

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

**“FABRICACIÓN DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210
Y 280 KG/M², EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO
DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON
AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.”**

TESIS

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
GIRIO PRINCIPE, JAIRO JAIR**

**Asesor:
Mg. Víctor Raúl Villegas Zamora**

**Huaraz – Perú
2015**

DEDICATORIA

A la memoria de Manuela Isidora Suarez Bayona

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer infinitamente la paciencia, la comprensión, los ánimos, el apoyo incondicional y el amor ilimitado de mi queridísima madre Rosa y mi queridísima hermana Cendy. Sin ellos, este modesto trabajo no tendría para mí sentido alguno

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. PROBLEMA A INVESTIGAR	1
1.1.1. PROBLEMA DE TESIS	1
1.1.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	5
1.1.3. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	6
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.5. HIPÓTESIS	7
1.6. VARIABLES.....	7
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. BASES TEÓRICAS.	8
2.1.1. NATURALEZA DEL CONCRETO	8
2.1.2. CONCRETO RECICLADO CON ESCOMBROS	10
2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	12
2.3. CONCEPTO DE TÉRMINOS	16
CAPITULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.2. CONTEXTO Y UNIDADES DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA.	19
3.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
CAPITULO IV. MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO	21
4.1. CONCRETO.....	21
4.1.1. CEMENTO PORTLAND	21
4.1.2. AGUA	25
4.1.3. AGREGADO.....	26
CAPITULO V. MATERIALES A USARSE EN LA INVESTIGACIÓN	72
5.1. CEMENTO.....	72
5.1.1. CEMENTO PORTLAND TIPO I	72
5.1.2. PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CEMENTO “SOL”	72
5.1.3. VENTAJAS	73

5.1.4.	USOS Y APLICACIONES	73
5.1.5.	RECOMENDACIONES	74
5.1.6.	PRESENTACIÓN	74
5.2.	AGUA	74
5.3.	AGREGADO.....	75
5.3.1.	AGREGADO NATURAL.....	75
5.3.2.	AGREGADO RECICLADO.....	76
5.4.	LABORATORIO PARA LOS ENSAYOS	76
5.4.1.	EQUIPOS DEL LABORATORIO	76
CAPITULO VI. ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS		78
6.1.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO	78
6.1.1.	PIEDRA ZARANDEADA Y CONCRETO RECICLADO.....	78
6.1.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	78
6.1.3.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (N.T.P. 400.021).....	84
6.1.4.	PESO UNITARIO (N.T.P. 400.017)	85
6.1.5.	CONTENIDO DE HUMEDAD (N.T.P. 339.185).....	87
6.1.6.	RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASIÓN LOS ANGELES (N.T.P. 400.19).....	88
6.2.	PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO.....	89
6.2.1.	ARENA GRUESA	89
6.2.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (N.T.P. 400.012)	89
6.2.3.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (N.T.P. 400.021).....	91
6.2.4.	PESO UNITARIO (N.T.P. 400.017).....	91
6.2.5.	CONTENIDO DE HUMEDAD (N.T.P. 339.185).....	93
6.2.6.	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (N.T.P. 400.024)	93
CAPITULO VII. DISEÑOS DE MEZCLA		94
7.1.	INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA.....	94
7.1.1.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES	94
7.1.2.	DISEÑO DE MEZCLA.....	96
CAPITULO VIII. ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO		101
8.1.	PROPIEDAD DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	101
8.1.1.	CONSISTENCIA (NTP 339.035)	101
8.2.	PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	103
8.2.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034).....	103
CAPITULO IX. ANÁLISIS DE COSTOS		110
9.1.	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES	111
9.1.1.	PARA LA RESISTENCIA 210 KG/CM ²	111
9.1.2.	PARA LA RESISTENCIA 280 KG/CM ²	114
CAPITULO X. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		118
10.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	118
10.1.1.	DE LOS AGREGADOS.....	118
10.1.2.	DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA.....	120

10.1.3. DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO.....	121
10.1.4. DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.....	122
10.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	123
10.2.1. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO.....	123
10.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	124
CAPITULO XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
11.1. CONCLUSIONES.....	125
11.2. RECOMENDACIONES	126
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	127
ANEXOS	129

LISTA DE TABLAS

Tabla I-i	Clasificación de los principales componentes de residuos de construcción y demolición dependiendo el tipo de actividad.....	2
Tabla I-ii	Generación de RSC por Departamentos para el Año 2007.....	3
Tabla I-iii	Composición Porcentual de los componentes de Escombros - 2007.....	4
Tabla IV-i	Componente principal del concreto.....	23
Tabla IV-ii	Límites para el porcentaje que pasa del agregado fino.....	36
Tabla IV-iii	Limite de sustancias deletéreas o partículas inconvenientes presentes en el agregado fino.....	37
Tabla IV-iv	Limite de partículas perjudiciales presentes en el agregado grueso.....	40
Tabla IV-v	Clasificación y opción de manejo de los residuos de la actividad de la construcción.....	43
Tabla IV-vi	Clasificación de los Residuos de la Construcción.....	44
Tabla IV-vii	Densidad en áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores.....	54
Tabla IV-viii	Absorción en áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores.....	56
Tabla IV-ix	Coefficiente de Los Ángeles en áridos reciclados según diversos autores.....	57
Tabla IV-x	Resistencia a compresión del hormigón reciclado.....	63
Tabla IV-xi	Recomendaciones para la resistencia a compresión en hormigones reciclados.....	66
Tabla IV-xii	Propiedades del árido reciclado clase H JIS A 5021.....	68
Tabla IV-xiii	Sustancias contaminantes del árido reciclado clase H JIS A 5021.....	69
Tabla V-i	Propiedades Químicas del Cemento Portland Tipo I "Sol".....	72
Tabla V-ii	Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo I "Sol".....	73
Tabla VI-i	Análisis Granulométrico de la Piedra Zarandeada 100%.....	79
Tabla VI-ii	Análisis Granulométrico Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%.....	80
Tabla VI-iii	Análisis Granulométrico Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%.....	80
Tabla VI-iv	Análisis Granulométrico Agregado Grueso Reciclado 100%.....	81
Tabla VI-v	Análisis Granulométrico de la Arena Gruesa.....	89
Tabla VII-i	Características Físicas de la Arena Gruesa.....	94
Tabla VII-ii	Características Físicas de la Piedra Zarandeada 100%.....	95
Tabla VII-iii	Características Físicas de la Piedra Zarandeada 75% Agregado Grueso Reciclado 25%.....	95
Tabla VII-iv	Características Físicas de la Piedra Zarandeada 50% Agregado Grueso Reciclado 50%.....	95
Tabla VII-v	Características Físicas del Agregado Grueso Reciclado 100%.....	95
Tabla VII-vi	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.607.....	96
Tabla VII-vii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.607.....	96
Tabla VII-viii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.607.....	96
Tabla VII-ix	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.607.....	96
Tabla VII-x	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.557.....	96
Tabla VII-xi	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.557.....	97
Tabla VII-xii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.557.....	97
Tabla VII-xiii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.557.....	97
Tabla VII-xiv	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.507.....	97
Tabla VII-xv	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.507.....	97

Tabla VII-xvi	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.507.....	98
Tabla VII-xvii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.507.....	98
Tabla VII-xviii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.515.....	98
Tabla VII-xix	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.515.....	98
Tabla VII-xx	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.515.....	98
Tabla VII-xxi	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.515.....	99
Tabla VII-xxii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.465.....	99
Tabla VII-xxiii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.465.....	99
Tabla VII-xxiv	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.465.....	99
Tabla VII-xxv	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.465.....	99
Tabla VII-xxvi	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.415.....	100
Tabla VII-xxvii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.415.....	100
Tabla VII-xxviii	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.415.....	100
Tabla VII-xxix	Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.415.....	100
Tabla VIII-i	Asentamiento del cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 210 kg/cm ²	102
Tabla VIII-ii	Asentamiento del cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 280 kg/cm ²	102
Tabla VIII-iii	Resistencia a la compresión para a/c = 0.607.....	104
Tabla VIII-iv	Resistencia a la compresión para a/c = 0.557.....	105
Tabla VIII-v	Resistencia a la compresión para a/c = 0.507.....	106
Tabla VIII-vi	Resistencia a la compresión para a/c = 0.515.....	107
Tabla VIII-vii	Resistencia a la compresión para a/c = 0.465.....	108
Tabla VIII-viii	Resistencia a la compresión para a/c = 0.415.....	109
Tabla IX-i	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.507.....	111
Tabla IX-ii	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.507.....	111
Tabla IX-iii	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.507.....	111
Tabla IX-iv	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.507.....	111
Tabla IX-v	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.557.....	112
Tabla IX-vi	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.5570.....	112
Tabla IX-vii	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.5570.....	112
Tabla IX-viii	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.5570.....	112
Tabla IX-ix	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.6070.....	113
Tabla IX-x	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.6070.....	113
Tabla IX-xi	Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.6070.....	113

Tabla IX-xii	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.6070</i>	113
Tabla IX-xiii	<i>Resumen de Costos Unitarios de Materiales para la Resistencia 210kg/cm2 ..</i>	114
Tabla IX-xiv	<i>Variación del Costo de Materiales con Respecto del Concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100% para la Resistencia 210kg/cm2</i>	114
Tabla IX-xv	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.415</i>	114
Tabla IX-xvi	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.415</i>	114
Tabla IX-xvii	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.415</i>	115
Tabla IX-xviii	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.415</i>	115
Tabla IX-xix	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.465</i>	115
Tabla IX-xx	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.465</i>	115
Tabla IX-xxi	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.465</i>	116
Tabla IX-xxii	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.465</i>	116
Tabla IX-xxiii	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.515</i>	116
Tabla IX-xxiv	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.515</i>	116
Tabla IX-xxv	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.515</i>	117
Tabla IX-xxvi	<i>Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.515</i>	117
Tabla IX-xxvii	<i>Resumen de Costos Unitarios de Materiales para la Resistencia 280kg/cm2 .</i>	117
Tabla IX-xxviii	<i>Variación del Costo de Materiales con Respecto del Concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100% para la Resistencia 280kg/cm2</i>	117
Tabla X-i	<i>Resumen del Análisis Granulométrico de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado</i>	119
Tabla X-ii	<i>Resumen de Pesos Especifico de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado</i>	119
Tabla X-iii	<i>Resumen del Porcentaje de Absorción de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado</i>	119
Tabla X-iv	<i>Resumen del Contenido de Humedad de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado</i>	119
Tabla X-v	<i>Resumen de los Pesos Unitarios de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado</i>	120
Tabla X-vi	<i>Resumen de las Dosificaciones según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm2.</i>	121
Tabla X-vii	<i>Resumen de las Dosificaciones según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 280 kg/cm2.</i>	121
Tabla X-viii	<i>Resumen de Asentamiento según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm2.</i>	121
Tabla X-ix	<i>Resumen de Asentamiento según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 280 kg/cm2.</i>	122

<i>Tabla X-x</i>	<i>Resumen de Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 210 kg/cm2.</i>	122
<i>Tabla X-xi</i>	<i>Resumen de Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.515, 0.565 y.415 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 280 kg/cm2.</i>	123
<i>Tabla X-xii</i>	<i>Resumen de la Variación de la Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 210 kg/cm2, respecto del concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100%.</i>	123
<i>Tabla X-xiii</i>	<i>Resumen de la Variación de la Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 280 kg/cm, respecto del concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100%.</i>	124

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura IV-1</i>	<i>Propiedades del Concreto en las que Influye el Agregado Grueso</i>	<i>41</i>
<i>Figura IV-2</i>	<i>Clasificación y opción de manejo de los residuos de la actividad de la construcción Fuente: Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción, INDECOPI 2014,16.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura IV-3</i>	<i>Características del Agregado Reciclado.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura IV-4</i>	<i>Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridos 10 minutos. Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,29.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura IV-5</i>	<i>Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridas 24 horas. Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,29.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura IV-6</i>	<i>Comparación de consistencia entre el hormigón reciclado y el de control . Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,51.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura IV-7</i>	<i>Corrección de la consistencia por adición de superplastificante. Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,53.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura IV-8</i>	<i>Relación entre la resistencia compresión del hormigón original y el reciclado. Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,58.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura IV-9</i>	<i>Evolución de la resistencia compresión del hormigón reciclado. Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,59.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura VI-1</i>	<i>Curva Granulométrica de la Piedra Zarandeada 100% Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura VI-2</i>	<i>Curva Granulométrica de la Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%. Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura VI-3</i>	<i>Curva Granulométrica de la Piedra Zarandeada 50 % y Agregado Grueso Reciclado 50% Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura VI-4</i>	<i>Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado 100% Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura VI-5</i>	<i>Curva Granulométrica de la Arena Gruesa.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura VIII-1</i>	<i>Asentamiento del cono de Cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 210 kg/cm²</i>	<i>102</i>
<i>Figura VIII-2</i>	<i>Asentamiento del cono de Cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 280 kg/cm²</i>	<i>103</i>
<i>Figura VIII-3</i>	<i>Resistencia vs Edad para a/c=0.607 según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado.....</i>	<i>104</i>

<i>Figura VIII-4</i>	<i>Resistencia vs Edad para $a/c=0.557$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura VIII-5</i>	<i>Resistencia vs Edad para $a/c=0.507$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura VIII-6</i>	<i>Resistencia vs Edad para $a/c=0.515$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura VIII-7</i>	<i>Resistencia vs Edad para $a/c=0.465$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura VIII-8</i>	<i>Resistencia vs Edad para $a/c=0.415$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado.....</i>	<i>109</i>

RESUMEN

El concreto desechado en obra, puede ser reciclado y reutilizado en la elaboración de concreto nuevo, como agregado grueso. En esta investigación se utilizó concreto provenientes de la demolición de una estructura, específicamente de una columna. La columna fue triturada hasta convertirla en agregado grueso.

Se realizaron los ensayos correspondientes al agregado fino (arena gruesa) y al agregado grueso natural (piedra zarandeada) y reciclado, según las normas técnicas peruanas para establecer su cumplimiento de las mismas. Con los resultados obtenidos se realizó el diseño de mezclas de 210kg/cm² y de 280 kg/cm².

La resistencia del concreto elaborado con concreto desechado de obras se verifico, realizando diseños de mezcla con agregado grueso natural y sustituyendo el mismo en porcentajes de 25%, 50% y 100% por agregado grueso reciclado. Se elaboraron probetas y estas fueron ensayadas a las edades de 7, 14, 21 y 28 días, como lo indica la norma.

Se analizaron los costos unitarios de cada uno de los diseños de mezcla y se compararon entre sí, para verificar si genera beneficios económicos el uso de concreto desechado de obras.

Mediante el uso de cuadros comparativos en los cuales se muestra las diferencias de cada uno de los porcentajes de sustitución, se llegó a concluir que para la sustitución de agregado grueso natural por 25% de agregado reciclado contienen mejores propiedades físicas, químicas, mecánicas y de optima resistencia a la comprensión. Además cumple la Norma Técnica Peruana y R.N.E. E 060, con un costo unitario por m³ para resistencia de 210 kg/cm² de S/.187.29 y para resistencia de 280kg/cm² de S/.216.85.

Palabra Clave: Concreto, reciclado, agregado, resistencia, compresión, mezcla, sustitución.

INTRODUCCIÓN

Los residuos provenientes de la actividad de la construcción en la ciudad de Barranca son depositados en botaderos, los mismos que en su mayoría están ubicados muy próximos al mar. Los residuos de concreto producto de la remodelación o demolición de una estructura, no son posibles disponer de ellos adecuadamente.

El uso del concreto desechado en obras en la elaboración de concreto, basado en la sustitución del agregado grueso natural, es una muy buena solución, para buscarles un uso adecuado.

La alternativa del reciclaje de concreto desechado en obras preservaría la naturaleza y el paisaje. De esta forma se estaría protegiendo el medio ambiente y aumentaríamos la vida útil de los rellenos sanitarios.

Para poder reutilizar el concreto desechado en obras en la elaboración de concreto nuevo es necesario tener sus características, analizando muestras para luego producir mezclas con la finalidad de conocer sus características físicas y propiedades mecánicas.

En esta tesis se presenta una investigación para determinar las propiedades del agregado reciclado para su uso en la elaboración de concreto de resistencias a la compresión 210 y 280 kg/cm² y también determinar la diferencia de costos respecto al concreto elaborado con agregado natural. Para poder determinar las características se realizaron ensayos basados en la Norma Técnica Peruana y R.N.E 0-60 donde se analizó granulometría, peso específico suelto, compactado, contenido de humedad, porcentaje de absorción, contenido de vacíos, contenido de materia orgánica, desgaste a la máquina de los ángeles, contenido de sulfatos.

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PROBLEMA A INVESTIGAR

1.1.1. PROBLEMA DE TESIS

Los primeros usos del concreto desechado, se dan en Europa, como consecuencia de la acumulación de escombros de las ciudades destruidas producto de la segunda guerra mundial. Particularmente en Gran Bretaña y Alemania, se utilizó para la reconstrucción de sus ciudades.

Existen textos ingleses, alemanes y rusos de esa época, en los cuales:

- Dan a conocer las propiedades del concreto reciclado.
- Describen el uso de los tabiques demolidos.
- Describen el uso de los desechos de concreto.

En la actualidad los conceptos de ecología y medio ambiente están adquiriendo mayor importancia a nivel mundial, esto afecta directamente a la industria de la construcción por que el tipo de actividades que involucran pueden tener consecuencias perjudiciales e incluso irreversibles sobre el medio ambiente, aparte de que cada día son más escasos los recursos naturales primarios a extraer.

Es por esto la necesidad e importancia de tener que introducir en la construcción algunos cambios que ayuden a la conservación y al mejoramiento de nuestro entorno.

Una tendencia en la construcción actual es el reciclaje de residuos de construcción y demolición, en la tabla I-1 se muestra una clasificación incluyendo los principales componentes dependiendo el tipo de actividad. (Cruz Garcia y Velazquez Yañez 2004, 125-127)

La cuantificación del volumen de producción de los residuos de demolición y construcción en el año 2007 se indica en las tablas I-2; distribuidas por departamentos.

*Tabla I-1
Clasificación de los principales componentes de residuos de construcción y demolición dependiendo el tipo de actividad*

ACTIVIDAD	TIPO DE OBRA	COMPONENTES PRINCIPALES
Demolición	Vivienda	Antiguas: mampostería, ladrillo, madera, yeso, tejas etc.
	Edificios	Recientes: ladrillo concreto, hierro, Acero, metales, escombros y plásticos
	Obras Publicas	Industriales: Concreto, acero, ladrillo Mampostería etc.
Construcción	Excavación	Tierra
	Edificación y Obras Publicas	Fierro, acero, ladrillos, bloques Tejas y Materiales no féreos
	Reconstrucción	Suelo, Roca, concreto, cal Yeso, pavimento ladrillo y escombros
	Otros	Madera, plástico etc.

Fuente: Cruz Garcia y Velazquez Yañez 2004, 13.

La composición de los residuos sólidos de construcción y demolición es la siguiente:

- Desmante limpio
- Plástico
- Ladrillos, azulejos y otros cerámicos
- Metales
- **Concreto**
- Asfalto
- Piedra
- Yeso
- Arena, grava
- Papel
- Madera
- Basura
- Vidrio
- Residuos Peligrosos

Según un estudio realizado recientemente sobre la composición de los residuos sólidos de construcción y demolición que llegan al vertedero contiene en un 75% de escombros, la tabla I-3 indica la composición porcentual de los componentes de escombros.

Los antecedentes en nuestro país son nulos en cuanto a reciclaje se refiere y más si hablamos de reciclaje de concreto, siendo esto uno de los principales problemas para nuestro país.

En nuestro país anualmente se incrementa la producción de residuos de concreto, del cual no se recicla ni el 1 % y los cuales se vierten incontroladamente en los basureros.

El escombros en nuestro país son los residuos menos cotizados, no son peligrosos y la legislación contra su vertido indiscriminado no se toma en cuenta a pesar que existe como tal.

Tabla I-2
Generación de RSC por Departamentos para el Año 2007

Nº	DEPARTAMENTO	POBLACIÓN 2007	PRODUCCIÓN DE RSC (TM/AÑO)
1	Amazonas	421,064	52,757
2	Ancash	1 123,070	339,826
3	Apurímac	452,595	76,426
4	Arequipa	1 232,625	427,042
5	Ayacucho	669,184	93,281
6	Cajamarca	1 468,401	182,809
7	Cusco	1 265,790	209,909
8	Huancavelica	483,034	101,376
9	Huánuco	789,694	62,314
10	Ica	719,161	53,233
11	Junín	1 241,400	147,564
12	La Libertad	1 663,699	178,912
13	Lambayeque	1 179,385	222,102
14	Lima	9 324,567	2 098,562
15	Loreto	955,303	220,461
16	Madre de Dios	95,742	11,996
17	Moquegua	172,127	40,367
18	Pasco	288,233	99,147
19	Piura	1 762,021	127,664
20	Puno	1 345,750	316,812
21	San Martín	723,895	367,377
22	Tacna	296,588	137,040
23	Tumbes	207,143	33,880
24	Ucayali	434,836	62,203
	TOTAL		5 663,062

Fuente: Diagnostico Residuos Sólidos de la Construcción y Demoliciones en el Perú. Marzo 2008. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Citada en Viceministerio de Gestión ambiental 2008, 40.

Hoy en día la alternativa más extendida para la eliminación de estos residuos de construcción y demolición es el vertido, es importante tener en cuenta que estos ocupan un gran volumen dentro de los vertederos lo cual reduce el tiempo de vida útil de los mismos, generando a su vez un gran problema debido a la falta de lugares de depósito apropiados y esto se convierte en un grave problema ya que si no se gestionan correctamente pueden comportar impactos ambientales provocando deterioro de los recursos naturales, contaminación, destrucción de flora y fauna etc.

*Tabla 1-3
Composición Porcentual de los componentes de Escombros - 2007*

Material	Porcentaje (%)
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Hormigón	12
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
Madera	4
Vidrio	0.5
Plásticos	1.5
Metales	2.5
Asfalto	5
Yeso	0.2
Papel	0.3
Basura	7
Otros	4

Fuente: Diagnostico Residuos Sólidos de la Construcción y Demoliciones en el Perú. Marzo 2008. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Citada en Viceministerio de Gestión ambiente 2008, 41.

El reciclaje presenta grandes atractivos frente a la utilización de materias primas naturales. La gran ventaja es que soluciona a un mismo tiempo la eliminación de unos materiales de deshecho y que, mediante el aprovechamiento de éstos residuos para obtener una nueva materia prima, por lo tanto se reducen la cantidad de recursos naturales primarios a extraer.

Una alternativa de suministro en las sociedades avanzadas se encuentra en el reciclado y aprovechamiento de diferentes tipos de residuos. Algunos materiales de diferentes tipos de procesos productivos o por el contrario son de origen urbano o procedente del derribo de antiguas construcciones y obras. Todos ellos constituyen una fuente complementaria como materiales de construcción, ayudando su reciclaje además a la protección del medio ambiente

El concreto de desecho origina tanto agregados finos como gruesos, cuyo potencial de uso es de gran diversidad en diferentes obras. Para la elaboración del concreto reciclado se debe contar con maquinaria especial que triture los desechos de demolición y genere un nuevo agregado con una variedad de granulometría adecuada para cada uso específico al que vaya a ser destinado.

Actualmente Perú se encuentra 35 años atrás de Estados Unidos y 50 años detrás de Europa en su capacidad de reciclado de residuos industriales sin embargo, es excitante ver como el problema se está tratando, aunque en Perú no existen figuras exactas del reciclaje de residuos industriales, los materiales que son reciclados y reutilizados más frecuentemente, incluyen madera, ladrillos, papel, cerámica, vidrios y tierra de la capa superficial del suelo.

1.1.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La presente investigación se centra en un tema aun no abordado en las investigaciones realizadas en la ciudad de Barranca, que es el estudio del agregado reciclado para la fabricación de concreto de resistencias a la compresión de 210 y 280 kg/cm², ya que por información adquirida in situ, el concreto desechado, constituyen una fuente complementaria como material de construcción, ayudando así su reciclaje a la protección del medio ambiente y mejorando la belleza paisajística; sin embargo en la ciudad de barranca y zonas aledañas no se ha investigado si empleando agregado reciclado se puede obtener resistencias a la compresión del concreto 210 y 280 kg/cm² ; y en qué medida se lograría un concreto más resistente si usamos los agregados naturales de la cantera Rio Seco.

1.1.3. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La importancia Técnica de este estudio radica, que con la obtención de un material de construcción con resistencias a la compresión de 210 y 280 kg/cm², se opte como una alternativa, el uso de agregados reciclados para en la fabricación de concreto de las construcciones de la ciudad de Barranca; el cual a su vez tiene importancia social ya que las construcciones en la ciudad de Barranca benefician y albergan al público en general, ya sea en obra de edificaciones públicas y privadas y obras de saneamiento, lo cual es necesario que dichas infraestructura sean resistentes para reducir la vulnerabilidad de la

infraestructura frente a un potencial evento sísmico y disminuir , con ello mejorar la calidad de vida preservando el medio ambiente y aumentando la vida útil de los rellenos sanitarios.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El uso de agregados de concreto reciclado para la elaboración de concreto de resistencias a la compresión de 210 kg/cm² y 280 Kg/cm², cumplen con las normas vigentes y cuanto es la diferencia entre costos unitarios usando agregado natural?

1.3. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las propiedades del agregado reciclado para su uso en la elaboración de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 Kg/cm² y determinar la diferencia de costos respecto al concreto elaborado con agregado natural.

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar las propiedades de los agregados finos, agregado grueso natural y grueso reciclado para el diseño de mezclas de concreto.
- Obtener una correlación de valores consistentes, entre la relación agua / cemento y el porcentaje de sustitución de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado.
- Determinar los costos unitarios de concreto fabricado con agregado grueso reciclado y del concreto fabricado con agregado natural.
- Determinar las propiedades del concreto, con presencia de agregado grueso reciclado en su composición, en estado fresco y endurecido, en comparación con el concreto, elaborado solo con agregado natural.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Me he dado a la tarea, el investigar cual sería la ventaja y desventaja del reciclado de concreto, pues considero un tema valioso para el país, y con ello poder prevenir la escasez de rellenos sanitarios así como la contaminación de

mantos acuíferos, y por si fuera poco la sobre explotación de los recursos naturales existentes en el Perú.

Debido a los cambiantes patrones de suministro, demandas de materiales y a la creciente preocupación por conservar la calidad del ambiente. Existen materiales de desecho tales como el escombros que se pueden emplear como agregados para el concreto.

Antes de llevar a cabo los proyectos directamente relacionados con el desarrollo de sustitutos de agregados aceptables provenientes de desechos sólidos, con alguna expectativa de resultados óptimos, debe obtenerse información básica de las propiedades del concreto, tanto en estado fresco (homogeneidad y uniformidad, consistencia, estabilidad etc.) como en estado endurecido. (Resistencia a la compresión, permeabilidad, elasticidad etc.)

1.5. HIPÓTESIS

El uso del agregado grueso reciclado en la elaboración de concreto de resistencias a la compresión 210 y 280 kg/cm², se logra obtener mayores resistencias y menores costos unitarios que los concretos fabricados con agregado natural.

1.6. VARIABLES

DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE	INTERVINIENTE
Resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm ²	Propiedades de los agregados reciclados y naturales	Relación agua-cemento
Costo para producir agregado grueso reciclado.	Análisis de costos unitarios del concreto elaborado con agregado reciclado y con agregado natural	Porcentaje de agregado natural sustituido por agregado reciclado

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. BASES TEÓRICAS.

2.1.1. NATURALEZA DEL CONCRETO

2.1.1.1. DEFINICIÓN DEL CONCRETO

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado *pasta*, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado *agregado*.(Enrique Rivva López 2000,8)

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste. (Enrique Rivva López 2000,8)

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida. (Enrique Rivva López 2000,8)

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser

mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto. (Enrique Rivva López 2000,8)

2.1.1.2. IMPORTANCIA DEL CONCRETO

Actualmente el concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: .(Enrique Rivva López 2000,8)

- Naturaleza,
- Materiales,
- Propiedades,
- Selección de las proporciones,
- Proceso de puesta en obra,
- Control de calidad e inspección, y
- Mantenimiento de los elementos estructurales.

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello obliga al estudio y actualización permanentes para obtener del concreto las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al Ingeniero. (Enrique Rivva López 2000,8)

2.1.1.3. COMPOSICIÓN DEL CONCRETO

El concreto endurecido se compone de: (Enrique Rivva López 2000,9)

- a) Pasta
- b) Agregado

2.1.1.4. PROPIEDADES DEL CONCRETO

Las propiedades más importantes del *concreto al estado no endurecido* incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, y peso unitario. (Enrique Rivva López 2000,22)

Las propiedades más importantes *del concreto al estado endurecido* incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, propiedades elásticas, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas, y apariencia. (Enrique Rivva López 2000,22)

2.1.1.5. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL CONCRETO

Las principales ventajas del concreto como material de construcción son: (Enrique Rivva López 2000,25)

- a) Su versatilidad, la cual permite obtener las formas que el proyectista desee,
- b) La posibilidad de fabricarlo en obra, como unidades vaciadas en sitio; o fuera de ella como unidades prefabricadas.
- c) El empleo de materiales locales, especialmente agregados y agua.
- d) Su bajo costo por unidad cúbica si se lo compara con el de otros materiales.

Entre las principales desventajas del concreto se encuentran: (Enrique Rivva López 2000,26)

- a) Su baja resistencia a los esfuerzos de tensión, lo que obliga al empleo de acero de refuerzo.
- b) Su permeabilidad, debida a la presencia de poros capilares en la pasta.
- c) Sus cambios de volumen y longitud debidos a procesos de humedecimiento y secado. El concreto se contrae al secarse y se expande al humedecerse, con la consiguiente posibilidad de agrietamiento.
- d) Sus cambios de longitud debidos a que el concreto se expande con el calor y tiende a contraerse al enfriarse, con la consiguiente posibilidad de agrietamiento.

2.1.2. CONCRETO RECICLADO CON ESCOMBROS

2.1.2.1. MANEJO Y DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS

El sistema convencional utilizado para un correcto manejo de los residuos sólidos generados por los escombros, comprende una serie de etapas operacionales desde que se generan los desechos, la evacuación segura y fiable,

almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,11)

Históricamente, se han depositado los residuos sólidos en el suelo de la superficie terrestre o de los océanos. No obstante, el vertido en tierra es el método más común utilizado para la evacuación de residuos. Los vertederos han sido el método más económico y ambientalmente más aceptable para la evacuación de residuos sólidos en todo el mundo. La gestión de vertederos implica la planificación, diseño, explotación, clausura y control de vertederos. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,11)

Para la disposición, siendo la última etapa operacional del manejo de residuos sólidos, el método más aplicable prácticamente para todo tipo de desechos es el relleno sanitario, definido como una técnica de disposición final de los residuos en el suelo con las instalaciones especialmente diseñadas y operadas como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros como para minimizar efectos adversos para el ambiente y para la salud pública. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,11)

2.1.2.2. GENERALIDADES

La generación de residuos es tan antigua como el mismo hombre. Lo que ha variado a través del tiempo es la cantidad y composición química y física de los residuos, la cual está estrechamente ligada con la evolución cultural y tecnológica de la civilización, y está particularmente relacionada con el nivel de ingresos. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,13)

En Europa y Estados Unidos, los residuos de construcción y demolición, en general denominados materiales residuales de construcción, normalmente se han evacuado junto con los restantes residuos sólidos desde principios hasta mediados del siglo XX. En un principio, el reciclaje de estos residuos fue concebido como una respuesta a la escasez de materiales de construcción y a los gastos de evacuación. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,13)

La acción de construir y derribar genera un volumen importante de residuos. Así, en los trabajos previos al comienzo de una obra nueva es habitual que se tenga que derribar una construcción existente o que se tengan que efectuar ciertos movimientos de tierra. Durante la realización de la obra, también se

origina una cantidad importante de residuos en forma de sobrantes y de restos diversos. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,13)

Los escombros de construcciones y demoliciones se generan en el lugar de la actividad constructora. Pueden producirse como consecuencia de la construcción de edificios y otras estructuras, o pueden producirse por la demolición de viejas estructuras o partes de estructuras. La actividad de la construcción genera producción de escombros provenientes de las distintas actividades que se realizan. Pedazos de cerámica, mampuestos, concreto y madera, son algunos de los residuos más comunes. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,13)

El flujo de residuos generados por la repavimentación de carreteras, demolición y construcción de puentes, y actividades de remodelación y renovación, se categoriza de forma amplia como residuos de construcción y demolición. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,14)

2.1.2.3. DEFINICIÓN

El término escombros se le da al material residuo de actividades como demolición, remodelación y construcción. Normalmente, los escombros se clasifican como residuos urbanos, aunque están más relacionados con una actividad industrial que doméstica. La tendencia de la construcción sostenible es llegar a la búsqueda de la eficiencia y reducción de impactos desfavorables en las distintas labores de ingeniería. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,14)

El concreto reciclado es simplemente el concreto viejo que se triturará para producir partículas con características de agregado. En otros países se ha usado satisfactoriamente como un agregado en sub-bases granulares, suelo cemento y en el concreto nuevo como la única fuente o como reemplazo parcial del agregado nuevo. Para la finalidad de este trabajo de investigación se utilizarán los desechos provenientes de cilindros ensayados en laboratorios. (Ernesto Iván Marroquín Muñoz 2012,14)

2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Cruz García y Velázquez Yañez (2004) señala en su tesis como objetivo general realizar un estudio del comportamiento de los residuos de Construcción y demolición, en especial del escombros para que se pueda utilizar como

agregados en el concreto; Así como, determinar el empleo de este en el área de la construcción, dependiendo de su resistencia específica " f_c " que se alcance a la edad de 28 días. Y como objetivo particular determinar que propiedades o características de los agregados son importante para predecir el comportamiento de la resistencia del concreto. Se basó en el análisis del concreto en estado fresco, realizando pruebas de revenimiento, y del concreto en estado endurecido, realizando pruebas de resistencia a la compresión a sus especímenes. El resultados obtenidos en la prueba de revenimiento fue de 8.5 cm, el cual es un valor aceptable y para de la prueba de resistencia a la compresión, para las edades de 7, 14 y 28 días se obtuvieron resistencias a menores comparadas con un concreto de agregado natural. El autor concluye que el uso del escombros de concreto libre de contaminantes es un sustituto satisfactorio como agregado grueso en la elaboración de concreto nuevo y para mejorar la resistencia y producir concreto de la misma resistencia que el concreto de agregado natural ,se puede manipular por ejemplo , mediante el aumento del contenido de cemento) .

Erneto Ivan Marroquín Muños (2012) señala en sus tesis como objetivo general reciclar desechos de concreto y verificar las características físicas y propiedades mecánicas, provenientes de los ensayos en laboratorio. Y como objetivos específicos determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado procedente de la trituración de concreto, así como los desgastes mecánicos y químicos ; establecer porcentajes comparativos de las cantidades de finos presentes tanto en el agregado reciclado como en el agregado triturado; elaborar un diseño teórico en función a las características físicas de los agregados triturados y reciclados para alcanzar una resistencia deseada; evaluar el tiempo de fraguado de un concreto estructural convencional y un concreto con agregado reciclado. Realizo un análisis de las características físicas de los agregados según las especificaciones de la norma ASTM C-33, resistencia a disgregación de los agregados mediante el uso de sulfatos de sodio o de sulfato de magnesio (ASTM C-88), resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles(ASTM C-131). También realizo un control de calidad al concreto en estado fresco y en estado endurecido. Los resultados obtenidos del agregado fino y grueso natural y grueso reciclado, cumplen con los límites permitidos de

la norma ASTM C-33 del Portland Cement Association, excepto la granulometría del agregado grueso reciclado del tamiz 1 ½ pulgada. Del ensayo ASTM C-131 se pudo clasificar la abrasión de agregado grueso natural y reciclado en tipo B y tipo A y del ensayo ASTM C-88 se obtuvo una gradación del agregado fino de 7.73%, 0.86% del agregado grueso y 55.7% del agregado grueso reciclado. De los controles de calidad del concreto convencional en estado fresco obtuvo resultados por debajo del límite establecidos por la PCA para el caso del peso unitario, por encima de los límites establecidos por la PCA para el caso del contenido de aire, estuvo dentro de un rango promedio para el caso de la temperatura y presentó un asentamiento de 8.3 cm el cual está dentro del rango de diseño teórico. De los controles de calidad del concreto reciclado en estado fresco obtuvo resultados por debajo del límite establecidos por la PCA para el caso del peso unitario, dentro del rango establecido por la PCA para el caso del contenido de aire, estuvo dentro de un rango promedio para el caso de la temperatura y presentó un asentamiento de 9 cm el cual está dentro del rango de diseño teórico. El tiempo de fraguado inicial para el concreto convencional está en el intervalo de tiempo promedio y para el concreto reciclado no está en el intervalo de tiempo promedio. El tiempo de fraguado final tanto para el concreto convencional y concreto reciclado dan dentro de un intervalo de tiempo promedio. Las resistencias a la compresión tanto para el concreto convencional y concreto reciclado alcanzo a los 28 días el 83.48% y 82.13% del total de la resistencia deseada. El autor concluye que el agregado grueso reciclado cumple con las especificaciones físicas y mecánicas, sin embargo posee un alto desgaste a sulfatos; la resistencia a compresión del concreto reciclado no alcanzo la requerida en el diseño teórico, debido a la demanda en la cantidad de agua, disgregación y cantidad de finos disminuyendo también el contenido de aire; la velocidad de endurecimiento en concreto reciclado fue mayor a la del concreto convencional, debido a que se está trabajando con componentes de cemento fraguado en una dosificación con contenido de cemento sin reacción química; y el agregado reciclado sobrepasa los límites especificaciones por la norma ASTM C-33 en el rango de partículas de diámetro 1 ½ de pulgada, debido a esto el concreto reciclado adquirió mayor demanda de agua respecto al concreto convencional.

Fernando López Gayarre (2008) señala en sus tesis como objetivo general definir una serie de parámetros que potencialmente puedan influir en algunas de las propiedades más relevantes del hormigón reciclado para tratar de establecer mayor o menor dependencia de ellos. Se incluirán algunos que no han sido frecuentemente analizados con anterioridad; utilizar métodos estadísticos suficientemente robustos para la definición de un programa de ensayos de manera que el análisis de los resultados obtenidos en la experimentación sea concluyente. Entre los factores a considerar se incluyen: El tipo de árido reciclado según su procedencia, el tipo de granulometría utilizada, el porcentaje de sustitución de áridos gruesos convencionales por árido grueso reciclado, el contenido en desclasificados del árido grueso reciclado utilizado, el criterio de sustitución del árido grueso convencional por árido grueso reciclado utilizado, la resistencia objetivo a compresión del hormigón y la consistencia objetivo de hormigón. Caracterizo los materiales realizando ensayos para determinar la resistencia mecánica de los cementos (UNE-EN 196.1), granulometría de los áridos (UNE-EN 933-1), densidad y la absorción de los áridos (UNE- EN 1097-6), humedad de los áridos (UNE-EN 1097-5). También caracterizo el hormigón reciclado realizando ensayos para determinar la consistencia del hormigón reciclado (UNE-EN 12350-2), el aire ocluido en el hormigón reciclado (UNE-EN 12350-7), la fabricación, curado y preparación de probetas (UNE-EN 12390-1 Y UNE-EN 12390-2), densidad del hormigón reciclado endurecido (UNE-EN 12390-7), absorción del hormigón reciclado (UNE-EN 1936), resistencia a compresión del hormigón reciclado (UNE-EN 12390-3), módulo de elasticidad del hormigón reciclado (UNE 83316) , penetración de agua bajo presión del hormigón reciclado (UNE-EN 12390-8) y resistencia a tracción del hormigón reciclado (UNE-EN 12390-6). Sobre los resultados experimentales obtenidos concluye: sobre el hormigón reciclado fresco la cantidad de superplastificante es la misma que un hormigón convencional con sustituciones del 20 % de árido reciclado y en hormigones de consistencia blanda el porcentaje de aditivo superplastificante pasa de 0.6 a 0.8 % cuando el porcentaje de sustitución es de 50 % y el 0.9% cuando el porcentaje de sustitución es del 100%; el contenido de aire ocluido puede ser en el peor de los casos de 48% con sustituciones del 100% del árido grueso convencional por árido reciclado; sobre el hormigón reciclado endurecido,

análisis por factor con los márgenes establecidos en el estudio el tipo de granulometría utilizada, el criterio de sustitución empleado o la consistencia objetivo del hormigón son factores que prácticamente no influyen en ninguna de las propiedades analizadas, y cuando muestran influencia sus efectos son de poca importancia, el contenido en desclasificados tampoco ha demostrado tener influencia en la mayoría de las propiedades del hormigón reciclado solo se demostró una ligera reducción de la resistencia a tracción del hormigón. Los factores que van a condicionar los efectos de la utilización del árido reciclado en las propiedades del hormigón se limitan al tipo de árido y el porcentaje de sustitución; sobre el hormigón reciclado endurecido, análisis por propiedad: la densidad disminuye en 1% cuando la sustitución es del 20 %, la reducción de la densidad llega al 3% cuando la sustitución es del 50 % y disminuye en torno a un 5% cuando la sustitución es del 100 %; la absorción experimenta un incremento medio del 24 % cuando la sustitución es del 20 %, un incremento medio del 34 % cuando la sustitución es del 50 % y el incremento medio es del 46% cuando la sustitución es del 100 % ; la resistencia a la compresión del hormigón reciclado se ve afectada únicamente con la calidad de los áridos reciclados empleados; el módulo de elasticidad del hormigón alcanza una reducción del 7% para una sustitución del 50 % y para una sustitución del 100 % la reducción aumenta a un 25 %; la resistencia a la tracción indirecta del hormigón reciclado fabricado aumenta con la mejora de la calidad del árido reciclado; y la permeabilidad no mostro influencias claras de ninguno de los parámetros considerados en la permeabilidad, la variabilidad de esta propiedad en sí misma es más importante que los efectos de las variables analizadas , el análisis de este hecho , es importante en si mismo, queda fuera del alcance de esa investigación.

2.3. CONCEPTO DE TÉRMINOS

Dentro de este marco se presentan los siguientes conceptos de términos que se consideran en la tesis

Agregados naturales: Llamado también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros. Constituyen alrededor del 75% en volumen, de una

mezcla típica de concreto. Se clasifican en Agregados Finos (arena fina y arena gruesa) y Agregados gruesos (grava y piedra). (Abanto Castillo, Flavio, 23)

Agregados reciclados: Agregados que se producen mediante el tratamiento de la fracción pétreo de los residuos de la construcción, demolición o concreto endurecido. Tales agregados pueden ser finos o gruesos. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,2)

Cemento: Se define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos. (Rivva Lopez 2000,30)

Concreto: Es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto Castillo, Flavio, 11)

Concreto original: Concreto con o sin acero de refuerzo proveniente de estructuras o de unidades prefabricadas que pueden utilizarse como materia prima para la producción de agregados reciclados (u otros propósitos útiles). (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,2)

Concreto reciclado: Concreto que se produce usando agregados reciclados o combinaciones de agregados reciclados con otros tipos de agregados. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,2)

Cono de Abrams: cuya forma es de un tronco de cono de 200 mm, de diámetro en la base mayor, 100 mm. De diámetro en la base menor y 300 mm. de altura.

Escombros: Son los residuos producidos en obras de demolición, remodelación y construcción. Habitualmente son clasificados como residuos urbanos, aunque más relacionados con una actividad industrial que doméstica. (Jorge Arturo Cruz García y Ramón Velázquez Yáñez 20004. 16)

Reciclaje: Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para reincorporarlo a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,2)

Barra Compactadora: En una barra cilíndrica de acero liso, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, que tiene su extremo de compactación, o ambos, redondeando a una semiesfera con un diámetro de 16 mm, (INDECOPI 2009, 4)

CAPITULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

Durante el proceso de elaboración del concreto reciclado se tomó nota de las propiedades del mismo, tales como: la trabajabilidad y la consistencia, por lo que es una investigación cualitativa, cuantitativa.

De los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión se analizarán estadísticamente obteniendo la mediana, desviación estándar y varianza, de esa forma mi investigación es cuantitativa.

3.1.2. CONTEXTO Y UNIDADES DE ANÁLISIS: POBLACIÓN Y MUESTRA

3.1.2.1. CONTEXTO

La investigación se realizó en la ciudad de Barranca, como una contribución al desarrollo de la cultura e información de mi ciudad natal.

3.1.2.2. POBLACIÓN

La Población serán los diseños de mezcla para las resistencias a la compresión 210 y 280 kg/cm², fabricados con agregados naturales de la cantera Rio Seco y

la fuente del agregado grueso reciclado es el depósito más representativo de concreto desechado.

3.1.2.3. MUESTRA

Los materiales que intervienen en la fabricación del concreto, en el caso de los agregados naturales (grueso y fino) serán tomados de la cantera Rio Seco y para el agregado grueso reciclado se tomarán muestras del depósito de concreto más representativo de la ciudad de Barranca. Se elaborarán diseños de mezcla optando el método del A.C.I., 3 diseños de mezcla tanto para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² como para 280 kg/cm². Tres diseños ya que se aumentará la relación agua / cemento en 0.05 y 0.1 partiendo del valor obtenido por el método del A.C.I.

Las muestras serán tomadas de los 12 diseños de mezcla para cada resistencia, en cada diseño se sustituirá el agregado grueso natural por agregado grueso reciclado en porcentajes de 25, 50 y 100% de su volumen total. Para cada caso de sustitución se tomarán 3 testigos. En total se tendrá 288 testigos.

Y se tomarán nota de los costos que genera la elaboración de concreto en cada caso para luego realizar una comparación de costos unitarios vs el concreto de agregado natural.

3.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Algunos ensayos no es posible realizarlos por la insuficiencia de equipo de laboratorio y el alto costo económico que representa.

El muestreo, así como los trabajos de transporte y movilización de los materiales al laboratorio también representan un alto costo por lo que se optimizará la cantidad de muestras a tomar en cuenta en la elaboración del presente estudio, siendo 288 la cantidades muestras (briquetas) a elaborar, una referencia que puede variar según las necesidades de la investigación.

CAPITULO IV.

MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

4.1. CONCRETO

DEFINICIÓN

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. (Ana Torre Carrillo 2004, 74)

MATERIALES COMPONENTES DEL CONCRETO

El concreto está compuesto de un medio ligante (pasta), dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado (agregado). La pasta es el resultado de la combinación química del **material cementante** con el **agua** y el **agregado** es la fase discontinua del concreto. (Enrique Rivva Lopez 2000, 8)

4.1.1. CEMENTO PORTLAND

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el

agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas (Flavio Abanto castillo 1996 ,15)

FABRICACIÓN

Para la fabricación del cemento portland se procede, esquemáticamente de la siguiente manera. (Enrique Rivva López 2000, 33)

La materia prima, material calizo y material arcilloso, se tritura, mezcla y muele hasta reducirla a un polvo fino. Los procedimientos de mezcla y molido pueden efectuarse en seco o húmedo. La dosificación de los materiales debe ser la adecuada a fin de evitar perjuicio en la calidad. (Enrique Rivva López 2000, 33)

El polvo fino pasa a un horno rotatorio donde es calentado lentamente hasta el punto de clinkerización. En la etapa inicial del proceso de calentamiento el agua y el anhídrido carbónico son expulsados. Al acercarse la mezcla a las regiones más calientes de la mezcla cruda. Durante estas reacciones se forman nuevos compuestos, algunos de los cuales alcanzan el punto de fusión. (Enrique Rivva López 2000, 33)

El producto resultante Clinker, cae a uno de los diversos tipos de enfriamiento, o se deja enfriar al aire. Posteriormente se combinación u porcentaje determinado de yeso y el conjunto se muele hasta convertirlo en un polvo muy fino al que se conoce como cemento portland. (Enrique Rivva López 2000, 33)

MATERIAS PRIMAS

El Clinker del crudo del cual procede está constituido por mezclas de materias primas de naturaleza caliza y arcillosa. Las calizas esencialmente silicatos cálcicos, y las arcillas, principales aportadoras de sílice junto con sus intermedias las margas, aportadoras de alúmina y hierro, constituyen de las que pudiera llamarse materias primas principales para la fabricación del cemento portland. (Enrique Rivva López 2000, 33)

Al lado de este grupo se sitúa el de las materias primas auxiliares o de corrección, que pueden ser naturales o artificiales. Ellas aportan uno o varios de los componentes en que las materias primas pueden escasear. Estos componentes son. En general los de tipo ácido, llamados factores hidráulico e incluyen el anhídrido silícico, el óxido de alúmina y el óxido férrico. (Enrique Rivva López 2000, 34)

Cuantitativamente el componente más importante del cemento es la cal, siguiéndola a gran distancia la sílice, a esta la alúmina y finalmente el óxido de hierro. (Enrique Rivva López 2000, 33)

Como ya se ha indicado el grupo de los componentes principales incluye

Tabla IV-1
Componente principal del concreto

Materia	Nomenclatura	Formula
Cal	Oxido cálcico	CaO
Sílice	Anhídrido silícico	SiO ₂
Alúmina	Oxido de alúmina	Al ₂ O ₃
Oxido	Oxido férrico	Fe ₂ O ₃

REQUISITOS QUÍMICOS

El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos químicos y limitaciones indicados en las Normas ASTM o NTP correspondientes. (Enrique Rivva López 2000, 98)

Si el cemento se emplea con agregados potencialmente reactivos su contenido de álcalis no será mayor del 0.6% calculado como el porcentaje de Na₂O + 0.658 K₂O. (Enrique Rivva López 2000, 98)

Si al emplear cemento Tipo II se requiere moderado calor de hidratación, la suma del silicato tricálcico (C3S) más el aluminato tricálcico (C3A) no deberá exceder del 58%. (Enrique Rivva López 2000, 98)

Si se emplea cemento Tipo V, la suma del aluminio ferrito tetracálcico (C4AF) más el doble del aluminato tricalcico (C3A) no deberá exceder del 20%. (Enrique Rivva López 2000, 98)

REQUISITOS FÍSICOS

El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos físicos y limitaciones indicados en la Norma correspondiente. (Enrique Rivva López 2000, 98)

En aquellos casos en que no sea conocida, la superficie específica se considerara de 3200 cm²/gr para los cementos portland normales y de 4700 cm²/gr. Para los cementos puzolánicos. Para la determinación de la superficie específica se utilizara el Método Blaine. (Enrique Rivva López 2000, 98)

En aquellos casos en que no sea conocido el valor real, se considerara para el cemento portland normal un peso específico de 3.15 y de 2.97 para los cementos puzolánicos. (Enrique Rivva López 2000, 98)

Para los ensayos de tiempo de fraguado se utilizara el Método Vicat. (Enrique Rivva López 2000, 98)

Los requisitos de calor de hidratación se aplicaran únicamente cuando son especificados. En este caso los requisitos de resistencia podrán ser el 80% de los valores indicados en la Norma correspondiente. (Enrique Rivva López 2000, 98)

EFFECTOS SOBRE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

El cemento debe ser caracterizado en función de sus efectos sobre las propiedades del concreto y en forma secundaria en función de su composición química. Para propiedades tales como la resistencia y estabilidad de volumen, existen ensayos rápidos y aceptables. Para otras que implican ensayos en el largo plazo, el tiempo requerido por estos y la dificultad de duplicar las condiciones de trabajo obligan a aceptar predicciones de comportamiento en el largo plazo a partir de resultados conocidos. (Enrique Rivva López 2000, 99)

Por lo tanto, una adecuada selección del cemento a fin de cumplir con propiedades específicas o condiciones especiales de servicio, puede únicamente realizarse si se entiende la influencia del cemento sobre las propiedades individuales del concreto. (Enrique Rivva López 2000, 99)

- AGRIETAMIENTO TÉRMICO
- MANEJABILIDAD
- RESISTENCIA

- FINEZA
- ESTABILIDAD DE VOLUMEN
- PROPIEDADES ELÁSTICAS
- ESCURRIMIENTO PLÁSTICO
- PERMEABILIDAD
- CORROSIÓN DEL ACERO
- RESISTENCIA A LA CONGELACIÓN
- RESISTENCIA A ATAQUES QUÍMICOS
- RESISTENCIA A LAS ALTAS TEMPERATURAS

4.1.2. AGUA

CONCEPTOS GENERALES

El agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr: (Enrique Rivva López 2000, 254)

- a) La formación de gel
- b) Permitir que el conjunto de la masa adquiera las propiedades que:
 - En estado no endurecido faciliten una adecuada manipulación y colocación de la misma; y
 - En estado endurecido la conviertan en un producto de las propiedades y características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, Se podrá emplear como aguas de mezclado aquellas que se consideren potables, o las que por experiencia se conozcan que pueden ser utilizadas en la preparación del concreto. (Enrique Rivva López 2000, 254)

Debe recordarse que no todas las aguas que son adecuadas para beber son convenientes para el mezclado y que, igualmente, no todas las aguas inadecuadas para beber son inconvenientes para preparar concreto. En general, dentro de las limitaciones que en las diferentes secciones se han de dar, el agua de mezclado deberá estar libre de sustancias colorantes, aceites y azúcares. (Enrique Rivva López 2000, 254)

Adicionalmente, el agua empleada no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia o durabilidad, apariencia del concreto, o sobre los elementos metálicos embebidos en este. (Enrique Rivva López 2000, 254)

Previamente a su empleo, será necesario investigar y asegurarse que la fuente de provisión no está sometida a influencias que puedan modificar su composición y características con respecto a las conocidas que permitieron su empleo con resultados satisfactorios. (Enrique Rivva López 2000, 254)

AGUAS PROHIBIDAS

Está prohibido emplear en la preparación del concreto: (Enrique Rivva López 2000, 257)

- a) Aguas acidas
- b) Aguas calcáreas, minerales; carbonatadas; o naturales
- c) Aguas provenientes de minas o relaves
- d) Aguas que contengan residuos industriales
- e) Aguas con un contenido de cloruro de sodio mayor del 3%, o un contenido de sulfato mayor del 1%.
- f) Aguas que contengan algas; materia orgánica; humus; partículas de carbón, turba; azufre; o descargas de desagües,
- g) Aguas que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos,
- h) Aguas que contengan azúcares o sus derivados
- i) Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali agregado.

4.1.3. AGREGADO

4.1.3.1. AGREGADO NATURAL

DEFINICIÓN

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75 % del volumen de la unidad cubica de concreto. (Ana Torre Carrillo 2004,43)

PROPIEDADES DEL AGREGADO

- **DUREZA**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o, en general, el desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las mejores rocas a emplear en concretos que deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión, figuran el cuarzo, la cuarzita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

La determinación de la dureza de un agregado se hace sometándolo a un proceso de desgaste por abrasión. El ensayo más empleado es el conocido como el Método de Los Ángeles, realizado de acuerdo con lo especificado en la Norma ASTM C 131, Este método combina procesos de desgaste por abrasión y frotamiento.

- **POROSIDAD**

La palabra «poro» define al espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado. Se considera a la porosidad como a una de las más importantes propiedades físicas del agregado, dada su influencia sobre las otras propiedades de este y el papel que desempeña durante los procesos de congelación. (Enrique Rivva López 2000, 137)

La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas, siendo todas estas propiedades menores conforme aumenta la porosidad del agregado. (Enrique Rivva López 2000, 138)

Igualmente, las características de los poros determinan la capacidad y velocidad de absorción, la facilidad de drenaje, el área superficial interna de las partículas la porción de su volumen de masa ocupado por materia sólida. (Enrique Rivva López 2000, 138)

Los actuales métodos de laboratorio solo permiten medir la porosidad total del agregado más no el tamaño, perfil y continuidad de los poros. Ello no permite

establecer en forma adecuada una correlación entre la durabilidad del concreto y la porosidad del agregado. (Enrique Rivva López 2000, 139)

- **RESISTENCIA**

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los $1,000 \text{ kg/cm}^2$. (Enrique Rivva López 2000, 139)

La textura, estructura y composición de las partículas de agregado influyen sobre la resistencia de este, la cual disminuye si sus granos constituyentes no están bien cementados unos a otros o si están compuestos de partículas inherentemente débiles. (Enrique Rivva López 2000, 139)

La resistencia a la trituración o compresión del agregado deberá ser tal que permita desarrollar totalmente la resistencia potencial de la matriz cementante. Ello no es problema dado que, en la actualidad, la resistencia del agregado suele ser más alta que la del concreto preparado con él, estando la resistencia del primero dentro de valores del orden de 700 a 3500 kg/cm^2 . (Enrique Rivva López 2000, 139)

Es difícil determinar la resistencia del agregado en sí mismo. La información se obtiene a partir de la resistencia a la trituración de las muestras, debidamente preparadas, de la roca originaria o de ensayos de comportamiento del agregado en el concreto. (Enrique Rivva López 2000, 140)

Un modo indirecto consiste en preparar mezclas de concreto con el agregado cuya resistencia se desea determinar, las cuales tienen las mismas proporciones que otras en las cuales se ha empleado agregado de resistencia conocida y determinar su resistencia. Si se obtiene una resistencia menor y si muchas partículas de agregado aparecen fracturadas, puede deducirse que la resistencia del agregado es menor que la resistencia compresiva nominal de la mezcla en la que el agregado es empleado. (Enrique Rivva López 2000, 140)

- **PESO UNITARIO**

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. (Enrique Rivva López 2000, 152)

Generalmente se expresa en kilos por metro cubico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen. (Enrique Rivva López 2000, 152)

El peso unitario está influenciado por: (Enrique Rivva López 2000, 152)

- Su gravedad específica;
- Su granulometría;
- Su perfil y textura superficial
- Su condición de, humedad;
- Su grado de compactación de masa.

A partir del conocimiento del peso unitario del agregado se puede (Enrique Rivva López 2000, 153)

- a) Calcular el contenido de vacíos.
- b) Clasificar a los agregados en livianos, normales y pesados;
- c) Tener una medida de la uniformidad del agregado.

En la determinación del peso unitario es importante que la granulometría sea aquella con la cual va a ser utilizado para preparar el concreto, dado que modificaciones en esta dan lugar a cambios en el porcentaje de vacíos, lo que a su vez modifica el peso unitario. (Enrique Rivva López 2000, 153)

En el Perú la determinación del peso unitario de los agregados, ya sea el peso unitario seco compactado o suelto seco, se efectúa de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C 29. (Enrique Rivva López 2000, 153)

- **PESO ESPECÍFICO**

El peso específico de los agregados, que se expresa también como densidad, adquiere importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente

corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales. (Enrique Rivva López 2000, 153)

La Norma ASTM C 128 considera tres formas de expresión de la gravedad específica (Enrique Rivva López 2000, 154)

- a) Peso Específico de masa; el cual es definido por la Norma ASTM E 12 como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.
- b) Peso Específico de masa saturado superficialmente seco; el cual es definido como el mismo que el peso específico de masa, excepto que ésta incluye el agua en los poros permeables.
- c) Peso Específico Aparente; el cual es definido como la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de un material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

En las determinaciones del peso sólido y el volumen absoluto, así como en la selección de las proporciones de la mezcla, se utiliza el valor del peso específico de masa. (Enrique Rivva López 2000, 154)

La Norma ASTM C 128 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado fino La Norma ASTM C 127 indica el procedimiento para determinar el peso específico del agregado grueso. (Enrique Rivva López 2000, 155)

En el caso del agregado grueso la muestra de ensayo se forma con aproximadamente 5000 gr del agregado por el método de cuarteo. Se lavan los componentes de la muestra, eliminando el polvo o material adherido y se sumerge en agua durante 24 horas. (Enrique Rivva López 2000, 155)

Luego se saca la muestra del recipiente de inmersión y se envuelve en una toalla, eliminando las partículas visibles de agua de la superficie. En estas condiciones, saturada y seca superficialmente, se pesa con una aproximación de 0.5 gr. (Enrique Rivva López 2000, 155)

A continuación se determina su peso, sumergida en agua, a una temperatura entre 21 C y 25 C Luego se introduce en el horno a una temperatura de 110 C hasta peso constante. Se deja enfriar y se pesa. Las características del agregado se determinan por las siguientes relaciones: (Enrique Rivva López 2000, 155)

- Peso Específico Nominal $D_n = P / (P - P_i)$
- Peso Específico Aparente $D_a = P / (P_s - P_i)$
- Peso Específico S.S.S. $D_{sss} = P_s / (P_s - P_i)$

Siendo.

- P = peso en gramos de la muestra seca
- P_s = peso en gramos de la muestra saturada interiormente y seca superficialmente
- P_i = peso en gramos de la muestra sumergida en agua.

- **CONTENIDO DE VACÍOS**

Con respecto a la masa de agregado, el termino «vacíos» se refiere a los espacios no ocupados entre las partículas de agregado. Puede decirse que este valor es la diferencia entre el volumen bruto o volumen total de la masa de agregado y el espacio realmente ocupado por las partículas. (Enrique Rivva López 2000, 157)

El espacio teórico ocupado por los vacíos entre las partículas de agregado puede determinarse a partir del conocimiento del peso unitario del agregado y de la gravedad específica de la masa del mismo. Dicho valor viene dado por la ecuación: (Enrique Rivva López 2000, 157)

$$\% \text{ Vacíos} = 100 (\text{Peso solido} - \text{Peso unitario}) / \text{Peso solido}$$

Cuanto mayor es el peso unitario, para una gravedad específica dada, menor es el contenido de vacíos. Igualmente, si el agregado está compuesto de partículas de textura superficial suave y perfil redondeado, para una granulometría determinada, deberá contener menor cantidad de vacíos que otro agregado de idéntica granulometría pero compuesto por partículas de textura. (Enrique Rivva López 2000, 157)

- **HUMEDAD Y ABSORCIÓN**

CONDICIONES DE HUMEDAD

Los agregados presentan poros internos, los cuales se conocen como abiertos» cuando son accesibles al agua o humedad exterior sin requisito de presión, diferenciándose de la porosidad cerrada, en el interior del agregado, sin canales de comunicación con la superficie a la que se alcanza mediante fluidos bajo presión. (Enrique Rivva López 2000, 158)

El estado de humedad de un agregado puede estar comprendido dentro de las cuatro condiciones siguientes: (Enrique Rivva López 2000, 158)

- Seco, que es aquella condición en la que toda la humedad, tanto interna como externa, ha desaparecido, generalmente por calentamiento a 100C.
- Semiseco, o secado al ambiente, que es aquella condición en la cual no hay humedad superficial sobre las partículas, existiendo alguna humedad interna.
- Saturado superficialmente seco, que es aquella condición en la que no hay humedad libre o superficial sobre las partículas, pero todos los poros dentro de ellas están llenos de agua.
- Saturado o húmedo, que es aquella condición en que el agregado se encuentra saturado y con agua libre o superficial sobre las partículas.

ABSORCIÓN Y ABSORCIÓN EFECTIVA

Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco. (Enrique Rivva López 2000, 158)

La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y de secado superficial. Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto. (Enrique Rivva López 2000, 158)

Se entiende por absorción efectiva al volumen de agua necesario para traer un agregado de la condición de secado al aire, o semiseco, a la condición de saturado superficialmente seco. (Enrique Rivva López 2000, 159)

HUMEDAD SUPERFICIAL

Se entiende por humedad superficial, o agua libre, a la diferencia entre los estados saturado o húmedo y el estado saturado superficialmente seco. La humedad superficial o agua libre es aquella con la que contribuirá el agregado al agua de la mezcla. (Enrique Rivva López, 2000, 159)

CONTENIDO DE HUMEDAD

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condición de saturado superficialmente seco, es decir, con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial. Esta situación, que no es correcta en la práctica, conviene para fines de clasificación. (Enrique Rivva López 2000, 159)

Si el agregado está saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina un exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua, a fin que el contenido de agua resulte el correcto. (Enrique Rivva López 2000, 159)

El contenido de humedad o agua total del agregado es la diferencia entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco. (Enrique Rivva López 2000, 159)

Para determinar el porcentaje de absorción del agregado se aplican las siguientes ecuaciones: (Enrique Rivva López 2000, 159)

- % de Absorción del fino = $100 (500 - A) / A$
- % de Absorción del grueso = $100 (B - A) / A$

En las que

- A = Peso en gramos de la muestra secada al horno.
- B = Peso en gramos de la muestra saturada superficialmente seca.

- **GRANULOMETRÍA**

Se define como granulometría a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico

empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas. (Enrique Rivva López 2000, 162)

El agregado comprende del 65% al 80% del volumen unitario del concreto. En razón de su importancia en el volumen de la mezcla la granulometría seleccionada para los agregados fino y grueso deberá permitir obtener en las mezclas una máxima densidad, con una adecuada trabajabilidad y características de acabado del concreto fresco y con obtención de las propiedades deseadas en el concreto endurecido. (Enrique Rivva López 2000, 162)

El sistema usual de expresar la granulometría de un agregado es aquel en el cual las aberturas consecutivas de los tamices son constantemente dobladas. Con tal sistema y empleando una escala logarítmica se puede espaciar líneas a intervalos constantes para representar los tamaños sucesivos. Normalmente la granulometría del agregado fino se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200. (Enrique Rivva López 2000, 163)

Normalmente la granulometría del agregado grueso se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM 1/4"; 3/8"; 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/2"; y mayores. (Enrique Rivva López 2000, 163)

La distribución de las partículas por tamaños se determina por análisis mecánico vibrando el material a través de una serie de tamices de aberturas cuadradas. Normalmente los tamices empleados tienen una abertura doble del que le sigue en la serie La muestra debe ser representativa del conjunto del agregado. (Enrique Rivva López 2000, 163)

Los datos obtenidos se registran en forma tabulada incluyendo: (Enrique Rivva López 2000, 163)

- Peso retenido en cada tamiz
- Porcentaje retenido en cada tamiz
- Porcentaje acumulado retenido o que pasa cada tamiz.

La curva granulométrica es una excelente ayuda para mostrar la granulometría de los agregados individuales y combinados. El ploteo logarítmico es conveniente dado que en una serie de tamices con aberturas con una relación

constante el espaciamiento logarítmico es igual. (Enrique Rivva López 2000, 163)

Los puntos que representan los resultados de un análisis son unidos para formar la «curva granulométrica» del agregado ensayado. Si se ha planteado una «granulometría ideal» para el proyecto, la curva obtenida puede aproximarse a la ideal empleando porcentajes de prueba de las granulometrías ideales incluidas. (Enrique Rivva López 2000, 163)

El tamaño máximo del agregado grueso se determina a partir de un análisis por tamices y, generalmente, se acepta que es el que corresponde al tamiz inmediatamente superior a aquel en el cual queda 15% o más de material acumulado retenido. (Enrique Rivva López 2000, 165)

De la observación de los resultados de los ensayos se aprecia una limitación importante del concepto de tamaño máximo: granulometrías muy disimiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la elección del agregado, de su granulometría y de las proporciones de mezcla. (Enrique Rivva López 2000, 165)

- **MODULO DE FINEZA**

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado. Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2", 3/4"; 3/8"; N9 4; N9 8; N9 16; N5; 30; N9 50; y Ne 100, dividida entre 100. (Enrique Rivva López 2000, 166)

Gran número de granulometrías de agregados fino o grueso, o de una combinación de ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado. Esta es la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como un índice de control de uniformidad de materiales. (Enrique Rivva López 2000, 166)

El módulo de fineza usualmente se determina para el agregado fino, pero el conocimiento del módulo de fineza del agregado grueso puede ser necesario para la aplicación de algunos métodos de proporcionamiento de mezclas. (Enrique Rivva López 2000, 167)

Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indican una preponderancia de las partículas más finas con un área superficial total muy alta, la que será necesario cubrir con pasta. (Enrique Rivva López 2000, 167)

El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, dado que cuanto mayor es su valor menor será el valor lubricante y la demanda de agua por área superficial. (Enrique Rivva López 2000, 167)

Pudiendo obtenerse con diferentes granulometrías el mismo módulo de fineza, este no deberá emplearse para definir la granulometría de un agregado. (Enrique Rivva López 2000, 167)

AGREGADO FINO

Se define como agregado fino a aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el Tamiz NTP 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. (Enrique Rivva López 2000, 179)

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N9 4 a N9 100 de la Serie Tyler Se recomiendan para el agregado los siguientes límites. (Enrique Rivva López 2000, 179)

*Tabla IV-2
Límites para el porcentaje que pasa del agregado fino*

Malla		Limite	
Pulg	Micrones	Inferior	Superior
3/8"	9500	100	100
N° 4	4750	95	1000
N° 8	2380	80	100
N° 16	1180	50	85
N° 30	600	25	60
N° 50	300	10	30
N° 100	150	2	10

El porcentaje retenido en dos mallas sucesivas no excederá del 45%. Si el agregado es empleado en concretos con aire incorporado y un contenido de cemento mayor de 255 kg/m³; o si el concreto es sin aire incorporado y un contenido de cemento mayor de 300 kg/m³; o si una adición mineral aprobada es empleada para suplir las deficiencias en el porcentaje que pasa dichas mallas,

el porcentaje indicado para las mallas N2 50 y N9 100 podrá ser reducido a 5% y 0% respectivamente. (Enrique Rivva López 2000, 180)

Preferentemente el módulo de fineza no deberá ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 debiendo ser mantenido dentro de los límites de más o menos 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones de la mezcla Si se sobrepasa el valor asumido, por exceso o por defecto, la Supervisión podrá autorizar reajustes en las proporciones de la mezcla o rechazar el agregado, para compensar las variaciones en la granulometría. Estos ajustes no deberán significar reducción en el contenido de cemento. (Enrique Rivva López 2000, 180)

La cantidad de sustancias deletéreas o partículas inconvenientes presentes en el agregado fino no deberá exceder de los siguientes límites, expresados como porcentaje en peso de la muestra total, tal como se indica en la tabla IV-3. (Enrique Rivva López 2000, 181)

*Tabla IV-3
Limite de sustancias deletéreas o partículas inconvenientes presentes en el agregado fino*

Sustancia Deletérea	Porcentaje
Lentes de arcilla y partículas desmenuzables	3.0%
Material más fino que la Malla N- 200	3.0%
Concreto sujeto a abrasión	3.0%
Todos los otros concretos	5.0%
Cuando la apariencia superficial del concreto es importante	0.5%
Carbón y Lignito	1.0%
Otros concretos	1.0%
Mica	0.0%
Partículas delezables.	3.0%

El agregado no deberá indicar presencia de materia orgánica. No deberá emplearse agregados que en el ensayo de la Norma ASTM C 40 o NTP 400.013 den una coloración mayor del N° 1, excepto sí. (Enrique Rivva López 2000, 182)

- a) La coloración en el ensayo se debe a la presencia de muy pequeñas cantidades de carbón; lignito o partículas similares, o
- b) b Realizado el ensayo a que se refiere la Norma ASTM C 87 la resistencia a la compresión a los 7 días, de morteros preparados con dicho agregado, no es menor del 95% de la de morteros similares preparados con otra

porción de la misma muestra de agregado previamente lavada con una solución al 3% de hidróxido de sodio de acuerdo a los requisitos de la Norma NTP 400 013 o ASTM C 33.

AGREGADO GRUESO

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (Nº 4) y que cumple con los límites establecidos en las Normas ITINTEC 400.037 o ASTM C 33. (Enrique Rivva López 2000, 182)

El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas. (Enrique Rivva López 2000, 182)

Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libres de escamas, tierra, polvo, limo, sales, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, u otras sustancias dañinas. (Enrique Rivva López 2000, 182)

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".(Enrique Rivva López 2000, 183)

Si se emplea dos o más tamaños de agregado grueso, cada uno de ellos, así como la combinación de los mismos, deberá cumplir con los requisitos de granulometría indicados. (Enrique Rivva López 2000, 183)

Los rangos considerados en las Normas necesariamente son lo suficientemente amplios para permitir acomodar las diferentes condiciones que pueden presentarse Se deberá considerar que. (Enrique Rivva López 2000, 183)

- a) Para control de calidad de una condición específica, el productor deberá desarrollar una granulometría promedio para las facilidades y fuente de

producción, y controlar la granulometría dentro de una tolerancia razonable con este promedio; y

- b) Cuando se emplea agregado grueso cuyo tamaño corresponde a los números 357 o 467 de la Norma ASTM C 33, el agregado deberá ser entregado en por los menos dos tamaños separados el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso

Granulometrías muy disimiles pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla. (Enrique Rivva López 2000, 183)

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de: (Enrique Rivva López 2000, 183)

- a) Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados, o
- b) Un tercio del peralte de las losas; o
- c) Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de presfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada. (Enrique Rivva López 2000, 183)

Las limitaciones anteriores también pueden ser obviadas si, a criterio de la Supervisión, la trabajabilidad y consistencia del concreto y los procedimientos de compactación son tales que el concreto puede ser colocado sin que se formen vacíos o cangrejas. (Enrique Rivva López 2000, 184)

Las partículas perjudiciales presentes en el agregado no deberán exceder de los siguientes valores: (Enrique Rivva Lopez, 2000, 184)

Tabla IV-4
 Limite de partículas perjudiciales presentes en el agregado grueso

Partícula Perjudicial	Porcentaje
Arcilla	0.25 %
Partículas Blandas	5.00%
Material más fino que la Malla 1[^] 200	3.00%
Cuando el acabado superfina] es	
Carbón y Lignito	0.50%
de importancia	
Otros concretos	1.00%

El agregado cuyos límites de partículas superficiales excedan a los indicados, podrá ser aceptado siempre que un concreto, preparado con agregados de la misma fuente, haya cumplido con los requisitos especificados o, en ausencia de un registro de servicios, tenga características satisfactorias cuando es ensayado en el laboratorio. (Enrique Rivva López 2000, 184)

Los límites dados deberán aplicarse a las clases de agregado especificadas por el comprador o en otros documentos. Si la clase no es especificada, los requisitos para las clases 3S, 3M, o 1N deberán ser aplicados en las regiones de severo, moderado y despreciable intemperismo, respectivamente. (Enrique Rivva López 2000, 184)

EFFECTOS DEL AGREGADO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO

Los agregados además de actuar como un material de relleno de bajo costo, los agregados pueden impartir los concretos determinados beneficios o perjuicios. Una adecuada selección y empleo de los mismos puede dar un concreto de las propiedades requeridas, lo contrario puede resultar en un concreto no satisfactorio. (Enrique Rivva López 2000, 202)

El importante rol que tienen los agregados en el concreto en muchos casos no es considerado debido a su bajo costo si se lo compara con el del material cementante. (Enrique Rivva López, 2000, 202)



Figura IV-1
Propiedades del Concreto en las que Influye el Agregado Grueso

NORMAS DE ENSAYO

Las Normas a ser utilizadas en los ensayos más usuales son:

- Análisis por tamices para la determinación de la granulometría de los agregados fino y grueso, de acuerdo a ASTM C 136 o NTP 400.012
- Peso unitario y vacíos en el agregado, de acuerdo a ASTM C 29 o C 29M; o NTP 400 017
- Peso específico y absorción del agregado grueso de acuerdo a ASTM C 127 o NTP 400.021
- Peso específico y absorción del agregado fino de acuerdo a ASTM C 128 o NTP 400 022
- Especificación para tamices a ser empleados en ensayos, de acuerdo a ASTM E 11.
- Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino, de acuerdo a ASTM C 40 ó NTP 400.013
- Resistencia a la degradación del agregado grueso de tamaño menor o mayor por abrasión o impacto en la máquina de los Angeles, de acuerdo a ASTM C 131 ó NTP 400.019.

4.1.3.2. AGREGADO RECICLADO

Son los agregados que se producen mediante el tratamiento de la fracción pétreo de los residuos de la construcción demolición o concreto endurecido

OBTENCIÓN DE MATERIALES

La reutilización y el reciclaje de los residuos deben realizarse sobre la base de los mayores volúmenes de residuos y de las alternativas cuyas exigencias técnicas sean lo más elevadas posibles, para lo cual debe procurarse que los materiales recuperados de los residuos de la actividad de la construcción resulten con las mismas o similares características de los materiales de origen. Esto se logra a través de un desmontaje selectivo y de la clasificación y separación de los materiales. Las mezclas que sean inadecuadas para un reciclaje, bajo los criterios técnicos y ambientales, deben ser previamente retiradas y tratadas conforme a las normas respectivas. (INDECOPI 2014,8)

Los residuos de la actividad de la construcción se clasifican en: (INDECOPI, 2014,8)

- excedentes de remoción;
- excedentes de obra;
- escombros; y
- otros residuos.

Los escombros, por su origen, se clasifican en: (INDECOPI 2014,8)

- concreto de demolición;
- mezcla asfáltica de demolición;
- material no bituminoso de demolición de carreteras; y
- material de demolición no clasificado.

En el caso de los excedentes de obra, estos también podrán clasificarse según la categoría de escombros más adecuada, de acuerdo a su composición. (INDECOPI 2014,8)



Figura IV-2

Clasificación y opción de manejo de los residuos de la actividad de la construcción

Fuente: Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción, INDECOPI 2014,16.

Tabla IV-5

Clasificación y opción de manejo de los residuos de la actividad de la construcción

Excedentes de Remoción	Excedentes de Obra	Escombros
Reutilizables		
Entre otros: Agregados, piedras Tierra con contenido orgánico	Entre otros: Cementos y aglomerantes, retazos de fierro Alambres, piedras, productos, cerámicos	Entre otros: Productos, cerámicos, piedras
Reciclables		Entre otros Mezcla asfáltica de demolición Concreto de demolición Material no bituminoso de demolición de carretera Material de demolición no clasificado Mezcla de ladrillo con mortero
Entre otros Bolonería	Entre otros Concreto sobrante Cascote de ladrillo	
Para Disposición Final		
Materiales Contaminados, otros	Materiales Contaminados, otros	Escombros Contaminados

Fuente: Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción, INDECOPI 2014,16.

PRODUCCIÓN DE AGREGADO

Previamente a la demolición se separarán los elementos peligrosos o dañinos al ambiente y que no puedan ser reciclados para iniciar el tratamiento siguiendo los siguientes pasos: trituración, separación de partes metálicas y materiales extraños y clasificación.

Los materiales secundarios generados a partir del concreto de demolición deben almacenarse separadamente según su procedencia y uso posterior.

Los ensayos a realizar para determinar la aptitud del granulado y de los minerales y aglutinantes contenidos, dependerán del diseño del producto final, por lo que estos ensayos se realizarán sobre el producto final por el reciclador antes de su uso y para lo cual deberá informar al potencial consumidor de sus resultados indicando la fecha de realización del ensayo, la antigüedad del producto así como su procedencia. El granulado de concreto puede usarse en rellenos no portantes, muros de pantalla contra ruido o en rellenos sanitarios.

- **SELECCIÓN**

Los procesos habitualmente empleado para proveer agregado de granulometría satisfactoria empiezan en el frente mismo de la obra. Se deben separarse según la clasificación establecida en la Tabla IV-6. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,35)

Tabla IV-6
Clasificación de los Residuos de la Construcción

A. RESIDUOS POTENCIALMENTE RECICLABLES PARA LA OBTENCION DE AGREGADIS Y MATERIAL DE RELLENO	
Prefabricado de mortero o concreto	
Concreto simple	
Concreto armado	
Cerámicos	
Concreto asfaltico	
Productos de mampostería	
Prefabricados de arcilla	
Mortero	
B. RESIDUOS DE EXCAVACIÓN	
Suelos Orgánicos	
Suelos no contaminados y material arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos	
Otros materiales no contaminados y no peligrosos contenido en el suelo	
C. RESIDUOS SOLIDOS	
Cartón	Plástico
Madera	Residuos de podas, talas y jardinería
Metales	Paneles de yeso
Papel	Vidrio otros

FUENTE: concreto reciclado, Carlos Abraham escobar Araujo., 2009.34

En caso de los residuos producidos por los laboratorios estos también se recomiendan separarlos para un mejor aprovechamiento de los mismos. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,36)

- **ALMACENAMIENTO (EN OBRA)**

Los materiales obtenidos deben almacenarse separadamente según su tipo. En el caso del manejo de los residuos peligrosos, se realizarán de acuerdo a las Normas Técnicas respectivas. (INDECOPI 2014,8)

El almacenamiento de residuos de construcción dentro del predio del proyecto únicamente debe ser temporal, se debe minimizar la dispersión de polvos y emisión de partículas con el uso de agua tratada en las áreas de mayor movimiento y debe retirarse los residuos en el plazo que establezcan las disposiciones jurídicas correspondientes. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,36)

- **RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE**

La recolección debe realizarse selectivamente teniendo en cuenta el destino de los residuos obtenidos, ya sea su reutilización, reciclaje o disposición final, y de acuerdo a las Normas Técnicas respectivas. (INDECOPI 2014,9)

El transporte debe realizarse con equipos y/o vehículos en horarios y rutas según las Normas Técnicas respectivas. (INDECOPI 2014,9)

La recolección y transporte de los residuos de la construcción deben de cumplir con lo siguiente: (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,36)

- a) Durante la recolección y transporte de los residuos de la construcción se debe respetar la separación de estos residuos realizada desde la fuente por el generador conforme a lo establecido en el cuadro 2 de ésta norma y evitar mezclarlos con otro tipo de residuos.
- b) El prestador del servicio del transporte debe circular en todo momento, con los aditamentos necesarios que garanticen la cobertura total de la carga para evitar la dispersión de polvos y partículas, así como la fuga o derrame de residuos líquidos durante su traslado a sitios de disposición autorizados.

Una vez que la demolición ha sido completada y los escombros llevados a la planta de reciclado termina la selección con el almacenaje selectivo y el cribado primario. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,36)

- **PROCESAMIENTO BÁSICO (APROVECHAMIENTO)**
CRIBADO PRIMARIO

Generalmente se utiliza para lograr en un material de naturaleza friccionante una granulometría adecuada, eliminando así porcentajes altos de partículas no deseables como suelo, yeso, etc. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,37)

Las instalaciones de cribado para eliminación de tamaños grandes suelen ser muy sencillas. Normalmente se maneja por gravedad, recogiendo en un camión el material que pasa una criba determinada. Este método tiene peligros de segregación, que conduce a la obtención de materiales no uniformemente mezclados. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,37)

El material obtenido es conducido a la trituradora primaria usualmente de tipo quijada o de impacto. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,38)

TRITURADO PRIMARIO

Es el tratamiento a que generalmente se recurre para llegar a la granulometría adecuada a partir de materiales naturales muy gruesos o de fragmentos de roca. Es normal realizar la trituración en varios pasos o etapas, según el producto final a que desee llegarse; así se habla de trituradoras primarias, secundarias o terciarias. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,38)

La trituración suele realizarse en plantas muy complejas que incluyen alimentadores, bandas de transportación, plantas de cribado, elevadores de material y dispositivos trituradores. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,38)

Las trituradoras primarias pueden ser del tipo de compresión (de quijada o giratorias). Se puede controlar el tamaño de la carga para las trituradoras primarias para maximizar la producción mediante el uso de alimentadoras de cribas grandes, por varillas pesadas inclinadas o rieles espaciados en forma variada, de modo que los finos puedan separarse y las piezas demasiado grandes puedan ser apartadas por la trituradora. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,38)

El producto de la trituradora primaria normalmente contendrá partículas de 6 a 10 pulg (150 a 250 mm). Generalmente se requiere mayor reducción para producir agregados de concreto. En la mayoría de las plantas los tamaños más finos, de aproximadamente 1 ½ pulg (38 mm) o menos se separan y se almacenan como producto de “operación de la trituradora” para trabajos de carreteras. Los tamaños intermedios se llevan después a las etapas secundarias y subsecuentes de trituración. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,38)

Cuando el tamaño máximo en el depósito es de aproximadamente 3 pulg (75 mm) o menos, la etapa primaria no es necesaria. En caso de que un producto de grava triturada requiera de un porcentaje especificado de partículas trituradas, puede ser necesario introducir en las trituradoras únicamente partículas más gruesas que el tamaño máximo del producto, para asegurar en el total un alto nivel triturado. Algunas plantas de agregado pueden operar regularmente dos circuitos de producción de agregado grueso –uno para grava triturada y otro para grava no triturada-. La producción de agregados a partir de la escoria de alto horno y el reciclado de concreto generalmente requiere trituración y cribado de una naturaleza similar a la requerida para canteras en lecho de roca. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,39)

- **PROCESAMIENTO SECUNDARIO (APROVECHAMIENTO)**
CRIBADO SECUNDARIO

Una vez que las materias primas, piedra, grava, escoria o concreto reciclado, han sido reducidas al rango general del tamaño deseado, usualmente por debajo de 3 pulg. (75 mm), se hace entonces necesario separarlas aún más en agregado fino, más fino que la criba No. 4 (4.75 mm) y agregado grueso, usualmente en dos o más intervalos de tamaños. Esto se logra con mayor frecuencia con cribas vibratorias o placas perforadas con aberturas cuadradas, redondas o rectangulares apropiadas y en algunos casos por medio de cribas cilíndricas giratorias (criba rotatoria). (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,39)

Los métodos de cribado operan mejor, produciendo los productos más consistentemente graduados, cuando se introducen a una tasa uniforme. Con frecuencia se usan depósitos de compensación y alimentadores especialmente diseñados para lograr esto. La tasa ideal de alimentación es la que distribuye

las partículas a todo lo ancho y a una profundidad uniforme de toda la criba. Las cribas de plantas nunca son 100% eficientes, pero su eficiencia se lleva al óptimo al asegurar uniformidad de alimentación, de modo que todas las partículas tienen la oportunidad de pasar a través de las aberturas. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,40)

La operación uniforme de una planta de procesamiento bien diseñada debe realizar el objetivo declarado de producir productos consistentes. Es importante hacer notar que aunque pueden acomodarse una amplia variedad de granulometría del agregado, no pueden tolerarse variaciones extremas en la granulometría. La razón por la que esto es importante es evidente por los requerimiento del ACI 318 respecto a la calidad del concreto, que exigen que la resistencia promedio del concreto producido debe de exceder la resistencia a la compresión especificada utilizada en el diseño estructural, en cantidades que se hacen cada vez más grandes a medida que la desviación estándar de las determinaciones de resistencia se hace más grande. La uniformidad del concreto depende de la uniformidad de las partículas constituyentes, la mayor parte de las cuales son agregados. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,40)

TRITURADO SECUNDARIO

Estas trituradoras de las etapas posteriores son con mayor frecuencia del tipo de compresión (trituradoras de cono) o, cuando la roca no es muy abrasiva, del tipo de impacto (impulsor simple o doble, trituradora de martillos o molinos de quijada). Las trituradoras tipo impacto tienen una característica deseable por su capacidad para beneficiar ciertos productos por medio de la trituración selectiva de partículas nocivas, más suaves, que pueden ser removidas en las operaciones subsecuentes de cribado. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,40-41)

LAVADO, CRIBADO O TAMIZADO CON AIRE

El procesamiento de muchos agregados requiere lavado para quitar sal, arcilla u otros recubrimientos persistentes que pueden adherirse a las partículas e interferir con la adherencia de la pasta de cemento y el agregado. El lavado es más a menudo necesario para agregados de grava provenientes de depósitos que contiene arcillas, que para los agregados de lecho de roca o de escoria

producidos tal como se describe arriba. Sin embargo, algunos lechos sedimentarios de roca están inter-estratificados con arcilla o esquisto, y requieren, ciertamente, un vigoroso lavado para remover estos materiales. Muchas especificaciones imponen límites sobre los materiales más finos que las criba No. 200 (75 μ m), que son menos restrictivos cuando este material es primordialmente polvo de trituración proveniente de la operación de trituración, esencialmente libre de arcilla y esquisto. En tales condiciones, puede no ser necesario incluir el lavado en el proceso de producción para piedra triturada o agregados gruesos de escoria, a menos que tengan que lavarse los recubrimientos o que tenga que satisfacerse una alta absorción. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,41)

Algunas especificaciones pueden requerir un límite más restrictivo en el material menor que No. 200 (75 μ m) en el agregado grueso que el permitido, y la cantidad máxima del material que pasa la criba No. 200 (75 μ m) puede estar limitada por una cantidad de 0.25 y 0.50%. Estos requisitos más restrictivos usualmente están asociados con trabajo especial cuando se necesita concreto de muy alta calidad. Sin embargo, debe reconocerse que cada manipulación de un agregado grueso generalmente causará un ligero incremento en el contenido de finos, haciendo que los límites extremadamente restrictivos sean difíciles de alcanzar sin relavado. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,41)

Clasificación del agua. El control de la granulometría y la remoción de algo del exceso de finos en los agregados finos normalmente se logran por medio de la clasificación en el agua. Se utiliza una gran variedad de artefactos de clasificación para este propósito, todos los cuales están basados en las diferentes tasas de sedimentación de las partículas de distinto tamaño. La clasificación por agua no es factible para tamaños más grandes de aproximadamente $\frac{1}{4}$ de pulg. (6 mm). La granulometría puede controlarse con bastante exactitud por medio de re mezclado apropiado, a pesar del traslape de tamaños entre las celdas adyacentes de los artefactos habituales de clasificación. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,42)

CRIBADO FINAL

En este último cribado se busca obtener los tamaños de agregados solicitados por el cliente, cumpliendo con los criterios de calidad correspondiendo a las normas antes mencionadas. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,42)

- **MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

El control más cuidadoso de la manufactura de los agregados en la planta puede ser rápidamente nulificado por el abuso en el manejo, almacenamiento, carga, transportación al sitio de la obra, carga en las tolvas de almacenamiento, y dosificación. Aun con un control efectivo de calidad en la planta de procesamiento, siempre habrá un grado de variabilidad entre las unidades de volumen, o lotes, o inclusive entre los lotes. Para definir y corregir cualquier variabilidad excesiva al embarcar el material, debe seguirse un programa de muestreo estadísticamente confiable. Deben tomarse muestras de dosificación sub lotes seleccionando al azar y en todo el trayecto hasta la dosificación final que va a la mezcladora. (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,43)

El manejo descuidado del agregado procesado pueda dar como resultado uno de los tres principales problemas que pueden afectar las propiedades de las mezclas de concreto. (Carlos Abraham Escobar Araujo, 2009,43)

- El primero es la segregación, la cual destruye la uniformidad de la granulometría.
- El segundo es la contaminación o la inclusión descuidada de materiales dañinos.
- Un tercer problema, la falta de un mantenimiento adecuado, uniforme y estable de la humedad en el agregado conforme es dosificado, complica todavía más la producción de un concreto uniforme.
- Un cuarto problema, la degradación del material, que produce más finos y tiene un efecto desventajoso en las propiedades del concreto.

Las principales recomendaciones de publicaciones similares a esta investigación, se resumen aquí en forma abreviada: (Carlos Abraham Escobar Araujo 2009,43)

1. La segregación puede minimizarse cuando los agregados se separan en tamaños individuales y se dosifican separadamente.

2. El material de tamaños menores que el tamaño mínimo designado en cada fracción debe mantenerse en un mínimo práctico; cuando hubiera ocurrido una degradación significativa, podría requerirse re cribado del agregado grueso en la planta de dosificación para eliminar variaciones inadmisibles en las cantidades de los materiales de infra tamaño.
3. El agregado fino debe controlarse para minimizar variaciones de granulometría y contenido de humedad. La relación de agregado fino a agregado grueso al proporcionarse en la mezcla de concreto está gobernada por el módulo de finura del agregado fino, y la variación excesiva de las cantidades de tamaños menores al de la malla No. 200 tiene un efecto importante en el requerimiento de agua de mezclado, la velocidad de pérdida de revenimiento, la resistencia y la contracción por secado. Cuando es necesaria la combinación de agregados finos de dos fuentes separadamente y debe emplearse un método positivo de control para asegurar una combinación uniforme.
4. Cuando sea necesario, las pilas de los materiales almacenados deben construirse en capas horizontales o de inclinación leve. Deben evitarse las pilas cónicas de los almacenes o cualquier procedimiento de descarga que involucre el volteo de los agregados deslizándose por los lados inclinados de las pilas. Los camiones y los tractores niveladores deben mantenerse fuera de las pilas de materiales almacenados, ya que pueden causar degradación y contaminación.
5. Deben hacerse todos los esfuerzos posibles para mantener un contenido de humedad estable en los agregados, particularmente en agregados finos. El contenido de humedad depende de la granulometría, la forma de las partículas, la textura de la superficie y las prácticas de almacenamiento drenado de los agregados. Por lo tanto, todos los agregados producidos o manejados por métodos hidráulicos y los agregados lavados deben ser aplicados o guardados en tolvas para obtener buen drenaje antes de su dosificación en el concreto. Las partículas bien graduadas, redondas y lisas, que han tenido buenas prácticas de almacenamiento y drenaje, pueden obtener un contenido estable de humedad cuando se drenan por lo menos 12 horas. Inversamente, las partículas de granulometría deficiente, planas y angulares, en pilas pobremente drenadas, pueden requerir de hasta una semana o más para obtener un contenido estable de humedad, las fluctuaciones en el contenido estable de humedad causada por

el clima pueden compensarse por el uso de medidores de humedad para indicar las pequeñas variaciones de humedad a medida que los agregados son dosificados. El uso de agregados para compensación en los ajustes rápidos puede minimizar la influencia de las variaciones de humedad en propiedades tales como revenimiento, contracción, relación agua-cemento y resistencia.

- Los depósitos de almacenamiento deben mantenerse tan llenos como sea prácticamente posible para minimizar la rotura y los cambios de graduación a medida que retiran los materiales.

Deben tomarse muestras de los agregados a intervalos al azar, tan cerca como sea posible del punto de su introducción en el concreto, además de una verificación de la granulometría; esto facilitará la detección de contaminación de agregados que puede ocurrir durante el transporte y manejo. Es una buena práctica mantener un promedio móvil de 5 a 10 pruebas de granulometría eliminando el resultado con el cual se calcula el promedio. Este porcentaje entonces puede utilizarse para efectuar los ajustes necesarios a las proporciones de la mezcla.

Características



Figura IV-3 Características del Agregado Reciclado

- **GRANULOMETRÍA**

La granulometría del árido reciclado depende fundamentalmente del sistema de trituración que se haya empleado en su proceso de producción. Las trituradoras de impacto, por lo general, son las que permiten alcanzar reducidos tamaños en los áridos produciendo como consecuencia mayor cantidad de finos. A estas trituradoras las siguen las de conos con una producción de finos inferior y las machacadoras de mandíbulas. (Fernando López Gayarre 2008,23)

La cantidad de árido grueso generado oscila entre el 70% y el 90% de la producción. Por lo general, esta fracción gruesa se ajusta a los requerimientos que exigen las normativas vigentes quedando enmarcada dentro de los husos granulométricos de referencia establecidos en ellas. Es evidente que el tamaño obtenido en la trituración depende fundamentalmente del tamaño que tenía el hormigón de procedencia. Los áridos reciclados presentan formas angulosas debido al proceso de machaqueo y un aspecto rugoso como consecuencia del mortero adherido a ellos. (Fernando López Gayarre 2008,23-24)

Para el mismo tamaño máximo de árido, un árido reciclado experimenta pequeñas variaciones de su módulo granulométrico si el sistema de trituración empleado ha sido el mismo que para la árida natural. (Fernando López Gayarre 2008,24)

Como consecuencia de la disgregación que sufre el árido grueso reciclado durante su transporte y almacenamiento, una vez cribado se siguen obteniendo porcentajes muy reducidos de arena debido a su mayor friabilidad. Dichos valores oscilan entre el 0,5% y el 2%. Esta fracción fina se caracteriza por presentar un elevado contenido de mortero influyendo negativamente en las propiedades del hormigón. El problema que plantean los finos, al estar presentes en exceso en la superficie del árido, es que la adherencia entre el árido y la pasta de mortero decrece. Por otra parte hace que la cantidad de agua de amasado aumente. (Fernando López Gayarre 2008,24)

- **DENSIDAD**

La densidad del árido reciclado es menor que la del árido convencional ya que el primero presenta una capa de mortero adherido cuya densidad es inferior a la del árido. La fracción fina obtenida es la que menor densidad tiene debido a

la mayor cantidad de mortero adherido que poseen sus partículas por unidad de peso. (Fernando López Gayarre 2008,26)

Los factores más influyentes sobre la densidad son: el proceso de producción del árido, el tamaño de las fracciones obtenidas y su grado de contaminación. (Fernando López Gayarre 2008,26)

La densidad en las fracciones más gruesas del árido reciclado es algo mayor que en las fracciones finas. De los datos obtenidos en la bibliografía puede observarse que incluso en las mismas fracciones granulométricas los resultados presentan gran disparidad. Sin duda se debe a la distinta naturaleza de los áridos con los que se fabricaron los hormigones originales. Aun así puede concluirse que la densidad aumenta con el tamaño. (Fernando López Gayarre 2008,27)

En la tabla IV-7 se resumen los valores obtenidos en los diferentes estudios consultados. (Fernando López Gayarre 2008,27)

Tabla IV-7
Densidad en áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores.

REFERENCIA	Densidad kg/m ³	
	Árido reciclado	Árido natural
Rasheeduzzafar 1984 [101]	2280 G	2550 G
Ravindrarajah 1984 [103]	2490 G	2670 G
Kashino 1988 [58]	2420-2380 G	-
Nishbayashi 1988 [89]	2430-2320 G	2700 G
Nixon 1993 [90]	2350-2320 G	2630 G
Barra 1996 [5]	2270-2240 G	2680-2660 G
Knight 1998 [64]	2630-2390 G	-
Park 1999 [93]	2450-2400 G	2650 G
Katz 2000 [59]	2550-2320 G	-
Dos Santos 2002 [19]	2360-2320 G	2630 G
Poon C.S. 2002 [98]	2470-2350 G	2570 G
	2390-2260 F	2520 F
Kou S. C. 2004 [66]	2570-2490 G	2620 G
Jianzhuang X. 2004 [52]	2520 G	2820 G
D. Sani 2004 [117]	2350 G	-
D. Sani 2004 [117]	2280 F	-
Sánchez M. 2004 [116]	2160-2340 G	2600-2610 G
	2480 G	-
Tsung-Yueh Tu 2005 [126b]	2340 F	2580 F
Poon C.S. 2005 [100]	2310 F	-
Evangelista 2007 [24]	2165 F	2560 F

FUENTE: *Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,27*

- **ABSORCIÓN.**

La absorción en los áridos reciclados alcanza valores muy superiores a los obtenidos en los áridos naturales. Sin duda alguna esto es debido a la cantidad de mortero adherido que presentan dichos áridos. En áridos naturales los valores de la absorción oscilan entre un 0% y un 4% mientras que en los diferentes estudios consultados los valores obtenidos en áridos reciclados van desde un 3,3% hasta un 13%.(Fernando López Gayarre 2008,29)

El tamaño del árido reciclado influye de manera decisiva sobre la absorción. En las fracciones más finas la absorción es mayor, ya que en ellas la cantidad de mortero adherido es superior que en las fracciones más gruesas, siendo más acusado dicho efecto cuanto menor sea la densidad del árido reciclado, tal y como puede comprobarse en el figura IV-4. (Fernando López Gayarre 2008,29)

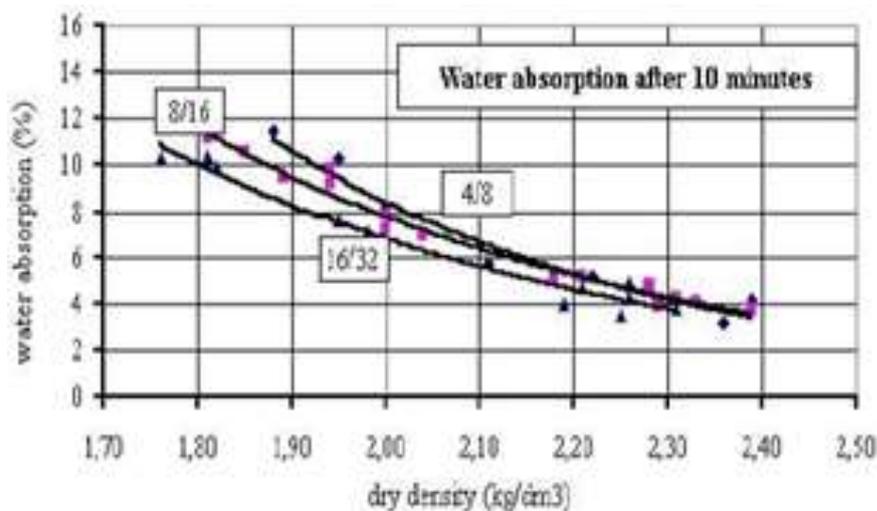


Figura IV-4 Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridos 10 minutos.
Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,29

Una vez transcurridas 24 horas, puede observarse en el figura IV-5, la absorción sigue presentando valores claramente diferenciados, según el tamaño del árido reciclado, en densidades bajas. Dicha diferencia prácticamente se anula para densidades más elevadas. (Fernando López Gayarre 2008,29)

Cuando los áridos reciclados proceden de concretos que presentaban resistencias elevadas la absorción es menor que en los de resistencias más bajas. (Fernando López Gayarre 2008, 30)

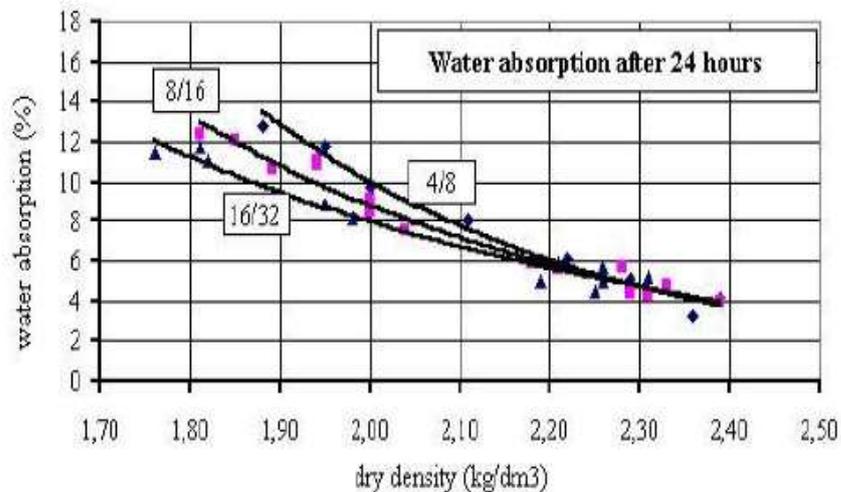


Figura IV-5 Relación entre la absorción y la densidad en áridos reciclados según su tamaño transcurridas 24 horas.
Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,29

En la Tabla IV-8 quedan reflejados los valores obtenidos para la absorción en la bibliografía consultada. (Fernando López Gayarre 2008,30)

Tabla IV-8
Absorción en áridos reciclados comparados con los naturales según diversos autores

REFERENCIA	Absorción %	
	Árido reciclado	Árido natural
Rasheeduzzafar 1984	8,51 G	4,11 G
Ravindrarajah 1984	5,68 G	0,30 G
Kashino 1988	5,98-5,47 G	-
Nishbayashi 1988	8,1-6,8 G	-
Nixon 1993	5,1-4 G	0,9 G
Barra 1996	7,49-6,85 G	0,8-0,5 G
Knight 1998	5,7-5,4 G	-
Park 1999	4,8-3,8 G	0,5 G
Katz 2000	8-3,3 G	-
Dos Santos 2002	5,5-4,9 G	1,14 G
Poon C.S. 2002	7,60 G	1,25 G
	14,21 F	1,01 F
Kou S. C. 2004	4,26-3,52 G	1,12-1,11 G
Jianzhuang X. 2004	9,25 G	0,4 G
D. Sani 2004	7,4 G	-
D. Sani 2004	15,8 F	-
Sánchez M. 2004	6,10 G	1,99 G
Tsung-Yueh Tu 2005	5 G	-
	10 F	1 F
Poon C.S. 2005	10,3 F	-
Evangelista 2007	13,1 F	0,8 F

Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,31

- **RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN.-**

El coeficiente de Los Ángeles en áridos reciclados presenta valores superiores debido a que en dicho ensayo no solamente se produce la correspondiente pérdida de peso del árido natural sino también la derivada de eliminar la totalidad del mortero adherido.

En las fracciones más finas el coeficiente de Los Ángeles es mayor debido a que, como ya se ha comentado con anterioridad, el porcentaje de mortero adherido es mayor.

Mediante el empleo de trituraciones sucesivas se logra mejorar la calidad del árido y obtener un coeficiente de Los Ángeles con valores más próximos a los del árido natural.

El hormigón del que proceden los áridos reciclados también influye en el valor obtenido en el ensayo observándose que, al aumentar la resistencia, el valor del coeficiente de Los Ángeles disminuye. En la tabla siguiente se recogen algunos valores para dicho coeficiente reflejados en los estudios consultados.

*Tabla IV-9
Coeficiente de Los Ángeles en áridos reciclados según diversos autores*

REFERENCIA	Tamaño Árido (mm)	Coef. De los Ángeles %	
		Árido reciclado	Árido natural
Ravindrarahaj 1984	37.5/5	18.1	37
Barra 1996	20/12	24.7	31
	12/6	20.4	29.5
Yamato 2000	AG	19.4	30.1
González B. 2002	25/12	27	34
Sánchez M. 2005	4/16	35.8	38.9

Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,33.

La evaluación de la resistencia a la fragmentación en los áridos reciclados puede realizarse mediante la norma UNE-EN 1097-6 "Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación".

PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO FRESCO

- **CONSISTENCIA**

La fabricación de concretos con agregados reciclados conlleva un aumento de la consistencia, para una misma relación agua-cemento, respecto a un concreto convencional. Al presentar los agregados reciclados valores elevados en su absorción, la cantidad de agua absorbida por los agregados durante el proceso de amasado del concreto será tanto más importante cuanto mayor sea el porcentaje de sustitución del agregado. Como consecuencia se producirá una reducción de la relación agua-cemento efectiva y, por lo tanto, un aumento de la consistencia del hormigón fresco. (Fernando López Gayarre 2008,50-51)

Otros estudios realizados han obtenido consistencias similares en hormigones fabricados con áridos reciclados y en el correspondiente concreto de control utilizando diferentes valores para la relación agua-cemento. (Fernando López Gayarre 2008,51)

Aunque el factor fundamental que provoca un aumento en la demanda de agua en estos hormigones es la elevada absorción del agregado reciclado, otros factores como su textura rugosa o el cambio de la Granulometría del árido reciclado durante el proceso de amasado pueden contribuir a dicho incremento. (Fernando López Gayarre 2008,51)

En la figura IV-6 puede observarse la evolución de la consistencia en un hormigón de control y en otro fabricado con árido reciclado. Se ha utilizado la misma dosificación y la misma curva granulométrica para ambos. (Fernando López Gayarre 2008,51)

Como puede observarse el aumento en la consistencia es debido, en principio, al desprendimiento del mortero adherido al árido. Después de transcurridos los diez primeros minutos la consistencia del hormigón aumenta considerablemente a causa de la elevada absorción del árido reciclado. A partir de entonces ambas curvas discurren casi paralelamente. (Fernando López Gayarre 2008,51)

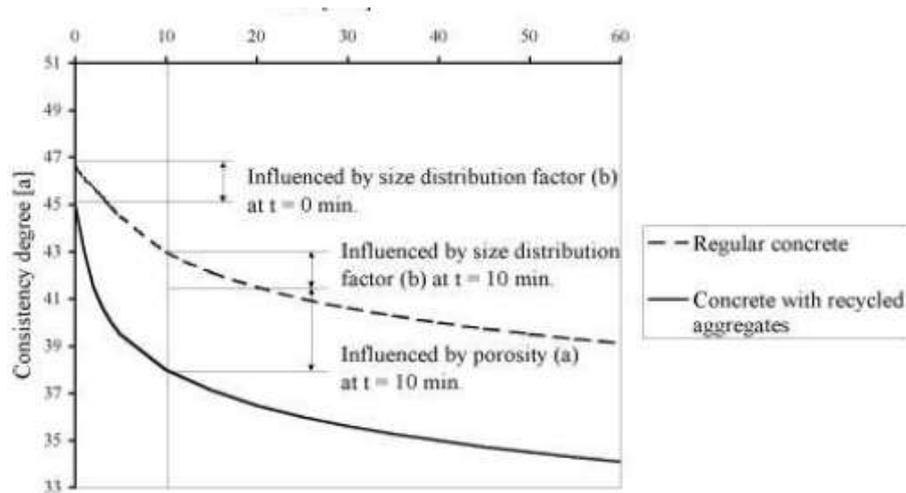


Figura IV-6 Comparación de consistencia entre el hormigón reciclado y el de control .
Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,51

Para obtener una determinada consistencia puede procederse de varios modos:
(Fernando López Gayarre 2008,51)

1. Estimar la cantidad de agua adicional mediante ensayos previos.
2. Saturar el árido reciclado antes de proceder al amasado.
3. Utilizar un aditivo superplastificante.

Respecto a la primera opción cabe indicar que, al presentar bastante heterogeneidad el árido reciclado, será difícil establecer un valor único para la absorción y para la cantidad de agua que necesitará añadirse. (Fernando López Gayarre 2008,52)

La saturación del agregado reciclado, para la producción de concreto a escala industrial, presenta problemas logísticos ya que en la planta de fabricación habría que disponer de las instalaciones adecuadas que permitieran sumergir los agregados que se encuentran en el acopio hasta lograr su saturación. En los trabajos consultados al respecto puede observarse que en concretos fabricados con agregados reciclados saturados previamente la consistencia disminuye significativamente respecto a los mismos hormigones que incorporaban el agregado reciclado seco. (Fernando López Gayarre 2008,52)

La adición de un aditivo superplastificante en un momento dado permite corregir la consistencia del hormigón sin añadir cantidad alguna de agua. El aumento del coste de fabricación puede verse compensado por la baja relación agua-cemento, en relación con los dos métodos anteriores, y el consiguiente

aumento de la resistencia del hormigón [70,88]. El superplastificante debe añadirse, preferiblemente, un poco antes de la colocación del hormigón en el encofrado. (Fernando López Gayarre 2008,52)

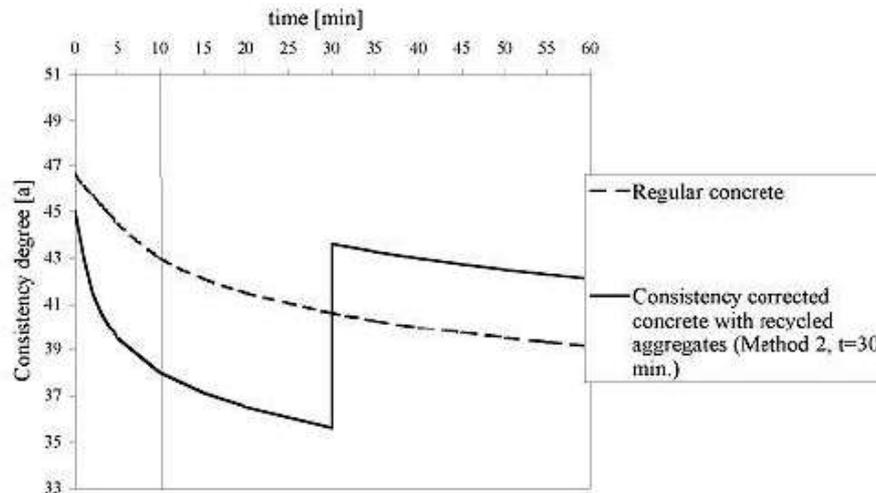


Figura IV-7 Corrección de la consistencia por adición de superplastificante. Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,53

En la figura IV-7 puede observarse el efecto causado por el superplastificante en la consistencia del hormigón reciclado en relación con un hormigón de control de igual dosificación y con la misma granulometría en los áridos. Una vez añadido el aditivo en el porcentaje adecuado, el aumento en la fluidez de la masa del concreto reciclado es, como puede observarse, superior al hormigón de control durante un periodo de tiempo estimado en treinta minutos. Es muy importante no sobrepasar el porcentaje máximo ya que puede provocar disgregación en la mezcla como efecto secundario. (Fernando López Gayarre 2008,52)

- **DENSIDAD**

La densidad del concreto fresco fabricado con agregado reciclado es inferior a la del concreto normal, debido a la menor densidad que presenta el árido reciclado como consecuencia del mortero adherido que envuelve a la matriz rocosa. (Fernando López Gayarre 2008,53)

Los valores de la densidad oscilan entre 2,13 y 2,40 kg/dm³. (Fernando López Gayarre 2008,53)

PROPIEDADES DEL CONCRETO RECICLADO ENDURECIDO

• **RESISTENCIA A COMPRESIÓN**

En general, la resistencia a compresión en los hormigones fabricados con árido reciclado disminuye con respecto a los convencionales, manteniendo en ambos la misma relación agua-cemento, siendo dicha disminución más significativa cuanto mayor sea el porcentaje de árido grueso sustituido. Las causas más influyentes en este aspecto son: (Fernando López Gayarre 2008,54)

1. La cantidad de mortero adherido a la matriz rocosa que hace que el árido reciclado tenga una menor resistencia mecánica que el árido natural.
2. El aumento de zonas débiles en la masa de hormigón endurecido al utilizar áridos reciclados, ya que a la superficie de contacto entre el árido natural y el mortero adherido que lleva se suma la superficie de contacto, más débil aún, existente entre los áridos reciclados y el mortero nuevo.

En la mayoría de los estudios consultados la influencia de los áridos reciclados sobre la resistencia a compresión del hormigón se ha analizado estudiando separadamente los dos casos siguientes: (Fernando López Gayarre 2008,54)

1. Sustitución de diferentes porcentajes del árido grueso natural por árido reciclado.
2. Sustitución de diferentes porcentajes del árido grueso y del árido fino natural por árido reciclado.

Sin embargo, se ha llevado a cabo alguna experiencia [sustituyendo únicamente el árido fino por árido fino reciclado, obteniéndose resultados que van desde una disminución de resistencia del 3,4% para un porcentaje de sustitución del 20% hasta un 7,6% cuando se sustituye el 100%.(Fernando López Gayarre 2008,55)

La influencia del porcentaje de árido reciclado en la resistencia del hormigón es muy notable. En los estudios consultados, en los que se sustituye únicamente el árido grueso y cuyos datos quedan reflejados en la tabla 2.17, las pérdidas

de resistencia son muy pequeñas cuando el porcentaje de sustitución no supera el 30%. Cuando el porcentaje sustituido es del 50% la resistencia varía en una horquilla comprendida entre una ganancia puntual del 5% y pérdidas de hasta el 16%. Cuando dicho porcentaje aumenta al 100% las pérdidas de resistencia oscilan entre el 1% y el 23%.(Fernando López Gayarre 2008,55)

Cuando se sustituye íntegramente el árido grueso y el árido fino, según los resultados mostrados en la Tabla IV-9, las pérdidas de resistencia se hacen más acusadas situándose en una horquilla comprendida entre el 6% y el 30%. Algún estudio puntual, en el que se han utilizado áridos saturados, presenta resultados en los que llegan a producirse incrementos en la resistencia de hasta el 16%.(Fernando López Gayarre 2008,56)

Aunque hay muy pocos estudios al respecto, las pérdidas en el valor de la resistencia a compresión son moderadas cuando se sustituye, únicamente, el árido fino, según L. Evangelista y J. de Brito. Fluctúan entre el 0,8% y el 7,6%.(Fernando López Gayarre 2008,58)

Otro aspecto que influye directamente en la resistencia a compresión del hormigón reciclado es la calidad del hormigón de origen. Con un árido reciclado de baja calidad, procedente de un hormigón de baja resistencia o en mal estado, fabricaremos un hormigón reciclado cuya resistencia a compresión no superará la del hormigón original ni reduciendo la relación agua-cemento. Por el contrario, si los áridos reciclados proceden de hormigones con una elevada calidad –hormigón de origen con resistencia elevada y en buen estado- el hormigón reciclado obtenido sustituyendo el árido grueso a partir de ellos podrá presentar resistencias incluso superiores a las del hormigón de control. Así podemos observar en el figura IV-8 como, a partir de áridos procedentes de hormigones cuya resistencia era de 30 N/mm², pueden fabricarse hormigones reciclados, sustituyendo el árido grueso, con resistencias por encima de los 35 N/mm² reduciendo adecuadamente la relación agua-cemento. (Fernando López Gayarre 2008,58)

Tabla IV-10
Resistencia a compresión del hormigón reciclado.

Referencia	Resistencia Compresión (MPa)			% Sustituidos	Observaciones
	HC	HA	%Δ		
Kasai 1988	44.34	43.33	-2%,-3%	30% AG	
	44.34	42.32	-5%,-6%	50% AG	
	44.34	40.26	-10%,-23%	100% AG	
Mukai 1988	31.7	29.8	-6 %	100% AG y AF	Aumenta contenido de agua y cemento
Kikuchi 1993	40	38	-5	100% AG	Aumenta contenido de agua y cemento
	40	35	-12.5	30 % AG Y AF	
	40	38	-5	15 % AG Y AF	
Yanagi 199	34	27.3	-20	100% AG	Impurezas (5-8%)
Tavakoli 1996	33	33.5-32	+1.5%,-3%	100% AG	Aumenta contenido de agua y cemento
Barra 1996	44.4	40.3	-9	100% AG	Aumenta contenido de agua y cemento
Di Niro 1998	45	38	-16	50 % AG	
Knight 1998	45.2	46,7-43	+3% ,-5%	30 % AG Y AF	Aumenta contenido de agua y cemento
	45.2	44,7-34.8	-1% -23%	60 % AG y AF	
Nagataki 2000	-	-	+3%,+16%	100% AG Y AF	Árido saturado
Park 2001	41,5	38	-8 %	50 %	
		40	-4 %	50 % AG	
Ajdukiewicz 2001	37.7	34.6	-8 %	50 % AG	Más agua HR. Humo de sílice
González B. 2002	38.3	40.2	+5 %	50 % AG	Aumento 12% de agua y cemento.
	41.8	42.9	+3 %	60 % AG	
Gómez J. 2002	39	35.8	-8 %	100 % AG	
	39	34.5	-12 %-	20 % AG	400 kg/m3 de cemento
Kou S.C. 2004	45.9	43.6	5 %	50 % AG	
	45.9	40.4	-12 %	100 % AG	Con ceniza volante
	45.9	38.3	-17 %	100 % AG	
Sánchez M. 2005	29.3	26.3	-10 %	100 % AG	a/c = 0,60
	40.3	34.4	-15 %	100 % AG	a/c = 0,50
	48.5	41.3	-15 %	100 % AG	a/c = 0,50
Jianzhuang X. 2005	26.9	25.4	-6 %	100 % AG	
	26.9	23.6	-12 %	100 % AG	
	26.9	23.8	-12 %	100 % AG	
Tsung Y. T. 2006 [-	-	-20 %	100 % AG	
	-	-	-30 %	100 % AG Y AF	Aumenta contenido de agua y cemento
Evangelista 2007		57.3	-3.4 %	20 % AF	
	59.3	58.8	-0.8%	50 % AF	
		54.8	-7.6 %	100 % AF	
Etxeberria 2007	29	28	-4 %	25 % AG	a/c = 0,55
	29	29	-	50 % AG	a/c = 0,52
	29	28	-4 %	100 % AG	a/c = 0,50
Turatsinze 2007	33.5	33.1	-1 %	100 % AG	a/c = 0,40
	24.1	33.6	-2 %	100 % AG	a/c = 0,50
	18.1	17.9	-1 %	100 % AG	a/c = 0,60

Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,56.

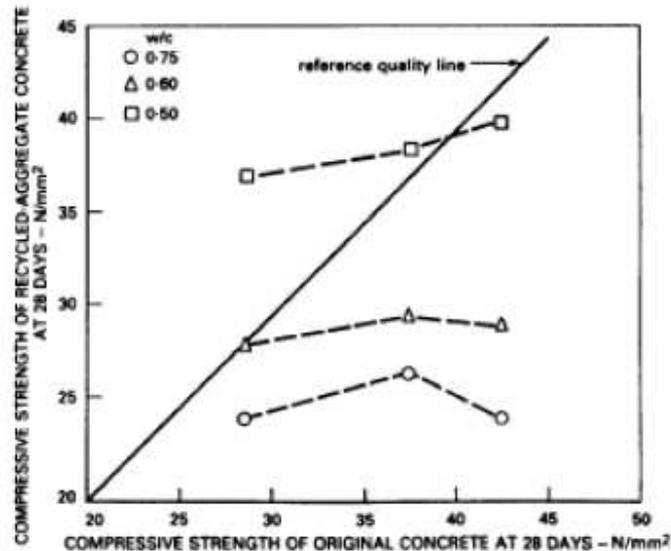


Figura IV-8 Relación entre la resistencia compresión del hormigón original y el reciclado.
Fuente: *Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas*, Fernando López Gayarre 2008,58.

Cuando la sustitución del árido se realiza tanto en la fracción gruesa como en la fracción fina la influencia de la calidad del hormigón de origen reviste mayor importancia que en el caso anterior. Según los estudios consultados el empleo de áridos reciclados procedentes de hormigones de elevada calidad no permite obtener hormigones reciclados que alcancen las resistencias del hormigón de control cuando la sustitución del árido natural se realiza en su totalidad. En cualquier caso sería conveniente llevar a cabo más estudios que nos permitieran establecer como definitivas dichas conclusiones. (Fernando López Gayarre 2008,58-59)

El contenido de mortero adherido del árido reciclado también influye decisivamente sobre la resistencia a compresión del hormigón reciclado. La reducción de resistencia experimentada en un hormigón fabricado con árido reciclado que llevaba un 35,5% en peso de mortero adherido fue del 15%, mientras que en el mismo hormigón, fabricado con el mismo tipo de árido reciclado pero conteniendo un 67,6% de mortero adherido, la caída de resistencia fue del 30%.

La evolución de la resistencia a compresión en el hormigón reciclado durante las cuatro primeras semanas es similar a la de hormigón de control aunque algunos estudios indican una tendencia de los hormigones reciclados a

presentar resistencias superiores a los hormigones de control a partir de los 28 días. A este respecto puede observarse la figura IV-9.

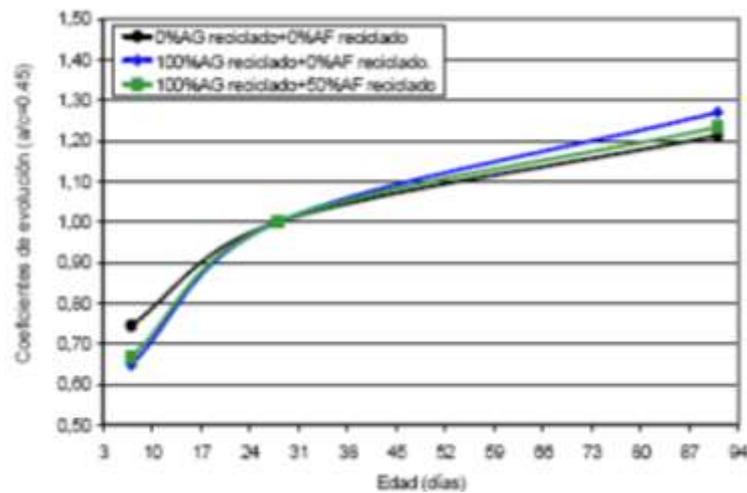


Figura IV-9 Evolución de la resistencia compresión del hormigón reciclado. Fuente: Influencia De La Variación De Los Parámetros De Dosificación Y Fabricación De Hormigón Reciclado Estructural Sobre Sus Propiedades Físicas Y Mecánicas, Fernando López Gayarre 2008,59.

Las caídas de resistencia en los hormigones reciclados cuando la aplicación de la carga se realiza a una velocidad lenta son mayores que en los hormigones de control. (Fernando López Gayarre 2008,59)

Aunque hay pocos estudios realizados al respecto, cabe resaltar los resultados obtenidos por González Fonteboa en los que puede observarse que se producen descensos en la resistencia del hormigón reciclado en torno al 9%. Dichos estudios se llevaron a cabo utilizando cuatro probetas cilíndricas; dos de ellas se rompieron a velocidad normalizada (8,66 kN/s) y otras dos a velocidad lenta (0,06 kN/s). De todas formas sería muy conveniente realizar estudios complementarios que permitan un conocimiento más amplio de las roturas a carga lenta y los fenómenos diferidos en los hormigones reciclados. (Fernando López Gayarre 2008,60)

El modo de rotura en los ensayos de resistencia a compresión se produce principalmente de forma intragranular debido a la cantidad de mortero adherido que lleva consigo el árido reciclado. En cualquier caso será función de la naturaleza del árido natural y de la cantidad de mortero adherida al mismo. (Fernando López Gayarre 2008,60)

Las grandes diferencias que pueden presentar, en lo referente a su calidad, los áridos reciclados procedentes de hormigones repercutirán, sin duda, en la resistencia a compresión del hormigón haciendo que el coeficiente de variación sea elevado. (Fernando López Gayarre 2008,60)

El coeficiente de variación adoptará valores bajos si el árido reciclado es homogéneo y es contrastada su calidad. Según estudios consultados en hormigones fabricados en laboratorio, con un 75% de sustitución del árido grueso y con unas relaciones a/c de 0,40, 0,50 y 0,60, los coeficientes de variación de la resistencia a compresión han sido, respectivamente, el 7,1%, el 6,8% y el 7,6%. (Fernando López Gayarre 2008,60)

Cuando el hormigón origen de los áridos reciclados no presenta una uniformidad elevada al proceder de distintas partidas, dicho coeficiente puede alcanzar valores que llegan hasta el 25%. En estas ocasiones la dosificación del hormigón debe proporcionar resistencias a compresión altas para lograr obtener la resistencia característica requerida. (Fernando López Gayarre 2008,60)

Respecto a la normativa existente al respecto podríamos destacar las especificaciones, relativas a la categoría resistente de los hormigones reciclados, establecidas por distintas normas internacionales y referidas al ensayo sobre probeta cilíndrica. Dichos valores quedan recogidos en la Tabla IV-11. (Fernando López Gayarre 2008,60)

NORMAS SOBRE AGREGADOS RECICLADOS

En la actualidad solo algunos países disponen de normativa que regule el uso de áridos reciclados para su empleo en hormigón. A continuación resumimos algunas de ellas. (Fernando López Gayarre 2008,40)

- **Estado actual en USA.-**

Aunque no existen normas específicas al respecto si existen otras que se utilizan como base para determinar las propiedades de los áridos reciclados. Actualmente el comité 555 de ACI elabora un documento para normalizar la utilización de áridos reciclados en hormigón. Cabe reseñar que dichos áridos se clasifican según las siguientes categorías: (Fernando López Gayarre 2008,40)

Tabla IV-11
 Recomendaciones para la resistencia a compresión en hormigones reciclados.

Normativa	Agregado Reciclado	fc (N/mm ²)
RILEM	Tipo I	16
	Tipo II	50
	Tipo III	Sin Limite
Gran Bretaña	RCA	40
	RA	16
	≤20% AG	Sin Limites
Alemania	Tipo 1	25-35 *
	Tipo 2	25-35 *
	Tipo 3	25-35 *
	Tipo 4	25-35 *
	H	18-24
Japón	M	16-18
	L	<16
	≤20% AG	Sin Limites
Australia **	Clase I	40
	≤20% AG	Sin Limites
España	≤20% AG	20-40
	>20% AG	Ensayos previos

* Resistencia a compresión en probeta cúbica. En ambientes agresivos se comprobará la reacción álcali-árido.

** Aplicaciones no estructurales.

- a) Residuos triturados procedentes de demoliciones. Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y que contienen cierto porcentaje de otros elementos contaminantes.
- b) Residuos de demolición clasificados y limpios. Son una mezcla de hormigón y residuos cerámicos triturados, clasificados y sin presencia de otros elementos contaminantes.
- c) Residuos cerámicos limpios. Son restos de ladrillos triturados y clasificados que contienen menos del 5% de hormigón, materiales pétreos u otros contaminantes.
- d) Residuos de hormigón limpios. Son restos de hormigones triturados y clasificados que contienen menos del 5% de restos de ladrillo, materiales pétreos u otros contaminantes.

A todos ellos se les exige, cuando vayan a ser utilizados en la producción de hormigón, que posean la dureza adecuada para conseguir la resistencia a compresión deseada, que no provoquen reacciones indeseables con otros componentes de la mezcla y que su granulometría y forma sean las adecuadas

para obtener una buena trabajabilidad con ellos. En función de su uso se clasifican en: (Fernando López Gayarre 2008,41)

1. Áridos para rellenos en general. Las cuatro categorías anteriores pueden utilizarse con dicho fin.
2. Áridos para drenajes. Las cuatro categorías son adecuadas para emplearse con esta finalidad.
3. Áridos para bases y sub-bases de carreteras. Las categorías b, c y d son adecuadas para esos fines.
4. Áridos para la fabricación de hormigón. Aunque las categorías b y c pueden emplearse en hormigones de dosificación es la categoría d la más adecuada para esta finalidad.

- **Estado actual en Japón.-**

En Japón los áridos reciclados se clasifican en tres categorías. El árido reciclado de mayor calidad se le denomina con la letra H, el de calidad intermedia con la letra M y el de más baja calidad con la letra L. Con el primero de ellos se consiguen las mejores prestaciones en la fabricación de hormigón. Quedan regulados, respectivamente, por las normas JIS A 5021, JIS A 5022 y JIS A 5023 puestas en circulación entre los años 2005 y 2007]. (Fernando López Gayarre 2008,41)

La clasificación en una u otra categoría se basa en los requisitos exigidos a sus propiedades físicas, a la reactividad álcali-árido y al contenido de impurezas que contengan. (Fernando López Gayarre 2008,41)

En las tablas siguientes se especifican a modo de ejemplo los estándares de calidad requeridos para los áridos reciclados de más alta calidad (clase H). (Fernando López Gayarre 2008,41)

*Tabla IV-12
Propiedades del árido reciclado clase H JIS A 5021.*

PROPIEDAD	AG	AF
Densidad en seco (kg/m³)	≥ 2500	≥ 2500
Absorción %	≤ 3%	≤ 3 %
Abrasión %	≤ 35 %	-
% que pasa por el tamiz de 75 μm	≤ 1 %	≤ 7 %
Contenido de ion cloruro	≤ 0.04 %	≤0.04 %

Tabla IV-13
Sustancias contaminantes del árido reciclado clase H JIS A 5021.

Sustancias contaminantes	% en peso
Baldosas, ladrillo, cerámica, asfalto	2.0
Vidrio	0.5
Yeso	0.1
Otras sustancias inorgánicas	0.5
Plásticos	0.5
Madera, papel	0.1

- **Estado actual en Australia**

En 2002, el Ministerio de Medio Ambiente y Patrimonio en colaboración con el CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) elaboró una guía nacional para la utilización de hormigón reciclado en aplicaciones no estructurales. En dicha guía los áridos reciclados se clasifican en áridos reciclados de clase 1 y de clase 2. Los primeros son los que se utilizan en la fabricación de hormigón ya que las limitaciones establecidas en sus propiedades físicas son muy parecidas a las de los áridos naturales. Los áridos reciclados de segunda clase se utilizan como material de relleno y como bases y sub-bases en arreteras y pavimentación. Se les exige a ambos una absorción inferior al 6% y una densidad mínima de 2100 kg/m³. (Fernando López Gayarre 2008,42)

- **Estado actual en la Comunidad Europea**

Al coexistir las distintas normas nacionales con las que emanan del CEN nos encontramos, dentro del grupo de países que componían la comunidad Europea antes de la última ampliación, con cierta variedad en cuanto a la clasificación de los áridos reciclados. (Fernando López Gayarre 2008,43)

En Alemania la norma DIN 4226-100 clasifica los áridos reciclados en cuatro categorías diferentes: (Fernando López Gayarre 2008,43)

TIPO 1: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 10%.

TIPO 2: Son áridos que proceden mayoritariamente de residuos de hormigón o de áridos minerales en con un porcentaje mínimo del 70%. Presentan un contenido máximo de clinker, ladrillo y arenisca caliza del 30%.

TIPO 3: Son áridos que en su mayoría proceden de residuos cerámicos en una proporción mínima del 80%. Presentan un contenido máximo de materiales procedentes de hormigón o áridos minerales del 20%.

TIPO 4: Son áridos que en su mayoría proceden de una mezcla de RCDs con un contenido mínimo del 80% de material procedente de hormigón, áridos minerales o productos cerámicos.

En Reino Unido la norma BS-EN 206-1 clasifica el árido reciclado en dos tipos diferentes: (Fernando López Gayarre 2008,43)

RCA: Árido reciclado procedente de residuos de hormigón con un contenido máximo de impurezas como material cerámico, partículas ligeras, asfalto, vidrio, plástico, etc del 17%. La resistencia máxima recomendable del hormigón fabricado con este tipo de árido no superará los 40 N/mm².

RA: Árido reciclado procedente de materiales cerámicos o mezclado con hormigón. El contenido de materiales cerámicos puede ser del 100%. Se utiliza en hormigones pobres con resistencias a compresión que no llegan a los 20 N/mm².

La RILEM distingue tres tipos de áridos reciclados (Fernando López Gayarre 2008,44):

TIPO I: Áridos procedentes mayoritariamente de fábrica de ladrillo.

TIPO II: Áridos procedentes mayoritariamente de residuos de hormigón con un contenido máximo de residuos cerámicos del 10%.

TIPO III: Áridos compuestos por una mezcla de áridos naturales mayor del 80%. El resto puede estar integrado por un 10% como máximo de áridos tipo I o un hasta un 20% de áridos tipo II.

- **Estado actual en España.-**

En nuestro país se acaba de publicar, en Julio de 2008, la nueva EHE-08. Entre los aspectos fundamentales que han inspirado los trabajos de revisión de la Instrucción están la adopción de criterios de contribución a la sostenibilidad y la incorporación a la Instrucción de nuevos hormigones como los reciclados. Por estas razones incorpora el anejo 15 donde quedan detalladas las recomendaciones para la utilización de hormigones reciclados. Entre ellas

destacamos aquellas que inciden en las características del árido reciclado:
(Fernando López Gayarre 2008,44)

- Excluye los áridos finos reciclados para la fabricación de hormigón.
- No permite la fabricación de hormigón con áridos reciclados de distinta naturaleza al hormigón así como con aquellos que, aunque procedan de residuos de hormigón, puedan estar afectados por patologías que afecten a su calidad tales como ataque por sulfatos, fuego, reactividad álcali-árido, etc o provengan de hormigones especiales como el aluminoso, con fibras, polímeros, etc.
- El tamaño del árido permitido será de 4 mm presentando como máximo un 5% en peso de partículas que pasen por dicho tamiz así como un 10% de desclasificados inferiores.
- El contenido de cloruros, de sulfatos, de partículas blandas y de las que tienen bajo peso específico serán los mismos que los prescritos en la Instrucción para áridos naturales.
- Cuando la sustitución de árido grueso por árido reciclado no supere el 20% el contenido de terrones de arcilla en dicho árido no será superior al 0,6%. En el árido natural no excederá del 0,15%.
- El contenido de material cerámico no deberá exceder del 5% en peso del total de la muestra, las partículas ligeras en el 1%, el asfalto en el 1% y otros materiales como vidrio, plásticos, metales, en el 1%.
- La absorción en el árido reciclado no será superior al 7% cuando el porcentaje de sustitución del árido grueso no supere el 20%. En este caso el árido grueso natural no presentará una absorción superior al 4,5%. Si se supera el 20% de sustitución la mezcla de árido reciclado y árido natural no debe presentar un valor de la absorción superior al 5%.
- La resistencia al desgaste será la misma que en los áridos naturales con un coeficiente de Los Ángeles máximo del 40%.
- La granulometría, el coeficiente de forma y el índice de lajas del árido reciclado serán adecuados para su empleo en hormigón estructural.

CAPITULO V.

MATERIALES A USARSE EN LA INVESTIGACIÓN

5.1. CEMENTO

5.1.1. CEMENTO PORTLAND TIPO I

En el desarrollo de la tesis se ha empleado el Cemento “SOL”, siendo este un cemento portland Tipo I y fabricado por la empresa Cementos Lima S.A.

El cemento Sol tipo I cumple con la norma Técnica Peruana (NTP) 334.009 y la norma técnica americana ASTM C-150.

5.1.2. PRINCIPALES PROPIEDADES DEL CEMENTO “SOL”

5.1.2.1. PROPIEDADES QUÍMICAS

Tabla V-1

Propiedades Químicas del Cemento Portland Tipo I " Sol"

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO SOL TIPO I
CaO (%)	63.2
SiO ₂ (%)	19.79
Al ₂ O ₃ (%)	6.15
Fe ₂ O ₃ (%)	2.82
K ₂ O (%)	0.96
Na ₂ O (%)	0.28
SO ₃ (%)	2.58
MgO (%)	3.16
CaO (%)	0.52
P. Ignición (%)	0.80
Insolubles (%)	0.62

Fuente información proporcionada por el fabricante

5.1.2.2. PROPIEDADES FÍSICAS

Tabla V-2
Propiedades Físicas del Cemento Portland Tipo I "Sol"

CARACTERÍSTICAS	CEMENTO SOL TIPO I
Fineza	
Malla N° 100 (%)	0.04
Malla N° 200 (%)	1.14
Superficie Especifica	
Blaine (cm ² /g)	3.477
Contenido de aire	9.99
Expansión Autoclave	0.18
Peso Especifico	3.11
Fraguado	
Vicat Inicial (Hr:min)	01:49
Vicat Final (Hr:min)	03:29
Resistencia a la compresión	
3 días (kg/cm ²)	254
7 días (kg/cm ²)	301
28 días (kg/cm ²)	357
Calor de Hidratación	
7 días (Cal/g)	70.6
28 días (Cal/g)	84.3

Fuente información proporcionada por el fabricante

5.1.3. VENTAJAS

- Es usado en concretos de muchas aplicaciones y preferido por el buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad.
- Desarrolla un adecuado tiempo de fraguado, requerido por los maestros constructores en las diferentes aplicaciones requeridas del cemento.
- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.

5.1.4. USOS Y APLICACIONES

- Para las construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requiere características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Utilizado ampliamente para fabricar concretos de mediana y alta resistencia a la compresión (superiores a 300kg/cm²).
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueductos y alcantarillas, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajeos, enchapes de mayólicas y otros materiales.
- Producción de concretos pre-tensado y post-tensado.
- Compatible con todos los aditivos empleados en el concreto presentes en el mercado nacional.

5.1.5. RECOMENDACIONES

- Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento
- Es importante utilizar agregado de buena calidad. Si estos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las proporciones correctas
- Como todo concreto e recomendable siempre realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.
- Para asegurar una conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas del aire húmedo
- Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar la compactación

5.1.6. PRESENTACIÓN

Se comercializa en bolsas de 42.5 kg (3 pliegos) y a granel (a despacharse en camiones Bombonas y en Big Bags).

5.2. AGUA

El agua que se empleó durante toda la investigación es agua proveniente del grifo del laboratorio donde se realizaron los ensayos.

5.3. AGREGADO

5.3.1. AGREGADO NATURAL

5.3.1.1. CANTERA RIO SECO

La cantera Rio Seco es una cantera de agregados naturales que se dedica a la explotación de hormigón, arena y piedra zarandeada para la construcción. Es explotada por el propietario a solicitud de terceros (clientes).

Propietarios: Sr. Rubén Botoni

Ubicación:

Distrito: Barranca

Provincia: Barranca

Región: Lima

Se encuentra ubicado aproximadamente a la altura del kilómetro 224 de la carretera Panamericana Norte.

Accesibilidad: La vía principal de acceso a esta cantera es camino de acceso a la margen derecha de la carretera Panamericana Norte.

Método de explotación: la explotación de agregados se realiza a cielo abierto con maquinaria y herramientas manuales.

Tipos de agregados: El material que comercializa esta cantera es arena gruesa y piedra zarandeada.

5.3.1.2. AGREGADO FINO

Los agregados finos a usarse en la investigación son arenas provenientes del zarandeo mecánico de los agregados naturales de la cantera Rio Seco, Este agregado pasa por el tamiz 3/8" y cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037.

5.3.1.3. AGREGADO GRUESO

Los agregados gruesos a usarse en la investigación son piedras provenientes del zarandeo mecánico de los agregados naturales de la cantera Rio Seco, Este agregado se retiene en el tamiz N° 4.

5.3.2. AGREGADO RECICLADO

5.3.2.1.LUGAR DE EXTRACCIÓN DEL CONCRETO DESECHADO.

El lugar sirve como botadero de residuos provenientes de construcciones, demoliciones y remodelaciones. En el lugar se puede observar residuos como ladrillos, cerámicos, acero y concreto ya sea de cimientos y sobrecimientos así como también de vigas y columnas.

El concreto empleado en la investigación fue proveniente de columnas.

Ubicación:

Dirección: últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre.

Distrito: Barranca

Provincia: Barranca

Región: Lima

Accesibilidad: La vía principal de acceso al botadero es camino de acceso a la margen izquierda de la calle que une las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre.

5.4. LABORATORIO PARA LOS ENSAYOS

Es un lugar que se encuentra equipado con los medios necesarios para llevar a cabo la investigación de carácter científico o técnico.

5.4.1. EQUIPOS DEL LABORATORIO

Los laboratorios de Mecánica de Suelos y de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo; cuentan con la implementación necesaria para llevar a cabo los ensayos correspondientes a la investigación.

Los laboratorios cuenta con equipos tales como: bandeja, balanza, tamices, recipientes, probetas, moldes, horno eléctrico y prensa para ensayos de briquetas de concreto

Ubicación:

Dirección: Ciudad Universitaria.

Barrio: Shancayán

Distrito: Independencia

Provincia: Huaraz

Región: Ancash

CAPITULO VI.

ANÁLISIS DE LOS AGREGADOS

6.1. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO GRUESO

6.1.1. PIEDRA ZARANDEADA Y CONCRETO RECICLADO

Para esta investigación se emplearon como agregado grueso la piedra zarandeada y el concreto reciclado, y de la combinación proporcional de estos se obtuvieron dos más.

Según su composición, el agregado grueso utilizado son:

- 100 % Piedra zarandeada y 0 % Concreto Reciclado.
- 75 % Piedra zarandeada y 25 % Concreto Reciclado.
- 50 % Piedra zarandeada y 50 % Concreto Reciclado.
- 0 % Piedra zarandeada y 100 % Concreto Reciclado.

6.1.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

6.1.2.1. GRANULOMETRÍA

De este ensayo se puede determinar el Modulo de Finura, Tamaño Máximo y Tamaño máximo Nominal; que servirán para verificar la calidad del agregado

Procedimiento

- Se cuarteo en el suelo la piedra zarandeada y el concreto reciclado. Luego se preparó el agregado grueso según las proporciones que se plantea para esta investigación.
- Se tomaron muestras de 5000 a 6000 gramos de agregado.
- El ensayo consistió en verter el material al conjunto de tamices estándar y zarandearlo manualmente. Luego se extrajo el material retenido en cada malla y se pesó.

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Tabla VI-1
Análisis Granulométrico de la Piedra Zarandeada 100%.

TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	QUE PASA
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	552.80	17.19	17.19	82.81
1/2"	12.70	1565.90	48.71	65.90	34.10
3/8"	9.50	863.10	26.85	92.75	7.25
#4	4.76	223.60	7.05	99.80	0.20
FONDO		6.50	0.20	100.00	0.00

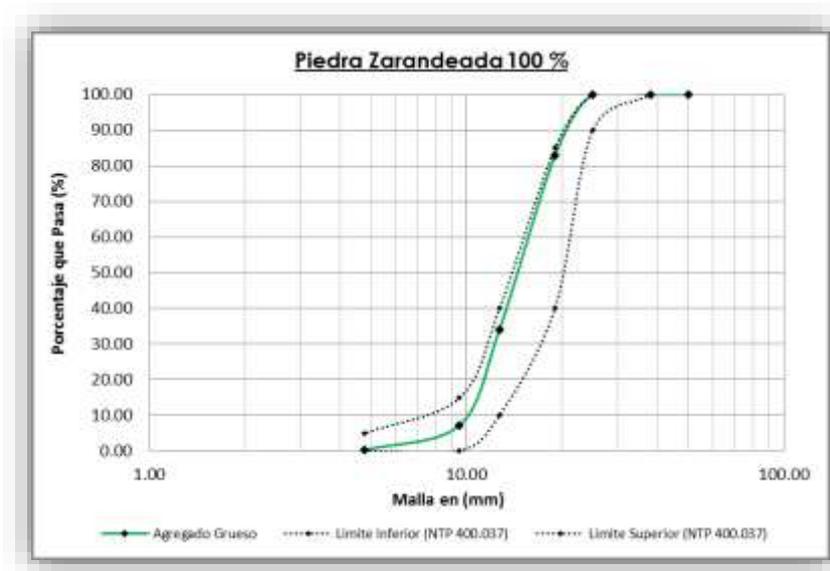


Figura VI-1 Curva Granulométrica de la Piedra Zarandeada 100%
Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Tabla VI-2

Análisis Granulométrico Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	QUE PASA
2 "	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	861.23	16.92	16.92	83.08
½"	12.70	2468.14	48.49	65.41	34.59
3/8"	9.50	1403.82	27.58	92.99	7.01
#4	4.76	350.70	6.89	99.87	0.13
FONDO		6.11	0.12	100.00	0.00

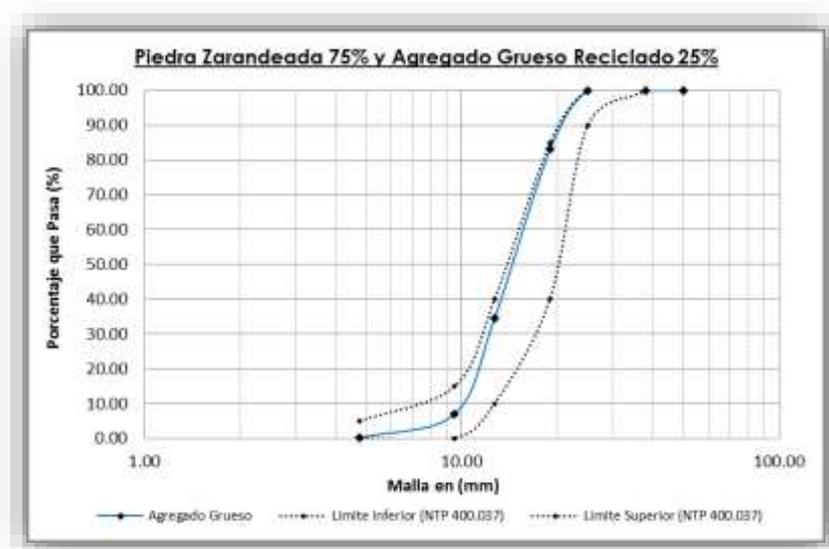


Figura VI-2 Curva Granulométrica de la Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%.

Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Tabla VI-3

Análisis Granulométrico Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	QUE PASA
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.00	642.23	11.85	11.85	88.15
½"	12.70	3011.19	55.56	67.41	32.59
3/8"	9.50	1385.82	25.57	92.98	7.02
# 4	4.75	369.08	6.81	99.79	0.21
FONDO		11.38	0.21	100.00	0.00

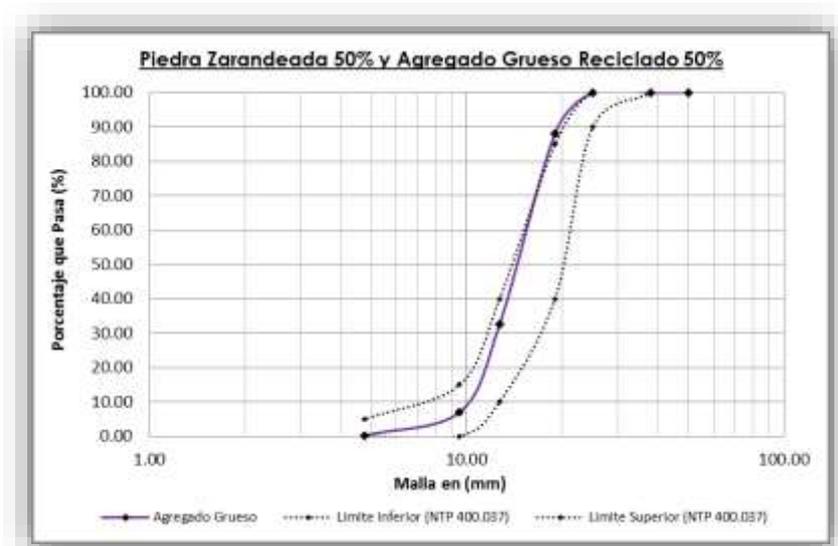


Figura VI-3 Curva Granulométrica de la Piedra Zarandeada 50 % y Agregado Grueso Reciclado 50%

Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56

• **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Tabla VI-4

Análisis Granulométrico Agregado Grueso Reciclado 100%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	138.00	2.58	2.58	97.42
1/2"	12.70	3136.06	58.63	61.21	38.79
3/8"	9.50	1872.12	35.00	96.21	3.79
# 4	4.75	175.98	3.29	99.50	0.50
FONDO		26.74	0.50	100.00	0.00

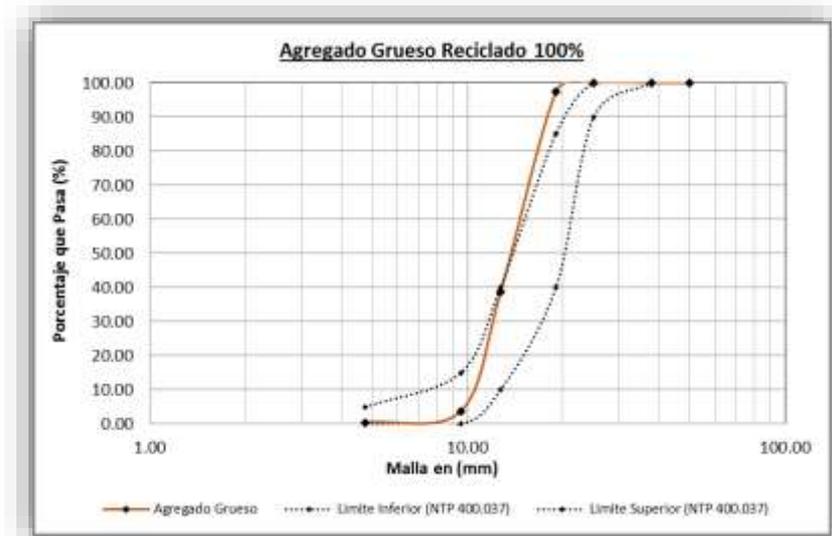


Figura VI-4 Curva Granulométrica del Agregado Grueso Reciclado 100%

Nota: Los límites inferior y superior empleados son del Huso 56

6.1.2.2. MODULO DE FINURA

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, dividida entre 100.

Procedimiento

Para determinar el módulo de fineza del agregado grueso, se tomaron porcentajes retenidos acumulados desde el tamiz 3" hasta 3/8", y para los restantes (del N° 4 al N° 100 se multiplica cada uno de ellos por 100, debido a que en todas ellas el porcentaje retenido acumulado es de 100%.

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Para este caso, el módulo de finura se obtuvo

$$MF = \frac{0.00 + 17.19 + 92.75 + 99.80 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$MF = 7.10$$

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, el módulo de finura se obtuvo

$$MF = \frac{0.00 + 16.92 + 92.99 + 99.87 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$MF = 7.10$$

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, el módulo de finura se obtuvo

$$MF = \frac{0.00 + 16.92 + 92.99 + 99.87 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$MF = 7.05$$

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, el módulo de finura se obtuvo

$$MF = \frac{0.00 + 2.58 + 96.219 + 99.50 + 100 + 100 + 100 + 100 + 100}{100}$$

$$MF = 6.98$$

6.1.2.3. TAMAÑO MÁXIMO

El tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo (T.M)} = 1''$$

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo (T.M)} = 1''$$

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo (T.M)} = 1''$$

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo (T.M)} = 1''$$

6.1.2.4. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

El tamaño máximo nominal corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo Nominal (T.M.N)} = 3/4''$$

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo (T.M.N)} = 3/4''$$

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo (T.M.N)} = 3/4''$$

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, el Tamaño Máximo del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Tamaño Máximo (T.M.N)} = 3/4''$$

6.1.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (N.T.P. 400.021)

Procedimiento

- Se tomaron aproximadamente 3kg de cada una de las 4 muestras de agregado grueso, cada porción se sumergió en una bandeja de agua por un periodo de 24 horas, con la finalidad de saturarlo.
- Pasada las 24 horas, el agua de cada bandeja es desechado y la superficie de las partículas de agregado es secado con una franela, con el fin de llevarlo al estado Saturado Superficialmente Seco (S.S.S), y se pesaron muestras de 1000 gramos aproximadamente.
- Después de pesar, se colocó de la muestra saturada superficialmente seca en la cesta de alambre y se tomó nota de su peso en agua.
- Luego la muestra se colocó en un recipiente y llevado al horno por 24 horas
- Finalmente se obtuvo el peso de la muestra seca

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Para este caso, el Peso Específico de Masa y Porcentaje de Absorción Promedio del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Específico de Masa (gr/cm}^3\text{)} = 2.72$$

$$\text{Porcentaje de Absorción Promedio (\%)} = 0.71$$

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, el Peso Específico de Masa y Porcentaje de Absorción Promedio del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Específico de Masa (gr/cm}^3\text{)} = 2.63$$

$$\text{Porcentaje de Absorción Promedio (\%)} = 2.14$$

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, el Peso Específico de Masa y Porcentaje de Absorción Promedio del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Específico de Masa (gr/cm}^3\text{)} = 2.53$$

$$\text{Porcentaje de Absorción Promedio (\%)} = 3.35$$

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, el Peso Específico de Masa y Porcentaje de Absorción Promedio del agregado grueso se obtuvo a partir del cuadro.

$$\text{Peso Específico de Masa (gr/cm}^3\text{)} = 2.37$$

$$\text{Porcentaje de Absorción Promedio (\%)} = 6.00$$

6.1.4. PESO UNITARIO (N.T.P. 400.017)

6.1.4.1. PESO UNITARIO COMPACTADO

Procedimiento

- En un molde metálico de 1/3 pie cúbico de capacidad, limpio y seco, se llenó el agregado hasta el ras. El llenado se realizó en tres capas con 25 golpes de compactación por cada capa, empleando una varilla metálica de 5/8" de diámetro y 60 cm. de longitud. La cara de la varilla debe ser lisa y de punta roma. A continuación se enrasó y luego se pesó el conjunto.
- Luego se pesó el molde metálico utilizado para determinar el peso del agregado compactado y finalmente se determinó el volumen del molde.

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Para este caso, el Peso Unitario Compactado del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Compactado (Kg/m}^3\text{)} = 1607$$

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, el Peso Unitario Compactado del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Compactado (Kg/m}^3\text{)} = 1549$$

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, el Peso Unitario Compactado del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Compactado (Kg/m}^3\text{)} = 1482$$

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, el Peso Unitario Compactado del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Compactado (Kg/m}^3\text{)} = 1295$$

6.1.4.2. PESO UNITARIO SUELTO

Procedimiento

- En un molde metálico de 1/3 pie cubico se llenó el material hasta el ras en una sola capa, sin compactar con la varilla metálica y luego se pesó el conjunto.
- Luego se pesó el molde metálico utilizado para determinar el peso del agregado suelto, y finalmente se determinó el volumen del molde.

Resultados

- **Agregado Grueso Natural 100%**

Para este caso, el Peso Unitario Suelto del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Suelto (Kg/m}^3\text{)} = 1442$$

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, el Peso Unitario Suelto del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Suelto (Kg/m}^3\text{)} = 1438$$

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, el Peso Unitario Suelto del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Suelto (Kg/m}^3\text{)} = 1346$$

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, el Peso Unitario Suelto del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Suelto (Kg/m}^3\text{)} = 1170$$

6.1.5. CONTENIDO DE HUMEDAD (N.T.P. 339.185)

Procedimiento

- Se pesaron muestras de más de 100 gramos de agregado grueso al estado natural.
- Las muestras se llevaron al horno durante 24 horas. Para luego ser pesadas en estado seco cada muestra.

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Para este caso, el Contenido de Humedad del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Humedad Promedio (\%)} = 0.33$$

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, el Contenido de Humedad del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Humedad Promedio (\%)} = 1.17$$

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, el Contenido de Humedad del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Humedad Promedio (\%)} = 2.13$$

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, el Contenido de Humedad del agregado grueso se obtuvo

$$\text{Humedad Promedio (\%)} = 4.25$$

6.1.6. RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASIÓN LOS ANGELES (N.T.P. 400.19)

Procedimiento

- Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, separar cada fracción individual y recombinar a la gradación “A”
- Registrar la masa de la muestra previamente al ensayo.
- La carga para la gradación “A” es de 12 esferas.
- Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Angeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Luego descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (N° 12).
- Lavar el material más grueso que la malla N° 12 y secar al horno, hasta peso constante y luego determinar la masa.

Resultados

- **Piedra Zarandeada 100%**

Para este caso, la resistencia al desgaste del agregado grueso por abrasión Los Angeles, se obtuvo:

Resistencia al desgaste por abrasión Los Angeles (%) = 17.75

- **Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25%**

Para este caso, la resistencia al desgaste del agregado grueso por abrasión Los Angeles, se obtuvo:

Resistencia al desgaste por abrasión Los Angeles (%) = 23.59

- **Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50%**

Para este caso, la resistencia al desgaste del agregado grueso por abrasión Los Angeles, se obtuvo:

Resistencia al desgaste por abrasión Los Angeles (%) = 29.42

- **Agregado Grueso Reciclado 100%**

Para este caso, la resistencia al desgaste del agregado grueso por abrasión Los Angeles, se obtuvo:

Resistencia al desgaste por abrasión Los Angeles (%) = 41.10

6.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGREGADO FINO

6.2.1. ARENA GRUESA

Para esta investigación se empleó como agregado fino, arena gruesa.

6.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (N.T.P. 400.012)

6.2.2.1. GRANULOMETRÍA

De este ensayo se puede determinar el Modulo de Fineza, Tamaño Máximo y Tamaño máximo Nominal; que servirán para comparar la calidad del agregado

Procedimiento

- Se cuarteo en el suelo la muestra de agregado fino.
- El material cuarteado, se llevó al horno por 24 horas.
- Se pesaron las muestras y luego estas fueron lavadas para ello se remojo el agregado fino, el agua y las partículas más finas son desechadas por las aberturas del tamiz N° 200. Después las muestras son llevadas al horno por otras 24 h
- El ensayo consistió en verter el material al conjunto de tamices estándar y zarandearlo manualmente. Luego se extrajo el material retenido en cada malla y se pesó.

Resultados

- **Agregado Fino Natural 100%**

Tabla VI-5
Análisis Granulométrico de la Arena Gruesa.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	QUE PASA
# 4	4.750	1.50	0.29	0.29	99.71
# 8	2.360	34.80	6.63	6.91	93.09
# 16	1.180	88.50	16.85	23.7	76.23
# 30	0.590	163.30	31.10	54.87	45.13
# 50	0.297	106.30	20.24	75.11	24.89
# 100	0.149	88.30	16.82	91.93	8.07
# 200	0.074	24.30	4.63	96.55	3.45
FONDO		18.10	3.45	100.00	0.00

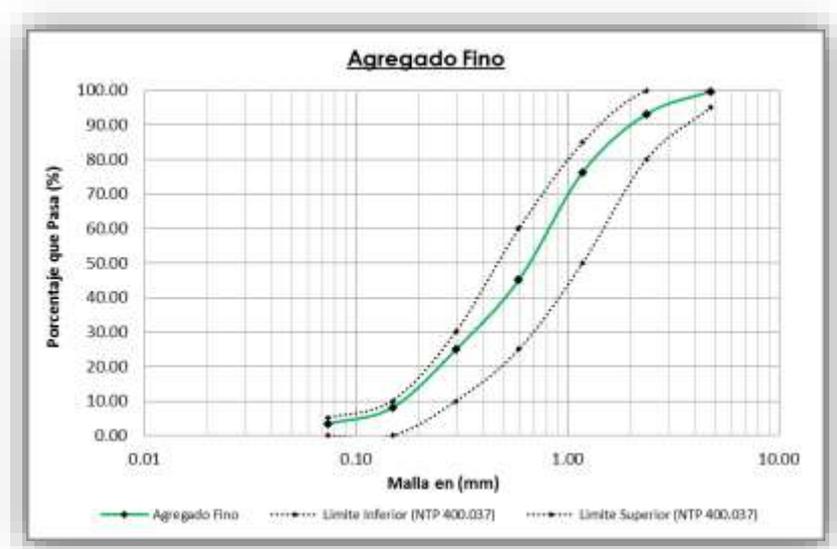


Figura VI-5 Curva Granulométrica de la Arena Gruesa

6.2.2.2. MÓDULO DE FINEZA

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, dividida entre 100.

Procedimiento

- Para determinar el módulo de fineza del agregado fino, se tomaron porcentajes retenidos acumulados desde el tamiz N° 4 hasta el tamiz N° 100.

Resultados

- **Arena Gruesa**

Para este caso, el módulo de fineza se obtuvo a partir del cuadro

$$MF = \frac{0.29 + 6.91 + 23.70 + 54.87 + 75.11 + 91.93}{100}$$

$$MF = 2.53$$

6.2.3. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN (N.T.P. 400.021)

Procedimiento

- Se tomó aproximadamente 500 gramos de muestras de agregado fino, se sumergió en una bandeja de agua por un periodo de 24 horas, con la finalidad de saturarlo.
- Pasada las 24 horas, el agua de la bandeja es desechado y la superficie de las partículas de agregado es secado con papel, con el fin de llevarlo al estado Saturado Superficialmente Seco (S.S.S), y se pesaron muestras de más de 500 gramos aproximadamente.
- Se llenó una fiola con agua, un volumen de 500 ml.
- Después se vertió en la fiola con agua, la muestra de agregado fino en estado S.S.S. Luego se completó con agua la fiola hasta marcar los 500 ml y finalmente se tomó nota de su peso en agua.
- Se escurrió el agua de la fiola, se vació el agregado fino en un recipiente y luego llevado al horno por 24 horas.
- Finalmente se obtuvo el peso de la muestra seca

Resultados

- **Arena Gruesa**

Para este caso, el Peso Específico de Masa y Porcentaje de Absorción Promedio del agregado fino se obtuvo

$$\text{Peso Específico de Masa (gr/cm}^3\text{)} = 2.68$$

$$\text{Porcentaje de Absorción Promedio (\%)} = 1.26$$

6.2.4. PESO UNITARIO (N.T.P. 400.017)

6.2.4.1. PESO UNITARIO COMPACTADO

Procedimiento

- En un molde metálico de 1/8 pie cubico de capacidad, limpio y seco, se llenó el agregado hasta el ras. El llenado se realizó en tres capas con 25 golpes de compactación por cada capa, empleando una varilla metálica de 5/8” de diámetro y 60 cm. de longitud. La cara de la varilla debe ser

lisa y de punta roma. A continuación se enraza y luego se pesó el conjunto.

- Luego se pesó el molde metálico utilizado para determinar el peso del agregado compactado y finalmente se determinó el volumen del molde.

Resultados

- **Arena Gruesa**

Para este caso, el Peso Unitario Compactado del agregado fino se obtuvo a partir del cuadro.

$$\text{Peso Unitario Compactado (Kg/m}^3\text{)} = 1770$$

6.2.4.2. PESO UNITARIO SUELTO

Procedimiento

- En un molde metálico de 1/8 pie cubico se llenó el material hasta el ras en una sola capa, sin compactar con la varilla metálica y luego se pesó el conjunto.
- Luego se pesó el molde metálico utilizado para determinar el peso del agregado suelto, y finalmente se determinó el volumen del molde.

Resultados

- **Arena Gruesa**

Para este caso, el Peso Unitario Suelto del agregado fino se obtuvo

$$\text{Peso Unitario Suelto (Kg/m}^3\text{)} = 1600$$

6.2.5. CONTENIDO DE HUMEDAD (N.T.P. 339.185)

Procedimiento

- Se cuarteo una muestra de 2000 gramos, y se pesaron muestras de más de 100 gramos de agregado grueso al estado natural.
- Las muestras se llevaron al horno durante 24 horas. Para luego ser pesadas en estado seco cada muestra.

Resultados

- **Arena Gruesa**

Para este caso, el Contenido de Humedad del agregado fino se obtuvo a partir del cuadro.

$$\text{Humedad Promedio (\%)} = 0.64$$

6.2.6. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (N.T.P. 400.024)

Procedimiento

- Se Tamizo el agregado fino para luego tomar una muestra.
- Se realizó el pesado de la muestra y se introdujo en el matraz de Erlenmeyer, luego se pipeteo 10ml de bromato de potasio, seguidamente se agregó 10ml de ácido sulfúrico y por último se dejó reposar por un periodo de 30 minutos.
- Pasado los 30 minutos se agregó 50 ml de agua destilada, seguidamente se agregó 1 ml de Difenilamina, y se mezcla,
- Después se agregó 100ml de sulfato ferroso amoniacal en la bureta, y se comenzó a mezclar hasta que reaccione de un color verde petróleo a menor gasto menos materia orgánica.

Resultados

- **Arena Gruesa**

Para este caso, el Contenido de materia orgánica del agregado fino se obtuvo.

$$\text{Contenido de materia orgánica (\%)} = 0.002$$

CAPITULO VII.

DISEÑOS DE MEZCLA

En la presente investigación para el diseño de mezcla se sigue la secuencia del método del comité 211 del ACI con la variante en la relación agua / cemento

7.1. INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

7.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES

- **Agregado Fino**

Tabla VII-1
Características Físicas de la Arena Gruesa

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO FINO
Módulo de Fineza		2.53
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.68
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1770
Peso unitario Suelto	Kg/m ³	1600
Porcentaje de Absorción	%	1.24
Contenido de Humedad	%	0.64

- **Agregado Grueso**

Tabla VII-2

Características Físicas de la Piedra Zarandeada 100%

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	¾
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.72
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1607
Peso unitario Suelto	Kg/m ³	1442
Porcentaje de Absorción	%	0.71
Contenido de Humedad	%	0.33

Tabla VII-3

Características Físicas de la Piedra Zarandeada 75% Agregado Grueso Reciclado 25%

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	¾
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.68
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1549
Peso unitario Suelto	Kg/m ³	1438
Porcentaje de Absorción	%	2.14
Contenido de Humedad	%	1.168

Tabla VII-4

Características Físicas de la Piedra Zarandeada 50% Agregado Grueso Reciclado 50%

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	¾
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.53
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1482
Peso unitario Suelto	Kg/m ³	1346
Porcentaje de Absorción	%	3.35
Contenido de Humedad	%	2.1315

Tabla VII-5

Características Físicas del Agregado Grueso Reciclado 100%

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO
Tamaño Máximo Nominal	Pulg	¾
Peso Específico de Masa	g/cm ³	2.37
Peso Unitario Compactado	Kg/m ³	1295
Peso unitario Suelto	Kg/m ³	1170
Porcentaje de Absorción	%	6.00
Contenido de Humedad	%	4.2515

7.1.2. DISEÑO DE MEZCLA

7.1.2.1. PARA RESISTENCIA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

- **Relación Agua/Cemento = 0.607**

Tabla VII-6

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.607

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	337.73	0.109	1.00	1.00
Agregado Grueso	1044.78	0.384	3.09	3.54
Agregado fino	764.80	0.303	2.26	2.79
Agua de mezclado	213.52	0.214	0.63	1.97

Tabla VII-7

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.607

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	337.73	0.109	1.00	1.00
Agregado grueso	1015.49	0.386	3.01	3.56
Agregado fino	768.01	0.305	2.27	2.81
Agua de mezclado	219.32	0.219	0.65	2.02

Tabla VII-8

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.607

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	337.73	0.109	1.00	1.00
Agregado grueso	980.80	0.388	2.90	3.57
Agregado fino	773.61	0.307	2.29	2.83
Agua de mezclado	221.33	0.221	0.66	2.04

Tabla VII-9

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.607

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	337.73	0.109	1.00	1.00
Agregado grueso	874.82	0.369	2.59	3.40
Agregado fino	842.40	0.334	2.49	3.08
Agua de mezclado	224.71	0.225	0.67	2.07

- **Relación Agua/Cemento = 0.557**

Tabla VII-10

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.557

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	368.04	0.118	1.00	1.00
Agregado grueso	1044.78	0.213	2.84	3.25
Agregado fino	739.32	0.384	2.01	2.48
Agua de mezclado	213.36	0.293	0.58	1.80

Tabla VII-11

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.557

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	368.04	0.118	1.00	1.00
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.76	3.26
Agregado fino	741.73	0.294	2.02	2.49
Agua de mezclado	219.16	0.219	0.60	1.85

Tabla VII-12

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.557

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	368.04	0.118	1.00	1.00
Agregado grueso	980.8	0.388	2.66	3.28
Agregado fino	747.32	0.297	2.03	2.51
Agua de mezclado	221.17	0.221	0.60	1.87

Tabla VII-13

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.557

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	368.04	0.118	1.00	1.00
Agregado grueso	874.82	0.369	2.38	3.12
Agregado fino	816.11	0.324	2.22	2.74
Agua de mezclado	224.55	0.225	0.61	1.90

- **Relación Agua/Cemento = 0.507**

Tabla VII-14

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.507

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	404.34	0.130	1.00	1.00
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.58	2.95
Agregado fino	707.04	0.281	1.75	2.16
Agua de mezclado	213.17	0.213	0.53	1.64

Tabla VII-15

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.507

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	404.34	0.130	1.00	1.00
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.51	2.97
Agregado fino	710.25	0.282	1.76	2.17
Agua de mezclado	218.97	0.219	0.54	1.68

Tabla VII-16

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.507

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	404.34	0.130	1.00	1.00
Agregado grueso	980.80	0.388	2.43	2.98
Agregado fino	715.84	0.284	1.77	2.18
Agua de mezclado	220.98	0.221	0.55	1.70

Tabla VII-17

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.507

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	404.34	0.130	1.00	1.00
Agregado grueso	874.82	0.369	2.16	2.84
Agregado fino	784.82	0.311	1.94	2.39
Agua de mezclado	224.36	0.224	0.55	1.73

7.1.2.2. PARA RESISTENCIA $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

- **Relación Agua/Cemento = 0.515**

Tabla VII-18

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.515

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	398.06	0.128	1.00	1.00
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.62	3.00
Agregado fino	712.48	0.283	1.79	2.21
Agua de mezclado	213.21	0.213	0.54	1.67

Tabla VII-19

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.515

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	398.06	0.128	1.00	1.00
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.55	3.02
Agregado fino	715.69	0.284	1.80	2.22
Agua de mezclado	219.00	0.219	0.55	1.71

Tabla VII-20

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.515

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	398.06	0.128	1.00	1.00
Agregado grueso	980.80	0.388	2.46	3.03
Agregado fino	721.29	0.286	1.81	2.24
Agua de mezclado	221.02	0.221	0.56	1.73

Tabla VII-21

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.515

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	398.06	0.128	1	1.00
Agregado grueso	874.82	0.369	2.20	2.88
Agregado fino	790.07	0.314	1.98	2.45
Agua de mezclado	224.40	0.224	0.56	1.75

- **Relación Agua/Cemento = 0.465**

Tabla VII-22

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.465

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	440.86	0.142	1.00	1.00
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.37	2.71
Agregado fino	675.36	0.268	1.53	1.89
Agua de mezclado	212.99	0.213	0.48	1.50

Tabla VII-23

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.465

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	440.86	0.142	1.00	1.00
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.30	2.72
Agregado fino	678.58	0.269	1.54	1.90
Agua de mezclado	218.79	0.219	0.50	1.54

Tabla VII-24

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.465

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	440.86	0.142	1.00	1.00
Agregado grueso	980.80	0.388	2.22	2.73
Agregado fino	684.17	0.271	1.55	1.92
Agua de mezclado	220.80	0.221	0.50	1.56

Tabla VII-25

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.465

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	440.86	0.142	1.00	1.00
Agregado grueso	874.82	0.369	1.98	2.60
Agregado fino	752.96	0.299	1.71	2.11
Agua de mezclado	224.18	0.224	0.51	1.58

- **Relación Agua/Cemento = 0.415**

Tabla VII-26

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.415

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	493.98	0.159	1.00	1.00
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.12	2.42
Agregado fino	629.29	0.250	1.27	1.57
Agua de mezclado	212.71	0.213	0.43	1.34

Tabla VII-27

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.415

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	493.98	0.159	1.00	1.00
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.06	2.43
Agregado fino	632.51	0.251	1.29	1.58
Agua de mezclado	218.51	0.219	0.44	1.38

Tabla VII-28

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.415

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	493.98	0.159	1.00	1.00
Agregado grueso	980.81	0.388	1.99	2.44
Agregado fino	638.10	0.253	1.29	1.59
Agua de mezclado	220.52	0.221	0.45	1.39

Tabla VII-29

Diseño de Mezcla Usando como Agregado Grueso Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.415

	DOSIFICACIÓN		PROPORCIÓN	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	493.98	0.159	1.00	1.00
Agregado grueso	874.82	0.369	1.77	2.32
Agregado fino	706.90	0.281	1.43	1.77
Agua de mezclado	223.90	0.224	0.45	1.41

CAPITULO VIII.

ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO

A continuación se describen los ensayos efectuados y procedimientos realizados al concreto tanto en estado fresco como endurecido. Los resultados de los ensayos se presentan en el CAPITULO IX

8.1. PROPIEDAD DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

8.1.1. CONSISTENCIA (NTP 339.035)

El método de determinación empleado es conocido como método del cono de Abrams o método de Slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en milímetros.

Procedimiento

- Se humedeció el cono de Abrams y se colocó sobre una superficie horizontal, rígida, húmeda y no absorbente. Se sujetó firmemente con los pies y se llenó con la muestra de concreto en tres capas, cada una de ellas con un tercio del volumen del molde aproximado.
- Cada capa se compacto con 25 golpes de la varilla, distribuidos uniformemente sobre su sección transversal.

- Luego que la última capa ha sido compactada se enraza la superficie del concreto. Inmediatamente se retiró el molde alzándolo cuidadosamente en dirección vertical.

RESULTADOS

8.1.1.1. PARA RESISTENCIA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla VIII-1

Asentamiento del cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 210 kg/cm²

Relación a/c	Asentamiento (mm)			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.607	104	100	101	97
0.557	88	89	87	86
0.507	76	77	75	72

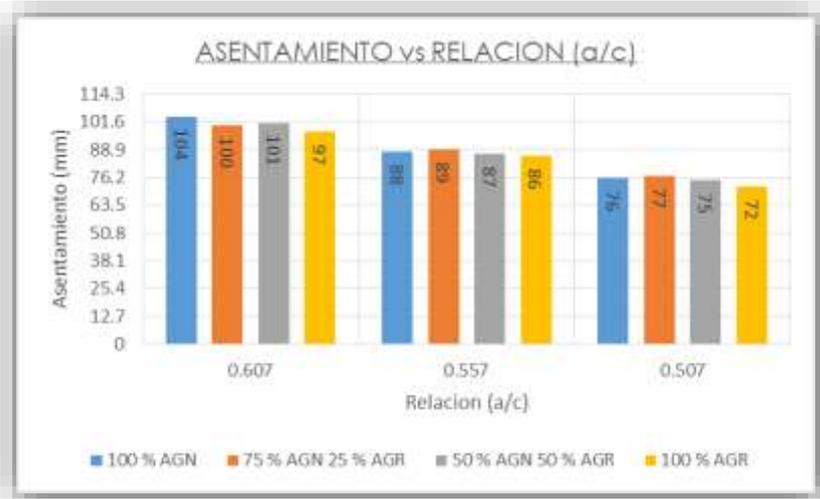


Figura VIII-1 Asentamiento del cono de Cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 210 kg/cm²

8.1.1.2. PARA RESISTENCIA $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tabla VIII-2

Asentamiento del cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 280 kg/cm²

Relación a/c	Asentamiento (mm)			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.515	104	101	99	93
0.465	88	90	85	80
0.415	70	73	69	65

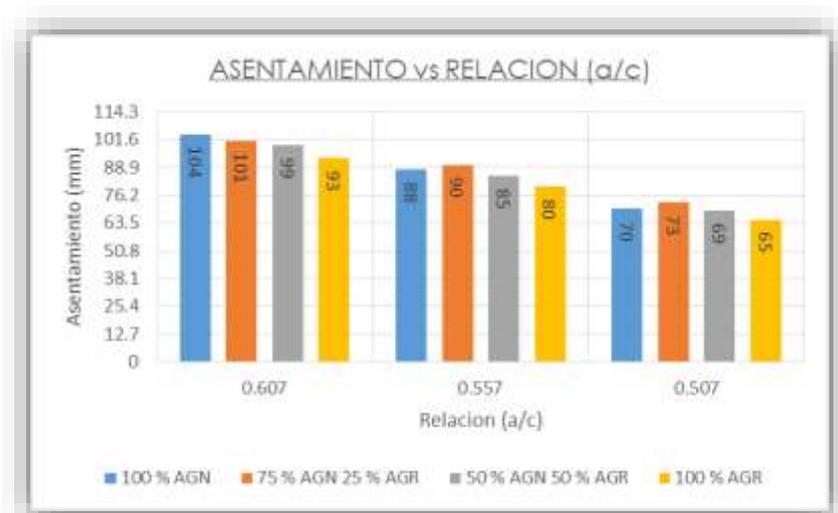


Figura VIII-2 Asentamiento del cono de Cono de Abrams para una resistencia de diseño a la compresión de 280 kg/cm²

8.2. PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

8.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTP 339.034)

Para este ensayo se elaboraron 3 probetas para las edades de 7, 14, 21 y 28 días, para cada uno de los 24 diseños de mezcla elaborados.

Procedimiento

- Las probetas una vez llegada a las edades de 7, 14, 21 y 28 días fueron retiradas de la poza de curado y dejadas secando por un periodo de tiempo según lo indica la norma. Para luego ser ensayadas en la máquina de compresión.

Resultado

8.2.1.1. PARA RESISTENCIA $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 (21.0 \text{ Mpa})$

- **Relación Agua/Cemento = 0.607**

Tabla VIII-3

Resistencia a la compresión para $a/c = 0.607$

Edad (Dias)	$f'_{cr \text{ prom}} \text{ (Mpa)}$			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
7	23.71	23.72	21.86	20.67
14	27.47	24.78	23.60	23.01
21	31.01	25.54	24.63	23.19
28	33.85	27.53	26.47	25.79

Nota: los diseños de mezcla fueron elaborados para una resistencia requerida promedio ($f'_{cr \text{ prom}}$) de $295 \text{ kg/cm}^2 (28.93 \text{ Mpa})$

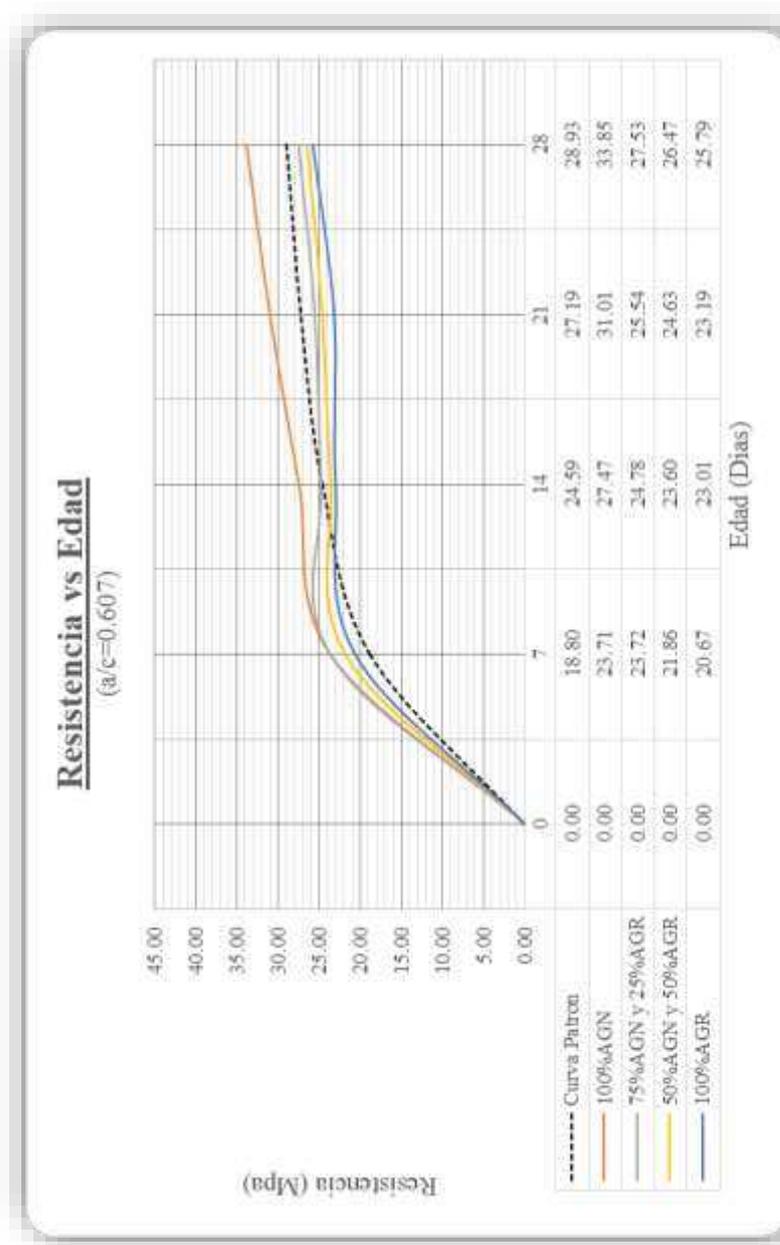


Figura VIII-3 Resistencia vs Edad para $a/c=0.607$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

- **Relación Agua/Cemento = 0.557**

Tabla VIII-4

Resistencia a la compresión para $a/c = 0.557$

Edad (Días)	$f'_{cr \text{ prom}}$ (Mpa)			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
7	27.98	24.57	23.03	21.65
14	32.80	32.03	24.00	23.21
21	34.35	34.07	24.63	24.81
28	40.29	36.79	26.57	25.85

Nota: los diseños de mezcla fueron elaborados para una resistencia requerida promedio ($f'_{cr \text{ prom}}$) de 295 kg/cm² (28.93 Mpa)

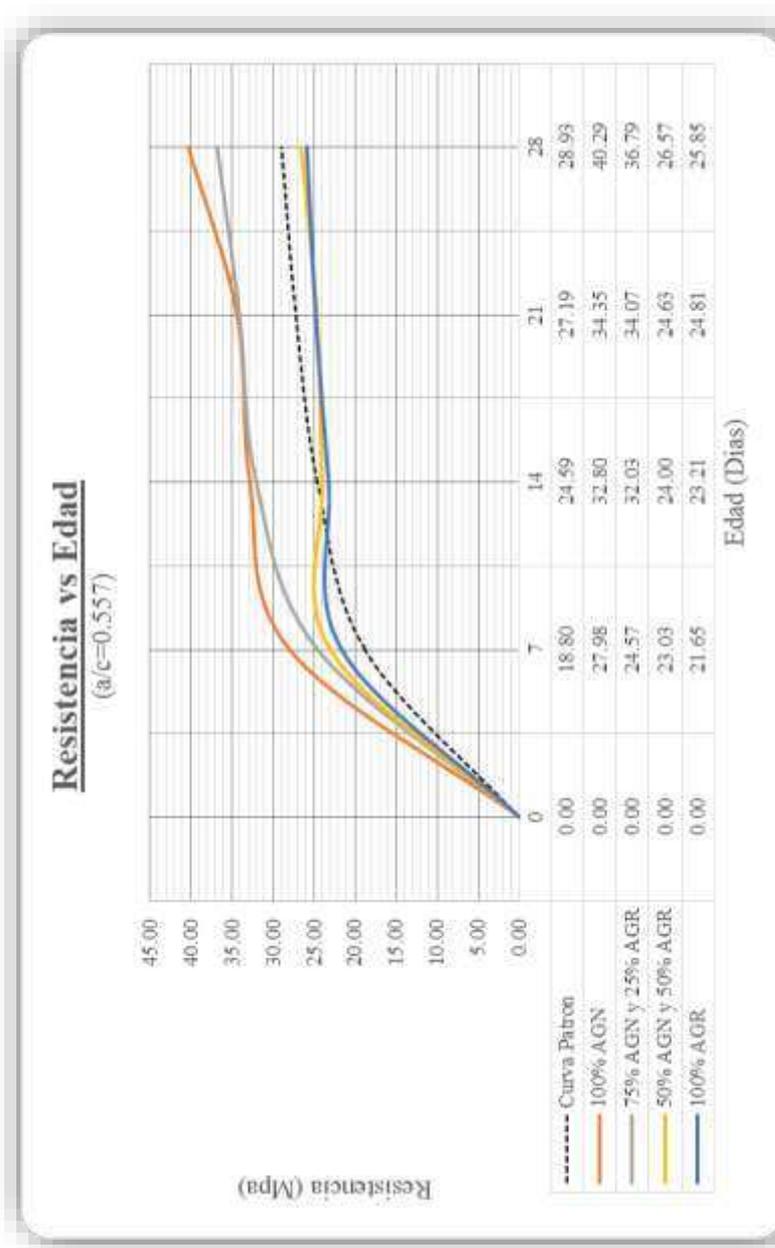


Figura VIII-4 Resistencia vs Edad para $a/c=0.557$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

- **Relación Agua/Cemento = 0.507**

Tabla VIII-5

Resistencia a la compresión para $a/c = 0.507$

Edad (Días)	$f'_{cr \text{ prom}} \text{ (Mpa)}$			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
7	31.14	28.40	27.06	26.79
14	35.16	33.30	29.88	29.99
21	38.08	37.98	33.62	33.34
28	43.75	42.51	38.08	35.97

Nota: los diseños de mezcla fueron elaborados para una resistencia requerida promedio ($f'_{cr \text{ prom}}$) de 295 kg/cm^2 (28.93 Mpa)

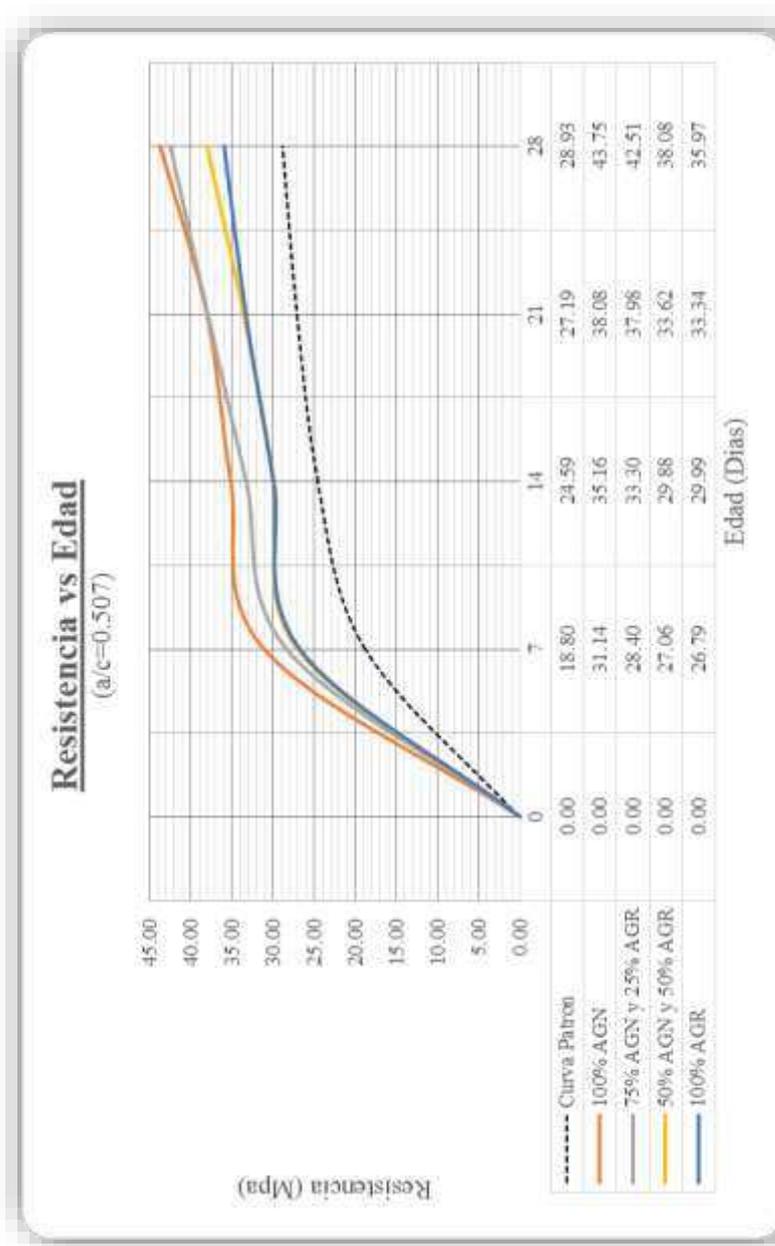


Figura VIII-5 Resistencia vs Edad para $a/c=0.507$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

8.2.1.2. PARA RESISTENCIA $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (28.0 MPA)

- Relación Agua/Cemento = 0.515

Tabla VIII-6
Resistencia a la compresión para $a/c = 0.515$

Edad (Dias)	$f'_{cr \text{ prom}} \text{ (Mpa)}$			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
7	30.37	25.53	23.61	22.97
14	34.68	32.67	28.49	23.76
21	36.54	34.29	31.00	24.81
28	43.65	40.42	34.41	26.17

Nota: los diseños de mezcla fueron elaborados para una resistencia requerida promedio ($f'_{cr \text{ prom}}$) de 365 kg/cm^2 (35.79 Mpa)

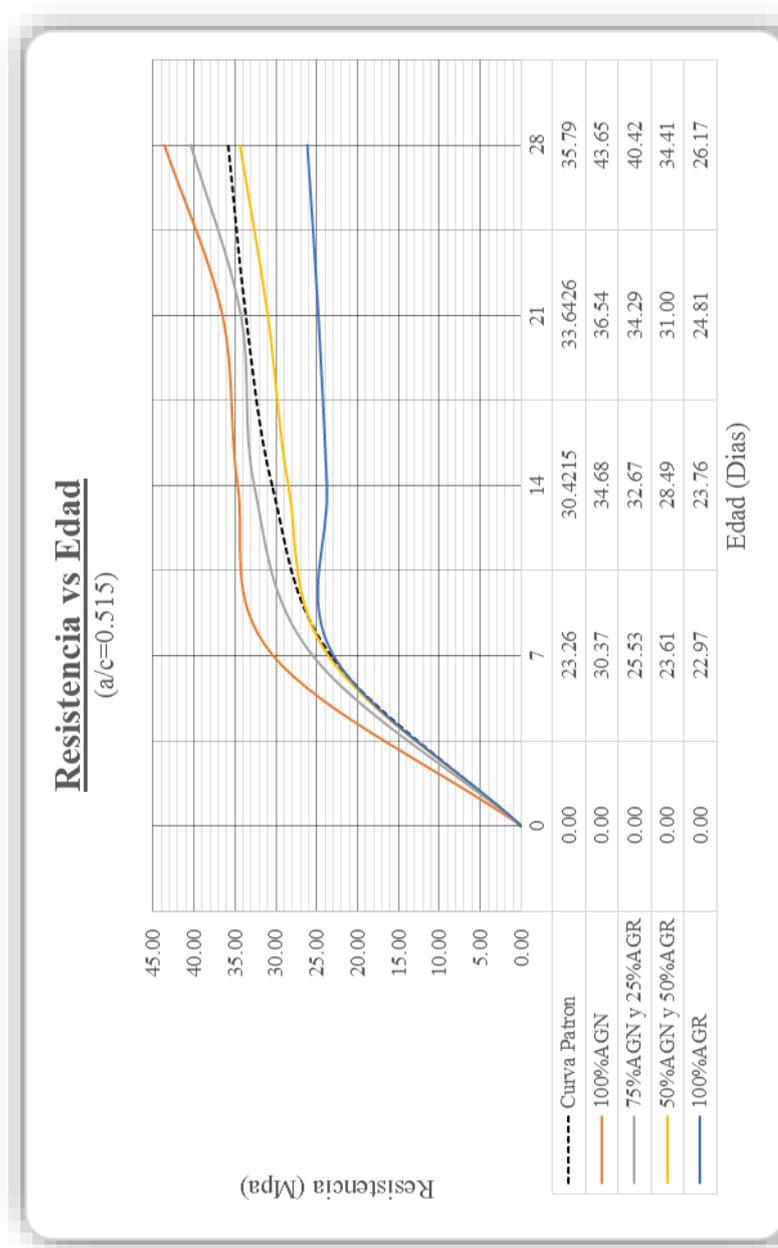


Figura VIII-6 Resistencia vs Edad para $a/c=0.515$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

- **Relación Agua/Cemento = 0.465**

Tabla VIII-7
Resistencia a la compresión para $a/c = 0.465$

Edad (Días)	$f'_{cr \text{ prom}} \text{ (Mpa)}$			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
7	35.99	28.27	28.16	27.38
14	39.36	33.19	33.13	30.49
21	42.71	35.81	35.62	34.33
28	49.83	39.07	41.11	39.07

Nota: los diseños de mezcla fueron elaborados para una resistencia requerida promedio ($f'_{cr \text{ prom}}$) de 365 kg/cm^2 (35.79 Mpa)

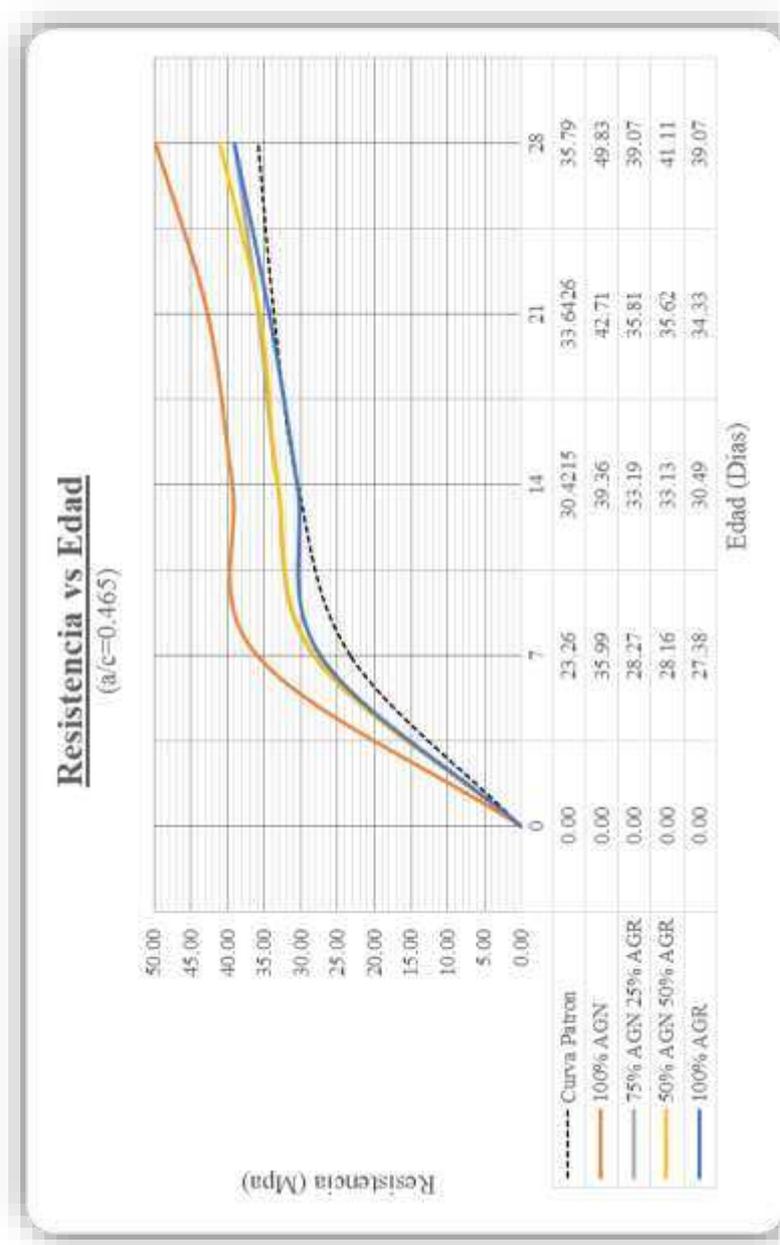


Figura VIII-7 Resistencia vs Edad para $a/c=0.465$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

- **Relación Agua/Cemento = 0.415**

Tabla VIII-8

Resistencia a la compresión para $a/c = 0.415$

Edad (Días)	$f'_{cr\ prom}$ (Mpa)			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
7	40.57	31.12	30.00	29.31
14	46.27	34.10	33.40	32.50
21	48.98	37.93	38.51	35.73
28	50.99	43.61	42.53	41.01

Nota: los diseños de mezcla fueron elaborados para una resistencia requerida promedio ($f'_{cr\ prom}$) de $365\ kg/cm^2$ ($35.79\ Mpa$)

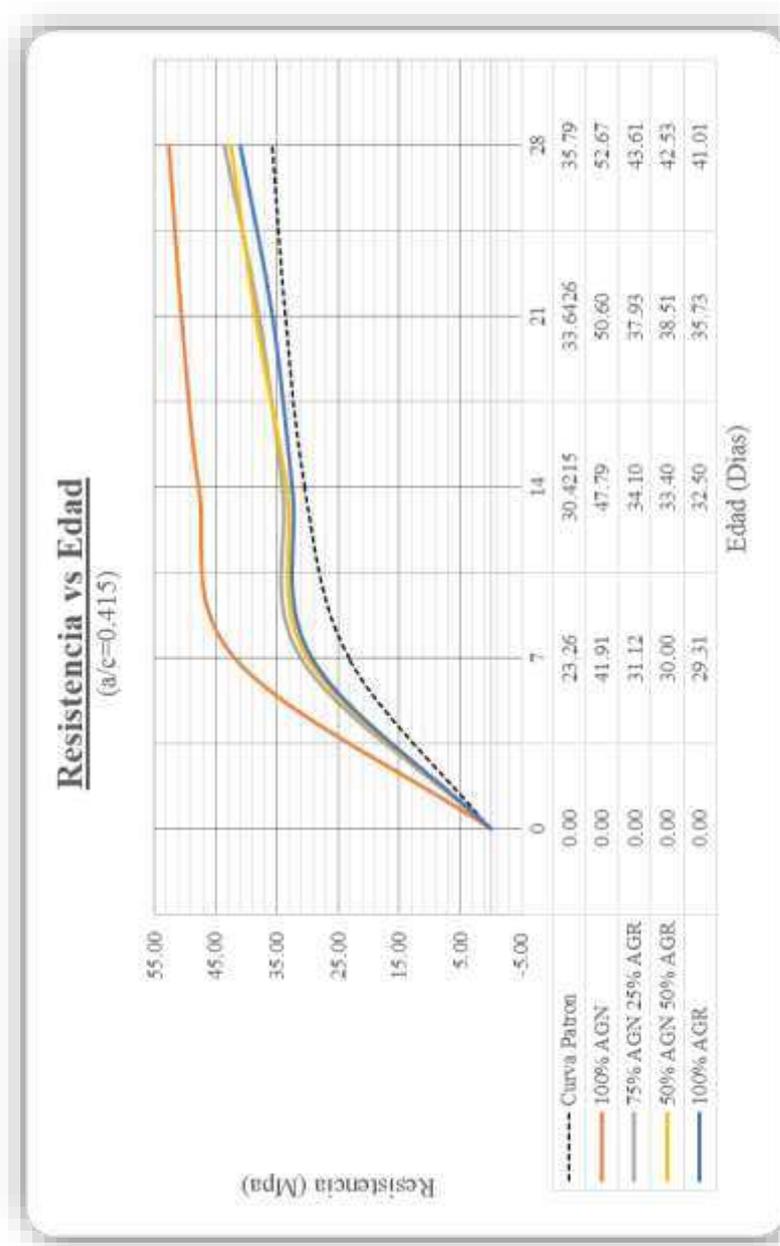


Figura VIII-8 Resistencia vs Edad para $a/c=0.415$ según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

CAPITULO IX.

ANÁLISIS DE COSTOS

Se debe considerar que para el diseño y la elaboración del concreto en obra lo óptimo es obtener un material en buenas condiciones respecto a su calidad de resistencia a la compresión al menor costo de inversión.

Se realizó el análisis de costos unitarios de materiales (en Nuevo soles) a utilizarse por metro cubico de concreto para cada una de las dosificaciones.

Es importante hacer mención que los análisis de precios unitarios del concreto para cada una de las dosificaciones estudiadas son de manera referencial ya que los precios de los materiales tienden a variar con el paso del tiempo

9.1. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE MATERIALES

9.1.1. PARA LA RESISTENCIA 210 KG/CM²

- **Relación Agua/Cemento = 0.507**

Tabla IX-1

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.507

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	9.51	17.80	169.28
Agua diseño	M3	0.213	0.85	0.18
Agregado grueso				
Piedra Zarandeada	M3	0.384	45.00	17.28
Reciclado	M3	0.00	100.00	0.00
Agregado fino	M3	0.281	35.00	9.82
TOTAL (S/.)	----	----	----	196.56

Tabla IX-2

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.507

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	9.51	17.80	169.28
Agua diseño	M3	0.219	0.85	0.19
Agregado grueso				
Natural	M3	0.290	45.00	13.05
Reciclado	M3	0.096	100.00	9.60
Agregado fino	M3	0.282	35.00	9.86
TOTAL (S/.)	----	----	----	201.98

Tabla IX-3

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.507

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	9.51	17.80	169.28
Agua diseño	M3	0.221	0.85	0.19
Agregado grueso				
Natural	M3	0.194	45.00	8.73
Reciclado	M3	0.194	100.00	19.40
Agregado fino	M3	0.284	35.00	9.94
TOTAL (S/.)	----	----	----	207.54

Tabla IX-4

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.507

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	9.51	17.80	169.28
Agua diseño	M3	0.224	0.85	0.19
Agregado grueso				
Natural	M3	0.000	45.00	0.00
Reciclado	M3	0.369	100.00	36.90
Agregado fino	M3	0.311	35.00	10.0
TOTAL (S/.)	----	----	----	217.37

- **Relación Agua/Cemento = 0.557**

Tabla IX-5

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.557

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	8.66	17.80	154.15
Agua diseño	M3	0.213	0.85	0.18
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.384	45.00
	Reciclado	M3	0.00	100.00
Agregado fino	M3	0.293	35.00	10.26
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	181.87

Tabla IX-6

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.5570

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	8.66	17.80	154.15
Agua diseño	M3	0.219	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.290	45.00
	Reciclado	M3	0.096	100.00
Agregado fino	M3	0.294	35.00	10.30
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	187.29

Tabla IX-7

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.5570

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	8.66	17.80	154.15
Agua diseño	M3	0.221	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.194	45.00
	Reciclado	M3	0.194	100.00
Agregado fino	M3	0.297	35.00	10.38
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	192.85

Tabla IX-8

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.5570

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	8.66	17.80	154.15
Agua diseño	M3	0.225	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.000	45.00
	Reciclado	M3	0.369	100.00
Agregado fino	M3	0.324	35.00	11.33
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	202.57

- **Relación Agua/Cemento = 0.607**

Tabla IX-9

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.6070

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	7.95	17.80	141.51
Agua diseño	M3	0.214	0.85	0.18
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.384	45.00
	Reciclado	M3	0.00	100.00
Agregado fino	M3	0.303	35.00	10.62
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	169.59

Tabla IX-10

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.6070

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	7.95	17.80	141.51
Agua diseño	M3	0.219	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.290	45.00
	Reciclado	M3	0.096	100.00
Agregado fino	M3	0.305	35.00	10.67
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	175.02

Tabla IX-11

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.6070

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	7.95	17.80	141.51
Agua diseño	M3	0.221	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.194	45.00
	Reciclado	M3	0.194	100.00
Agregado fino	M3	0.307	35.00	10.74
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	180.57

Tabla IX-12

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.6070

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	7.95	17.80	141.51
Agua diseño	M3	0.225	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.000	45.00
	Reciclado	M3	0.369	100.00
Agregado fino	M3	0.334	35.00	11.70
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	190.30

9.1.1.1. RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS DE LOS MATERIALES PARA LA RESISTENCIA 210 KG/CM².

Tabla IX-13

Resumen de Costos Unitarios de Materiales para la Resistencia 210kg/cm²

RELACIÓN A/C	COSTO UNITARIO DE MATERIALES			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.607	169.59	175.02	180.57	190.30
0.557	181.87	187.29	192.85	202.57
0.507	196.56	201.98	207.54	217.27

Tabla IX-14

Variación del Costo de Materiales con Respecto del Concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100% para la Resistencia 210kg/cm²

RELACIÓN A/C	VARIACION DEL COSTO RESPECTO DEL CONCRETO ELABORADO CON PIEDRA ZARANDEADA 100%			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.607	0.00	3.20	6.47	12.21
0.557	0.00	2.98	6.04	11.38
0.507	0.00	2.76	5.59	10.54

9.1.2. PARA LA RESISTENCIA 280 KG/CM²

- **Relación Agua/Cemento = 0.415**

Tabla IX-15

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.415

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	11.62	17.80	206.84
Agua diseño	M3	0.213	0.85	0.18
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.384	45.00
	Reciclado	M3	0.00	100.00
Agregado fino	M3	0.250	35.00	8.74
TOTAL (S/.)	----	----	----	233.04

Tabla IX-16

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.415

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	11.62	17.80	206.84
Agua diseño	M3	0.219	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.290	45.00
	Reciclado	M3	0.096	100.00
Agregado fino	M3	0.251	35.00	8.78
TOTAL (S/.)	----	----	----	238.46

Tabla IX-17

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.415

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	
Cemento	Bls.	11.62	17.80	206.84	
Agua diseño	M3	0.221	0.85	0.19	
Agregado grueso					
	Natural	M3	0.194	45.00	8.73
	Reciclado	M3	0.194	100.00	19.40
Agregado fino	M3	0.253	35.00	8.86	
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	244.02	

Tabla IX-18

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.415

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	
Cemento	Bls.	11.62	17.80	206.84	
Agua diseño	M3	0.224	0.85	0.19	
Agregado grueso					
	Natural	M3	0.000	45.00	0.00
	Reciclado	M3	0.369	100.00	36.90
Agregado fino	M3	0.281	35.00	9.82	
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	253.75	

- **Relación Agua/Cemento = 0.465**

Tabla IX-19

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.465

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	
Cemento	Bls.	10.37	17.80	184.59	
Agua diseño	M3	0.213	0.85	0.18	
Agregado grueso					
	Natural	M3	0.384	45.00	17.28
	Reciclado	M3	0.00	100.00	0.00
Agregado fino	M3	0.268	35.00	9.38	
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	211.43	

Tabla IX-20

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.465

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	
Cemento	Bls.	10.37	17.80	184.59	
Agua diseño	M3	0.219	0.85	0.19	
Agregado grueso					
	Natural	M3	0.290	45.00	13.05
	Reciclado	M3	0.096	100.00	9.60
Agregado fino	M3	0.269	35.00	9.42	
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	216.85	

Tabla IX-21

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.465

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	10.37	17.80	184.59
Agua diseño	M3	0.221	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.194	45.00
	Reciclado	M3	0.194	100.00
Agregado fino	M3	0.271	35.00	9.50
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	222.41

Tabla IX-22

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.465

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	10.37	17.80	184.59
Agua diseño	M3	0.224	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.000	45.00
	Reciclado	M3	0.368	100.00
Agregado fino	M3	0.299	35.00	10.46
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	232.14

• **Relación Agua/Cemento = 0.515**

Tabla IX-23

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 100% para una relación a/c = 0.515

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	9.37	17.80	166.79
Agua diseño	M3	0.213	0.85	0.18
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.384	45.00
	Reciclado	M3	0.00	100.00
Agregado fino	M3	0.283	35.00	9.991
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	194.15

Tabla IX-24

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 75% y Agregado Grueso Reciclado 25% para una relación a/c = 0.515

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)
Cemento	Bls.	9.37	17.80	166.79
Agua diseño	M3	0.219	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.290	45.00
	Reciclado	M3	0.096	100.00
Agregado fino	M3	0.284	35.00	9.94
TOTAL (S/.)	-----	-----	-----	199.57

Tabla IX-25

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Piedra Zarandeada 50% y Agregado Grueso Reciclado 50% para una relación a/c = 0.515

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (\$/.)	PARCIAL (\$/.)
Cemento	Bls.	9.37	17.80	166.79
Agua diseño	M3	0.221	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.194	45.00
	Reciclado	M3	0.194	100.00
Agregado fino	M3	0.286	35.00	10.02
TOTAL (\$/.)	-----	-----	-----	205.13

Tabla IX-26

Análisis de Costos Unitarios de Materiales empleando Agregado Grueso Reciclado 100% para una relación a/c = 0.515

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (\$/.)	PARCIAL (\$/.)
Cemento	Bls.	9.37	17.80	166.79
Agua diseño	M3	0.224	0.85	0.19
Agregado grueso				
	Natural	M3	0.000	45.00
	Reciclado	M3	0.369	100.00
Agregado fino	M3	0.314	35.00	10.97
TOTAL (\$/.)	-----	-----	-----	214.85

9.1.2.1. RESUMEN DE COSTOS UNITARIOS DE LOS MATERIALES PARA LA RESISTENCIA 280 KG/CM².

Tabla IX-27

Resumen de Costos Unitarios de Materiales para la Resistencia 280kg/cm²

RELACIÓN A/C	COSTO UNITARIO DE MATERIALES			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.515	194.15	199.57	205.13	214.85
0.465	211.43	216.85	222.41	232.14
0.415	233.04	238.46	244.02	253.75

Tabla IX-28

Variación del Costo de Materiales con Respecto del Concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100% para la Resistencia 280kg/cm²

RELACIÓN A/C	VARIACIÓN DEL COSTO RESPECTO DEL CONCRETO ELABORADO CON PIEDRA ZARANDEADA 100%			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.515	0.00	2.79	5.66	10.66
0.465	0.00	2.56	5.19	9.80
0.415	0.00	2.33	4.71	8.89

CAPITULO X.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

10.1.1. DE LOS AGREGADOS

AGREGADO GRUESO

- La granulometría cumple satisfactoriamente con los límites establecidos por la norma NTP 400.037 (Huso56) para los agregados cuya composición son 100 % piedra zarandeada, 75% piedra zarandeada y 25 % agregado grueso reciclado. Y los agregados que no cumplen con los límites de la norma son los que en su composición presentan 50 % piedra zarandeada y 50 % agregado grueso reciclado y 100% agregado grueso reciclado.

Tabla X-1

Resumen del Análisis Granulométrico de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

TAMIZ	% ACUMULADO QUE PASA DE AGREGADO GRUESO				LIMITE	
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR	INFERIOR	SUPERIOR
2"	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1"	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00	100.00
3/4"	82.81	83.08	88.15	97.42	40.00	85.00
1/2"	34.10	34.59	32.59	38.79	10.00	40.00
3/8"	7.25	7.01	7.02	3.79	0.00	15.00
# 4	0.20	0.13	0.21	0.50	0.00	5.00
< # 4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- El Tamaño Máximo Nominal para los 4 tipos de agregados gruesos es de 3/4".
- Los peso específico son:

Tabla X-2

Resumen del Pesos Especifico de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

	AGREGADO GRUESO			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
Peso Especifico (g/cm ³)	2.72	2.63	2.53	2.37

- Los porcentaje de absorción son:

Tabla X-3

Resumen del Porcentaje de Absorción de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

	AGREGADO GRUESO			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
Porcentaje de Absorción (%)	0.71	2.14	3.35	6.00

- Los contenidos de humedad son:

Tabla X-4

Resumen del Contenido de Humedad de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

	AGREGADO GRUESO			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
Peso Especifico (g/cm ³)	0.33	1.17	2.13	4.25

- Los pesos unitarios suelto y compactado son:

Tabla X-5

Resumen del Pesos Unitarios de cada Tipo de Agregado Grueso según el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado

PESO UNITARIO	100 % AGN	AGREGADO GRUESO		100 % AGR
		75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	
Suelto (Kg/m ³)	1442	1438	1346	1170
Compactado (Kg/m ³)	1607	1549	1482	1295

AGREGADO FINO

- La granulometría cumple satisfactoriamente con los límites establecidos por la norma NTP 400.037.
- El módulo de fineza del agregado fino es 2.52, lo que indica que el material es arena gruesa.
- El peso específico es 2.68 Kg/m³.
- El porcentaje de absorción son 1.24%.
- El contenidos de humedad son 0.64%.
- El peso unitario suelto es 1600 Kg/m³ y compactado es 1770 Kg/m³.

10.1.2. DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

- Para los diseños de mezcla se siguió la secuencia del método del comité 211 del ACI.
- Los diseños de mezcla fueron realizados para 6 relaciones agua – cemento, para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² el a/c es igual a 0.607, 0.557 y 0.507 y para la resistencia a la compresión de 280 kg/cm² el a/c es igual a 0.515, 0.465 y 0.415. Siendo los valores dados por el comité 211 del ACI de la relación agua - cemento 0.557 Y 0.465 para ambas resistencias respectivamente.
- Primero se realizó el diseño de mezclas para los concretos de relación agua – cemento 0.515 y 0.465, se verifico en cada una de ellas la consistencia plástica con el asentamiento de 3“-4”.
- Resumen de dosificación

Tabla X-6

Resumen de las Dosificaciones según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

RELACIÓN A/C	DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO			
		100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.607	cemento	337.73	337.73	337.73	337.73
	Agua diseño	213.52	219.32	221.33	224.71
	Agregado grueso	1044.78	1015.49	980.80	874.82
	Agregado fino	765.48	768.01	773.61	842.40
0.557	cemento	368.04	368.04	368.04	368.04
	Agua diseño	213.36	219.16	221.17	224.55
	Agregado grueso	1044.78	1015.49	980.80	874.82
	Agregado fino	739.02	742.53	748.12	816.92
0.517	cemento	404.34	404.34	404.34	404.34
	Agua diseño	213.17	218.97	220.98	224.36
	Agregado grueso	1044.78	1015.49	980.80	874.82
	Agregado fino	707.04	710.25	715.84	784.63

Tabla X-7

Resumen de las Dosificaciones según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 280 kg/cm².

RELACIÓN A/C	DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO			
		100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.515	cemento	398.06	398.06	398.06	398.06
	Agua diseño	213.21	219.00	221.02	224.40
	Agregado grueso	1044.78	1015.49	980.80	874.82
	Agregado fino	713.16	716.37	721.96	790.75
0.465	cemento	440.86	440.86	440.80	440.86
	Agua diseño	212.98	218.78	220.80	224.17
	Agregado grueso	1044.78	1015.49	980.80	874.82
	Agregado fino	675.36	678.58	684.17	752.96
0.415	cemento	492.79	493.98	493.98	493.98
	Agua diseño	212.71	218.51	220.52	223.90
	Agregado grueso	1044.78	1015.49	980.80	874.82
	Agregado fino	629.29	632.51	638.10	706.90

10.1.3. DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO

CONSISTENCIA

El análisis se efectúa en función al Slump obtenido en el ensayo de Asentamiento del Cono de Abrams para los distintos concretos elaborados. Todas las mezclas de concreto realizadas se consideraron con una consistencia plástica el cual se trabaja con un asentamiento de 76.2 mm – 101.6 (3”-4”).

Tabla X-8

Resumen de Asentamiento según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 210 kg/cm².

RELACIÓN A/C	ASENTAMIENTO (MM)			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.607	104	100	101	97
0.557	88	89	87	86
0.507	76	77	75	72

Tabla X-9

Resumen de Asentamiento según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la resistencia a la compresión de 280 kg/cm².

RELACIÓN A/C	ASENTAMIENTO (MM)			
	100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.515	104	101	99	93
0.465	88	90	85	80
0.415	70	73	69	65

10.1.4. DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

El Análisis de Resultados de las resistencias a la compresión obtenidas de cada una de las dosificaciones, tomanan como referencia al análisis que se realizara al concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100%

El análisis se realizara en cada una de las edades ensayadas al concreto para las dosificaciones cuyo porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado es 0%, 25%, 50% y 100%

RESISTENCIA

Tabla X-10

Resumen de Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 210 kg/cm².

Relación a/c	EDAD (DIAS)	AGREGADO GRUESO			
		100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.607	7	23.71	23.72	21.86	20.67
	14	27.71	24.78	23.60	23.01
	21	31.01	25.54	24.63	23.19
	28	33.85	27.53	26.47	25.79
0.557	7	27.98	24.57	23.03	21.65
	14	32.80	32.03	24.00	23.21
	21	34.35	34.07	24.63	24.81
	28	40.29	36.79	26.57	25.85
0.517	7	31.14	28.40	27.06	26.79
	14	35.16	33.30	29.88	29.99
	21	38.08	37.98	33.62	33.34
	28	43.75	42.51	38.08	35.97

Tabla X-11

Resumen de Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.565, 0.515 y 0.415 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 280 kg/cm².

RELACIÓN A/C	EDAD (DÍAS)	AGREGADO GRUESO			
		100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.515	7	33.37	25.53	23.61	22.97
	14	34.68	32.67	28.49	23.76
	21	36.54	34.29	31.00	24.81
	28	43.65	40.42	34.41	26.17
0.465	7	35.99	28.27	28.16	27.38
	14	39.36	33.19	33.13	30.49
	21	42.71	35.81	35.62	34.33
	28	49.83	39.07	41.11	39.07
0.415	7	40.57	31.12	30.00	29.31
	14	46.27	34.10	33.40	32.50
	21	48.98	37.93	38.51	35.73
	28	50.99	43.61	42.53	41.01

10.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.2.1. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

La discusión se realizara según las relaciones agua/cemento para cada resistencia

Para realizar la discusión de resultados de resistencias a la compresión del concreto, se presenta las siguientes tablas

Tabla X-12

Resumen de la Variación de la Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 210 kg/cm², respecto del concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100%.

Relación a/c	EDAD (DIAS)	AGREGADO GRUESO			
		100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.607	7	0.00%	-2.07%	-7.76%	-12.77%
	14	0.00%	-12.68%	-14.14%	-16.22%
	21	0.00%	-17.94%	-18.24%	-23.02%
	28	0.00%	-14.13%	-14.72%	-16.89%
0.557	7	0.00%	-14.09%	-17.68%	-22.62%
	14	0.00%	-5.47%	-26.82%	-29.22%
	21	0.00%	-3.96%	-28.30%	-27.80%
	28	0.00%	-11.60%	-34.05%	-35.84%
0.517	7	0.00%	-8.80%	-13.13%	-14.01%
	14	0.00%	-5.30%	-15.04%	-14.72%
	21	0.00%	-0.27%	-11.70%	-12.45%
	28	0.00%	-2.85%	-12.95%	-17.78%

Tabla X-13

Resumen de la Variación de la Resistencias a la Compresión Requerida según las relaciones a/c 0.607, 0.557 y 0.517 y el porcentaje de sustitución de Piedra Zarandeada por Agregado Grueso Reciclado, para la Resistencia a la compresión de Diseño de 280 kg/cm, respecto del concreto elaborado con Piedra Zarandeada 100%.

Relación a/c	EDAD (DIAS)	AGREGADO GRUESO			
		100 % AGN	75 % AGN 25 % AGR	50 % AGN 50 % AGR	100 % AGR
0.515	7	0.00%	-7.07%	-14.05%	-16.42%
	14	0.00%	-5.80%	-17.85%	-31.49%
	21	0.00%	-6.16%	-15.16%	-32.10%
	28	0.00%	-7.41%	-21.15%	-40.04%
0.465	7	0.00%	-21.45%	-21.77%	-23.96%
	14	0.00%	-15.65%	-15.82%	-22.53%
	21	0.00%	-16.15%	-16.82%	-19.60%
	28	0.00%	-17.40%	-17.49%	-21.60%
0.415	7	0.00%	-23.31%	-26.07%	-27.76%
	14	0.00%	-26.27%	-27.80%	-29.78%
	21	0.00%	-22.57%	-21.39%	-27.05%
	28	0.00%	-14.49%	-16.60%	-19.58%

Del análisis de las tablas se aprecia que el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto se desmejora en todos los casos para cada uno de los porcentajes de sustitución de piedra zarandeada por agregado grueso reciclado.

Para las edades de 7, 14, 21 y 28 días se registran una variación en porcentajes de las resistencias a la compresión que disminuye mientras se aumenta el porcentaje de sustitución de Agregado Grueso Reciclado por piedra Zarandeada, en relación a las resistencias a la compresión de los cilindros de prueba elaborados con Piedra Zarandeada 100%.

La explicación a este comportamiento del concreto es que debido a que los cilindros de prueba de concreto tienen en su composición agregado grueso reciclado, cuya superficie no deja aprovechar su resistencia haciendo que la fractura siga su curso alrededor del agregado, a través de la interface pasta – agregado.

10.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

El uso del agregado grueso reciclado en la elaboración de concreto de resistencias a la compresión 210 y 280 kg/cm², se logra obtener mayores resistencias y menores costos unitarios que los concretos fabricados con agregado natural.

CAPITULO XI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES

Se analizó la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado naturales de la cantera Rio Seco , cemento portland tipo I y agua potable, debido a la variación del volumen de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado incluido en el concreto y variando la relación agua cemento , respecto a un concreto control.

Del análisis y discusión de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto para los diferentes diseños de mezcla respecto del concreto elaborado con piedra zarandeada 100%, se llega a las siguientes conclusiones:

11.1.1. Al evaluar la influencia de las dosificaciones 25%, 50% y 100 % en peso del agregado grueso natural sustituido por agregado grueso reciclado en la resistencia a la compresión, respecto al concreto elaborado con piedra zarandeada con una determinada resistencia: se reportan que las resistencias a la compresión disminuyen a las edades de 7, 14,21 y 28 días con las 3 dosis de agregado reciclado en estudio.

11.1.2. Se identificó la sustitución más óptima de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado en el concreto elaborado con agregados naturales de la cantera Rio Seco, cemento Portland Tipo I y agua potable, en la que se

obtiene la mayor resistencia a la compresión del concreto para los 7,14,21 y 28 días de edad para las resistencias 210 y 280 kg/cm², siendo la sustitución más óptima la del 25 % del agregado natural por agregado reciclado y de relación agua cemento 0.557 y 0.465 para ambas resistencias respectivamente.

11.1.3. La disminución en porcentaje de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregado natural de la cantera Rio Seco, cemento Portland tipo I y agua potable, con la sustitución más óptima de agregado grueso natural y agregado grueso reciclado es del -11.60% para la resistencia de 210 kg/cm² y del -17.40% para la resistencia de 280 kg/cm².

11.1.4. El aumento en porcentaje del costo unitario de materiales del concreto elaborado con agregado de la cantera Rio Seco, cemento Portland Tipo I y agua potable, con la sustitución más óptima de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado es 2.98% para la resistencia 210 kg/cm² y es 2.56% para la resistencia 280 kg/cm². Siendo el concreto de mayor costo el elaborado con agregado reciclado 100% y de relación agua cemento 0.507 y 0.415, para la resistencia 210 kg/cm² y 280 kg/cm² respectivamente, con un aumento en porcentaje de 10.59% y 8.89%.

11.2. RECOMENDACIONES

11.2.1. Se debe estudiar el comportamiento de las resistencias a la compresión con concreto reciclado, considerando un análisis comparativo entre concretos elaborados con agregados de diferentes Tamaños Máximos nominales por ejemplo 1'' y 1/2'' con la finalidad de determinar la influencia del Tamaño Máximo Nominal del agregado en la resistencia a compresión del concreto.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Abanto Castillo, Flavio. 1996. *Tecnología del concreto*. Primera Edición. Libro. Ingeniero Civil 1996. Lima. Perú.
2. Cruz García, Jorge y Ramón Velázquez Yáñez. 2004. *Concreto reciclado*. Tesis para obtener el título de ingeniero civil. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. México.
3. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. 2008. *Diagnostico Residuos Sólidos de la Construcción y Demoliciones en el Perú*. Citada en Viceministerio de Gestión ambiental 2008. Perú.
4. Ernesto Iván Marroquín Muñoz. 2012. *Reciclaje de desechos de concreto y verificación de características físicas y propiedades mecánicas*. Trabajo de graduación al conferírsele el título de ingeniero civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
5. Escobar Araujo, Carlos Abraham. 2009, *Producción de agregados reciclados para la construcción*, Tesis para optar el título de Maestro en Ingeniería (Construcción), Universidad Nacional autónoma de México. , , Mexico.
6. INDECOPI, 2013. *Norma Técnica Peruana NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concertó, en muestras cilíndricas*. Lima. Perú.
7. INDECOPI, 2001. *Norma Técnica Peruana NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima. Perú.
8. INDECOPI, 2000. *Norma Técnica Peruana NTP 400.037 AGREGADOS. Requisitos*. Lima. Perú.
9. INDECOPI, 2014. *Norma Técnica Peruana NTP 400.050 Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción. Generalidades*. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias. Lima. Perú.
10. López Gayarre, Fernando, Octubre 2008, *Influencia de la variación de los parámetros de dosificación y fabricación de hormigón reciclado estructural, sobre las propiedades físicas y mecánicas*, Tesis Doctoral. Universidad de

Oviedo departamento de construcción e ingeniería de fabricación. Gijón. España.

11. Vanegas Cabrera Juliana y Juan Pablo Robles Castellanos. *Estudio experimental de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales*. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Ingeniería Civil. Bogotá. Colombia.
12. Rivva López, Enrique, 1992. *Diseños de mezclas*. Lima. Perú.
13. Rivva López, Enrique, 2000. *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima. Perú.
14. Torre Carrillo, Ana, Mayo 2004, *Curso Básico de tecnología del concreto*. Universidad Nacional de ingeniería. Lima. Perú.

ANEXOS

ANEXO A:	Panel fotográfico.
ANEXO B:	Análisis Granulométrico
ANEXO C:	Contenido de Humedad
ANEXO D:	Peso Específico y Porcentaje de Absorción
ANEXO E:	Peso unitario Suelto y Compactado
ANEXO F:	Resistencia al Desgaste del Agregado Grueso por Abrasión Los Angeles.
ANEXO G:	Contenido de Materia Orgánica
ANEXO H:	Diseños de mezcla para concreto con agregado natural 100%
ANEXO I:	Diseños de mezcla para concreto con agregado natural 75% y agregado reciclado 25%.
ANEXO J:	Diseños de mezcla para concreto con agregado natural 50% y agregado reciclado 50%.
ANEXO K:	Diseños de mezcla para concreto con agregado reciclado 100%.
ANEXO L:	Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con agregado natural 100%.
ANEXO M:	Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con agregado natural 75% y agregado reciclado 25%.
ANEXO N:	Ensayo de resistencia a la compresión de concreto con agregado natural 50% y agregado reciclado 50%.
ANEXO O:	Ensayo de resistencia a la compresión de concreto agregado reciclado 100%.

ANEXO A
PANEL FOTOGRAFICO

A I.- Agregados (Ubicación, Obtención y Traslado)



Figura A - 1 Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las calles Berenice Dávila y 9 de Diciembre – Barranca.



Figura A - 2 Obtención del Agregado Grueso Reciclado



Figura A 3 Adquisición del Agregado Fino Natural (Arena Gruesa) y Agregado Grueso Natural (Piedra Zarandeada) en la misma Cantera Río Seco, y colocación en el camión.



Figura A - 4 Traslado del Material (Arena Fina, Piedra Zarandeada y Agregado Grueso Reciclado), desde Barranca hacia la ciudad de Huaraz

A II.- Ensayos Realizados a los Materiales



Figura A 5 Saturación de las 4 dosificaciones de agregados en estudio



Figura A 6 Muestras llevadas al horno para su secado



Figura A 7 Enrasado de la superficie a nivel de la parte superior del recipiente, en el ensayo de peso unitario suelto.



Figura A 8 Apisonado con la varilla a un tercio del volumen del recipiente, en el ensayo de peso unitario compactado.

A III.- Elaboración del concreto



Figura A 9 Con los materiales, herramientas y equipos listos para inicial la elaboración de briquetas en el laboratorio de Mecánica de Suelos y de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.



Figura A 10 Zarandeo del agregado grueso reciclado, con la finalidad de reducir la cantidad de polvo que presenta.



Figura A 12 Se toma medida del asentamiento, para $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

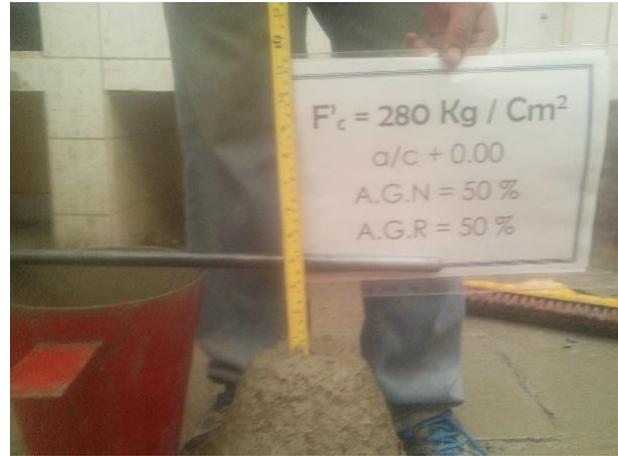


Figura A 11 Se toma medida del asentamiento, para $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$



Figura A 13 Desencofrado de Briquetas



Figura A 14 Curado de Briquetas



Figura A 15 Briqueta ensayada de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

ANEXO B

Análisis Granulométrico



Análisis Granulométrico por Tamizado

NTP 400.012

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

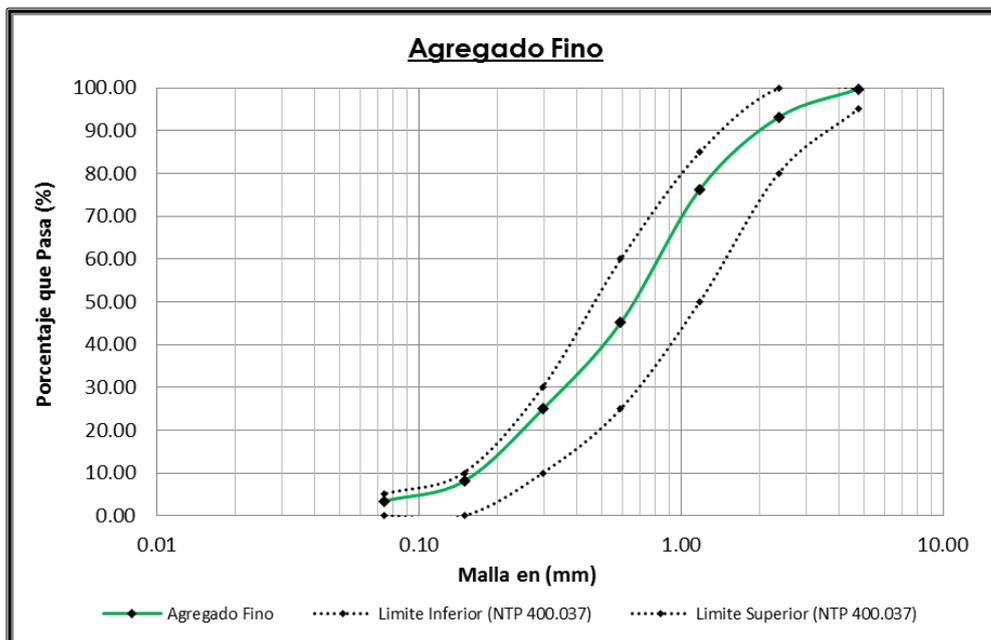
"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Fino: Rio Seco

Peso Inicial Seco 525.10 gr
Peso Lavado Seco 507.00 gr
Módulo de Fineza 2.53

TAMIZ	ABERTURA	Peso Retenido	% Reten. Parcial	ACUMULADO		GRADACION NTP 400.037 HUSO 56	
	(mm)			% Retenido	% que pasa	Inferior	Suprior
# 4	4.750	1.50	0.29	0.29	99.71	95.00	100.00
# 8	2.360	34.80	6.63	6.91	93.09	80.00	100.00
# 16	1.180	88.50	16.85	23.7	76.23	50.00	85.00
# 30	0.590	163.30	31.10	54.87	45.13	25.00	60.00
# 50	0.297	106.30	20.24	75.11	24.89	10.00	30.00
# 100	0.149	88.30	16.82	91.93	8.07	0.00	10.00
# 200	0.074	24.30	4.63	96.55	3.45	0.00	5.00
< # 200	FONDO	18.10	3.45	100.00	0.00		





Análisis Granulométrico por Tamizado

NTP 400.012

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

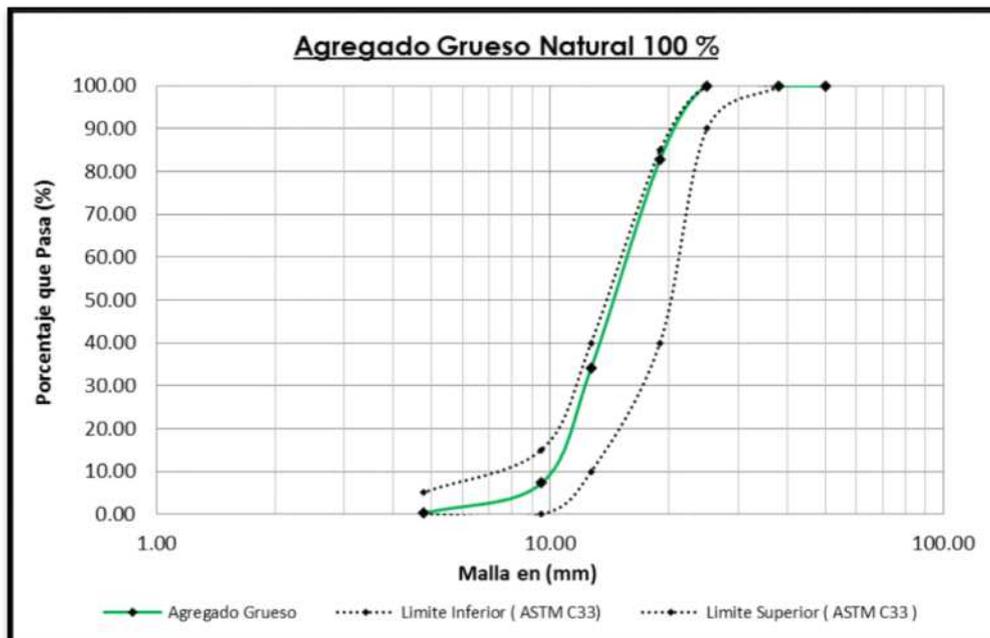
Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre – Barranca

Peso Inicial Seco 5214.90 gr
Peso Lavado Seco 5214.70 gr

Módulo de Fineza 7.10

Tamaño Máximo 1"
Tamaño Máximo Nomina ¾"

TAMIZ	ABERTURA	Peso	% Reten.	ACUMULADO		GRADACION NTP 400.037 HUSO 56	
	(mm)	Retenido	Parcial	% Retenido	% que pasa	Inferior	Suprior
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00
¾"	19.00	896.70	17.19	17.19	82.81	40.00	85.00
½"	12.70	2540.05	48.71	65.90	34.10	10.00	40.00
3/8"	9.50	1400.04	26.85	92.75	7.25	0.00	15.00
#4	4.76	367.57	7.05	99.80	0.20	0.00	5.00
< #4	FONDO	10.54	0.20	100.00	0.00		





Análisis Granulométrico por Tamizado

NTP 400.012

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIR JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

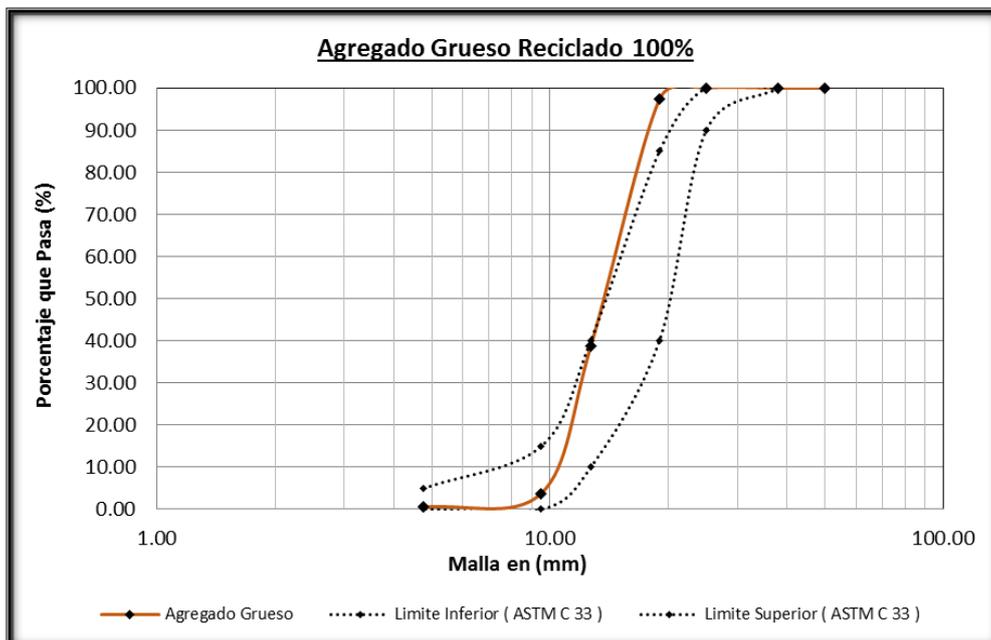
Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

Peso Inicial Seco 5348.90 gr
 Peso Lavado Seco 5339.17 gr

Módulo de Fineza 6.98 Tamaño Máximo 1"
 Tamaño Máximo Nomina ¾"

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso Retenido	% Reten. Parcial	ACUMULADO		GRADACION NTP 400.037 HUSO 56	
				% Retenido	% que pasa	Inferior	Suprior
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00
¾"	19.00	138	2.58	2.58	97.42	40.00	85.00
½"	12.70	3136.06	58.63	61.21	38.79	10.00	40.00
3/8"	9.50	1872.12	35.00	96.21	3.79	0.00	15.00
# 4	4.75	175.98	3.29	99.50	0.50	0.00	5.00
< # 4	FONDO	26.74	0.50	100.00	0.00		



ANEXO C

Contenido de Humedad



Contenido de Humedad

NTP 339.185

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Fino: Rio Seco

AGREGADO FINO NATURAL	100 %	
Muestra	-	
FRASCO N°	4	8
(a) Pfr +P.S.H. (gr)	135.52	133.51
(b) Pfr +P.S.S. (gr)	134.79	133.17
(c) P agua (gr) (1) - (2)	0.73	0.69
(d) Pfr (gr)	23.10	23.50
(e) P.S.S. (gr) (2) - (4)	112.42	110.01
(G) C. Humedad (%) (3)/(5)	0.65	0.63
Contenido de humedad promedio	0.64 %	

Nota:

Pfr = Peso fresco
P.S.H = Peso Suelo húmedo
P.S.S = Peso Suelo Seco
P agua = Peso de agua



Contenido de Humedad

NTP 339.185

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

AGREGADO GRUESO NATURAL	100 %	
AGREGADO GRUESO RECICLADO	0 %	
Muestra	-	
FRASCO N°	4	8
(a) Pfr +P.S.H. (gr)	135.52	133.51
(b) Pfr +P.S.S. (gr)	135.13	133.17
(c) P agua (gr) (1) - (2)	0.39	0.34
(d) Pfr (gr)	23.10	23.50
(e) P.S.S. (gr) (2) - (4)	112.03	109.67
(B) C. Humedad (%) (3)/(5)	0.35	0.31
Contenido de humedad promedio	0.33 %	

Nota:

Pfr = Peso fresco
P.S.H = Peso Suelo húmedo
P.S.S = Peso Suelo Seco
P agua = Peso de agua



Contenido de Humedad

NTP 339.185

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	75 %	
AGREGADO GRUESO RECICLADO	25 %	
Muestra	-	
FRASCO N°	3	6
(a) Pfr +P.S.H. (gr)	180.78	177.06
(b) Pfr +P.S.S. (gr)	179.10	175.50
(c) P agua (gr) (1) - (2)	1.68	1.56
(d) Pfr (gr)	36.87	37.50
(e) P.S.S. (gr) (2) - (4)	142.23	135.00
(B) C. Humedad (%) (3)/(5)	1.181	1.155
Contenido de humedad promedio	1.17%	

Nota:

Pfr = Peso fresco
P.S.H = Peso Suelo húmedo
P.S.S = Peso Suelo Seco
P agua = Peso de agua



Contenido de Humedad

NTP 339.185

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	50 %	
AGREGADO GRUESO RECICLADO	50 %	
Muestra	-	
FRASCO N°	5	7
(a) Pfr +P.S.H. (gr)	180.78	178.21
(b) Pfr +P.S.S. (gr)	177.70	175.40
(c) P agua (gr) (1) - (2)	3.08	2.81
(d) Pfr (gr)	38.78	38.06
(e) P.S.S. (gr) (2) - (4)	138.92	137.34
(B) C. Humedad (%) (3)/(5)	2.217	2.046
Contenido de humedad promedio	2.13%	

Nota:

Pfr = Peso fresco
P.S.H = Peso Suelo húmedo
P.S.S = Peso Suelo Seco
P agua = Peso de agua



Contenido de Humedad

NTP 339.185

Tesista:

Giño Principe, Jairo JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

Agregado Grueso Natural	0 %	
Agregado Grueso Reciclado	100 %	
Muestra	-	
FRASCO N°	1	2
(a) Pfr +P.S.H. (gr)	177.55	179.63
(b) Pfr +P.S.S. (gr)	172.00	173.60
(c) P agua (gr) (a) - (b)	5.55	6.03
(d) Pfr (gr)	37.12	36.18
(e) P.S.S. (gr) (b) - (d)	134.88	137.42
(f) C. Humedad (%) (c)/(e)	4.115	4.388
Contenido de Humedad Promedio	4.25%	

Nota:

Pfr = Peso fresco
P.S.H = Peso Suelo húmedo
P.S.S = Peso Suelo Seco
P agua = Peso de agua

ANEXO D

Peso Específico y Porcentaje de
Absorción



Peso Específico y Porcentaje de Absorción

NTP 400.022

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Fino Natural: Rio Seco

AGREGADO FINO NATURAL	100 %
-----------------------	-------

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(a) Peso de la Fiola + Peso del Agua	g	699.50	656.20
(b) Peso de la muestra superficialmente seca al aire	g	511.50	513.60
(c) Peso de la muestra S.S.S. + Agua + Fiola (a) + (b)	g	1211.00	1169.80
(d) Peso global con desplazamiento de volumen	g	1020.20	978.30
(e) Peso del Agua (d) - (c)	g	190.80	191.50
(f) Peso Especifico de masa (b) / (e)	g/cm ³	2.68	2.68
(g) Peso Especifico de masa promedio	g/cm ³	2.68	

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(A) Peso de la Muestra superficialmente seca al aire	g	511.50	513.60
(B) Peso de la Muestra seca	g	505.10	507.20
(C) Peso del Agua (A) - (B)	g	6.40	6.40
(D) Porcentaje de absorción (C) x 100 / (E)	%	1.27	1.26
(E) Porcentaje de Absorción promedio	%	1.26	



Peso Específico y Porcentaje de Absorción

NTP 400.021

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	100 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	0 %

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(a) Peso del Cesta dentro del Agua	g	1000.50	1000.50
(b) Peso de la muestra superficialmente seca al aire	g	1284.54	1304.66
(c) Peso de la muestra saturado dentro del agua + Cesta	g	1812.08	1831.44
(d) Peso de la muestra saturado dentro del agua (c) - (a)	g	811.58	830.94
(e) Peso de la muestra seca	g	1275.40	1295.66
(f) Peso Especifico de masa (e) / ((b) - (d))	g/cm ³	2.70	2.74
(g) Peso Especifico de masa promedio	g/cm ³	2.72	

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(A) Peso del Tarro + Muestra superficialmente seca al aire	g	1368.64	1402.80
(B) Peso del Tarro + Muestra seca	g	1359.50	1393.80
(C) Peso del Agua (A) - (B)	g	9.14	9.00
(D) Peso del Tarro	g	84.10	98.14
(E) Peso de la Muestra seca (B) - (D)	g	1275.40	1295.66
(F) Porcentaje de absorción (C) x 100 / (E)	%	0.72	0.69
(G) Porcentaje de Absorción promedio	%	0.71	



Peso Específico y Porcentaje de Absorción

NTP 400.021

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	75 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	25 %

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(a) Peso del Cesta dentro del Agua	g	1000.50	1000.50
(b) Peso de la muestra superficialmente seca al aire	g	1330.20	1311.5
(c) Peso de la muestra saturado dentro del agua + Cesta	g	1864.92	1821.62
(d) Peso de la muestra saturado dentro del agua (c) - (a)	g	864.92	821.12
(e) Peso de la muestra seca	g	1228.7	1284.02
(f) Peso Especifico de masa (e) / ((b) - (d))	g/cm ³	2.64	2.62
(g) Peso Especifico de masa promedio	g/cm ³	2.63	

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(A) Peso del Tarro + Muestra superficialmente seca al aire	g	1346.11	1383.58
(B) Peso del Tarro + Muestra seca	g	1319.50	1356.60
(C) Peso del Agua (A) - (B)	g	26.61	26.98
(D) Peso del Tarro	g	90.80	72.58
(E) Peso de la Muestra seca (B) - (D)	g	1228.70	1284.02
(F) Porcentaje de absorción (C) x 100 / (E)	%	2.17	2.10
(G) Porcentaje de Absorción promedio	%	2.14	



Peso Específico y Porcentaje de Absorción

NTP 400.021

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	50 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	50 %

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(a) Peso del Cesta dentro del Agua	g	1000.50	1000.50
(b) Peso de la muestra superficialmente seca al aire	g	1342.55	1384.72
(c) Peso de la muestra saturado dentro del agua + Cesta	g	1832.46	1853.08
(d) Peso de la muestra saturado dentro del agua (c) - (a)	g	831.96	852.58
(e) Peso de la muestra seca	g	1301.47	1337.55
(f) Peso Especifico de masa (e) / ((b) - (d))	g/cm ³	2.55	2.51
(g) Peso Especifico de masa promedio	g/cm ³	2.53	

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(A) Peso del Tarro + Muestra superficialmente seca al aire	g	1478.78	1520.27
(B) Peso del Tarro + Muestra seca	g	1437.70	1473.10
(C) Peso del Agua (A) - (B)	g	41.08	47.17
(D) Peso del Tarro	g	136.23	135.55
(E) Peso de la Muestra seca (B) - (D)	g	1301.47	1337.55
(F) Porcentaje de absorción (C) x 100 / (E)	%	3.16	3.53
(G) Porcentaje de Absorción promedio	%	3.35	



Peso Específico y Porcentaje de Absorción

NTP 400.021

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	0 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	100 %

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(a) Peso del Cesta dentro del Agua	g	1000.50	1000.50
(b) Peso de la muestra superficialmente seca al aire	g	1410.35	1316.35
(c) Peso de la muestra saturado dentro del agua + Cesta	g	1846.87	1792.76
(d) Peso de la muestra saturado dentro del agua (c) - (a)	g	846.37	792.26
(e) Peso de la muestra seca	g	1329.47	1242.84
(f) Peso Especifico de masa (e) / ((b) - (d))	g/cm ³	2.36	2.37
(g) Peso Especifico de masa promedio	g/cm ³	2.37	

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2
(A) Peso del Tarro + Muestra superficialmente seca al aire	g	1557.08	1450.91
(B) Peso del Tarro + Muestra seca	g	1476.20	1377.40
(C) Peso del Agua (A) - (B)	g	80.88	73.51
(D) Peso del Tarro	g	146.73	134.56
(E) Peso de la Muestra seca (B) - (D)	g	1329.47	1242.84
(F) Porcentaje de absorción (C) x 100 / (E)	%	6.08	5.91
(G) Porcentaje de Absorción promedio	%	6.00	

ANEXO E

Peso unitario Suelto y Compactado



Peso Unitario Suelto y Compactado

NTP 400.017

Tesista:

GIRO PRINCIPE JAIR JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Fino: Rio Seco

AGREGADO FINO NATURAL	0 %
-----------------------	-----

PESO UNITARIO SUELTO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(a) Peso del Material + Molde	g	7298.40	7290.20	7281.60
(b) Peso del Molde	g	2806.00	2806.00	2806.00
(c) Peso del Material (a) - (b)	g	4534.60	4489.60	4464.40
(d) Volumen del Molde	cm ³	2802.15	2802.15	2802.15
(e) Peso Unitario Suelto (c) / (d)	g/cm ³	1.603	1.600	1.597
(f) Peso Unitario Suelto promedio	g/cm ³	1.600		

PESO UNITARIO COMPACTADO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(A) Peso del Material + Molde	g	7751.20	7769.10	7773.40
(B) Peso del Molde	g	2806.00	2806.00	2806.00
(C) Peso del Material (A) - (B)	g	4945.20	4963.10	4967.40
(D) Volumen del Molde	cm ³	2802.15	2802.15	2802.15
(E) Peso Unitario Compactado (C) / (D)	g/cm ³	1.765	1.771	1.773
(F) Peso Unitario Compactado promedio	g/cm ³	1.770		



Peso Unitario Suelto y Compactado

NTP 400.017

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	100 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	0 %

PESO UNITARIO SUELTO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(a) Peso del Material + Molde	g	20993.02	21011.85	20955.35
(b) Peso del Molde	g	7404	7404	7404
(c) Peso del Material (a) - (b)	g	13589.02	13607.85	13551.35
(d) Volumen del Molde	cm ³	9417.2	9417.2	9417.2
(e) Peso Unitario Suelto (c) / (d)	g/cm ³	1.443	1.445	1.439
(f) Peso Unitario Suelto promedio	g/cm ³	1.442		

PESO UNITARIO COMPACTADO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(A) Peso del Material + Molde	g	22511.4	22574.7	22542.1
(B) Peso del Molde	g	7404	7404	7404
(C) Peso del Material (A) - (B)	g	15114.61	15124.02	15152.27
(D) Volumen del Molde	cm ³	9417.2	9417.2	9417.2
(E) Peso Unitario Compactado (C) / (D)	g/cm ³	1.604	1.6011	1.607
(F) Peso Unitario Compactado promedio	g/cm ³	1.607		



Peso Unitario Suelto y Compactado

NTP 400.017

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	75 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	25 %

PESO UNITARIO SUELTO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(a) Peso del Material + Molde	g	20943.38	20978	20906.62
(b) Peso del Molde	g	7404	7404	7404
(c) Peso del Material (a) - (b)	g	13539.38	13574	13502.62
(d) Volumen del Molde	cm ³	9417.2	9417.2	9417.2
(e) Peso Unitario Suelto (c) / (d)	g/ cm ³	1.438	1.441	1.434
(f) Peso Unitario Suelto promedio	g/cm ³	1.438		

PESO UNITARIO COMPACTADO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(A) Peso del Material + Molde	g	22032.49	21980.9	21971.22
(B) Peso del Molde	g	7404.00	7404.00	7404.00
(C) Peso del Material (A) - (B)	g	14628.49	14576.9	14567.22
(D) Volumen del Molde	cm ³	9417.20	9417.20	9417.20
(E) Peso Unitario Compactado (C) / (D)	g/ cm ³	1.553	1.548	1.547
(F) Peso Unitario Compactado promedio	g/cm ³	1.549		



Peso Unitario Suelto y Compactado

NTP 400.017

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	50 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	50 %

PESO UNITARIO SUELTO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(a) Peso del Material + Molde	g	20143.56	19986.5	20107.33
(b) Peso del Molde	g	7404	7404	7404
(c) Peso del Material (a) - (b)	g	12739.56	12582.5	12703.33
(d) Volumen del Molde	cm ³	9417.2	9417.2	9417.2
(e) Peso Unitario Suelto (c) / (d)	g/cm ³	1.353	1.336	1.349
(f) Peso Unitario Suelto promedio	g/cm ³	1.346		

PESO UNITARIO COMPACTADO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(A) Peso del Material + Molde	g	21433.3	21360.4	21271.5
(B) Peso del Molde	g	7404	7404	7404
(C) Peso del Material (A) - (B)	g	14029.3	13956.4	13867.5
(D) Volumen del Molde	cm ³	9417.2	9417.2	9417.2
(E) Peso Unitario Compactado (C) / (D)	g/cm ³	1.49	1.482	1.473
(F) Peso Unitario Compactado promedio	g/cm ³	1.482		



Peso Unitario Suelto y Compactado

NTP 400.017

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIR JAIR

Tesis:

"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	0 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	100 %

PESO UNITARIO SUELTO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(a) Peso del Material + Molde	g	18429.36	18427.8	18408.25
(b) Peso del Molde	g	7404.00	7404.00	7404.00
(c) Peso del Material (a) - (b)	g	11025.36	11023.8	11004.25
(d) Volumen del Molde	cm ³	9417.20	9417.20	9417.20
(e) Peso Unitario Suelto (c) / (d)	g/cm ³	1.171	1.171	1.169

PESO UNITARIO COMPACTADO

	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
(A) Peso del Material + Molde	g	19611.83	19606.3	19578.88
(B) Peso del Molde	g	7404.00	7404.00	7404.00
(C) Peso del Material (A) - (B)	g	12207.83	12202.3	12174.88
(D) Volumen del Molde	cm ³	9417.20	9417.2	9417.20
(E) Peso Unitario Compactado (C) / (D)	g/cm ³	1.296	1.296	1.293
(F) Peso Unitario Compactado promedio	g/cm ³	1.295		

ANEXO F

Resistencia al Desgaste del Agregado
Grueso por Abrasión Los Angeles.



RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASIÓN LOS ANGELES

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACIÓN DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210 Y 280 KG/M², EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

AGREGADO GRUESO NATURAL (T.M.N. : ¾")	100 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO	0 %

PESO UNITARIO SUELTO

Medida del Tamiz		Masa del Tamaño indicado (g)			
Que Pasa	Retenido	Gradación (Numero de Esferas)			
		"A" (12)	"B" (11)	"C" (8)	"D" (6)
3"	2 ½"				
2 ½"	2"				
2"	1 ½"				
1 ½"	1"				
1"	¾"	1,250.40			
¾"	½"	1,250.20			
½"	3/8"	1,250.00			
3/8"	¼"	1,250.00			
¼"	Nº4				
Nº4	Nº8				
TOTALES		5,000.60	0.00	0.00	0.00

Peso de las esferas	4973.10
Graduación	"A" (12)
Número de revoluciones	500.00
Peso Material que Pasa Malla Nº 12 (gr)	887.60
Peso Mat/Ret. en la Malla Nº 12 (gr)	4113.00
Porcentaje Desgaste (%)	17.75



RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASIÓN LOS ANGELES

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACIÓN DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210 Y 280 KG/M², EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL (T.M.N. : ¾")	75 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO (T.M.N. : ¾")	25 %

PESO UNITARIO SUELTO

Medida del Tamiz		Masa del Tamaño indicado (g)			
Que Pasa	Retenido	Gradación (Numero de Esferas)			
		"A" (12)	"B" (11)	"C" (8)	"D" (6)
3"	2 ½"				
2 ½"	2"				
2"	1 ½"				
1 ½"	1"				
1"	¾"	1,251.30			
¾"	½"	1,250.10			
½"	3/8"	1,250.50			
3/8"	¼"	1,250.20			
¼"	N°4				
N°4	N°8				
TOTALES		5,002.10	0.00	0.00	0.00

Peso de las esferas	4973.10
Graduación	"A" (12)
Número de revoluciones	500.00
Peso Material que Pasa Malla N° 12 (gr)	1179.90
Peso Mat/Ret. en la Malla N° 12 (gr)	3822.20
Porcentaje Desgaste (%)	23.59



RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASIÓN LOS ANGELES

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACIÓN DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210 Y 280 KG/M², EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Natural: Rio Seco

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL (T.M.N. : ¾")	50 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO (T.M.N. : ¾")	50 %

PESO UNITARIO SUELTO

Medida del Tamiz		Masa del Tamaño indicado (g)			
Que Pasa	Retenido	Gradación (Numero de Esferas)			
		"A" (12)	"B" (11)	"C" (8)	"D" (6)
3"	2 ½"				
2 ½"	2"				
2"	1 ½"				
1 ½"	1"				
1"	¾"	1,250.10			
¾"	½"	1,251.30			
½"	3/8"	1,250.40			
3/8"	¼"	1,250.10			
¼"	N°4				
N°4	N°8				
TOTALES		5,001.90	0.00	0.00	0.00

Peso de las esferas	4973.10
Graduación	"A" (12)
Número de revoluciones	500.00
Peso Material que Pasa Malla N° 12 (gr)	1471.80
Peso Mat/Ret. en la Malla N° 12 (gr)	3530.10
Porcentaje Desgaste (%)	29.42



RESISTENCIA AL DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO POR ABRASIÓN LOS ANGELES

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACIÓN DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210 Y 280 KG/M², EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca

AGREGADO GRUESO NATURAL	0 %
AGREGADO GRUESO RECICLADO (T.M.N. : ¾")	100 %

PESO UNITARIO SUELTO

Medida del Tamiz		Masa del Tamaño indicado (g)			
Que Pasa	Retenido	Gradación (Numero de Esferas)			
		"A" (12)	"B" (11)	"C" (8)	"D" (6)
3"	2 ½"				
2 ½"	2"				
2"	1 ½"				
1 ½"	1"				
1"	¾"	1,251.20			
¾"	½"	1,250.60			
½"	3/8"	1,250.40			
3/8"	¼"	1,251.00			
¼"	N°4				
N°4	N°8				
TOTALES		5,003.20	0.00	0.00	0.00

Peso de las esferas	4973.10
Graduación	"A" (12)
Número de revoluciones	500.00
Peso Material que Pasa Malla N° 12 (gr)	2056.32
Peso Mat/Ret. en la Malla N° 12 (gr)	2946.88
Porcentaje Desgaste (%)	41.10

ANEXO G

Contenido de Materia Orgánica



ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA

NTP 400.024

Tesista:

GIRIO PRINCIPE JAIRO JAIR

Tesis:

"FABRICACIÓN DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210 Y 280 KG/M², EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015."

Cantera:

Agregado Fino Natural: Rio Seco

ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

MUESTRA	M.O %
100 % Agregado Fino Natural	0.002

Conclusión:

La muestra son muy bajas en la materia orgánica, y se encuentran dentro de los parámetros permisibles según las normas para el uso respectivo

ANEXO H

Diseños de mezcla para concreto con agregado
natural 100%



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Piedra Zarandeada
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: Piedra Zarandeada

Cantera:	Rio Seco (Este)
Peso específico:	2.72 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.33 %
Absorción:	0.71 %
Peso seco suelto:	1442.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1607.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.507
Contenido de cemento:	404.34 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1041.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	702.54 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1044.78 kg
Agregado fino	707.04 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-3.957 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.215 kg
Agua de mezclado neta	-8.172 kg
Agua de mezclado neta	213.18 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	403.23	0.130	1	1
Agregado grueso	1044.77	0.384	2.58	2.95
Agregado fino	708.00	0.281	1.75	2.16
Agua de mezclado	213.18	0.213	0.53	1.64



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Piedra Zarandeada
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: Piedra Zarandeada

Cantera:	Rio Seco (Este)
Peso específico:	2.72 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.33 %
Absorción:	0.71 %
Peso seco suelto:	1442.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1607.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.557
Contenido de cemento:	368.04 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1041.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	734.32 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1044.78 kg
Agregado fino	739.02 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-3.957 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.406 kg
Agua de mezclado neta	-8.363 kg
Agua de mezclado neta	213.36 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	368.04	0.118	1	1
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.84	3.25
Agregado fino	739.32	0.293	2.01	2.48
Agua de mezclado	213.36	0.213	0.58	1.80



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Piedra Zarandeada
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: Piedra Zarandeada

Cantera:	Rio Seco (Este)
Peso específico:	2.72 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.33 %
Absorción:	0.71 %
Peso seco suelto:	1442.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1607.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.607
Contenido de cemento:	337.73 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1041.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	759.94 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1044.78 kg
Agregado fino	764.80 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-3.957 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.560kg
Agua de mezclado neta	-8.527 kg
Agua de mezclado neta	213.52 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	337.73	0.109	1	1
Agregado grueso	1044.78	0.384	3.09	3.54
Agregado fino	764.80	0.303	2.26	2.79
Agua de mezclado	213.52	0.214	0.63	1.97



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Piedra Zarandeada
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giño Príncipe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: Piedra Zarandeada

Cantera:	Rio Seco (Este)
Peso específico:	2.72 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.33 %
Absorción:	0.71 %
Peso seco suelto:	1442.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1607.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.415
Contenido de cemento:	493.98 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1044.78 kg
Contenido de agreg. Fino:	625.29 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1044.78 kg
Agregado fino	629.29 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-3.957 kg
Agua en el agreg. Fino	-3.752 kg
Agua de mezclado neta	-7.709 kg
Agua de mezclado neta	212.71 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	493.98	0.158	1	1
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.12	2.42
Agregado fino	629.29	0.250	1.27	1.57
Agua de mezclado	212.71	0.213	0.43	1.34



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Piedra Zarandeada
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giño Príncipe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: Piedra Zarandeada

Cantera:	Rio Seco (Este)
Peso específico:	2.72 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.33 %
Absorción:	0.71 %
Peso seco suelto:	1442.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1607.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.465
Contenido de cemento:	440.86 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1041.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	671.07 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1044.78 kg
Agregado fino	675.36 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-3.957 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.026 kg
Agua de mezclado neta	-7.983 kg
Agua de mezclado neta	212.98 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	440.86	0.142	1	1
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.37	2.71
Agregado fino	675.36	0.268	1.53	1.89
Agua de mezclado	212.98	0.213	0.48	1.50



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Piedra Zarandeada
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giño Príncipe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: Piedra Zarandeada

Cantera:	Rio Seco (Este)
Peso específico:	2.72 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.33 %
Absorción:	0.71 %
Peso seco suelto:	1442.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1607.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.515
Contenido de cemento:	398.06 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1041.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	707.95 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1044.78 kg
Agregado fino	712.48 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-3.957 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.248 kg
Agua de mezclado neta	-8.205 kg
Agua de mezclado neta	213.21 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	398.06	0.128	1	1
Agregado grueso	1044.78	0.384	2.62	3.00
Agregado fino	712.48	0.283	1.79	2.21
Agua de mezclado	213.21	0.213	0.54	1.67

ANEXO I

Diseños de mezcla para concreto con agregado natural 75% y agregado reciclado 25%.



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giropri Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.63 tn /m ³
Contenido de humedad:	1.17 %
Absorción:	2.14 %
Peso seco suelto:	1438.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1549.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.507
Contenido de cemento:	404.34 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1003.75 kg
Contenido de agreg. Fino:	705.73 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1015.49 kg
Agregado fino	710.25 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-9.736 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.234 kg
Agua de mezclado neta	-13.97 kg
Agua de mezclado neta	218.97 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	404.34	0.130	1	1
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.51	2.97
Agregado fino	710.25	0.282	1.76	2.17
Agua de mezclado	218.97	0.219	0.54	1.68



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.63 tn /m ³
Contenido de humedad:	1.17 %
Absorción:	2.14 %
Peso seco suelto:	1438.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1549.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.557
Contenido de cemento:	368.04 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1003.75 kg
Contenido de agreg. Fino:	737.01 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1015.49 kg
Agregado fino	741.73 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-9.736 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.422 kg
Agua de mezclado neta	-14.158 kg
Agua de mezclado neta	219.16 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	368.04	0.118	1	1
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.76	3.26
Agregado fino	741.73	0.294	2.02	2.49
Agua de mezclado	219.16	0.219	0.60	1.85



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girop Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.63 tn /m ³
Contenido de humedad:	1.17 %
Absorción:	2.14 %
Peso seco suelto:	1438.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1549.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.607
Contenido de cemento:	337.73 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1003.75 kg
Contenido de agreg. Fino:	763.13 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1015.49 kg
Agregado fino	768.01 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-9.736 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.579 kg
Agua de mezclado neta	-14.315kg
Agua de mezclado neta	219.32 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	337.73	0.109	1	1
Agregado grueso	1015.49	0.386	3.09	3.56
Agregado fino	768.01	0.305	2.26	2.81
Agua de mezclado	219.32	0.219	0.63	2.02



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giropriente, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.63 tn /m ³
Contenido de humedad:	1.17 %
Absorción:	2.14 %
Peso seco suelto:	1438.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1549.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.415
Contenido de cemento:	493.98 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1003.75 kg
Contenido de agreg. Fino:	628.49 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1015.49 kg
Agregado fino	632.51 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-9.736 kg
Agua en el agreg. Fino	-3.771kg
Agua de mezclado neta	-13.507 kg
Agua de mezclado neta	218.51 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	493.98	0.159	1	1
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.06	2.43
Agregado fino	632.51	0.251	1.29	1.58
Agua de mezclado	218.51	0.219	0.44	1.38



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giropi Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.63 tn /m ³
Contenido de humedad:	1.17 %
Absorción:	2.14 %
Peso seco suelto:	1438.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1549.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.465
Contenido de cemento:	440.86 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1003.75 kg
Contenido de agreg. Fino:	674.26 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1015.49 kg
Agregado fino	678.58 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-9.736 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.046 kg
Agua de mezclado neta	-13.782 kg
Agua de mezclado neta	218.78 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	440.86	0.142	1	1
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.30	2.72
Agregado fino	678.58	0.269	1.54	1.90
Agua de mezclado	218.78	0.219	0.50	1.54



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 75% Piedra chancada + 25% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giropri Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 75% Piedra Zarandeada + 25% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.63 tn /m ³
Contenido de humedad:	1.17 %
Absorción:	2.14 %
Peso seco suelto:	1438.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1549.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.515
Contenido de cemento:	398.06 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	1003.75 kg
Contenido de agreg. Fino:	711.14 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	1015.49 kg
Agregado fino	715.69 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-9.736 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.267 kg
Agua de mezclado neta	-14.003 kg
Agua de mezclado neta	219.00 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	398.06	0.128	1	1
Agregado grueso	1015.49	0.386	2.55	3.02
Agregado fino	715.69	0.284	1.80	2.22
Agua de mezclado	219.00	0.219	0.55	1.71

ANEXO J

Diseños de mezcla para concreto con agregado natural 50% y agregado reciclado 50%.



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.53 tn /m ³
Contenido de humedad:	2.13 %
Absorción:	3.35 %
Peso seco suelto:	1346.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1170.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.507
Contenido de cemento:	404.34 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	960.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	711.29 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	980.80 kg
Agregado fino	715.84 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-11.716 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.268 kg
Agua de mezclado neta	-15.984 kg
Agua de mezclado neta	220.98 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	404.34	0.130	1	1
Agregado grueso	980.80	0.388	2.43	2.98
Agregado fino	715.84	0.284	1.77	2.18
Agua de mezclado	220.98	0.221	0.55	1.70



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.53 tn /m ³
Contenido de humedad:	2.13 %
Absorción:	3.35 %
Peso seco suelto:	1346.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1170.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.607
Contenido de cemento:	337.73 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	960.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	768.69 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	980.80 kg
Agregado fino	773.61 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-11.706 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.612 kg
Agua de mezclado neta	-16.328 kg
Agua de mezclado neta	221.33 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	337.73	0.109	1	1
Agregado grueso	980.80	0.388	2.90	3.57
Agregado fino	773.61	0.307	2.29	2.83
Agua de mezclado	221.33	0.221	0.66	2.02



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.53 tn /m ³
Contenido de humedad:	2.13 %
Absorción:	3.35 %
Peso seco suelto:	1346.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1170.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.557
Contenido de cemento:	368.04 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	960.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	742.57 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	980.80 kg
Agregado fino	747.32 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-11.716 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.455 kg
Agua de mezclado neta	-16.176 kg
Agua de mezclado neta	221.17 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	368.04	0.118	1	1
Agregado grueso	980.80	0.388	2.66	3.28
Agregado fino	747.32	0.297	2.03	2.51
Agua de mezclado	221.17	0.221	0.60	1.87



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girop Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.53 tn /m ³
Contenido de humedad:	2.13 %
Absorción:	3.35 %
Peso seco suelto:	1346.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	1482.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	20 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.415
Contenido de cemento:	493.98 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	960.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	634.04kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	980.80 kg
Agregado fino	638.10 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-11.716 kg
Agua en el agreg. Fino	-3.804 kg
Agua de mezclado neta	-15.520 kg
Agua de mezclado neta	220.52 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	493.98	0.159	1	1
Agregado grueso	980.80	0.388	1.99	2.44
Agregado fino	638.10	0.253	1.29	1.59
Agua de mezclado	220.52	0.221	0.45	1.39



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giropi Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.53 tn /m ³
Contenido de humedad:	2.13 %
Absorción:	3.35 %
Peso seco suelto:	1346.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	14820.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.515
Contenido de cemento:	398.06 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	960.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	716.70 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	980.80 kg
Agregado fino	721.29 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-11.716 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.300 kg
Agua de mezclado neta	-16.016 kg
Agua de mezclado neta	221.02 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	398.06	0.128	1	1
Agregado grueso	980.80	0.388	2.46	3.03
Agregado fino	721.29	0.286	1.81	2.24
Agua de mezclado	221.02	0.221	0.56	1.73



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giropi Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca:	Cemento Sol
Tipo:	Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera:	Rio Seco (Este)
Módulo de fineza:	2.52
Peso específico:	2.68 tn /m ³
Contenido de humedad:	0.64 %
Porcentaje de Absorción:	1.24 %
Peso unitario suelto:	1600 kg/m ³
Peso unitario compactado:	1770 kg/m ³

Datos del Agregado Grueso: 50% Piedra Zarandeada + 50% Concreto Reciclado

Cantera:	
Agregado Grueso Natural	Rio Seco (Este)
Agregado Grueso Reciclado:	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico:	2.53 tn /m ³
Contenido de humedad:	2.13 %
Absorción:	3.35 %
Peso seco suelto:	1346.00 kg/m ³
Peso seco compactado:	14820.00 kg/m ³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	20 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.465
Contenido de cemento:	440.86 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	960.34 kg
Contenido de agreg. Fino:	679.82 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	980.80 kg
Agregado fino	684.17 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-11.716 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.079 kg
Agua de mezclado neta	-15.795 kg
Agua de mezclado neta	220.80 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	440.86	0.142	1	1
Agregado grueso	980.80	0.388	2.22	2.73
Agregado fino	684.17	0.271	1.55	1.92
Agua de mezclado	220.80	0.221	0.50	1.56

ANEXO K

Diseños de mezcla para concreto con agregado
reciclado 100%.



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Girio Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca: Cemento Sol
Tipo: Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico: 3.11 gr/cm³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera: Rio Seco (Este)
Módulo de fineza: 2.52
Peso específico: 2.68 tn /m³
Contenido de humedad: 0.64 %
Porcentaje de Absorción: 1.24 %
Peso unitario suelto: 1600 kg/m³
Peso unitario compactado: 1770 kg/m³

Datos del Agregado Grueso: 100% Concreto Reciclado

Cantera:
Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico: 2.37 tn /m³
Contenido de humedad: 4.25 %
Absorción: 6.00 %
Peso seco suelto: 1170 kg/m³
Peso seco compactado: 1295.00 kg/m³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.507
Contenido de cemento:	404.34 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	839.16 kg
Contenido de agreg. Fino:	779.64 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	874.82 kg
Agregado fino	784.63 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-14.685 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.678 kg
Agua de mezclado neta	-19.363 kg
Agua de mezclado neta	224.36 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	404.34	0.130	1	1
Agregado grueso	874.82	0.369	2.16	2.84
Agregado fino	784.63	0.311	1.94	2.39
Agua de mezclado	224.36	0.224	0.55	1.73



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giropi Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca: Cemento Sol
Tipo: Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico: 3.11 gr/cm³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera: Rio Seco (Este)
Módulo de fineza: 2.52
Peso específico: 2.68 tn /m³
Contenido de humedad: 0.64 %
Porcentaje de Absorción: 1.24 %
Peso unitario suelto: 1600 kg/m³
Peso unitario compactado: 1770 kg/m³

Datos del Agregado Grueso: 100% Concreto Reciclado

Cantera:
Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuerdas de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico: 2.37 tn /m³
Contenido de humedad: 4.25 %
Absorción: 6.00 %
Peso seco suelto: 1170.00 kg/m³
Peso seco compactado: 1295.00 kg/m³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.6084
Contenido de cemento:	337.73 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	837.04 kg
Contenido de agreg. Fino:	839.16 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	874.82 kg
Agregado fino	842.40 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-14.685 kg
Agua en el agreg. Fino	-5.022 kg
Agua de mezclado neta	-19.707 kg
Agua de mezclado neta	224.71 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	337.73	0.109	1	1
Agregado grueso	874.82	0.369	2.59	3.40
Agregado fino	842.40	0.334	2.49	3.08
Agua de mezclado	224.71	0.225	0.67	2.07



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giño Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca: Cemento Sol
Tipo: Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico: 3.11 gr/cm³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera: Río Seco (Este)
Módulo de fineza: 2.52
Peso específico: 2.68 tn /m³
Contenido de humedad: 0.64 %
Porcentaje de Absorción: 1.24 %
Peso unitario suelto: 1600 kg/m³
Peso unitario compactado: 1770 kg/m³

Datos del Agregado Grueso: 100% Concreto Reciclado

Cantera:
Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico: 2.37 tn /m³
Contenido de humedad: 4.25 %
Absorción: 6.00 %
Peso seco suelto: 1170 kg/m³
Peso seco compactado: 1295.00 kg/m³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	210 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	295 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.557
Contenido de cemento:	368.04 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	839.16 kg
Contenido de agreg. Fino:	810.92 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	874.82 kg
Agregado fino	816.11 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-14.685 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.866 kg
Agua de mezclado neta	-19.551 kg
Agua de mezclado neta	224.55 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	368.04	0.118	1	1
Agregado grueso	874.82	0.369	2.38	3.12
Agregado fino	816.11	0.324	2.22	2.74
Agua de mezclado	224.55	0.225	0.61	1.90



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giño Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca: Cemento Sol
Tipo: Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico: 3.11 gr/cm³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera: Río Seco (Este)
Módulo de fineza: 2.52
Peso específico: 2.68 tn /m³
Contenido de humedad: 0.64 %
Porcentaje de Absorción: 1.24 %
Peso unitario suelto: 1600 kg/m³
Peso unitario compactado: 1770 kg/m³

Datos del Agregado Grueso: 100% Concreto Reciclado

Cantera:
Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico: 2.37 tn /m³
Contenido de humedad: 4.25 %
Absorción: 6.00 %
Peso seco suelto: 1170 kg/m³
Peso seco compactado: 1295.00 kg/m³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.415
Contenido de cemento:	493.98 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	839.16 kg
Contenido de agreg. Fino:	702.40kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	874.82 kg
Agregado fino	706.90 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-14.685 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.214 kg
Agua de mezclado neta	-18.899 kg
Agua de mezclado neta	223.90 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	Dosificación		Proporción	
	en peso	en volumen	en peso	en volumen
Cemento	493.98	0.159	1	1
Agregado grueso	874.82	0.369	1.77	2.32
Agregado fino	706.90	0.281	1.43	1.77
Agua de mezclado	223.90	0.224	0.45	1.41



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giño Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca: Cemento Sol
Tipo: Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico: 3.11 gr/cm³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera: Río Seco (Este)
Módulo de fineza: 2.52
Peso específico: 2.68 tn /m³
Contenido de humedad: 0.64 %
Porcentaje de Absorción: 1.24 %
Peso unitario suelto: 1600 kg/m³
Peso unitario compactado: 1770 kg/m³

Datos del Agregado Grueso: 100% Concreto Reciclado

Cantera:
Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico: 2.37 tn /m³
Contenido de humedad: 4.25 %
Absorción: 6.00 %
Peso seco suelto: 1170 kg/m³
Peso seco compactado: 1295.00 kg/m³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	85 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.5160
Contenido de cemento:	398.06 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	839.16 kg
Contenido de agreg. Fino:	785.05 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	874.82 kg
Agregado fino	790.07 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-14.685 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.710 kg
Agua de mezclado neta	-19.395kg
Agua de mezclado neta	224.40 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	398.06	0.128	1	1
Agregado grueso	874.82	0.369	2.20	2.88
Agregado fino	790.07	0.314	1.98	2.45
Agua de mezclado	224.40	0.224	0.56	1.75



Diseño de Mezcla de Concreto

Arena Gruesa + 100% Concreto Reciclado
Diseño: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Tesista:

Giño Principe, Jairo Jair

Tesis:

Fabricación de concreto de resistencia a la compresión 210 y 280 kg/cm², empleando como agregado grueso concreto desechado de obras, y sus costos unitarios vs concreto con agregado natural, Barranca – 2015.

Materiales

Datos del Cemento

Marca: Cemento Sol
Tipo: Portland tipo I ASTM C-150
Peso Específico: 3.11 gr/cm³

Datos del Agregado Fino: Arena Gruesa

Cantera: Río Seco (Este)
Módulo de fineza: 2.52
Peso específico: 2.68 tn /m³
Contenido de humedad: 0.64 %
Porcentaje de Absorción: 1.24 %
Peso unitario suelto: 1600 kg/m³
Peso unitario compactado: 1770 kg/m³

Datos del Agregado Grueso: 100% Concreto Reciclado

Cantera:
Agregado Grueso Reciclado: Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
Peso específico: 2.37 tn /m³
Contenido de humedad: 4.25 %
Absorción: 6.00 %
Peso seco suelto: 1170 kg/m³
Peso seco compactado: 1295.00 kg/m³



Valores de Diseño

Resistencia a la compresión (f'_c):	280 kg/cm ²
Revenimiento:	3 a 4"
Tamaño máximo:	¾"
Agua de mezclado:	205 kg/cm ³
Factor de seguridad:	84 kg/cm ²
$f'_{cr} = f'_c + \text{Factor de Seguridad}$:	365 kg/cm ²
Aire total:	2 %
Relación a/c	0.465
Contenido de cemento:	440.86 Kg
Volumen de agregado grueso:	0.648 m ³
Contenido de agreg. Grueso:	839.16 kg
Contenido de agreg. Fino:	748.17 kg
Ajuste por humedad	
Agregado grueso	874.82 kg
Agregado fino	753.96 kg
Agua de mezcla neta	
Agua en el agreg. Grueso	-14.685 kg
Agua en el agreg. Fino	-4.489 kg
Agua de mezclado neta	-19.174 kg
Agua de mezclado neta	224.17 kg

Cantidad de material por m³ de concreto y proporciones

	<i>Dosificación</i>		<i>Proporción</i>	
	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>	<i>en peso</i>	<i>en volumen</i>
Cemento	440.86	0.142	1	1
Agregado grueso	874.82	0.369	1.98	2.60
Agregado fino	752.96	0.299	1.71	2.11
Agua de mezclado	224.17	0.224	0.51	1.58

ANEXO L

Ensayo de resistencia a la compresión de
concreto con agregado natural 100%



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Río Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	100%
	GRUESO RECICLADO :	0%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	47.200	265,33	89,94
02	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	47.800	270,49	91,69
03	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	48.000	271,62	92,08
04	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	53.400	301,38	102,16
05	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	53.600	302,10	102,41
06	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	54.600	308,15	104,46
07	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	58.200	329,34	111,64
08	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	57.600	325,95	110,49
09	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	58.800	331,85	112,49
10	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	66.800	375,50	127,29
11	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	67.200	377,75	128,05
12	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	67.600	381,01	129,16



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Río Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	100%
	GRUESO RECICLADO :	0%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,08	178,60	43.000	240,76	81,61
02	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	42.400	238,34	80,79
03	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	43.800	246,21	83,46
04	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	50.800	287,47	97,45
05	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	49.600	280,68	95,15
06	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	50.000	282,19	95,66
07	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	53.000	298,72	101,26
08	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	52.400	296,52	100,52
09	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	52.200	295,39	100,13
10	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	61.400	346,53	117,47
11	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	61.800	348,32	118,08
12	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	62.200	349,65	118,52



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Río Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	100%
	GRUESO RECICLADO :	0%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	37.000	209,38	70,98
02	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	36.100	204,28	69,25
03	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	35.600	200,92	68,11
04	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	41.200	232,21	78,72
05	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	42.800	240,59	81,56
06	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	42.300	239,37	81,14
07	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	53.000	257,48	87,28
08	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	52.400	259,70	88,04
09	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	52.200	263,78	89,42
10	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	61.400	265,26	89,92
11	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	61.800	267,66	90,73
12	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	62.200	271,67	92,09



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	100%	
	GRUESO RECICLADO :	0%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	61.300	345,96	94,78
02	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	62.000	350,85	96,12
03	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	63.000	355,09	97,28
04	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	70.000	393,49	107,81
05	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	71.300	400,80	109,81
06	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	71.600	405,17	111,01
07	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	74.500	419,90	115,04
08	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	75.100	422,16	115,66
09	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	75.800	427,80	117,21
10	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	78.000	441,39	120,93
11	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	78.600	444,79	121,86
12	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	77.200	435,70	119,37



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	100%	
	GRUESO RECICLADO :	0%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	55.000	311,24	85,27
02	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	54.500	307,59	84,27
03	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	55.900	314,23	86,09
04	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	60.200	339,30	92,96
05	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	59.600	335,92	92,03
06	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	61.400	345,15	94,56
07	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	65.800	372,35	102,01
08	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	64.200	363,30	99,53
09	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	66.100	371,57	101,80
10	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	76.000	428,36	117,36
11	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	76.500	431,75	118,29
12	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,08	178,60	77.100	431,68	118,27



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	100%	
	GRUESO RECICLADO :	0%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
						D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	46.500	262,44	71,90
02	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	46.100	260,18	71,28
03	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	47.100	264,76	72,54
04	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	53.000	298,72	81,84
05	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	52.600	297,66	81,55
06	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	53.500	302,75	82,94
07	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,08	178,60	55.000	307,94	84,37
08	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,04	177,66	56.500	318,03	87,13
09	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	56.800	321,42	88,06
10	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	67.400	381,41	104,49
11	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	67.000	377,63	103,46
12	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	66.000	372,49	102,05

ANEXO M

Ensayo de resistencia a la compresión de
concreto con agregado natural 75% y agregado
reciclado 25%



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Río Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	75%
	GRUESO RECICLADO :	25%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	43.000	241,72	81,94
02	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	43.500	244,53	82,89
03	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	44.200	250,12	84,79
04	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.300	283,50	96,10
05	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	51.000	288,60	97,83
06	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	51.600	291,22	98,72
07	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	58.200	328,03	111,20
08	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	57.600	325,95	110,49
09	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	58.800	330,53	112,04
10	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	65.100	368,39	124,88
11	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	65.300	369,52	125,26
12	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	64.600	364,10	123,42



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	75%
	GRUESO RECICLADO :	25%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
						D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	36.000	203,18	68,87
02	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	36.700	207,68	70,40
03	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	37.500	212,21	71,93
04	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	47.000	264,90	89,80
05	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	47.300	266,60	90,37
06	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	48.100	272,19	92,27
07	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	50.000	282,94	95,91
08	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	50.300	283,88	96,23
09	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	51.100	288,40	97,76
10	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	54.000	303,55	102,90
11	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	54.600	306,92	104,04
12	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	55.300	312,93	106,08



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	75%	
	GRUESO RECICLADO :	25%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
						D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	35.000	196,75	66,69
02	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	35.600	200,65	68,02
03	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	36.100	204,28	69,25
04	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	36.300	204,60	69,35
05	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	36.800	207,41	70,31
06	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	37.100	209,94	71,17
07	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	37.400	211,64	71,74
08	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	37.900	213,05	72,22
09	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	38.300	216,16	73,27
10	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	40.000	225,75	76,53
11	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	40.700	230,31	78,07
12	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	41.500	234,84	79,61



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Rio Seco	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%	
	GRUESO RECICLADO :	100%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	47.000	264,20	72,38
02	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	47.800	269,77	73,91
03	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	48.200	272,76	74,73
04	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	52.400	296,52	81,24
05	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	51.600	290,83	79,68
06	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	52.600	296,86	81,33
07	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	58.200	327,16	89,63
08	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	57.600	324,65	88,95
09	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	58.800	331,41	90,80
10	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	66.400	373,25	102,26
11	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	66.800	378,01	103,56
12	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	67.200	379,26	103,91



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%	
	GRUESO RECICLADO :	100%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
						D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	43.200	244,46	66,98
02	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	42.600	241,07	66,05
03	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	44.000	247,34	67,76
04	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	52.200	294,61	80,71
05	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.000	281,81	77,21
06	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.400	284,07	77,83
07	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	55.400	311,42	85,32
08	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	54.800	308,87	84,62
09	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	54.600	308,15	84,42
10	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	62.800	355,38	97,36
11	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	63.200	357,64	97,98
12	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	64.000	353,96	96,97



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	75%
	GRUESO RECICLADO :	25%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	39.200	221,83	60,77
02	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	39.400	222,37	60,92
03	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	38.600	217,56	59,61
04	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.800	286,32	78,44
05	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	49.600	278,82	76,39
06	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.000	281,81	77,21
07	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	53.000	299,12	81,95
08	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	52.400	296,52	81,24
09	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	52.200	293,43	80,39
10	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	61.400	347,45	95,19
11	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	61.800	349,72	95,81
12	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	62.200	350,58	96,05

ANEXO N

Ensayo de resistencia a la compresión de
concreto con agregado natural 50% y agregado
reciclado 50%.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Río Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	50%
	GRUESO RECICLADO :	50%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
						D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,24	182,41	43.200	236,82	80,28
02	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,24	182,41	42.800	234,63	79,54
03	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,24	182,41	42.000	230,24	78,05
04	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,24	182,41	46.500	254,91	86,41
05	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,24	182,41	47.000	257,65	87,34
06	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,24	182,41	47.800	262,04	88,83
07	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,24	182,41	53.000	290,55	98,49
08	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,24	182,41	53.600	293,84	99,61
09	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,24	182,41	52.400	287,26	97,38
10	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,24	182,41	60.000	328,92	111,50
11	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,24	182,41	59.300	325,08	110,20
12	Relacion A/C = 0.507	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,24	182,41	60.800	333,31	112,99



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	50%	
	GRUESO RECICLADO :	50%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
						D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	35.200	199,19	67,52
02	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	34.900	197,49	66,95
03	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	35.500	200,35	67,92
04	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	37.000	208,54	70,69
05	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	37.500	210,80	71,46
06	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	36.100	202,93	68,79
07	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	37.700	212,49	72,03
08	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	37.500	210,80	71,46
09	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	38.300	215,30	72,98
10	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	40.700	230,31	78,07
11	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	40.300	227,44	77,10
12	Relacion A/C = 0.557	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	41.000	231,09	78,33



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	50%
	GRUESO RECICLADO :	50%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	34.100	192,20	65,15
02	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	33.500	189,07	64,09
03	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	33.000	185,50	62,88
04	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	36.100	204,28	69,25
05	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	35.600	200,92	68,11
06	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	36.500	206,55	70,02
07	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	37.800	213,05	72,22
08	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	38.000	214,18	72,60
09	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	37.600	211,36	71,65
10	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	40.000	225,75	76,53
11	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	40.700	229,40	77,76
12	Relacion A/C = 0.607	295,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	41.100	231,04	78,32



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Río Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	50%
	GRUESO RECICLADO :	50%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	46.700	263,56	72,21
02	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,05	177,89	46.000	258,58	70,84
03	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	45.300	255,66	70,04
04	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	51.800	291,96	79,99
05	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	51.000	288,60	79,07
06	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.600	285,20	78,14
07	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	58.300	329,91	90,39
08	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	59.000	333,87	91,47
09	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	59.500	334,47	91,63
10	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	66.100	371,57	101,80
11	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	65.300	367,07	100,57
12	Relacion A/C = 0.4060	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,08	178,60	65.000	363,93	99,71



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Rio Seco	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	50%	
	GRUESO RECICLADO :	50%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
						D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	43.100	243,25	66,64
02	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	43.700	247,29	67,75
03	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	42.300	239,37	65,58
04	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	49.900	282,38	77,36
05	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.800	286,32	78,44
06	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	51.300	290,30	79,53
07	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	54.500	307,59	84,27
08	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	54.000	304,76	83,50
09	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	55.200	311,12	85,24
10	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	63.600	358,47	98,21
11	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	63.000	356,51	97,67
12	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	62.000	350,85	96,12



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	50%
	GRUESO RECICLADO :	50%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	36.100	204,28	55,97
02	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	35.800	202,05	55,36
03	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	36.500	205,72	56,36
04	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	43.200	242,84	66,53
05	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	43.700	245,65	67,30
06	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	44.300	250,02	68,50
07	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	47.300	267,66	73,33
08	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	46.900	264,34	72,42
09	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	48.000	271,62	74,42
10	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	52.000	294,26	80,62
11	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	52.700	297,43	81,49
12	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	53.100	300,48	82,32

ANEXO O

Ensayo de resistencia a la compresión de
concreto agregado reciclado 100%.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Rio Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%
	GRUESO RECICLADO :	100%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,08	178,60	41.800	234,04	79,33
02	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,06	178,13	41.300	231,85	78,59
03	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	40.400	228,62	77,50
04	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	45.200	255,10	86,47
05	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	46.000	259,27	87,89
06	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	46.500	263,14	89,20
07	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	51.200	288,96	97,95
08	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	50.500	285,01	96,61
09	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	51.500	290,27	98,40
10	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,04	177,66	55.400	311,83	105,71
11	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	56.000	314,79	106,71
12	Relacion A/C = 0.507	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	54.400	305,80	103,66



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%
	GRUESO RECICLADO :	100%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	32.600	183,74	62,29
02	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,04	177,66	33.100	186,31	63,16
03	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	33.900	191,32	64,86
04	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	36.100	202,93	68,79
05	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	35.700	200,68	68,03
06	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	35.000	198,06	67,14
07	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	38.100	214,74	72,79
08	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	37.300	211,07	71,55
09	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,02	177,19	38.500	217,29	73,66
10	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	39.700	223,17	75,65
11	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	39.000	219,81	74,51
12	Relacion A/C = 0.557	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	40.300	227,14	77,00



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%
	GRUESO RECICLADO :	100%

N°	DESCRIPCION	f'cr Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm ²)	fcd/f'cr (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	31.500	178,25	60,42
02	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	31.000	175,42	59,47
03	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	32.300	182,29	61,79
04	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,04	177,66	34.600	194,76	66,02
05	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	35.500	200,09	67,83
06	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	35.900	201,80	68,41
07	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,05	177,89	34.900	196,18	66,50
08	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	35.400	200,32	67,91
09	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	36.200	204,85	69,44
10	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	39.600	223,20	75,66
11	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	40.300	227,14	77,00
12	Relacion A/C = 0.607	295.00	14/10/15	11/11/15	28	15,02	177,19	38.700	218,41	74,04



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.	
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE	
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	Río Seco
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%
	GRUESO RECICLADO :	100%

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	45.000	253,97	69,58
02	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	45.600	257,01	70,41
03	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	44.000	248,99	68,22
04	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.100	282,38	77,36
05	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,03	177,42	50.500	284,63	77,98
06	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	49.000	275,44	75,46
07	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,08	178,60	55.000	307,94	84,37
08	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	54.000	305,58	83,72
09	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	55.300	312,93	85,74
10	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	63.000	355,09	97,28
11	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	63.600	358,47	98,21
12	Relacion A/C = 0.415	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	61.800	349,72	95,81



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%	
	GRUESO RECICLADO :	100%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	42.500	240,50	65,89
02	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,02	177,19	41.200	232,52	63,71
03	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	42.000	236,72	64,86
04	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	46.700	262,51	71,92
05	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	46.300	260,27	71,31
06	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,00	176,71	47.300	267,66	73,33
07	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,04	177,66	52.400	294,95	80,81
08	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	51.900	292,52	80,14
09	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	53.700	302,67	82,92
10	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	60.500	342,36	93,80
11	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,00	176,71	58.900	333,31	91,32
12	Relacion A/C = 0.465	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	60.000	337,28	92,41



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO

NTP 339.034-2013

TESIS	"FABRICACION DE CONCRETO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION 210 Y 280 KG/M2, EMPLEANDO COMO AGREGADO GRUESO CONCRETO DESECHADO DE OBRAS, Y SUS COSTOS UNITARIOS VS CONCRETO CON AGREGADO NATURAL, BARRANCA - 2015.		
TESISTA	JAIRO JAIR GIRIO PRINCIPE		
CANTERA	AGREGADO GRUESO NATURAL :	RIO SECO	
	AGREGADO GRUESO RECICLADO :	Botadero ubicado entre las últimas cuadras de las Ca. Berenice Dávila y 9 de Diciembre - Barranca	
AGREGADO	GRUESO NATURAL :	0%	
	GRUESO RECICLADO :	100%	

N°	DESCRIPCION	f'c Diseño (Kg/cm ²)	FECHA		Edad Días	Diametro (cm)	Area (Cm ²)	Carga (Kg)	f'cd (Kg/cm2)	fcd/f'c (%)
			Moldeo	Rotura		D	A = π(D/2) ²	P	P/A	
01	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	35.300	198,96	54,51
02	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,03	177,42	34.500	194,45	53,27
03	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	21/10/15	7	15,00	176,71	35.700	202,02	55,35
04	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	36.500	206,00	56,44
05	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,05	177,89	37.000	207,99	56,98
06	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	28/10/15	14	15,02	177,19	35.800	202,05	55,36
07	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,03	177,42	37.300	210,23	57,60
08	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	38.500	217,87	59,69
09	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	04/11/15	21	15,00	176,71	38.000	215,04	58,91
10	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,03	177,42	40.300	227,14	62,23
11	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	40.900	229,91	62,99
12	Relacion A/C = 0.515	365,00	14/10/15	11/11/15	28	15,05	177,89	39.400	221,48	60,68