M_{f= 7.65}$$

Tabla 61: Análisis granulométrico del agregado grueso reciclado correspondiente al ensayo N° 03

<b>GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO REICLADO</b> PESO NETO DEL AGREGADO GRUESO: 11200 gr		TM = 1 1/2" TMN = 1" TM OBT = 1"			
Malla	Peso Retenido	Peso Comp.	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00



1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	2342.05	2342.05	20.90	20.90	79.10
3/4"	6013.25	6013.25	53.70	74.60	25.40
1/2"	2757.83	2757.83	24.60	99.20	0.80
3/8"	67.44	67.44	0.60	99.80	0.20
N° 4	15.83	15.83	0.10	100.00	0.00
cazuela	3.60	3.60	0.00	100.00	0.00
	<b>11200.00</b>	<b>11200.00</b>	<b>100.00</b>		

Fuente: Elaboración propia; 2018



Figura 37: Curva granulométrica del agregado grueso reciclado correspondiente al ensayo N° 03

#### 4.2.4. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO FINO:

Cálculo del Volumen del recipiente:

$$\text{Volumen}_{\text{recip.}} = \pi \times r^2 \times h$$

$$\text{Volumen}_{\text{recip.}} = 3.1416 \times 0.10^2 \times 0.30$$

$$\text{Volumen}_{\text{recip.}} = 0.0094248 \text{ m}^3$$



Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Fino:

Ensayo 01:

$$PUV_s = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{16.12}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1710.38 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Fino:

Ensayo 02:

$$PUV_s = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{16.08}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1706.14 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Fino:

Ensayo 03:

$$PUV_s = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{16.14}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1712.50 \text{ Kg/m}^3$$



Tabla 62: *Peso unitario volumétrico suelto del agregado fino*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	23.62	23.58	23.64
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	16.12	16.08	16.14
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	0.0094248		
PESO UNITARIO SUELTO(Kg/m3)	1710.38	1706.14	1712.50
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO(Kg/m3)	1709.67 Kg/m3		

Fuente: Elaboración propia; 2018

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Fino:

Ensayo 01:

$$PUV_c = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_c = \frac{16.60}{0.0094248}$$

$$PUV_c = 1761.31 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Fino:

Ensayo 02:

$$PUV_c = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_c = \frac{16.50}{0.0094248}$$

$$PUV_c = 1750.70 \text{ Kg/m}^3$$



Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Fino:

Ensayo 03:

$$PUV_c = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_c = \frac{16.56}{0.0094248}$$

$$PUV_c = 1782.53 \text{ Kg/m}^3$$

Tabla 63: *Peso unitario volumétrico compactado del agregado fino*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	24.26	24.38	24.30
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	16.76	16.88	16.80
VOLUMEN DEL RECIPIENTE		0.0094248	
PESO UNITARIO COMPACTADO(Kg/m3)	1778.29	179 1.01	1782.53
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO(Kg/m3)		1783.94 Kg/m3	

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.2.5. **ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO:**

Cálculo del Volumen del recipiente:

$$Volumen_{recip.} = \pi \times r^2 \times h$$

$$Volumen_{recip.} = 3.1416 \times 0.10^2 \times 0.30$$

$$Volumen_{recip.} = 0.0094248 \text{ m}^3$$



---

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso:

Ensayo 01:

$$PUV_s = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{16.50}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1750.70 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso:

Ensayo 02:

$$PUV_s = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{16.46}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1746.46 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso:

Ensayo 03:

$$PUV_s = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{16.58}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1759.19 \text{ Kg/m}^3$$



Tabla 64: *Peso unitario volumétrico suelto del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	24.00	23.96	24.08
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	16.50	16.46	16.58
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	0.0094248		
PESO UNITARIO SUELTO(Kg/m3)	1750.70	1746.46	1759.19
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO(Kg/m3)	1752.12 Kg/m3		

Fuente: Elaboración propia; 2018

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Grueso:

Ensayo 01:

$$PUV_C = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_C = \frac{17.90}{0.0094248}$$

$$PUV_C = 1899.24 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Grueso:

Ensayo 02:

$$PUV_C = \frac{W_o}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_C = \frac{17.98}{0.0094248}$$

$$PUV_C = 1907.73 \text{ Kg/m}^3$$



Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Grueso:

Ensayo 03:

$$PUV_C = \frac{W_0}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_C = \frac{18.00}{0.0094248}$$

$$PUV_C = 1909.85 \text{ Kg/m}^3$$

Tabla 65: *Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	25.40	25.48	25.50
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	17.90	17.98	18.00
VOLUMEN DEL RECIPIENTE		0.0094248	
PESO UNITARIO COMPACTADO(Kg/m <sup>3</sup> )	1899.24	1907.73	1909.85
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO(Kg/m <sup>3</sup> )		1905.61 Kg/m <sup>3</sup>	

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### **4.2.6. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:**

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso Reciclado:

Ensayo 01:

$$PUV_S = \frac{W_0}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_S = \frac{13.75}{0.0094248}$$



$$PUV_s = 1458.92 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso Reciclado:

Ensayo 02:

$$PUV_s = \frac{W_0}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{13.64}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1447.25 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso Reciclado:

Ensayo 03:

$$PUV_s = \frac{W_0}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_s = \frac{13.56}{0.0094248}$$

$$PUV_s = 1438.76 \text{ Kg/m}^3$$

Tabla 66: *Peso Unitario Volumétrico Suelto del Agregado Grueso Reciclado*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	21.25	21.14	21.06
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	13.75	13.64	13.56
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	0.0094248		
PESO UNITARIO SUELTO(Kg/m3)	1438.76	1447.25	1458.92
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO(Kg/m3)	1448.31 Kg/m3		

Fuente: Elaboración propia; 2018



Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Grueso Reciclado:

Ensayo 01:

$$PUV_C = \frac{W_0}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_C = \frac{14.40}{0.0094248}$$

$$PUV_C = 1527.88 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Grueso Reciclado:

Ensayo 02:

$$PUV_C = \frac{W_0}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_C = \frac{14.48}{0.0094248}$$

$$PUV_C = 1536.37 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Peso unitario Volumétrico Compactado del Agregado Grueso Reciclado:

Ensayo 03:

$$PUV_C = \frac{W_0}{Vol_{recip}}$$

$$PUV_C = \frac{14.51}{0.0094248}$$

$$PUV_C = 1539.56 \text{ Kg/m}^3$$



Tabla 67: *Peso unitario volumétrico compactado del agregado grueso reciclado*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(Kg)	7.50	7.50	7.50
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA(Kg)	21.90	21.98	22.04
PESO DE LA MUESTRA(Kg)	14.40	14.48	14.51
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	0.0094248		
PESO UNITARIO COMPACTADO(Kg/m <sup>3</sup> )	1527.88	1536.37	1539.56
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO(Kg/m <sup>3</sup> )	1534.60 Kg/m <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.2.7. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO:

Cálculo del Contenido de Humedad del Agregado Fino:

Ensayo 01:

Peso de la muestra húmeda: 308.90 gr

Peso de la muestra seca: 298.50 gr

$$\%W = \frac{Wm_h - Wm_s}{Wm_s} \times 100$$

$$\%W = \frac{308.90 - 298.50}{298.50} \times 100$$

$$\%W = 3.48$$

Ensayo 02:

Peso de la muestra húmeda: 291.40 gr

Peso de la muestra seca: 279.30 gr

$$\%W = \frac{Wm_h - Wm_s}{Wm_s} \times 100$$



$$\%W = \frac{291.40 - 279.30}{279.30} \times 100$$

$$\%W = 4.33$$

Ensayo 03:

Peso de la muestra húmeda: 314.60 gr

Peso de la muestra seca: 302.90 gr

$$\%W = \frac{W_{m_h} - W_{m_s}}{W_{m_s}} \times 100$$

$$\%W = \frac{314.60 - 302.90}{302.90} \times 100$$

$$\%W = 3.86$$

Tabla 68: *Contenido de humedad del agregado fino*

DATOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE(gr)	26.70	27.10	27.30
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)	335.60	318.50	341.90
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	325.20	306.40	330.20
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)	308.90	291.40	314.60
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	298.50	279.30	302.90
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.48	4.33	3.86
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)		3.89	

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.2.8. ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO:

Cálculo del Contenido de Humedad del Agregado Grueso Natural:

Ensayo 01:

Peso de la muestra húmeda: 319.00 gr



Peso de la muestra seca: 314.70 gr

$$\%W = \frac{W_{m_h} - W_{m_s}}{W_{m_s}} \times 100$$

$$\%W = \frac{319.00 - 314.70}{314.70} \times 100$$

$$\%W = 1.37$$

Ensayo 02:

Peso de la muestra húmeda: 323.50 gr

Peso de la muestra seca: 319.00 gr

$$\%W = \frac{W_{m_h} - W_{m_s}}{W_{m_s}} \times 100$$

$$\%W = \frac{323.50 - 319.00}{319.00} \times 100$$

$$\%W = 1.41$$

Ensayo 03:

Peso de la muestra húmeda: 307.60 gr

Peso de la muestra seca: 304.50 gr

$$\%W = \frac{W_{m_h} - W_{m_s}}{W_{m_s}} \times 100$$

$$\%W = \frac{307.60 - 304.50}{304.50} \times 100$$

$$\%W = 1.02$$



Tabla 69: *Contenido de humedad del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(gr)	38.60	42.40	39.70
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)	357.60	365.90	347.30
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	353.30	361.40	344.20
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)	319.00	323.50	307.60
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	314.70	319.00	304.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.37	1.41	1.02
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	1.27		

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.2.9. **ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:**

Cálculo del Contenido de Humedad del Agregado Grueso Reciclado:

Ensayo 01:

Peso de la muestra húmeda: 403.60 gr

Peso de la muestra seca: 388.30 gr

$$\%W = \frac{Wm_h - Wm_s}{Wm_s} \times 100$$

$$\%W = \frac{403.60 - 388.30}{388.30} \times 100$$

$$\%W = 3.94$$

Ensayo 02:

Peso de la muestra húmeda: 429.50 gr

Peso de la muestra seca: 411.00 gr

$$\%W = \frac{Wm_h - Wm_s}{Wm_s} \times 100$$



$$\%W = \frac{429.50 - 411.00}{411.00} \times 100$$

$$\%W = 4.50$$

Ensayo 03:

Peso de la muestra húmeda: 416.60 gr

Peso de la muestra seca: 401.50 gr

$$\%W = \frac{W_{m_h} - W_{m_s}}{W_{m_s}} \times 100$$

$$\%W = \frac{416.60 - 401.50}{401.50} \times 100$$

$$\%W = 3.88$$

Tabla 70: *Contenido de humedad del agregado grueso reciclado*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
PESO DEL RECIPIENTE(gr)	39.00	39.40	39.70
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA(gr)	442.60	468.90	456.30
PESO DEL RECIPIENTE + PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	427.30	450.40	441.20
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA(gr)	403.60	429.50	416.60
PESO DE LA MUESTRA SECA(gr)	388.30	411.00	401.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.94	4.50	3.88
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)	4.11		

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### **4.2.10. ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO FINO:**

Ensayo 01:

Peso de la muestra Seca: 494.50 gr

Volumen del frasco: 500 cm<sup>3</sup>



Volumen del agua añadida: 300.42 cm<sup>3</sup>

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{W_o}{V - V_a}$$

$$PE_m = \frac{494.50}{500 - 300.42}$$

$$PE_m = 2.48 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

$$PE_{SSS} = \frac{500}{500 - 300.42}$$

$$PE_{SSS} = 2.51 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

$$PE_{ap} = \frac{494.50}{(500 - 300.42) - (500 - 494.50)}$$

$$PE_{ap} = \frac{494.50}{194.08}$$

$$PE_{ap} = 2.55 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa:

$$\%Abs = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$



$$\%Abs = \frac{500 - 494.5}{494.5} \times 100$$

$$\%Abs = 1.11$$

Ensayo 02:

Peso de la muestra Seca: 494.80gr

Volumen del frasco: 500 cm<sup>3</sup>

Volumen del agua añadida: 304.60 cm<sup>3</sup>

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{W_o}{V - V_a}$$

$$PE_m = \frac{494.80}{500 - 304.60}$$

$$PE_m = 2.53 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

$$PE_{SSS} = \frac{500}{500 - 304.60}$$

$$PE_{SSS} = 2.56 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$



$$PE_{ap} = \frac{494.80}{(500 - 304.60) - (500 - 494.80)}$$

$$PE_{ap} = \frac{494.80}{190.20}$$

$$PE_{ap} = 2.60 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa:

$$\%Abs = \frac{500 - W_0}{W_0} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{500 - 494.80}{494.80} \times 100$$

$$\%Abs = 1.05$$

Ensayo 03:

Peso de la muestra Seca: 495.250 gr

Volumen del frasco: 500 cm<sup>3</sup>

Volumen del agua añadida: 301.83 cm<sup>3</sup>

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{W_0}{V - V_a}$$

$$PE_m = \frac{495.20}{500 - 301.83}$$

$$PE_m = 2.50 \text{ gr/cm}^3$$



Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

$$PE_{SSS} = \frac{500}{500 - 301.83}$$

$$PE_{SSS} = 2.52 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

$$PE_{ap} = \frac{495.20}{(500 - 301.83) - (500 - 495.20)}$$

$$PE_{ap} = \frac{495.20}{193.37}$$

$$PE_{ap} = 2.56 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa:

$$\%Abs = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{500 - 495.20}{495.20} \times 100$$

$$\%Abs = 0.97$$

Tabla 71: *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	1	2	3	PROMEDIO
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO	494.50	494.80	495.20	
VOLUMEN DE AGUA AÑADIDA(cm3)	300.42	304.60	301.83	



VOLUMEN DEL FRASCO(cm3)	500.00	500.00	500.00	
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA(gr/cm3)	2.48	2.53	2.50	2.50
PESO ESPECÍFICO SSS DE LA MASA(gr/cm3)	2.51	2.56	2.52	2.53
PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LA MASA(gr/cm3)	2.54	2.60	2.56	2.57
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	1.11	1.05	0.97	1.04

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### **4.2.11. ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO:**

Ensayo 01:

A: Peso de la muestra Seca: 4018.30gr

B: Peso de la muestra saturada Superficialmente Seco: 4058.40gr

C: Peso en el agua de la muestra Saturada: 2510.80gr

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{A}{B - C}$$

$$PE_m = \frac{4018.30}{4058.40 - 2510.80}$$

$$PE_m = 2.60 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$PE_{SSS} = \frac{4058.40}{4058.40 - 2510.80}$$

$$PE_{SSS} = 2.62 \text{ gr/cm}^3$$



Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{A}{A - C}$$

$$PE_{ap} = \frac{4018.30}{4018.30 - 2510.80}$$

$$PE_{ap} = \frac{4018.30}{1507.50}$$

$$PE_{ap} = 2.67 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa:

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{4058.40 - 4018.30}{4018.30} \times 100$$

$$\%Abs = 1.00$$

Ensayo 02:

A: Peso de la muestra Seca: 4126.00gr

B: Peso de la muestra saturada Superficialmente Seco: 4178.10gr

C: Peso en el agua de la muestra Saturada: 2556.20gr

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{A}{B - C}$$

$$PE_m = \frac{4126.00}{4178.10 - 2556.20}$$



$$PE_m = 2.54 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$PE_{SSS} = \frac{4178.10}{4178.10 - 2556.20}$$

$$PE_{SSS} = 2.58 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{A}{A - C}$$

$$PE_{ap} = \frac{4126.00}{4126.00 - 2556.20}$$

$$PE_{ap} = \frac{4126.00}{1569.80}$$

$$PE_{ap} = 2.63 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{4178.10 - 4126.00}{4126.00} \times 100$$

$$\%Abs = 1.26$$

Ensayo 03:

A: Peso de la muestra Seca: 4032.50gr



B: Peso de la muestra saturada Superficialmente Seco: 4085.50gr

C: Peso en el agua de la muestra Saturada: 2516.00gr

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{A}{B - C}$$
$$PE_m = \frac{4032.50}{4085.50 - 2516.00}$$
$$PE_m = 2.57 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{B}{B - C}$$
$$PE_{SSS} = \frac{4085.50}{4085.50 - 2516.00}$$
$$PE_{SSS} = 2.60 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{A}{A - C}$$
$$PE_{ap} = \frac{4032.50}{4032.50 - 2516.00}$$
$$PE_{ap} = \frac{4032.50}{1516.50}$$
$$PE_{ap} = 2.66 \text{ gr/cm}^3$$



Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{4085.50 - 4032.50}{4032.50} \times 100$$

$$\%Abs = 1.31$$

Tabla 72: *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO	4018.30	4126.0	4032.5	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERF. SECO (gr)	4058.40	4178.1	4085.5	
PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA(gr)	2510.80	2556.2	2516.0	
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA(gr/cm3)	2.60	2.54	2.57	2.57
PESO ESPECÍFICO SSS DE LA MASA(gr/cm3)	2.62	2.58	2.60	2.60
PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LA MASA(gr/cm3)	2.67	2.63	2.66	2.66
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	1.00	1.26	1.31	1.19

Fuente: Elaboración propia; 2018

**4.2.12. ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN  
 AGREGADO GRUESO RECICLADO:**

Ensayo 01:

A: Peso de la muestra Seca: 3855.20gr

B: Peso de la muestra saturada Superficialmente Seco: 4078.80gr

C: Peso en el agua de la muestra Saturada: 2375.00gr

Cálculo del Peso Específico de la masa:



$$PE_m = \frac{A}{B - C}$$

$$PE_m = \frac{3855.20}{4078.80 - 2375.00}$$

$$PE_m = 2.26 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$PE_{SSS} = \frac{4078.80}{4078.80 - 2375.00}$$

$$PE_{SSS} = 2.39 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{A}{A - C}$$

$$PE_{ap} = \frac{3855.20}{3855.20 - 2375.00}$$

$$PE_{ap} = \frac{3855.20}{1480.20}$$

$$PE_{ap} = 2.60 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa:

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{4078.80 - 3855.20}{3855.20} \times 100$$

$$\%Abs = 5.80$$



Ensayo 02:

A: Peso de la muestra Seca: 3880.10gr

B: Peso de la muestra saturada Superficialmente Seco: 4135.20gr

C: Peso en el agua de la muestra Saturada: 2243.10gr

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{A}{B - C}$$

$$PE_m = \frac{3880.10}{4135.20 - 2243.10}$$

$$PE_m = 2.05 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$PE_{SSS} = \frac{4135.20}{4135.20 - 2243.10}$$

$$PE_{SSS} = 2.19 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{A}{A - C}$$

$$PE_{ap} = \frac{3880.10}{3880.10 - 2243.10}$$

$$PE_{ap} = \frac{3880.10}{1637.00}$$



$$PE_{ap} = 2.37 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{4135.20 - 3880.10}{3880.10} \times 100$$

$$\%Abs = 6.57$$

Ensayo 03:

A: Peso de la muestra Seca: 3820.60gr

B: Peso de la muestra saturada Superficialmente Seco: 4065.40gr

C: Peso en el agua de la muestra Saturada: 2365.80gr

Cálculo del Peso Específico de la masa:

$$PE_m = \frac{A}{B - C}$$

$$PE_m = \frac{3820.60}{4065.40 - 2365.80}$$

$$PE_m = 2.25 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Peso Específico Saturado Superficialmente Seco de la masa:

$$PE_{SSS} = \frac{B}{B - C}$$

$$PE_{SSS} = \frac{4065.40}{4065.40 - 2365.80}$$

$$PE_{SSS} = 2.39 \text{ gr/cm}^3$$



Cálculo del Peso Específico Aparente de la masa:

$$PE_{ap} = \frac{A}{A - C}$$

$$PE_{ap} = \frac{3820.60}{3820.60 - 2365.80}$$

$$PE_{ap} = \frac{3820.60}{1454.80}$$

$$PE_{ap} = 2.63 \text{ gr/cm}^3$$

Cálculo del Porcentaje de Absorción de la masa

$$\%Abs = \frac{B - A}{A} \times 100$$

$$\%Abs = \frac{4065.40 - 3820.60}{3820.60} \times 100$$

$$\%Abs = 6.41$$

Tabla 73: *Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso reciclado*

<b>DATOS DE LABORATORIO</b>				
<b>ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL HORNO	3855.20	3880.10	3820.60	
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERF. SECO (gr)	4078.80	4135.20	4065.40	
PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA(gr)	2375.00	2243.10	2365.80	
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA(gr/cm3)	2.26	2.05	2.25	2.19
PESO ESPECÍFICO SSS DE LA MASA(gr/cm3)	2.39	2.19	2.39	2.32
PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LA MASA(gr/cm3)	2.60	2.37	2.63	2.53
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	5.80	6.57	6.41	6.26

Fuente: Elaboración propia; 2018



#### 4.2.13. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO:

Tabla 74: Resistencia a la abrasión del agregado grueso

TAMAÑO DE TAMICES NTP (ABERTURAS CUADRADAS)				A
PASA		RETENIDO		
Nº	(mm)	Nº	(mm)	
1 1/2"	37.50	1"	25.40	1268.40
1"	25.40	3/4"	19.00	1261.20
3/4"	19.00	1/2"	12.70	1256.50
1/2"	12.70	3/8"	9.51	1248.70
TOTAL DE LA MUESTRA INICIAL (gr)				5034.80
TOTAL DE LA MUESTRA FINAL (gr)				3576.60
PORCENTAJE DE DESGASTE (%)				28.96

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.2.14. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO:

Tabla 75: Resistencia a la abrasión del agregado grueso reciclado

TAMAÑO DE TAMICES NTP (ABERTURAS CUADRADAS)				A
PASA		RETENIDO		
Nº	(mm)	Nº	(mm)	
1 1/2"	37.50	1"	25.40	1245.80
1"	25.40	3/4"	19.00	1262.20
3/4"	19.00	1/2"	12.70	1256.10
1/2"	12.70	3/8"	9.51	1356.70
TOTAL DE LA MUESTRA INICIAL (gr)				5120.80
TOTAL DE LA MUESTRA FINAL (gr)				3142.60
PORCENTAJE DE DESGASTE (%)				38.63

Fuente: Elaboración propia; 2018



### 4.3. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $f'c = 210 \text{ KG/CM}^2$ - MÉTODO DEL MÓDULO FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

#### 4.3.1. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO

Tabla 76: Datos del diseño de mezcla

PROPIEDADES DEL AGREGADO	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Peso Específico de la Masa(gr/cm3)	2.50	2.57
Peso Unitario Suelto(gr/cm3)	1709.38	1752.12
Peso Unitario Compactado Seco(gr/cm3)	1783.94	1905.61
Contenido de humedad(W%)	3.89	1.27
Contenido de Absorción (Abs%)	1.04	1.19
Desgaste a Abrasión		28.96
Módulo de Finura	3.11	7.78
Tamaño Máximo Nominal (TMN)		1"
PROPIEDADES DEL CEMENTO MS FORTIMAX		
Peso Específico (gr/cm3)		2.92
DATOS DEL CEMENTO		
Resistencia a la Compresión a los 28 días $f'c$ (Kg/cm2)		210
Slump o Revenimiento		3"

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### **Cálculo de la Resistencia promedio $F'cr$ :**

Como no contamos con registro de Control de probetas usamos la tabla 5:

$$F'cr = F'c + 84$$

$$F'cr = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

#### **Tamaño Máximo nominal.**

$$TMN = 1 \text{ ''}$$



### Asentamiento o Slump.

Slump = 3 "

### Contenido de agua de mezclado (tabla 10):

Concretos sin aire incorporado

Agua para diseño: 195 litros

Aire incorporado: 1.5%

### Relación agua cemento (tabla 10):

Se calcula con la resistencia promedio  $F'_{cr}$ :  $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$

Interpolando tenemos:

250 ----- 0.62

294 -----  $X = a/c$

300 ----- 0.55

$$\frac{a}{c} = 0.5584$$

### Factor cemento.

$$\frac{a}{c} = 0.5584$$

$$C = \frac{195}{0.5584}$$

$$C = 349.21$$

Cemento: 349.21 kg/m<sup>3</sup>



Cemento: 8.22 bls/m<sup>3</sup>

**Módulo de Finura de la Combinación de Agregados (tabla 12):**

Interpolando:

8 ----- 5.41

8.22 ----- X = m<sub>C</sub>

9 ----- 5.49

$$m_C = 5.43$$

$$r_f = \frac{m_g - m_C}{m_g - m_f}$$

$$r_f = \frac{7.78 - 5.43}{7.78 - 3.11}$$

$$r_f = 0.5032$$

Volumen absoluto de materiales:

Volumen absoluto cemento:  $VAC = \frac{VOL_C}{\gamma_C} = \frac{349.21}{2.92 \times 1000} = 0.119592 \text{ m}^3$

Volumen absoluto agua:  $VA = \frac{Lt}{\gamma_a} = \frac{195}{1000} = 0.195 \text{ m}^3$

Volumen absoluto aire:  $VA = 1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$

$$\text{Total} = 0.329592 \text{ m}^3$$

Volumen absoluto de agregados:  $VA = 1 - 0.329592 \text{ m}^3 = 0.670408 \text{ m}^3$



### **Volumen absoluto de Agregado Fino y Grueso.**

Volumen absoluto de Agregado Fino

$$V_{Abs} = r_f \times V_{A_{af}} = 0.5032 \times 0.670408 = 0.337349 \text{ m}^3$$

Volumen absoluto de Agregado Grueso:

$$V_{Abs} = (1 - r_f) \times V_{A_{ag}} = 1 - 0.5032 = 0.4968 \times 0.670408 = 0.333059 \text{ m}^3$$

Cálculo del Peso del Agregado Fino:

$$P_{AF} = Vol \times \gamma_{af} = 0.337349 \times 2.50 \times 1000 = 843.37 \text{ gr}$$

Cálculo del Peso del Agregado Grueso:

$$P_{AG} = Vol \times \gamma_{ag} = 0.333059 \times 2.57 \times 1000 = 855.96 \text{ gr}$$

### **Cálculo de Pesos de los materiales secos.**

Cemento:	349.21 kg/m <sup>3</sup>
Agua de mezcla:	195 lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino:	843.37 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	855.96 kg/m <sup>3</sup>

### **Corrección por humedad de los materiales por m<sup>3</sup> de concreto.**

$$Agregado Fino = 843.37 \times (\%W + 1)$$

$$= 843.37 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{3.89}{100} + 1 \right)$$

$$= 876.18 \text{ kg/m}^3$$

$$Agregado Grueso = 855.96 \times (\%W + 1)$$



$$= 855.96 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{1.27}{100} + 1 \right)$$

$$= 866.83 \text{ kg/m}^3$$

Aporte de agua a la mezcla por m3 de concreto.

$$\text{Agregado Fino} = 843.37 \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$

$$= 843.37 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{3.89 - 1.04}{100} \right)$$

$$= 24.04 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 855.96 \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$

$$= 857.26 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{1.27 - 1.19}{100} \right)$$

$$= 0.69 \text{ lt}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 195 - (24.04 + 0.69)$$

$$= 170.27 \text{ lt}$$

**Pesos de los materiales Secos**

CEMENTO	349.21 Kg/m3
AGREGADO FINO	876.18 kg/m3
AGREGADO GRUESO	866.83 kg/m3
AGUA DE MEZCLA	170.27 lt/m3

Proporcionamiento de Diseño:

CEMENTO:	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO:	AGUA
$\frac{349.21}{349.21}$	$\frac{876.18}{349.21}$	$\frac{866.83}{349.21}$	$\frac{170.27}{349.21}$



1                      2.51                      2.48                      0.49 L/Kg

**Colada para 3 especímenes Estándar en Obra para primera prueba.**

Número de probetas estándar: 3

Volumen de colada: 0.02

PRIMERA PRUEBA	
CEMENTO	6.98 kg
AGREGADO FINO	17.52 kg
AGREGADO GRUESO	17.34 kg
AGUA DE MEZCLA	3.42 lt
TOTAL	45.25 kg

**Datos de laboratorio:**

Revenimiento o Slump: 12 cm.

Peso Unitario del C°: 2350 kg/m<sup>3</sup>

Agua Adicional: 300 cm<sup>3</sup>

Apariencia: buena

**Rendimiento de la mezcla.**

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso unitario del Concreto}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{45.26}{2350}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.01925957$$

**Calculando la Nueva Cantidad de agua:**

$$\text{Agregado Fino: } \%W - \%Abs = (3.89 - 1.04) / 100 = 0.0285$$

$$\text{Agregado Grueso: } \%W - \%Abs = (1.27 - 1.19) / 100 = 0.0008$$



*Agua Añadida = 3.72 lt*

$$\begin{aligned} \text{Aporte de Fino Húmedo} &= \text{Peso estado seco} \times \text{vol. de colada} \times \text{nueva cant. agua} \\ &= 843.37 \times 0.02 \times 0.0285 \\ &= 0.48 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aporte Grueso Húmedo} &= \text{Peso estado seco} \times \text{vol. de colada} \times \text{nueva cant. agua} \\ &= 857.26 \times 0.02 \times 0.0008 \\ &= 0.01 \text{ lt} \end{aligned}$$

*Agua de mezcla por tanteo:  $3.72 + (0.48+0.01) = 4.21 \text{ lt}$*

$$\text{Agua de mezcla requerida} = \frac{\text{agua}}{\text{rendimiento}}$$

$$\text{Agua de mezcla requerida} = \frac{4.21}{0.01925957}$$

$$\text{Agua de mezcla Requerida} = 218.59 \text{ lt}$$

*Corrección de agua en mezclado (Se incrementa 2 lts de agua por cada cm de Slump:*

*Slump de laboratorio 12cm*

*Slump deseado 7.62 cm*

$$= 4.38 \text{ cm}$$

*Nueva Agua de Mezclado:  $218.59 - 8.76 = 209.83 \text{ lt}$*

*Nueva Relación Agua cemento (a/c).*

$$\text{Contenido de cemento} = 209.83/0.5584$$



*Contenido de cemento = 375.77 Kg/m<sup>3</sup>*

*Contenido de agregado Grueso húmedo (primera prueba, Tanda de 0.02):*

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{A. \text{Grueso}}{\text{rendimiento}}$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{17.34}{0.01925957}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 900.33 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso Seco} = \frac{AG_h}{\%W + 1}$$

$$\text{Agregado Grueso Seco} = \frac{900.33}{\frac{1.27}{100} + 1}$$

$$\text{Agregado Grueso Seco} = 889.04 \text{ kg/m}^3$$

*Contenido de Agregado Fino:*

*Peso Unitario del C° = 2350 kg/m<sup>3</sup>*

*El peso fino requiere conocer el contenido del agregado grueso en estado SSS*

$$Ag. \text{Grueso}_{SSS} = AG_{SECO} \times (\% \text{ Abs.} + 1)$$

$$Ag. \text{Grueso}_{SSS} = 889.04 \times \left( \frac{1.19}{100} + 1 \right)$$

$$Ag. \text{Grueso}_{SSS} = 899.62 \text{ kg/m}^3$$

*Peso del Agregado Fino requerido en estado SSS:*

$$Ag. \text{Fino}_{SSS} = PUC^\circ - (\text{Cem.} + \text{Agua} + \text{Ag. Grueso})$$

$$Ag. \text{Fino}_{SSS} = 2350 - (375.77 + 209.83 + 899.62)$$



$$Ag. Fino_{SSS} = 864.78 \text{ kg/m}^3$$

*Agregado Fino Seco:*

$$Agregado Fino Seco = \frac{AF_h}{\%W + 1}$$

$$Agregado Fino Seco = \frac{864.78}{3.89/100 + 1}$$

$$Agregado Fino Seco = 832.40 \text{ kg/m}^3$$

**Nuevos Pesos Secos de la tanda por m<sup>3</sup>:**

CEMENTO: 375.77 Kg/m<sup>3</sup>

AGUA: 209.83 Lt/m<sup>3</sup>

A. FINO: 832.40 Kg/m<sup>3</sup>

A. GRUESO: 899.62 Kg/m<sup>3</sup>

Corrección por el Método de Volúmenes Absolutos sin considerar Aire (se calcula los volúmenes de los materiales integrantes de la mezcla del diseño original):

$$\text{CEMENTO} = \frac{349.21 \times 0.02}{2.92 \times 1000} = 0.002392 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} = \frac{170.27 \times 0.02}{1000} = 0.003405 \text{ m}^3$$

$$\text{A. FINO} = \frac{876.18 \times 0.02}{2.50 \times 1000} = 0.007009 \text{ m}^3$$

$$\text{A. GRUESO} = \frac{866.83 \times 0.02}{2.57 \times 1000} = 0.006746 \text{ m}^3$$

$$\text{TOTAL} = 0.019552 \text{ m}^3$$



Volumen absoluto de materiales (ajustados):

$$\text{CEMENTO} = \frac{375.77}{2.92 \times 1000} = 0.128688 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} = \frac{209.83}{1000} = 0.209830 \text{ m}^3$$

$$\text{A. GRUESO} = \frac{899.62}{2.57 \times 1000} = 0.350074 \text{ m}^3$$

$$\text{AIRE} = 0.001000 \text{ m}^3$$

$$\text{TOTAL} = 0.689592 \text{ m}^3$$

Volumen Total del Agregado Fino:

$$\text{Vol. Agregado}_{\text{fino}} = 1 - (\text{Vol. Abs de materiales ajustados})$$

$$\text{Vol. Agregado}_{\text{fino}} = 1 - 0.689592$$

$$\text{Vol. Agregado}_{\text{fino}} = 0.310408 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Seco}_{\text{A.FINO}} = \text{Vol.}_{\text{A.FINO}} \times \gamma_{\text{A.FINO}}$$

$$\text{Peso Seco}_{\text{A.FINO}} = 0.310408 \times 2.50 \times 1000$$

$$\text{Peso Seco}_{\text{A.FINO}} = 776.02 \text{ Kg/m}^3$$

**Peso de los Materiales Secos:**

$$\text{CEMENTO:} \quad 35.77 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{AGUA:} \quad 209.83 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{A. FINO:} \quad 776.02 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{A. GRUESO:} \quad 899.62 \text{ Kg/m}^3$$



Corrección por Humedad de los Materiales por m<sup>3</sup> de concreto:

$$\text{Agregado Fino} = 776.02 \times (\%W + 1)$$

$$= 776.02 \times \left( \frac{3.89}{100} + 1 \right)$$

$$= 806.21 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 899.62 \times (\%W + 1)$$

$$= 899.62 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{1.27}{100} + 1 \right)$$

$$= 911.05 \text{ kg/m}^3$$

6.3.11. Aporte de agua a la mezcla:

$$\text{Agregado Fino} = 776.02 \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$

$$= 776.02 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{3.89 - 1.04}{100} \right)$$

$$= 22.12 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 899.62 \times \frac{(\%W + \%Abs)}{100}$$

$$= 899.62 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{1.27 - 1.19}{100} \right)$$

$$= 0.72 \text{ lt}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 209.83 - (22.12 + 0.72)$$

$$= 186.99 \text{ lt}$$



Corrección por humedad de los materiales por m<sup>3</sup> de concreto:

CEMENTO:	375.77 Kg/m <sup>3</sup>
AGUA:	186.99 Lt/m <sup>3</sup>
A. FINO:	806.21 Kg/m <sup>3</sup>
A. GRUESO:	911.05 Kg/m <sup>3</sup>

Proporciones en peso en obra:

CEMENTO:	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO:	AGUA
$\frac{375.77}{375.77}$	$\frac{806.21}{375.77}$	$\frac{911.05}{375.77}$	$\frac{186.99}{375.77}$
1	2.15	2.42	0.50L/Kg

#### **4.3.2. DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO**

Tabla 77: Datos del diseño de mezcla

PROPIEDADES DEL AGREGADO	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Peso Especifico de la Masa(gr/cm <sup>3</sup> )	2.50	2.19
Peso Unitario Suelto(gr/cm <sup>3</sup> )	1709.38	1448.31
Peso Unitario Compactado Seco(gr/cm <sup>3</sup> )	1783.94	1534.60
Contenido de humedad(W%)	3.89	4.11
Contenido de Absorción (Abs%)	1.04	6.26
Desgaste a Abrasión		38.61
Módulo de Finura	3.11	7.68
Tamaño Máximo Nominal (TMN)		1"
<b>PROPIEDADES DEL CEMENTO MS FORTIMAX</b>		
Peso Especifico (gr/cm <sup>3</sup> )		2.92
<b>DATOS DEL CEMENTO</b>		
Resistencia a la Compresión a los 28 días f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )		210
Slump o Revenimiento		3"

Fuente: Elaboración propia; 2018



### **Cálculo de la Resistencia promedio F'cr:**

Como no contamos con registro de Control de probetas usamos la tabla 5:

$$F'cr = F'c + 84$$

$$F'cr = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$F'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$$

### **Tamaño Máximo nominal.**

$$TMN = 1''$$

### **Asentamiento o Slump.**

$$\text{Slump} = 3''$$

### **Contenido de agua de mezclado (tabla 10):**

Concretos sin aire incorporado

Agua para diseño: 195 litros

Aire incorporado 1.5%

### **Relación agua cemento (tabla 10):**

Se calcula con la resistencia promedio F'cr:  $F'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$

Interpolando tenemos:

250 ----- 0.62

294 ----- X = a/c

300 ----- 0.55



$$\frac{a}{c} = 0.5584$$

**Factor cemento.**

$$\frac{a}{c} = 0.5584$$

$$C = \frac{195}{0.5584}$$

$$C = 349.21$$

Cemento: 349.21 kg/m<sup>3</sup>

Cemento: 8.22 bls/m<sup>3</sup>

**Módulo de Finura de la Combinación de Agregados (tabla 12):**

Interpolando:

8 ----- 5.41

8.22 ----- X = m<sub>C</sub>

9 ----- 5.49

$$m_C = 5.43$$

$$r_f = \frac{m_g - m_C}{m_g - m_f}$$

$$r_f = \frac{7.68 - 5.43}{7.68 - 3.11}$$

$$r_f = 0.4923$$



Volumen absoluto de materiales:

$$\text{Volumen absoluto cemento: } VAC = \frac{VOL_C}{\gamma_C} = \frac{349.21}{2.92 \times 1000} = 0.119592 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto agua: } VA = \frac{Lt}{\gamma_a} = \frac{195}{1000} = 0.195 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto aire: } VA = 1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Total } 0.329592 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto de agregados: } VA = 1 - 0.329592 \text{ m}^3 = 0.670408 \text{ m}^3$$

### **Volumen absoluto de Agregado Fino y Grueso Reciclado.**

Volumen absoluto de Agregado Fino

$$V_{Abs} = r_f \times VA_{af} = 0.4923 \times 0.670408 = 0.330042 \text{ m}^3$$

Volumen absoluto de Agregado Grueso Reciclado:

$$V_{Abs} = (1 - r_f) \times VA_{ag} = 1 - 0.4923 = 0.5077 \times 0.670408 = 0.340879 \text{ m}^3$$

Cálculo del Peso del Agregado Fino:

$$P_{AF} = Vol \times \gamma_{af} = 0.330042 \times 2.50 \times 1000 = 825.11 \text{ gr}$$

Cálculo del Peso del Agregado Grueso Reciclado:

$$P_{AG} = Vol \times \gamma_{ag} = 0.340879 \times 2.19 \times 1000 = 746.53 \text{ gr}$$

### **Cálculo de Pesos de los materiales secos.**

Cemento: 349.21 kg/m<sup>3</sup>

Agua de mezcla: 195 lt/m<sup>3</sup>

Agregado fino: 825.11 kg/m<sup>3</sup>



Agregado Grueso Reciclado 746.53 kg/m<sup>3</sup>

**Corrección por humedad de los materiales por m<sup>3</sup> de concreto.**

Agregado Fino = 825.11 x (%W + 1)

$$= 825.11 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{3.89}{100} + 1 \right)$$
$$= 857.21 \text{ kg/m}^3$$

Agregado Grueso Reciclado = 746.53 x (%W + 1)

$$= 746.53 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{4.11}{100} + 1 \right)$$
$$= 777.21 \text{ kg/m}^3$$

Aporte de agua a la mezcla por m<sup>3</sup> de concreto.

Agregado Fino = 825.11 x  $\frac{(\%W - \%Abs)}{100}$

$$= 825.11 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{3.89 - 1.04}{100} \right)$$
$$= 23.52 \text{ lt}$$

Agregado Grueso Reciclado = 746.53 x  $\frac{(\%W - \%Abs)}{100}$

$$= 746.53 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{4.11 - 6.26}{100} \right)$$
$$= -16.05 \text{ lt}$$

Agua Efectiva = 195 - (23.52 - 16.05)

$$= 187.53 \text{ lt}$$



**Pesos de los materiales Secos**

CEMENTO	349.21 Kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO	825.11 kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO	746.53 kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE MEZCLA	187.53 lt/m <sup>3</sup>

Proporcionamiento de Diseño:

CEMENTO:	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO:	AGUA
$\frac{349.21}{349.21}$	$\frac{825.11}{349.21}$	$\frac{746.53}{349.21}$	$\frac{187.53}{349.21}$
1	2.36	2.14	0.54 L/Kg

**Colada para 3 especímenes Estándar en Obra para primera prueba.**

Número de probetas estándar: 3

Volumen de colada: 0.02

PRIMERA PRUEBA	
CEMENTO	6.98 kg
AGREGADO FINO	16.50 kg
AGREGADO GRUESO RECICLADO	14.93 kg
AGUA DE MEZCLA	3.75 lt
TOTAL	42.16 kg

**Datos de laboratorio:**

Revenimiento o Slump: 9.00 cm.

Peso Unitario del C°: 2225 kg/m<sup>3</sup>



Agua Adicional: 350 cm<sup>3</sup>

Apariencia: buena

#### Rendimiento de la mezcla.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de Colada}}{\text{Peso unitario del Concreto}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{42.16}{2225}$$

$$\text{Rendimiento} = 0.01894831$$

#### Calculando la Nueva Cantidad de agua:

$$\text{Agregado Fino: \%W - \%Abs} = (3.89 - 1.04) / 100 = 0.0285$$

$$\text{Agregado Grueso Reciclado: \%W - \%Abs} = (4.11 - 6.26) / 100 = -0.0215$$

$$\text{Agua Añadida} = 4.10 \text{ lt}$$

$$\text{Aporte de Fino Húmedo} = \text{Peso estado seco} \times \text{vol. de colada} \times \text{nueva cant. agua}$$

$$= 825.11 \times 0.02 \times 0.0285$$

$$= 0.47 \text{ lt}$$

$$\text{Aporte Grueso Húmedo} = \text{Peso estado seco} \times \text{vol. de colada} \times \text{nueva cant. agua}$$

$$= 746.53 \times 0.02 \times -0.0215$$

$$= -0.32 \text{ lt}$$

$$\text{Agua de mezcla por tanteo: } 4.10 + (0.47 - 0.32) = 4.25 \text{ lt}$$

$$\text{Agua de mezcla requerida} = \frac{\text{agua}}{\text{rendimiento}}$$



$$\text{Agua de mezcla requerida} = \frac{4.25}{0.01894831}$$

$$\text{Agua de mezcla Requerida} = 224.29 \text{ lt}$$

Corrección de agua en mezclado (Se incrementa 2 lts de agua por cada cm de Slump:

Slump de laboratorio                      9.00 cm

Slump deseado                              7.62 cm

$$= 1.38 \text{ cm}$$

$$\text{Nueva Agua de Mezclado: } 224.29 - 2.76 = 221.53 \text{ lt}$$

Nueva Relación Agua cemento (a/c).

$$\text{Contenido de cemento} = 221.53 / 0.5584$$

$$\text{Contenido de cemento} = 396.72 \text{ Kg/m}^3$$

Contenido de agregado Grueso húmedo (primera prueba, Tanda de 0.02):

$$\text{Agregado Grueso Reciclado} = \frac{\text{A. Grueso}}{\text{rendimiento}}$$

$$\text{Agregado Grueso Reciclado} = \frac{14.93}{0.01894831}$$

$$\text{Agregado Grueso Reciclado} = 787.93 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso Seco} = \frac{AG_h}{\%W + 1}$$

$$\text{Agregado Grueso Seco} = \frac{787.93}{\frac{4.11}{100} + 1}$$

$$\text{Agregado Grueso Seco} = 756.82 \text{ kg/m}^3$$



Contenido de Agregado Fino:

Peso Unitario del C° = 2225 kg/m<sup>3</sup>

El peso fino requiere conocer el contenido del agregado grueso en estado SSS

$$\text{Ag. Grueso}_{\text{SSS}} = \text{AG}_{\text{SECO}} \times (\% \text{ Abs.} + 1)$$

$$\text{Ag. Grueso}_{\text{SSS}} = 756.82 \times \left( \frac{6.26}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Ag. Grueso}_{\text{SSS}} = 804.20 \text{ kg/m}^3$$

Peso del Agregado Fino requerido en estado SSS:

$$\text{Ag. Fino}_{\text{SSS}} = \text{PUC}^\circ - (\text{Cem.} + \text{Agua} + \text{Ag. Grueso})$$

$$\text{Ag. Fino}_{\text{SSS}} = 2225 - (396.72 + 221.53 + 804.20)$$

$$\text{Ag. Fino}_{\text{SSS}} = 802.55 \text{ kg/m}^3$$

Agregado Fino Seco:

$$\text{Agregado Fino Seco} = \frac{\text{AF}_h}{\%W + 1}$$

$$\text{Agregado Fino Seco} = \frac{802.55}{3.89/100 + 1}$$

$$\text{Agregado Fino Seco} = 772.50 \text{ kg/m}^3$$

**Nuevos Pesos Secos de la tanda por m<sup>3</sup>:**

CEMENTO: 396.72 Kg/m<sup>3</sup>

AGUA: 221.53 Lt/m<sup>3</sup>

A. FINO: 772.50 Kg/m<sup>3</sup>



A. GRUESO RECICLADO: 756.82 Kg/m<sup>3</sup>

Corrección por el Método de Volúmenes Absolutos sin considerar Aire (se calcula los volúmenes de los materiales integrantes de la mezcla del diseño original):

$$\text{CEMENTO} = \frac{349.21 \times 0.02}{2.92 \times 1000} = 0.002392 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} = \frac{187.53 \times 0.02}{1000} = 0.003751 \text{ m}^3$$

$$\text{A. FINO} = \frac{825.11 \times 0.02}{2.50 \times 1000} = 0.006601 \text{ m}^3$$

$$\text{A. GRUESO} = \frac{746.53 \times 0.02}{2.19 \times 1000} = 0.006818 \text{ m}^3$$

$$\text{TOTAL} = 0.019562 \text{ m}^3$$

Volumen absoluto de materiales (ajustados):

$$\text{CEMENTO} = \frac{396.72}{2.92 \times 1000} = 0.127836 \text{ m}^3$$

$$\text{AGUA} = \frac{221.53}{1000} = 0.221530 \text{ m}^3$$

$$\text{A. GRUESO RECICLADO} = \frac{756.82}{2.19 \times 1000} = 0.345580 \text{ m}^3$$

$$\text{AIRE} = 0.001000 \text{ m}^3$$

$$\text{TOTAL} = 0.695946 \text{ m}^3$$

Volumen Total del Agregado Fino:

$$\text{Vol. Agregado}_{\text{fino}} = 1 - (\text{Vol. Abs de materiales ajustados})$$

$$\text{Vol. Agregado}_{\text{fino}} = 1 - 0.695946$$



$$\text{Vol. Agregado}_{\text{fino}} = 0.304054 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso Seco}_{\text{A.FINO}} = \text{Vol.}_{\text{A.FINO}} \times \gamma_{\text{A.FINO}}$$

$$\text{Peso Seco}_{\text{A.FINO}} = 0.304054 \times 2.50 \times 1000$$

$$\text{Peso Seco}_{\text{A.FINO}} = 760.14 \text{ Kg/m}^3$$

### **Peso de los Materiales Secos:**

CEMENTO:  $396.72 \text{ Kg/m}^3$

AGUA:  $221.53 \text{ Lt/m}^3$

A. FINO:  $760.14 \text{ Kg/m}^3$

A. GRUESO RECICLADO:  $756.82 \text{ Kg/m}^3$

Corrección por Humedad de los Materiales por m<sup>3</sup> de concreto:

$$\text{Agregado Fino} = 760.14 \times (\%W + 1)$$

$$= 760.14 \times \left( \frac{3.89}{100} + 1 \right)$$

$$= 789.71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso Reciclado} = 756.82 \times (\%W + 1)$$

$$= 756.82 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{4.11}{100} + 1 \right)$$

$$= 787.93 \text{ kg/m}^3$$

6.3.11. Aporte de agua a la mezcla:

$$\text{Agregado Fino} = 760.14 \times \frac{(\%W - \%Abs)}{100}$$



$$= 760.14 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{3.89 - 1.04}{100} \right)$$

$$= 21.66 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado Grueso Reciclado} = 756.82 \times \frac{(\%W + \%Abs)}{100}$$

$$= 756.82 \text{ kg/m}^3 \times \left( \frac{4.11 - 6.26}{100} \right)$$

$$= -16.27 \text{ lt}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 221.53 - (22.73 + 16.27)$$

$$= 215.07 \text{ lt}$$

Corrección por humedad de los materiales por m<sup>3</sup> de concreto:

CEMENTO: 396.72 Kg/m<sup>3</sup>

AGUA: 215.07 Lt/m<sup>3</sup>

A. FINO: 789.71 Kg/m<sup>3</sup>

A. GRUESO RECICLADO: 787.93 Kg/m<sup>3</sup>

Proporciones en peso en obra:

CEMENTO:	AGREGADO FINO:	AGREGADO GRUESO:	AGUA
$\frac{396.72}{396.72}$	$\frac{789.71}{396.72}$	$\frac{787.93}{396.72}$	$\frac{215.07}{396.72}$
1	1.99	1.99	0.54L/Kg



## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**



## 4.1. RESULTADO DE DISEÑO

### 4.1.1. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Debemos saber que se han realizado una gran variedad de trabajos relacionadas al diseño de mezcla del concreto, el cual es un procedimiento empírico, porque están enfocados en alcanzar su manejabilidad y resistencia a compresión en un tiempo determinado (Osorio, 2013)

(Osorio, 2013) nos manifiesta que una mezcla se diseña tanto en estado fresco como en estado endurecido, Para que se pueda llevar a cabo una buena dosificación en estado fresco los requisitos que se deben cumplir son la manejabilidad, resistencia y durabilidad

Las propiedades de los agregados serán proporcionadas en tablas tanto para los agregados naturales como para los agregados reciclados producto de la demolición de pavimentos. Hay diferentes métodos para determinar el diseño de mezcla de un concreto, pero en esta investigación se utilizó el método de la Combinación de los Agregados que consiste en agrupar los agregados finos y gruesos, para así lograr mayor trabajabilidad y alcanzar su máxima resistencia.

Tabla 78: *Valores de las propiedades de los agregados*

PROPIEDADES DE AGREGADOS	AF	AGN	AGR
Peso específico de masa(g/cm <sup>3</sup> )	2.50	2.57	2.19
Peso unitario suelto(g/cm <sup>3</sup> )	1.71	1.75	1.45
Peso unitario compactado seco(g/cm <sup>3</sup> )	1.78	1.91	1.53
Contenido de humedad (%)	3.89	1.27	4.11
Absorción (%)	1.04	1.19	6.26
Desgaste a la abrasión (%)	-	28.96	38.63
Módulo de finura	3.11	7.78	7.68
Tamaño máximo nominal (pulg)	-	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia; 2018



**Resultados del Diseño de Mezcla:**

**Concreto con Agregados Naturales (3 Probetas – 0.02 m3)**

Tabla 79: *Diseño de prueba del concreto con agregados naturales*

Cemento	6.98 Kg
Agregado Fino	17.52 Kg
Agregado Grueso	17.34 Kg
Agua de Mezcla	3.42 Lts
<b>PESO TOTAL</b>	<b>45.26 Kg</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018

**Concreto con Agregado Grueso Reciclado (3 Probetas – 0.02 m3)**

Tabla 80: *Diseño de prueba del concreto con agregado grueso reciclado*

Cemento	6.98 Kg
Agregado Fino	16.50 Kg
Agregado Grueso	14.93 Kg
Agua de Mezcla	3.75 Lts
<b>PESO TOTAL</b>	<b>42.16 Kg</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018

**Resultado de Ajuste de Diseño de Mezcla**

**Concreto con Agregados Naturales**

Tabla 81: *Diseño final de concreto con agregados naturales*

<b>Material</b>	<b>Por 1 m3</b>
Cemento	375.77 Kg/m3
Agregado Fino	806.21 Kg/m3
Agregado Grueso	911.05 Kg/m3
Agua Efectiva	186.99 Lt/m3
<b>TOTAL</b>	<b>2280.02 Kg/m3</b>

Fuente: Elaboración propia; 2018



## Concreto con Agregado Grueso Reciclado

Tabla 82: *Diseño final de concreto con agregado grueso reciclado*

Material	Por 1 m <sup>3</sup>
Cemento	396.72 Kg
Agregado Fino	789.71 Kg
Agregado Grueso	787.93 Kg
Agua Efectiva	215.07 Kg
<b>TOTAL</b>	<b>2189.43 Kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia; 2018

## 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS:

Después de realizar los diseños de mezcla para ambos concretos se logra apreciar que para el concreto elaborado con agregado reciclado producto de la demolición de pavimentos rígidos utiliza menor proporción de agregado fino con relación al del concreto con agregado natural, siendo este un factor importante dentro de la variación de su resistencia.

Otro factor que también se puede apreciar con respecto al diseño de mezcla de ambas muestras es la variación con respecto a la cantidad del cemento el cual es un elemento importante dentro de la resistencia del concreto.

### 4.2.1. RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADOS NATURALES

Tabla 83: *Ensayo a compresión a los 7 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO NATURAL						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
PROMEDIO (Tn)	11.00						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	137.30	137.30	137.30	138.67	137.30	140.06	137.30
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	137.89						
% DE RESISTENCIA	65.38	65.38	65.38	66.03	65.38	66.70	65.38
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	65.66						

Fuente: Elaboración propia; 2018



Tabla 84: *Ensayo a compresión a los 14 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO NATURAL						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	12.00	12.00	11.60	14.00	13.00	12.50	12.80
PROMEDIO (Tn)	12.56						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	149.78	149.78	144.79	176.48	162.26	159.15	159.76
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	157.43						
% DE RESISTENCIA PROMEDIO% DE RESISTENCIA	71.32	71.32	68.95	84.04	77.27	75.79	76.08
	74.97						

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 85: *Ensayo a compresión a los 28 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO NATURAL						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	16	17.75	17	18	16.4	18.5	17.11
PROMEDIO (Tn)	17.25						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	212.19	218.43	214.68	226.90	209.69	236.82	215.93
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	219.23						
% DE RESISTENCIA PROMEDIO% DE RESISTENCIA	101.04	104.01	102.23	108.05	99.85	112.77	102.82
	104.39						

Fuente: Elaboración propia; 2018

#### 4.1.2. RESULTADOS DEL ENSAYO A COMPRESIÓN DEL DISEÑO DE MEZCLA CON AGREGADOS GRUESO RECICLADO

Tabla 86: *Ensayo a compresión a los 7 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	11.40	9.60	11.00	10.50	9.00	11.00	10.00
PROMEDIO (Tn)	10.36						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	142.29	119.82	137.30	132.36	112.33	140.06	124.81
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	129.85						
% DE RESISTENCIA PROMEDIO% DE RESISTENCIA	67.76	57.06	65.38	63.03	53.49	66.70	59.43
	61.83						

Fuente: Elaboración propia; 2018



Tabla 87: *Ensayo a compresión a los 14 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	13.00	10.00	11.50	10.00	13.00	13.00	15.00
PROMEDIO (Tn)	12.21						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	162.26	124.81	143.54	126.06	162.26	165.52	190.99
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	153.63						
% DE RESISTENCIA	77.27	59.43	68.35	60.03	77.27	78.82	90.95
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	73.16						

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 88: *Ensayo a compresión a los 28 días*

MUESTRA	CONCRETO CON AGREGADO GRUESO RECICLADO						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
CARGA FINAL (Tn)	18.30	17.60	17.00	18.00	18.30	17.30	18.40
PROMEDIO (Tn)	17.84						
RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	228.41	219.67	212.19	226.91	228.41	220.27	229.66
PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	223.65						
% DE RESISTENCIA	108.77	104.60	101.04	108.05	108.77	104.89	109.36
PROMEDIO% DE RESISTENCIA	106.50						

Fuente: Elaboración propia; 2018

Después de haber realizado las pruebas de resistencia a la compresión de ambos concretos tanto para el Natural como para el concreto diseñado con agregado reciclado se puede apreciar que el concreto obtenido con agregado reciclado demora más en llegar a su resistencia máxima, pero al llegar a su tiempo máximo de curado (28 días) logra su mayor resistencia e incluso mayor que la del concreto natural, cuya diferencia de resistencias es de 2.11%.

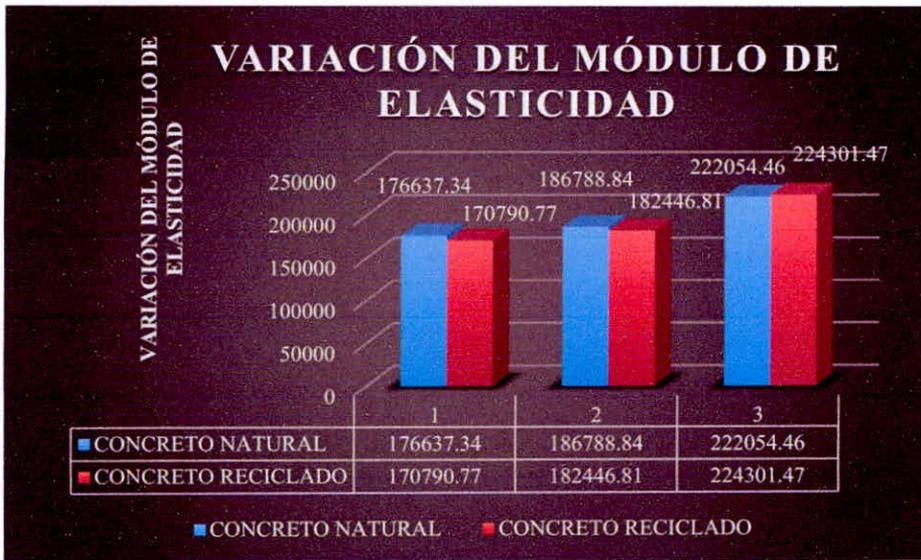


Figura 38: Variación del módulo de elasticidad

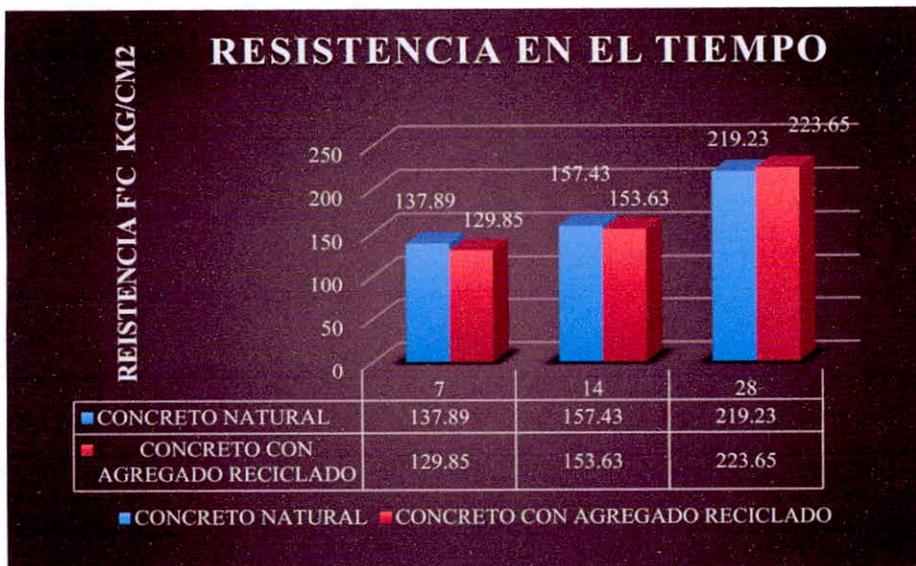


Figura 39: Resistencia del concreto en el tiempo



### 4.3. ANÁLISIS DE COSTOS

#### 4.3.1. COSTOS POR $1m^3$ PARA CONCRETO DISEÑADO CON AGREGADOS NATURALES

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
Cemento MS	bls	8.84	23.50	207.74
Agua	m3	0.209.83	3.00	0.63
Agregado Fino	m3	0.350074	65.00	22.75
Agregado Grueso	m3	0.310408	65.00	20.18
<b>COSTO POR M3</b>				<b>251.30</b>

#### 4.3.2. Costos por $1m^3$ para Concreto Diseñado con Agregado Reciclado

Actividad	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
Transporte de agregado reciclado	M3	5	15.00	75.00
Trituración y tamizado	m3	1	13.00	10.00
<b>COSTO POR M3</b>				<b>85.00</b>

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
Cemento MS	Bls	9.33	23.50	219.26
Agua	m3	0.2182	3.00	0.65
Agregado Fino	m3	0.304054	65.00	19.76
Agregado Grueso	m3	0.345580	85.00	29.37
<b>COSTO POR M3</b>				<b>269.04</b>



Al hacer un análisis de costo de ambos concretos podemos llegar a la conclusión que el concreto obtenido con agregado reciclado producto de la demolición de pavimentos rígidos su costo es un poco más elevado que la del concreto convencional, esta diferencia se ve marcada en la cantidad de cemento que el concreto elaborado con agregado reciclado utiliza y el costo del agregado grueso reciclado cuyo costo se eleva al hacer el transporte del botadero hacia la chancadora.



## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## 5.1. CONCLUSIONES

Luego de concluir con la investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El concreto elaborado con agregado grueso reciclado producto de la demolición de pavimentos rígidos tiene características similares al del concreto elaborado con agregados naturales, éste presenta una mayor resistencia a la compresión que el elaborado con agregado natural, cuya diferencia es de 2.11%.

También se comprobó que en el diseño de mezcla con agregado reciclado se empleó menor cantidad de agregado fino que en el diseño de mezcla con agregado natural, siendo éste un factor importante así también se utilizó menor cantidad de cemento para que llegue a tener mayor resistencia a la compresión.

El uso de concreto reciclado proveniente de los pavimentos rígidos como agregado grueso no tiene un efecto significativo sobre las proporciones en la mezcla o en su trabajabilidad.

Por los datos obtenidos en el diseño de mezcla, se puede afirmar que el agregado grueso reciclado es un material adecuado para la construcción ya que este no afecta en la resistencia del concreto.

Se concluyó que el concreto proveniente de los pavimentos rígidos cumple con las Normas Técnicas Peruanas para la producción de concreto.

El uso de pavimentos rígidos reciclados como agregado grueso es apto para ser utilizados en obras civiles, sin embargo, se deberá tener en cuenta el análisis de costo que estos generan para su obtención.

Con el uso de agregado de concreto reciclado en la construcción, se evitaría la sobreexplotación de los agregados en las canteras, la contaminación ambiental, preservándose el hábitat natural de los animales.

Por los análisis obtenidos en el laboratorio tanto físicos el agregado reciclado mantiene sus propiedades iguales al de un agregado natural.



---

También se logró comprobar que el peso específico del agregado grueso reciclado es menor que al de un agregado natural.

El reciclado de los pavimentos rígidos son una fuente muy importante ya que ayudarán a minimizar los gastos dentro de un proyecto.

## **5.2. RECOMENDACIONES:**

Realizar investigaciones relacionadas a otros materiales de reciclado en la construcción y ver si cumplen con las normas técnicas y pueden ser usadas en una nueva construcción como agregado.

Impulsar el uso de agregados reciclados, y así aminorar el impacto que estos materiales ocasionan al ser expuestos al medio ambiente.

Realizar diseños de mezclas con agregados reciclados provenientes de otras estructuras que no sean de pavimentos rígidos.



## **CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolla, G., López, P., Facendini, S., Rugna, M., Zamboni, E., García- Vitor, J., & Badano, V. (2013). *Presentaron en Perú un estudio sobre hormigones reciclados*. Obtenido de Uno entre Ríos: <http://www.unoentrieros.com.ar/presentaron-peru-un-estudio-hormigones-reciclados-n911181>
- Torres-Acosta, A., Martínez-Molina, W., Alonso-Guzmán, E., Chávez-García, H., Hernández-Barrios, H., Lara-Gómez, C., . . . González-Valdéz, F. (2015). *ARTÍCULOS DE REVISIÓN - CONCRETO RECICLADO*. Obtenido de Revista. ALCONPAT vol.5: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php>
- Abanto Castillo, F. (2017). *Tecnología del Concreto*. Obtenido de EDITORIAL SAN MARCOS.
- Alvarez , J. (2012). *Concreto Reciclado*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/o5w3raulsl-7/concreto-reciclado/>
- Alvarez, J. (2012). *Concreto Reciclado*. Obtenido de PREZI: <https://prezi.com/o5w3raulsl-7/concreto-reciclado/>
- Avila Cardenas, G. (2015). *Los Agregados - Tecnología del Concreto*. Obtenido de <http://teconcreto123.blogspot.com/p/los-agregados.html>
- Bernal Arias, J. (2009). *El Agregado Fino Del Concreto*. Obtenido de el Concreto : <http://elconcreto.blogspot.com/2009/04/el-agregado-fino-del-concreto.html>
- Burgos. (2010).
- Campos Cisneros, R. (2009). *Agregados*. Obtenido de Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados2.shtml>
- Castellanos Araujo, R. (2006). *Matreiales de Construccion*. Obtenido de <http://www.uca.edu.sv/mecanica->



estructural/materias/materialesCostruccion/guiasClase/GUIA%20DE%20CLASES%20No%206.pdf

Castillo Martinez, R. (2010). *La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual*. Obtenido de EDUCARE:

<https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114419010.pdf>

Caysahuana Melendez, T. (2015). *Tecnología del Concreto: Deformación del concreto*.

Obtenido de Universidad Alas Peruanas:

<http://tecnologia17118.blogspot.com/p/deformacion-del-concreto.html>

Chavez Vasquez, G. (S.F. de S.F. de S.F.). *Estudio Tecnológico de los Agregados*. Obtenido de ACADEMIA.EDU:

[http://www.academia.edu/4010256/Estudio\\_Tecnologico\\_De\\_Los\\_Agregados](http://www.academia.edu/4010256/Estudio_Tecnologico_De_Los_Agregados)

Choque Aguilar, D. (2011). *Determinación del Comportamiento Físico/Mecánico Del Concreto Con Agregado Grueso Reciclado Para Uso En Pavimentos Rígidos - Juliaca*. Obtenido de Universidad Nacional del Altiplano:

[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5439/Choque\\_Aguilar\\_Drober.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5439/Choque_Aguilar_Drober.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Civil Geekes. (2011). *PROPIEDADES PRINCIPALES DEL CONCRETO*. Obtenido de Civil Geekes: <https://civilgeekes.com/2011/12/11/propiedades-principales-del-concreto/>

*CONCRETO RECICLADO. Reutilización del concreto*. (2010). Obtenido de SlideShare:

<https://es.slideshare.net/iifc/concreto-reciclado>

Cruz-García, J., & Velásquez-Yañez, R. (S.F de S.F de 2004). *Concreto Reciclado*. Obtenido de Tesis:

[https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4860/284\\_CONCRETO%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4860/284_CONCRETO%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cuellar Yañez, L. (2018). *Aspectos Generales del Uso del Concreto*. Obtenido de Universidad Autónoma de San Francisco:

<http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/112/1/TU%20AGUC-LCY.pdf>



- Delgado, M. (2015). *El Concreto*. Obtenido de [https://issuu.com/mariadelgado121500/docs/el\\_concreto.pptx](https://issuu.com/mariadelgado121500/docs/el_concreto.pptx)
- Denis Tas. (2011). *Estudio Tecnológico de los Agregados Fino Y Grueso*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/dens15tas/estudio-tecnologico-de-los-agregados-fino-y-grueso>
- Diaz Maita, J., & Rodriguez Rios, J. (2011). "*Características Físicas y Químicas de los Agregados que Abastecen a la Planta de Premezclados Dino – Cajamarca*". Obtenido de Universidad Privada Antenor Orrego: <http://cip-trujillo.org/ovcipcddl/uploads/biblioteca/abstract/T0031340.pdf>
- Escobedo Huamanquispe, E., Choque Montalvo, F., Quilli Corimanya, S., Apaza Carreon, B., Monroy Quispe, R., & Turpo Aguilar, L. (6 de Octubre de S.F.). *Agregados y Propiedades del Concreto*. Obtenido de SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/319041153/AGREGADOS-IMPRIMIR>
- Escobedo Portal, G. (2014). *Incidencia de la Nanosilice En La Resistencia Mecánica de un Concreto de Alta Resistencia Con Cemento Portland Tipo I*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/460/T%20620.112%20E74%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espinoza Sanchez, A. (2015). *Monografía Agregados*. Obtenido de SLIDESHARE: <https://es.slideshare.net/arnoldclaudioespinozasanchez/agregados-monografia>
- Evaluación Técnica y económica de concreto fabricado con agregado reciclado*. (2010). Obtenido de Concreto Reciclado: <http://concretoreciclado colombia.blogspot.com/2010/05/1-antecedentes-de-la-investigacion.html>
- Guacaneme- Lizarazo, F. (2015). *Ventajas y usos del concreto reciclado*. Obtenido de Programa de especialización en ingeniería de pavimentos: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15151/1/GuacanemeLizarazoFabioAndres2015.pdf>



H., E. (2011). *Permeabilidad y Estanquidad del Concreto*. Obtenido De Notas De Concreto:  
[http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/permeabilidad-y-estanquidad-del\\_08.html](http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/permeabilidad-y-estanquidad-del_08.html)

Huatay Aliaga, E. (2014). *Propiedades Mecánicas del Concreto Elaborado con Aditivo Microsilice*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca:  
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/662/T%20693.5%20GH874%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Huiñapi Peralta, C. (S.F). *Propiedades Principales del Concreto Fresco*.

Kastellon Corrales, H., & De la Ossa Arias, K. (2013). *Estudio Comparativo de la Resistencia a la Compresión de los Concretos Elaborados con Cementos Tipo I y Tipo III, Modificados con Aditivos Acelerantes y Retardantes*. Obtenido de Tesis:  
<http://repositorio.unicartagena.edu.co:8080/jspui/bitstream/11227/537/1/TESIS%20DE%20GRADO.pdf>

Laura Huanca, S. (2006). *Diseño De Mezcla De Concreto*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO:  
[https://www.researchgate.net/publication/267216538\\_Diseño\\_de\\_Mezclas\\_de\\_Concreto](https://www.researchgate.net/publication/267216538_Diseño_de_Mezclas_de_Concreto)

Laura Ortega, R. (2012). *Compactación y Abrasión los Angeles*. Obtenido de DOKUMEN:  
<https://dokumen.tips/documents/compactacion-y-abrasion.html>

Lopez, P. (2017). *MECANISMOS DE IMPERMEABILIDAD DEL CONCRETO*. Obtenido de IMPERMEABILIZANTES DE CONCRETO:  
<https://impermeabilizaciondelconcreto.wordpress.com/2017/01/04/mecanismos-de-impermeabilidad-del-concreto/>

Marcano , A. (2015). *El Concreto*. Obtenido de Revista Concreto:  
[https://issuu.com/andymarcano/docs/revista\\_concreto\\_anndy\\_marcano](https://issuu.com/andymarcano/docs/revista_concreto_anndy_marcano)

Martel. (2008).

Medina Cruz, R. (2011). *Capacitaciones : Procedimientos para Elaborar Probetas de Concreto*. Obtenido de ACEROS AREQUIPA:  
<http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin->



construyendo/edicion\_17/capacitaciones-procedimientos-para-elaborar-probetas-de-concreto.html

Medina Murillo, A. (2014). *La Relacion Agua Cemento I*. Obtenido de Doc.Player:  
<https://docplayer.es/155258-La-relacion-agua-cemento-1.html>

Morales, D. (S.F. de S.F. de S.F.). *Fundamentos del Concreto y los Materiales para su Elaboracion*. Obtenido de SCRIBD:  
<https://es.scribd.com/document/224009130/Fundamentos-DI-Concreto-y-Los-Materiales-Para-Su-Elaboracion>

Osorio, J. D. (2013). *Diseño de mezclas de concreto: conceptos básicos*. Obtenido de Argos 360 en Concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/disenio-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos>

Ossa, A., & García, J. (2015). *Residuos de Construcción y Demolición*. Obtenido de Instituto de Ingeniería UNAM: <https://docplayer.es/39474672-Residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd.html>

Palacio Leon, O., Chavez Porras, A., & Velasquez Castiblanco, Y. (2015). *Evaluacion y Comparacion del Analisis Granulometrico Obtenido de Agregados Naturales y Recicldos*. Obtenido de TECNURA:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v17n38/v17n38a10.pdf>

Pereira Araujo, L. (2017). *Laboratorio N° 08 Diseño Mezcla*. Obtenido de SlideShare:  
<https://es.slideshare.net/luisalbertopereiraaraujo/laboratorio-n08-diseo-mezcla>

Ramirez Bencosme, M. (2010). *El Concreto recién Mezclado debe ser Plastico*. Obtenido de Revista Educativa Arquitectura 21.com: <https://www.arquitectura21.com/2010/12/el-concreto-recien-mezclado-debe-ser-plastico.html>

Ramirez Gil, K. (2016). *Pesos unitarios de los Agregados y contenido de humedad*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/kedynamirezgil/laboratorio-de-concreto-n3-los-pesos-unitarios-de-los-agregados-y-el-contenido-de-humedad>

Rivadeneira Guerra, J. (2015). *Ensayo de Abrasion de los Angeles*. Obtenido de SCRIBD:  
<https://es.scribd.com/doc/295987611/Ensayo-de-Abrasion-de-Los-Angeles>



---

Rivera Quio, T. (2014). *CONCRETO Y SUS PROPIEDADES*. Obtenido de SLIDESHARE:  
<https://es.slideshare.net/tahinariveraquio/concreto-y-sus-propiedades>

Rivva Lopez, E. (2010). *Materiales de Construccion - Diseño de Mezclas*. Obtenido de Fondo Editorial ICG: <http://sbiblio.uandina.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=16563>

Ruelas Paredes, E. (2015). *Uso de Pavimento Rigido Reciclado de la Ciudad de Puno, como Agregado Grueso para la Produccion de Concreto*. Obtenido De Universidad Nacional Del Altiplano.

Salazar , C. (2015). *Concreto Armado*. Obtenido de SlideShare:  
<https://es.slideshare.net/cslzrr/concreto-armado-47081126>

Velasquez Pacco, L. (2015). *Propiedades Fisico Mecanicas del Concreto Reciclado para Lima Metropolitana*. Obtenido de Univerisdad Ricardo Palma.



---

## **NORMAS TECNICAS PERUANAS**

Norma NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del Agregado fino, grueso y global.

Norma NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón.

Norma NTP 400.021.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (Peso específico) y absorción del Agregado grueso

Norma NTP 400.022.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (Peso específico) y absorción del Agregado fino.

Norma NTP 400.185.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable en agregados por secado.

Norma NTP 400.017.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los vacíos en los agregados

Norma NTP 400.019.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles.

Norma NTP 339.034.2013. HORMIGÓN. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas

Norma NTP 339.046.2013. HORMIGÓN. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).

Norma NTP 339.183.2013. HORMIGÓN. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.



## **ANEXOS**



## ANEXO I: GRAFICAS Y CUADROS ESTADÍSTICOS

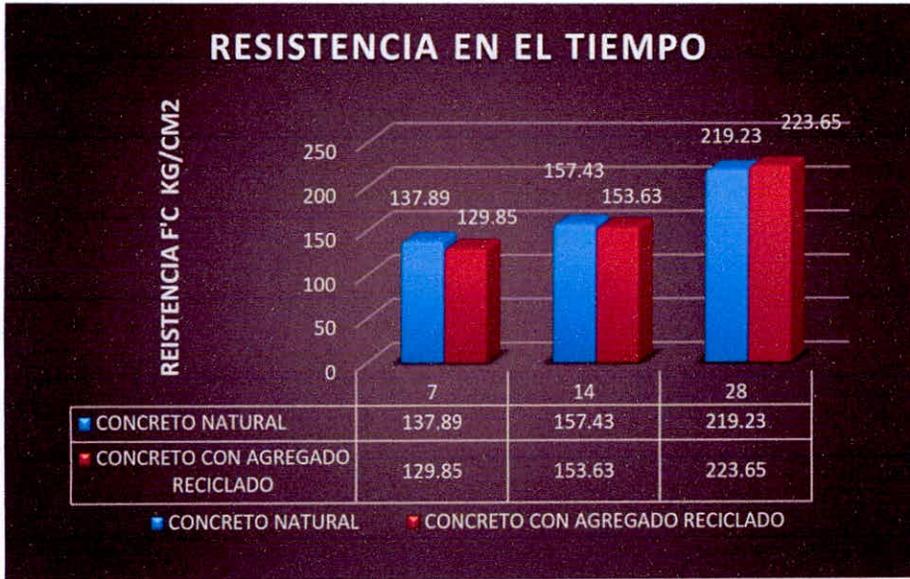


Figura 40: Cuadro estadístico de resistencia en el tiempo

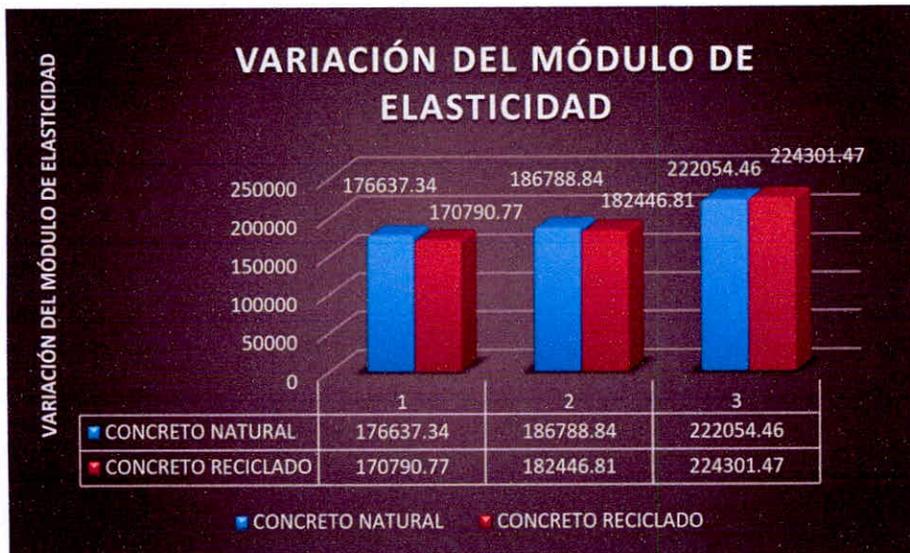


Figura 41: Cuadro estadístico de variación del módulo de elasticidad



## COEFICIENTE DE VARIACIÓN Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Tabla 89: *Coefficiente de variación y desviación estándar del concreto elaborado con agregado natural*

CONCRETO CON AGREGADO NATURAL	RESISTENCIA PROMEDIO	219.23 Kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup>	$X_{PROM.}$	$(X_{PROM.})^2$
PROBETA N° 01	212.19	-7.04	49.56
PROBETA N° 02	218.43	-0.80	0.64
PROBETA N° 03	214.68	-4.55	20.70
PROBETA N° 04	226.90	6.77	45.83
PROBETA N° 05	209.69	-9.54	91.01
PROBETA N° 06	236.82	17.59	309.41
PROBETA N° 07	215.93	-3.33	11.09
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		9.38 Kg/cm <sup>2</sup>	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		4.28%	

Fuente: Elaboración propia; 2018

Tabla 90: *Coefficiente de variación y desviación estándar del concreto elaborado con agregado reciclado*

CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO	RESISTENCIA PROMEDIO	223.65 Kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup>	$X_{PROM.}$	$(X_{PROM.})^2$
PROBETA N° 01	228.41	4.76	22.66
PROBETA N° 02	219.67	-3.98	15.84
PROBETA N° 03	212.19	-11.16	124.55
PROBETA N° 04	226.91	3.26	10.63
PROBETA N° 05	228.41	4.76	22.66
PROBETA N° 06	220.27	-3.38	11.42
PROBETA N° 07	229.66	6.01	36.12
DESVIACIÓN ESTANDAR		6.38 Kg/cm <sup>2</sup>	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		2.85%	

Fuente: Elaboración propia; 2018



Figura 42: Desviación estándar de la resistencia a los 28 días



## ANEXO II: ENSAYOS QUÍMICOS DE LOS AGREGADO



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
PROYECTOS - ASESORIA Y CONSULTORIA  
RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

### ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO (NTP 339.176.AASHTO T290)

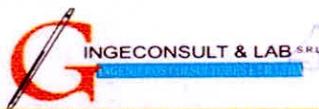
TESISTA : DÁVILA DÁVILA FLAVIO  
TESIS : " DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO OBTENIDO  
CON AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN DE  
PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL DISTRITO BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA"  
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL  
MUESTRA : M - 1  
FECHA : 25/10/2016

### RESULTADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> ppm	CLORUROS CL <sup>-1</sup> ppm	TEMPERATURA °C
M - 1	9.55	78.66	64.8	20.4

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.

  
Hugo Mosqueira Estráder  
Jefe Lab. Químico  
I.Q. CIP 27664



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos,  
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
PROYECTOS - ASesoría y CONSULTORÍA  
RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

**ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA  
DE AGREGADO GRUESO  
NORMA MTC E 213**

**TESISTA** : DÁVILA DÁVILA FLAVIO  
**TESIS** : " DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO OBTENIDO  
CON AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN DE  
PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL DISTRITO BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA"  
**ESCUELA** : INGENIERIA CIVIL  
**MUESTRA** : M - 1  
**FECHA** : 25/10/2016

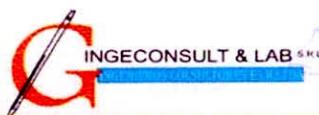
**MÉTODO COLORIMÉTRICO ( $K_2Cr_2O_7$ )**

- 1. Muestra de Ensayo:** 100 gr. De Muestra  
**2. Color Estándar de referencia:** Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )  
Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )  
**3. Resultado:** El color del líquido de la muestra del ensayo  
es menos oscuro que el estándar de referencia  
por lo tanto, no hay presencia de materia  
orgánica en la muestra de estudio.

**NOTA:** La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.

**CONCLUSIÓN:** De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra de ensayo no supera el color Estándar de referencia, por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la Muestra de estudio.

  
Hugo Mosquera Estráver  
Jefe Lab. Química  
I.Q. CIP 27664



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.  
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.  
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.  
PROYECTOS - ASesoría Y CONSULTORÍA  
RPM: \*696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE  
AGREGADO (NTP 339.176.AASHTO T290)**

**TESISTA** : DÁVILA DÁVILA FLAVIO  
**TESIS** : " DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO OBTENIDO  
CON AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN DE  
PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL DISTRITO BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA"  
**ESCUELA** : INGENIERIA CIVIL  
**MUESTRA** : M - 2  
**FECHA** : 25/10/2016

**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE  
AGREGADO (NTP 339.176.AASHTO T290)**

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> ppm	CLORUROS CL <sup>-1</sup> ppm	TEMPERATURA °C
AGREGADO	9.58	73.56	63.47	19.6

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a éste laboratorio para su análisis respectivo.

  
Hugo Mosquera Estráder  
Jefe Lab. Química  
I.Q. CIP 27664



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua,  
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentación,  
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil,  
PROYECTOS - ASESORIA Y CONSULTORÍA  
RPM: \*695825- CELULAR - 976026950 TELEFONO: 364793

**ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA  
DE AGREGADO GRUESO  
NORMA MTC E 213**

**TESISTA** : DÁVILA DÁVILA FLAVIO  
**TESIS** : " DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO OBTENIDO  
CON AGREGADO GRUESO PRODUCTO DE LA DEMOLICIÓN DE  
PAVIMENTOS RÍGIDOS EN EL DISTRITO BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA"  
**ESCUELA** : INGENIERIA CIVIL  
**MUESTRA** : M - 2  
**FECHA** : 25/10/2016

**MÉTODO COLORIMÉTRICO ( $K_2Cr_2O_7$ )**

- 1. Muestra de Ensayo:** 100 gr. De Muestra
- 2. Color Estándar de referencia:** Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ )  
Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- 3. Resultado:** El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el estándar de referencia por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

**NOTA:** La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.

**CONCLUSIÓN :** De acuerdo a los resultados obtenidos la muestra de ensayo no supera el color Estándar de referencia, por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la Muestra de estudio.

  
Hugo Mosquera Estraver  
Jefe Lab. Químico  
I.Q. CIP 27664



### ANEXO III: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 43: Acopio del material de pavimentos reciclados (botadero Shudal)

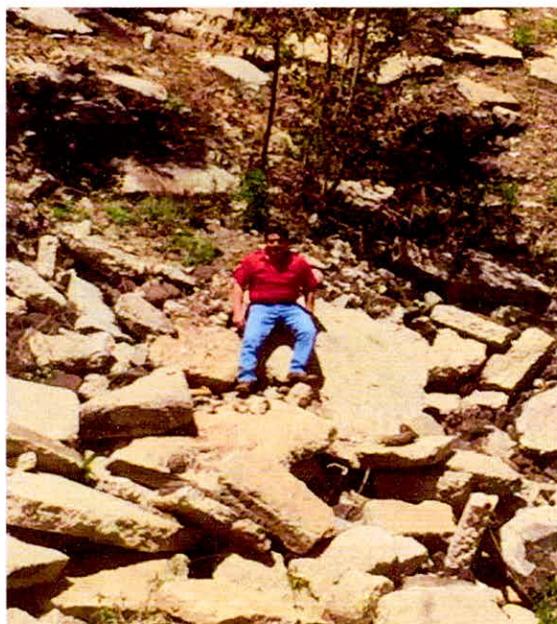


Figura 44: Bloques de pavimento rígido a investigar



Figura 45: Lugar de procesamiento del concreto reciclado (chancadora Roca Fuerte)



Figura 46: Agregado grueso reciclado listo para ser analizado en el laboratorio



Figura 47: Curado de probetas listas para ser ensayadas a compresión

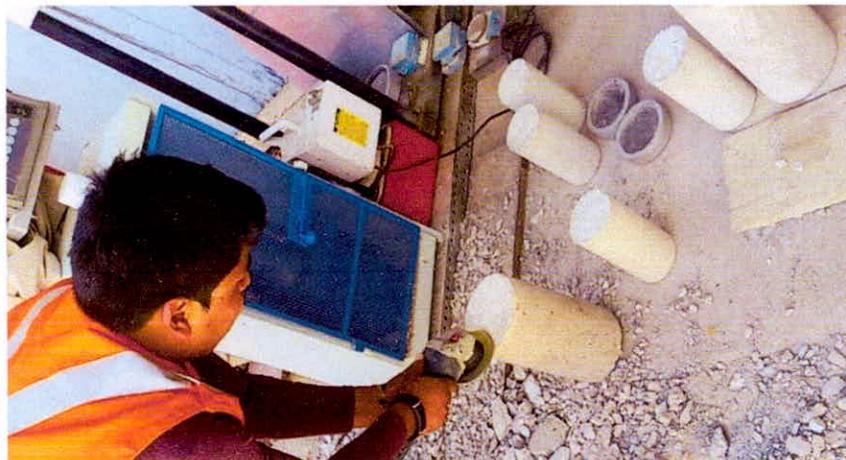


Figura 48: Ensayo a compresión de las probetas