



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE ELEMENTOS DE SECCIÓN MIXTA, DE TUBERÍA DE
ACERO ESTRUCTURAL CIRCULAR Y CONCRETO $f'_c=210$ kg/cm², CON
CURADO SUPERFICIAL Y CURADO INTERNO MEDIANTE PARTÍCULAS DE
CERÁMICOS DE LADRILLO KING KONG”**

Presentado por los bachilleres:

Ascencio Abarca, André Gilmar

Ugarte Gamboa, Julio César

Para optar por el título profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Heiner Soto Florez

Cusco - Perú

junio de 2020



Dedicatoria

A Dios por darme dirección en cada momento y permitir que logre esta meta, por poner en mi camino a las personas correctas y cubrirme con su manto cuando más lo necesitaba, a mi madre Eloísa, que jamás desmayo en su apoyo incondicional, quien me enseñó sobre perseverancia, honestidad, amor y que cuando uno se propone cualquier cosa en la vida, lo puede lograr, jamás voy a poder compensarte por lo importante que eres en mi vida, te amo, a mi padre Julio, que está en el cielo, por enseñarme con tu ejemplo sobre superación, humildad, moral y ética, fuiste un buen hijo, hermano, un gran esposo, un maravilloso padre, siempre fuiste el camino correcto a seguir, a mi hermano Rodrigo, mi compañero incondicional y a mi Hijo Julio Daniel, por ser mi gran motivo, el amor de mi vida.

Con Amor, Julio César



Dedicatoria

La presente tesis fue realizada con esfuerzo y
compromiso.

En principio dedico esta investigación a Dios por
siempre mostrarme el camino correcto.

A mi Madre Gina por mostrar su dedicación, su
convicción y sobre todo por darme toda la fuerza
necesaria de siempre levantarme ante las adversidades.

A mi Hermano Jordy a quien siempre demostró su
sabiduría y es gran ejemplo a seguir y me siento
profundamente orgullo.

En memoria a mi Padre que siempre lo tendré
presente.

Aquellas personas muy especiales que están
presentes en mi vida.

A mis familiares y mejores amigos, con quienes
compartí momentos perdurables a través del tiempo.

André



AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darnos la vida y ser el camino,
para tomar las decisiones correctas.

Un agradecimiento especial al Ing. Heiner Soto Flores, por su paciencia, tiempo, por encaminarnos por el sendero correcto y su apoyo para la elaboración de este trabajo de investigación.

Agradecimiento a la Magister en Estadística, Yeesica Chalco por el aporte de la parte estadística de esta tesis.

A nuestras familias, y personas especiales y maravillosas que nos motivaron siempre a seguir adelante.

Agradecidos



RESUMEN

La investigación que se presenta en esta tesis consta básicamente del ensayo, de resistencia a compresión, de elementos de sección mixta (sección compuesta) de acero circular de aproximadamente 4" x 8" x 2mm embebidos con concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, agregando a este estudio, secciones de concreto simple, todos con reemplazo de agregado pétreo por material cerámico resultado de la molienda del ladrillo King Kong, en el caso del fino en porcentajes del 10%, 20% y 30%, y en el caso del grueso en porcentajes de 30%, 40% y 50%, con la intención de hacer una evaluación comparativa de la resistencia a la compresión del concreto patrón, es decir sin la adición de material cerámico y el concreto con adición de material cerámico en las distintas condiciones de reemplazo ya mencionadas, a edades de 7 días, 28 días y 56 días, el material cerámico actúa como un contenedor de agua que gracias a sus propiedades de absorción, hacen de éste, un material ideal para servir de agente en el proceso de curado interno, que es necesario para este tipo de secciones, pues al verse, el concreto, atrapado por la sección de acero circular, es imposible dotar de agua a todo su volumen, para lograr los procesos de hidratación necesarios para el desarrollo de resistencia del concreto. El estudio refleja que se tienen mejores resultados, al reemplazar el agregado fino en porcentajes de 10%, 20% y 30% por partículas de ladrillo King Kong en elementos de sección mixta a la edad de 56 días, incrementándose la resistencia a la compresión en un 3.54%, 3.76% y 4.26% respectivamente, en estos casos, entendemos que, el agregado fino de material cerámico, tiene una distribución homogénea en la mezcla del concreto, obteniendo un curado interno homogéneo en todo el volumen del concreto, por ende, se tiene un concreto que satisface plenamente su necesidad de hidratación.

Palabras clave: Sección mixta, curado interno, material cerámico, acero circular, concreto, resistencia a compresión



ABSTRACT

The research presented in this thesis basically consists of the test, of resistance to compression, of elements of mixed section (compound section) of circular steel of approximately 4 "x 8" x 2mm drowned with concrete of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, adding to this study, sections of simple concrete, all with replacement of stone aggregate by ceramic material resulting from the milling of the King Kong brick, in the case of fine in percentages of 10%, 20% and 30%, and in the case of the thickness in percentages of 30%, 40% and 50%, with the intention of making a comparative evaluation of the compressive strength of the concrete, that is without the addition of ceramic material and the concrete with the addition of ceramic material in the different replacement conditions already mentioned, at ages of 7 days, 28 days and 56 days, the ceramic material acts as a container of water which, thanks to its absorption properties, makes this an ideal material to serve as a agent in the process of internal curing, which is necessary for this type of sections, because when seen, the concrete, trapped by the circular steel section, it is impossible to provide water to its entire volume, to achieve the necessary hydration processes for the development of concrete resistance. The study shows that there are better results, replacing the fine aggregate in percentages of 10%, 20% and 30% by King Kong brick particles in mixed section elements at the age of 56 days, increasing the compressive strength in 3.54%, 3.76% and 4.26% respectively, in these cases, we understand that, the fine aggregate of ceramic material, has a homogeneous distribution in the concrete mix, obtaining a homogeneous internal curing throughout the concrete volume, therefore, You have a concrete that fully satisfies your need for hydration.

Keywords: Mixed section, internal curing, ceramic material, circular steel, concrete, compressive strength



INTRODUCCIÓN

En la ciudad del Cusco existen bastantes construcciones con estructuras metálicas, que sostienen techos que ejercen grandes cargas sobre las columnas circulares de acero, incluso soportan las cargas de vientos, cargas que llevan a sobre dimensionar estos elementos, incluso no se tiene certeza de su comportamiento ante eventos sísmicos, por lo cual pensamos en la solución de rellenar estas columnas con concreto para así dotar a la estructura de mayor resistencia a la compresión entre otras propiedades físico mecánicas, pero lo más importante aún es que nuestro concreto, desarrolle de forma adecuada su resistencia a la compresión, y precisamente la técnica a aplicar es el curado interno mediante elementos cerámicos resultado de la molienda de ladrillo King Kong.

Revisando la importancia de la aplicación de nuevos métodos constructivos, en especial éste, para potenciar la durabilidad de este tipo de obras, además de abaratar los costos también representa un aporte de suma importancia para la comunidad de profesionales de la construcción y para la sociedad, ya que no existen estudios respecto a esta técnica de curado interno en estructuras mixtas de sección circular de acero y concreto, en la ciudad del Cusco, dejando también puertas abiertas al interés de nuevos tesis de ahondar en más investigaciones sobre este tema.



Índice

Dedicatoria I

AGRADECIMIENTO..... III

RESUMEN..... IV

ABSTRACT V

INTRODUCCIÓN..... VI

1.CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 1

1.1. Identificación del problema 1

1.1.1. Descripción del problema..... 1

1.1.2. Formulación del problema 5

1.2. Justificación e importancia de la investigación 5

1.1.1. Justificación técnica..... 5

1.1.2. Justificación social 6

1.1.3. Justificación por viabilidad 7

1.1.4. Justificación por relevancia 7

1.2. Limitaciones de la investigación..... 8

1.3. Objetivo de la investigación 10

1.3.1. Objetivo general... 10

1.3.2. Objetivos específicos 10

2.CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 11

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual 11

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional..... 11

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional 14

2.2. Aspectos teóricos pertinentes 18





UAC

2.2.1.Cemento Portland 18

2.2.2.Generalidades del concreto 25

2.2.3.Agua en el concreto..... 27

2.2.4.Curado..... 29

2.2.5.Agregados..... 33

2.2.6.Material cerámico 39

2.2.7.Análisis granulométrico de los agregados pétreos y cerámicos de ladrillo King Kong 43

2.2.8.Diseño de mezclas 45

2.2.9.Ensayo de revenimiento del concreto – prueba del slump 58

2.2.10.Minitab..... 62

2.2.11.Acero estructural 62

2.2.12.Secciones mixtas 63

2.3.Hipótesis..... 68

2.3.1.Hipótesis general..... 68

2.3.2.Sub hipótesis..... 68

2.4.Definición de variables 69

2.4.1.Variables independientes 69

2.4.2.Indicadores de variables independientes..... 69

2.4.3.Variables dependientes 69

2.4.4.Indicadores de variables dependientes..... 69

2.4.5.Cuadro de operacionalización de variables 70

3.CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... 71

3.1.Metodología de la investigación 71

3.1.1.Tipo de investigación 71

3.1.2.Nivel de la investigación 71

3.1.3.Método de la investigación 72

3.2.Diseño de la investigación..... 73





UAC

3.2.1.Diseño experimental 73

3.2.2.Diseño de ingeniería 74

3.2.3.Selección del cerámico 75

3.3.Población y muestra 76

3.3.1.Población..... 76

3.3.2.Muestra..... 79

3.3.3.Criterios de inclusión 81

3.4.Instrumentos... 83

3.4.1.Instrumentos metodológicos. 83

3.4.2.Instrumentos de ingeniería 91

3.5.Procedimiento de recolección de datos. 94

3.5.1.Muestreo de los agregados. 94

3.5.2.Contenido de humedad..... 95

3.5.3.Granulometría del agregado grueso 99

3.5.4.Granulometría del agregado fino 104

3.5.5.Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino 115

3.5.6.Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso 119

3.5.7.Peso unitario de los agregados..... 122

3.5.8.Recolección y triturado del ladrillo King Kong..... 125

3.5.9.Preparación de mezcla de concreto 127

3.5.10.Revenimiento del concreto (slump) 129

3.5.11.Elaboración de probetas cilíndricas de concreto 133

3.5.12.Elaboración de secciones mixtas 135

3.5.13.Curado de probetas cilíndricas 136

3.5.14.Ensayo de resistencia a compresión..... 139

3.6.Procedimiento de análisis de datos. 157

3.6.1.Análisis del contenido de humedad. 157





3.6.2.Análisis granulometría del agregado grueso. 163

3.6.3.Análisis de granulometría del agregado fino y módulo de fineza 169

3.6.4.Análisis peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino. 185

3.6.5.Análisis peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso. 188

3.6.6.Análisis del peso unitario de los agregados..... 190

3.6.7.Análisis del diseño de mezcla para el concreto 192

3.6.8.Análisis revenimiento del concreto (slump) 205

3.6.9.Análisis del ensayo de resistencia a compresión..... 206

4.CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....239

4.1.Resistencia a la compresión en secciones simples 241

4.1.1.Resistencia a la compresión en secciones simples – Edad 7 días 241

4.1.2.Resistencia a la compresión en secciones simples – Edad 28 días..... 250

4.1.3.Resistencia a la compresión en secciones simples – Edad 56 días..... 258

4.1.4.Comparación de la resistencia media, en secciones simples, según edad y tratamientos 267

4.2.Resistencia a la compresión de secciones mixtas 268

4.2.1.Resistencia a la compresión en secciones mixtas – Edad 7 días 268

4.2.2.Resistencia a la compresión en secciones mixtas – Edad 28 días 277

4.2.3.Resistencia a la compresión en secciones mixtas – Edad 56 días 285

4.2.4.Comparación de la resistencia media, en secciones mixtas, según edad y tratamientos..... 294

4.3.Resultados del revenimiento del concreto fresco 295

4.4.Resultados de resistencia a compresión de secciones simples y secciones mixtas..... 297

4.4.1.Resistencia a compresión de concreto de diseño con curado por inmersión. 297

4.4.2.Resistencia a compresión de concreto patrón con curado superficial en sección simple. 298

4.4.3.Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple. 299

4.4.4.Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple. 300





4.4.5.Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple. 301

4.4.6.Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple. 302

4.4.7.Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple. 303

4.4.8.Resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple. 304

4.4.9.Resistencia a compresión de concreto patrón con curado superficial en sección mixta. 305

4.4.10.Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 306

4.4.11.Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 307

4.4.12.Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 308

4.4.13.Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 309

4.4.14.Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 310

4.4.15.Resultado de resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 311

4.5.Resumen de resultados de resistencia a compresión a los 7, 28 y 56 días. 312

5.CAPITULO V: DISCUSIÓN314

GLOSARIO.319

CONCLUSIONES.323

RECOMENDACIONES.....327





REFERENCIAS.....329

ANEXOS.....333





Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Cambios que ocurren dentro del horno</i>	21
<i>Tabla 2: Límites permisibles para aguade mezcla y de curado según la norma ITINTEC 339.088</i>	28
<i>Tabla 3: Rocas y constituyentes minerales en agregados para concreto.</i>	34
<i>Tabla 4: Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación</i>	41
<i>Tabla 5: Valores de succión promedio según los tipos de ladrillo</i>	42
<i>Tabla 6: Propiedades del ladrillo King Kong de 18 huecos</i>	42
<i>Tabla 7: Límites granulométricos del agregado fino.</i>	43
<i>Tabla 8: Límites granulométricos del agregado grueso.</i>	44
<i>Tabla 9: Incremento de valores de desviación standard cuando se tienen al menos 30 ensayos</i>	51
<i>Tabla 10: f'_{cr} aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación standard</i>	52
<i>Tabla 11: Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras</i>	55
<i>Tabla 12: Contenido de aire atrapado</i>	56
<i>Tabla 13: Volumen de agua por m²</i>	56
<i>Tabla 14: Relación agua/cemento por resistencia</i>	56
<i>Tabla 15: Peso de agregado grueso por unidad de volumen del concreto</i>	57
<i>Tabla 16: Módulo de fineza de la combinación de agregados</i>	57
<i>Tabla 17: Contenido de aire incorporado y total</i>	57
<i>Tabla 18: Descripción de trabajabilidad y magnitud de revenimiento</i>	61
<i>Tabla 19: Clasificación de trabajabilidad y magnitud de revenimiento de acuerdo con la norma europea ENV 206:1992</i>	61
<i>Tabla 20: Cuadro de operacionalización de variables</i>	70
<i>Tabla 21: Población de secciones mixtas y probetas de concreto f'_{c} 210 kg/cm².</i>	78
<i>Tabla 22: Cantidad de muestras de secciones mixtas y probetas de concreto f'_{c} 210 kg/cm².</i>	80
<i>Tabla 23: Formato: Ensayo de contenido de humedad</i>	83
<i>Tabla 24: Ensayo: Análisis granulométrico del agregado fino</i>	84
<i>Tabla 25: Ensayo: Análisis granulométrico del agregado grueso.</i>	85
<i>Tabla 26: Ensayo: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.</i>	86





Tabla 27: Ensayo: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso. 87

Tabla 28: Ensayo: Peso unitario. 88

Tabla 29: Ensayo: Revenimiento del concreto 89

Tabla 30: Ensayo: Resistencia a compresión. 90

Tabla 31: Instrumentos y equipos de laboratorio..... 91

Tabla 32: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino Cunyac. 97

Tabla 33: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino Vicho. 97

Tabla 34: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino, 70% Cunyac y 30% Vicho. 98

Tabla 35: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso Vicho. 98

Tabla 36: Ensayo de contenido de humedad del ladrillo King Kong. 99

Tabla 37: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado grueso Vicho. 101

*Tabla 38: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado grueso de ladrillo King Kong
30% + Vicho 70%. 102*

*Tabla 39: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado grueso de ladrillo King Kong
40% + Vicho 60%. 103*

*Tabla 40: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado grueso de ladrillo King Kong
50% + Vicho 50%. 104*

Tabla 41: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado fino de Cunyac. 107

Tabla 42: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado fino de Vicho 108

*Tabla 43: Cálculo teórico de los análisis granulométricos de Cunyac y Vicho para un análisis granulométrico
de agregado fino de 70% Cunyac y 30% Vicho 109*

*Tabla 44: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado fino de 70% Cunyac y 30%
Vicho..... 110*

*Tabla 45: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado fino del ladrillo King Kong.
..... 111*

*Tabla 46: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado fino del ladrillo King Kong
10% + 90%(vicho 30% + cunyac 70%) 112*

*Tabla 47: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado fino del ladrillo King Kong
20% + 80%(vicho 30% + cunyac 70%) 113*





Tabla 48: Toma de datos del ensayo de análisis de granulométrico de agregado fino del ladrillo King Kong
 30% + 70%(vicho 30% + cunyac 70%) 114

Tabla 49: Toma de datos del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino de Cunyac 117

Tabla 50: Toma de datos del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino de vicho.
 118

Tabla 51: Toma de datos del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino de ladrillo King Kong...... 119

Tabla 52: Toma de datos del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso de vicho. 121

Tabla 53: Toma de datos del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso de ladrillo King Kong...... 122

Tabla 54: Toma de datos del ensayo de peso unitario del agregado grueso de vicho. 124

Tabla 55: Toma de datos del ensayo de peso unitario del agregado grueso de ladrillo King Kong. 125

Tabla 56: Toma de datos del slump para el vaciado de 7 días. 131

Tabla 57: Toma de datos del slump para el vaciado de 28 días. 132

Tabla 58: Toma de datos del slump para el vaciado de 56 días. 133

Tabla 59 : Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón. 142

Tabla 60: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón con curado superficial sin sección mixta...... 143

Tabla 61: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 144

Tabla 62: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 145

Tabla 63: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 146

Tabla 64: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 147





Tabla 65: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 148

Tabla 66: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 149

Tabla 67: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión del concreto patrón con secciones mixtas. 150

Tabla 68: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta..... 151

Tabla 69: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta..... 152

Tabla 70: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta..... 153

Tabla 71: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta..... 154

Tabla 72: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta..... 155

Tabla 73: Toma de datos del ensayo de resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta..... 156

Tabla 74: Contenido de humedad del agregado grueso de Vicho. 158

Tabla 75: Contenido de humedad del agregado fino de Cunyac. 159

Tabla 76: Contenido de humedad del agregado fino de Vicho..... 160

Tabla 77: Contenido de humedad del agregado fino, 70% Cunyac y 30% Vicho. 161

Tabla 78: Contenido de humedad del ladrillo King Kong..... 162

Tabla 79: Granulometría del agregado grueso de la cantera de Vicho..... 164

Tabla 80: Granulometría del agregado grueso del ladrillo King Kong..... 165

Tabla 81: Granulometría del agregado grueso (ladrillo King Kong 30% + Vicho 70%)..... 166

Tabla 82: Granulometría del agregado grueso (ladrillo King Kong 40% + Vicho 60%)..... 167

Tabla 83: Granulometría del agregado grueso (ladrillo King Kong 50% + Vicho 50%)..... 168

Tabla 84: Límites granulométricos del agregado fino. 169





Tabla 85: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino de la cantera de Cunyac..... 170

Tabla 86: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino de la cantera de Vicho. 172

Tabla 87: Calculo teórico de la granulometría y módulo de fineza del agregado fino, 70% Cunyac y 30% Vicho..... 174

Tabla 88: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino, 70% Cunyac y 30% Vicho. 176

Tabla 89: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong. 178

Tabla 90: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong10% y 90% de (30%Vicho +70% Cunyac). 180

Tabla 91: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong20% y 80% de (30%Vicho +70% Cunyac). 182

Tabla 92: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong30% y 70% de (30%Vicho +70% Cunyac). 184

Tabla 93: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino de la cantera de Cunyac. 186

Tabla 94: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino de la cantera de Vicho..... 186

Tabla 95: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino de las canteras de Vicho 30% - Cunyac 70%..... 187

Tabla 96: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino de ladrillo King Kong. 188

Tabla 97: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso de la cantera de Vicho. 189

Tabla 98: Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso del ladrillo King Kong..... 190

Tabla 99: Peso unitario del agregado grueso de la cantera de Vicho. 191

Tabla 100: Peso unitario del agregado grueso de ladrillo King Kong..... 191

Tabla 101: Asentamientos recomendados para varios tipos de estructuras..... 192

Tabla 102: Resistencia a la compresión promedio. 192

Tabla 103: Consistencia del concreto. 193

Tabla 104: Cantidades aproximadas de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño nominal máximo del agregado. 193

Tabla 105: Relación agua / cemento por resistencia del concreto. 194

Tabla 106: Valor de relación agua / cemento. 194

Tabla 107: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto. 195





Tabla 108: Valor de volumen en función al TMN. 195

Tabla 109: Determinación de los volúmenes absolutos del agregado fino. 196

Tabla 110: Proporciones del vaciado para el diseño de mezcla para 1 m3 197

Tabla 111: Dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm2 - patrón 198

Tabla 112: Dosificación del concreto 210 kg/cm2 – reemplazo del 10% de agregado fino por material
cerámico de ladrillo King Kong. 199

Tabla 113: Dosificación del concreto 210 kg/cm2 – reemplazo del 20% de agregado fino por material
cerámico de ladrillo King Kong. 200

Tabla 114: Dosificación del concreto 210 kg/cm2 – reemplazo del 30% de agregado fino por material
cerámico de ladrillo King Kong. 201

Tabla 115: Dosificación del concreto 210 kg/cm2 – reemplazo del 30% de agregado grueso por material
cerámico de ladrillo King Kong. 202

Tabla 116: Dosificación del concreto 210 kg/cm2 – reemplazo del 40% de agregado grueso por material
cerámico de ladrillo King Kong. 203

Tabla 117: Dosificación del concreto 210 kg/cm2 – reemplazo del 50% de agregado grueso por material
cerámico de ladrillo King Kong. 204

Tabla 118: Cuadro comparativo de pesos para un metro cubico de diseño de mezcla 205

Tabla 119: Revenimiento del concreto (slump) – 7 días. 205

Tabla 120: Revenimiento del concreto (slump) - 28 días. 206

Tabla 121: Revenimiento del concreto (slump) - 56 días. 206

Tabla 122: Factores de corrección según la relación altura/diámetro. 207

Tabla 123: Relación de altura y diámetro de las probetas patrón con curado por inmersión. 208

Tabla 124: Relación de altura y diámetro de las probetas patrón con curado superficial. 209

Tabla 125: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 10% de agregado fino por
cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 210

Tabla 126: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 20% de agregado fino por
cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 211

Tabla 127: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 30% de agregado fino por
cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 212





Tabla 128: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 213

Tabla 129: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 214

Tabla 130: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta. 215

Tabla 131: Relación de altura y diámetro de las probetas patrón de sección mixta con curado superficial. 216

Tabla 132: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 217

Tabla 133: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 218

Tabla 134: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 219

Tabla 135: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 220

Tabla 136: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 221

Tabla 137: Relación de altura y diámetro de las probetas con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 222

Tabla 138: Resistencia a compresión de concreto patrón con curado por inmersión. 223

Tabla 139: Resistencia a compresión de concreto patrón con curado superficial. 224

Tabla 140: Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta..... 225

Tabla 141: Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta..... 226

Tabla 142: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta..... 227

Tabla 143: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta..... 228





Tabla 144: Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta..... 229

Tabla 145: Resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido sin sección mixta..... 230

Tabla 146: Resistencia a compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² con curado superficial con sección mixta. 231

Tabla 147: Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 232

Tabla 148: Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 233

Tabla 149: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 234

Tabla 150: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 235

Tabla 151: Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 236

Tabla 152: Resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido con sección mixta. 237

Tabla 153: Estadísticos descriptivos de los tratamientos - edad 7 días..... 244

Tabla 154: Análisis de varianza – edad 7 días 246

Tabla 155: Prueba simultanea de Tukey para diferencias de medias - edad 7 días 247

Tabla 156: Prueba de Tukey para la homogeneidad de tratamientos – 7 días. 249

Tabla 157: Estadísticos descriptivos de los tratamientos - edad 28 días..... 252

Tabla 158: Análisis de varianza – edad 28 días 254

Tabla 159: Prueba simultanea de Tukey para diferencias de medias - edad 28 días 255

Tabla 160: Prueba de Tukey para la homogeneidad de tratamientos – 28 días. 257

Tabla 161: Estadísticos descriptivos de los tratamientos - edad 56 días..... 260

Tabla 162: Análisis de varianza – edad 56 días 262

Tabla 163: Prueba simultanea de Tukey para diferencias de medias - edad 56 días 263





Tabla 164: Prueba de Tukey para la homogeneidad de tratamientos – 56 días. 265

Tabla 165: Estadísticos descriptivos de los tratamientos de secciones mixtas - edad 7 días. 271

Tabla 166: Análisis de varianza en secciones mixtas – edad 7 días..... 273

Tabla 167: Prueba simultanea de Tukey para diferencias de medias en secciones mixtas - edad 7 días..... 274

Tabla 168: Prueba de Tukey para la homogeneidad de tratamientos en secciones mixtas – 7 días..... 276

Tabla 169: Estadísticos descriptivos de los tratamientos - edad 28 días..... 279

Tabla 170: Análisis de varianza en secciones mixtas – edad 28 días..... 281

Tabla 171: Prueba simultanea de Tukey para diferencias de medias en secciones mixtas - edad 28 días.... 282

Tabla 172: Prueba de Tukey para la homogeneidad de tratamientos en secciones mixtas – 28 días..... 284

Tabla 173: Estadísticos descriptivos de los tratamientos en secciones mixtas - edad 56 días 287

Tabla 174: Análisis de varianza en secciones mixtas – edad 56 días..... 289

Tabla 175: Prueba simultanea de Tukey para diferencias de medias en secciones mixtas - edad 56 días.... 290

Tabla 176: Prueba de Tukey para la homogeneidad de tratamientos en secciones mixtas – 56 días..... 292

Tabla 177: Revenimiento del concreto. 295

Tabla 178: Ensayo de resistencia a compresión de concreto de diseño $f'c$ 210 kg/m² con curado por inmersión 297

Tabla 179: Resistencia a compresión de concreto patrón con curado superficial en sección simple. 298

Tabla 180: Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 299

Tabla 181: Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 300

Tabla 182: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 301

Tabla 183: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 302

Tabla 184: Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 303

Tabla 185: Resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 304





Tabla 186: Resistencia a compresión de concreto patrón con curado superficial en sección mixta. 305

Tabla 187: Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 306

Tabla 188: Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 307

Tabla 189: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 308

Tabla 190: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 309

Tabla 191: Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 310

Tabla 192: Resultado de resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 311



Índice de Imágenes

<i>Figura 1: Vista transversal de sección mixta de la investigación.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2: Vista transversal de la sección mixta con reemplazo de agregado grueso y fino.</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3: Concreto con reemplazo de agregado pétreo por partículas de cerámico de ladrillo king kong.</i>	<i>4</i>
<i>Figura 4: Etapas en la fabricación del cemento pórtland.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5: Zonas del horno.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6: Reacción de silicatos de calcio y el hidróxido de calcio con cemento tipo I.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7: Reacción de silicatos de calcio y el hidróxido de calcio con cemento portland puzolanico IP.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8: Diferencia entre curado externo e interno.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9: Estados de saturación del agregado.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10: Peso específico de los agregados.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 11: Ladrillo King Kong de 18 huecos de ladrillera de San Jerónimo.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 12: Criterio de balance de volúmenes absolutos.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 13: Determinación de resistencia requerida.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14: Molde para prueba de revenimiento.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 15: Revenimiento: cero, normal, cortante y colapso.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 16: Acción compuesta y no compuesta de secciones.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 17: Distribución de tensiones para la resistencia plástica de una sección.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 18: Distribución de tenciones para la resistencia plástica de la sección mixta en estudio.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 19: Flujograma de ingeniería de investigación.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 20: Resumen de porcentaje de absorción de los materiales cerámicos.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 21: Ladrillo King Kong, material cerámico para el estudio.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 22: Muestreo por cuarteo de agregados.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 23: Contenido de humedad de los agregados.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 24: Proceso de tamizado del agregado grueso.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 25: Tamizado del agregado grueso de ladrillo King Kong.....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 26: Proceso de tamizado del agregado fino.....</i>	<i>106</i>
<i>Figura 27: Tamizado del agregado fino del ladrillo King Kong.....</i>	<i>106</i>



Figura 28: Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino 116

Figura 29: Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del ladrillo King Kong fino 116

Figura 30: Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso 120

Figura 31: Ensayo de peso unitario 123

Figura 32: Recolección de ladrillo King Kong 126

Figura 33: Procedimiento para el triturado y gradación del ladrillo King Kong 126

Figura 34: Pesaje de los agregados. 128

Figura 35: Preparación de mezcla según dosificación por cada diseño de mezcla de concreto y reemplazo de ladrillo King Kong..... 129

Figura 36: Procedimiento para medir el revenimiento de los diferentes tipos de mezclas del concreto (slump) 130

Figura 37: Vaciado y enrasado del concreto. 134

Figura 38: Secciones de acero para el vaciado. 136

Figura 39: Curado de las probetas de concreto patrón. 137

Figura 40: Curado de las probetas de concreto patrón. 138

Figura 41: Resistencia a compresión del concreto patrón. 140

Figura 42: Resistencia a compresión de una briqueta con curado interno 140

Figura 43: Resistencia a compresión de sección mixta. 141

Figura 44: Contenido de humedad del agregado grueso de Vicho 158

Figura 45: Contenido de humedad del agregado fino de Cunyac 159

Figura 46: Contenido de humedad del agregado fino de Vicho. 160

Figura 47: Contenido de humedad del agregado fino, 70% Cunyac y 30% Vicho. 161

Figura 48: Contenido de humedad del ladrillo King Kong 162

Figura 49: Granulometría del agregado grueso de la cantera de Vicho. 164

Figura 50: Granulometría del agregado grueso del ladrillo King Kong. 165

Figura 51: Granulometría del agregado grueso (ladrillo King Kong 30% + Vicho 70%). 166

Figura 52: Granulometría del agregado grueso (ladrillo King Kong 40% + Vicho 60%). 167

Figura 53: Granulometría del agregado grueso (ladrillo King Kong 50% + Vicho 50%). 168

Figura 54: Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de Cunyac. 170





Figura 55: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino de la cantera de Vicho. 172

Figura 56: Calculo teórico de la granulometría y módulo de fineza del agregado fino, 70% Cunyac y 30% Vicho. 174

Figura 57: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino, 70% Cunyac y 30% Vicho. 176

Figura 58: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong. 178

Figura 59: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong10% y 90% de (30%Vicho +70% Cunyac). 180

Figura 60: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong20% y 80% de (30%Vicho +70% Cunyac). 182

Figura 61: Granulometría y módulo de fineza del agregado fino del ladrillo King Kong30% y 70% de (30%Vicho +70% Cunyac). 184

Figura 62: Porcentaje en Peso de dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm² – patrón 198

Figura 63: Porcentaje en peso de dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con reemplazo del 10% de agregado fino por material cerámico de ladrillo King Kong. 199

Figura 64: Porcentaje en peso de dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con reemplazo del 20% de agregado fino por material cerámico de ladrillo King Kong. 200

Figura 65: Porcentaje en peso de dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con reemplazo del 30% de agregado fino por material cerámico de ladrillo King Kong. 201

Figura 66: Porcentaje en peso de dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con reemplazo del 30% de agregado grueso por material cerámico de ladrillo King Kong. 202

Figura 67: Porcentaje en peso de dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con reemplazo del 40% de agregado grueso por material cerámico de ladrillo King Kong. 203

Figura 68: Porcentaje en peso de dosificación del concreto $f'c$ 210 kg/cm² con reemplazo del 50% de agregado grueso por material cerámico de ladrillo King Kong. 204

Figura 69: Prueba de normalidad de la resistencia a compresión – edad 7 días..... 242

Figura 70: Prueba de homogeneidad de varianzas de los tratamientos – edad 7 días 243

Figura 71: Prueba de independencia de datos – edad 7 días 244

Figura 72: Resistencia a compresión promedio de los tratamientos – edad 7 días..... 245

Figura 73: Comparación múltiple de diferencia de medias de las resistencias a compresión - edad 7 días.. 248





Figura 74: Grafica de cajas para la homogeneidad de tratamientos - edad 7 días..... 249

Figura 75: Prueba de normalidad de la resistencia a compresión – edad 28 días..... 250

Figura 76: Prueba de homogeneidad de varianzas de los tratamientos – edad 28 días 251

Figura 77: Prueba de independencia de datos – edad 28 días 252

Figura 78: Resistencia a compresión promedio de los tratamientos – edad 28 días..... 253

Figura 79: Comparación múltiple de diferencia de medidas de las resistencias a compresión - edad 28 días.
..... 256

Figura 80: Grafica de cajas para la homogeneidad de tratamientos - edad 28 días..... 257

Figura 81: Prueba de normalidad de la resistencia a compresión – edad 56 días..... 258

Figura 82: Prueba de homogeneidad de varianzas de los tratamientos – edad 56 días 259

Figura 83: Prueba de independencia de la resistencia a compresión – edad 56 días..... 260

Figura 84: Resistencia a compresión promedio de los ensayos – edad 56 días..... 261

Figura 85: Comparación múltiple de diferencia de medidas de las resistencias a compresión - edad 56 días.
..... 264

Figura 86: Grafica de cajas para la homogeneidad de tratamientos - edad 56 días..... 265

Figura 87: Comparación de las resistencias según edad y tratamientos en secciones de concreto 267

Figura 88: Prueba de normalidad de la resistencia a compresión de secciones mixtas – edad 7 días 269

Figura 89: Prueba de homogeneidad de varianzas de los tratamientos de secciones mixtas – edad 7 días. 270

Figura 90: Prueba de independencia de datos de secciones mixtas – edad 7 días..... 271

Figura 91: Resistencia a compresión promedio de los tratamientos de secciones mixtas – edad 7 días 272

Figura 92: Comparación múltiple de diferencia de medias de las resistencias a compresión en secciones
mixtas - edad 7 días..... 275

Figura 93: Grafica de cajas para la homogeneidad de tratamientos en secciones mixtas - edad 7 días. 276

Figura 94: Prueba de normalidad de la resistencia a compresión en secciones mixtas – edad 28 días 277

Figura 95: Prueba de homogeneidad de varianzas de los tratamientos en secciones mixtas – edad 28 días278

Figura 96: Prueba de independencia de datos en secciones mixtas – edad 28 días..... 279

Figura 97: Resistencia a compresión promedio de los tratamientos en secciones mixtas – edad 28 días 280

Figura 98: Comparación múltiple de diferencia de medidas de las resistencias a compresión en secciones
mixtas - edad 28 días..... 283





Figura 99: Grafica de cajas para la homogeneidad de tratamientos en secciones mixtas - edad 28 días. 284

Figura 100: Prueba de normalidad de la resistencia a compresión en secciones mixtas – edad 56 días 285

Figura 101: Prueba de homogeneidad de varianzas de los tratamientos en secciones mixtas – edad 56 días 286

Figura 102: Prueba de independencia de la resistencia a compresión en secciones mixtas – edad 56 días . 287

Figura 103: Resistencia a compresión promedio de los ensayos en secciones mixtas – edad 56 días 288

Figura 104: Comparación múltiple de diferencia de medidas de las resistencias a compresión en secciones mixtas - edad 56 días..... 291

Figura 105: Grafica de cajas para la homogeneidad de tratamientos en secciones mixtas - edad 56 días. . 292

Figura 106: Comparación de las resistencias según edad y tratamientos en secciones de concreto 294

Figura 107: Revenimiento del concreto para tanda de 7 días. 295

Figura 108: Revenimiento del concreto para tanda de 28 días. 296

Figura 109: Revenimiento del concreto para 56 días. 296

Figura 110: Resistencia a compresión de concreto patrón con curado por inmersión. 297

Figura 111: Resistencia a compresión de concreto patrón con curado superficial en sección simple. 298

Figura 112: Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 299

Figura 113: Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 300

Figura 114: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 301

Figura 115: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 302

Figura 116: Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 303

Figura 117: Resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección simple 304

Figura 118: Resistencia a compresión de concreto patrón con curado superficial en sección mixta. 305





Figura 119: Resistencia a compresión con reemplazo del 10% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 306

Figura 120: Resistencia a compresión con reemplazo del 20% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 307

Figura 121: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado fino por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 308

Figura 122: Resistencia a compresión con reemplazo del 30% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 309

Figura 123: Resistencia a compresión con reemplazo del 40% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 310

Figura 124: Resultado de resistencia a compresión con reemplazo del 50% de agregado grueso por cerámico de ladrillo King Kong molido en sección mixta. 311

Figura 125: Diagrama de resultados finales del concreto patrón, secciones de concreto con curado superficial y curado interno mediante partículas de cerámicos de ladrillo king kong. 312

Figura 126: Diagrama de resultados finales de secciones mixtas con curado superficial y curado interno mediante partículas de cerámicos de ladrillo king kong.. 313



CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Esta investigación, presenta a las secciones mixtas de acero estructural circular y concreto $f'c$ 210 kg/cm², como un elemento que se ve potenciado por la sinergia entre el acero y el concreto, pues el concreto confiere mayor rigidez a la sección tubular de acero y la sección tubular de acero, confina al concreto, confiriéndole, al concreto, mayor resistencia a compresión, lo cual, a simple vista sería suficiente para poder desarrollar investigaciones y reglamentar los diseños correspondientes para aplicarlos en proyectos de edificaciones, puentes y estructuras diversas, pues las bondades de las secciones mixtas son grandes para la construcción, en nuestra investigación hemos logrado encontrar normas que nos ayudan a realizar diseños para diferentes aplicaciones, pero que presentan aun vacíos por explorar, para mejorar este tipo de diseño y aplicarlo en la construcción.

Nuestra gran preocupación, es el curado del concreto embebido en la sección de acero circular, entonces, ¿cómo podríamos lograr el curado exitoso del concreto?, pues la superficie de curado, por medio de la cual el agua puede penetrar a través de los poros del concreto, está aislada por 2.00 mm de acero estructural, por lo cual podemos deducir que el concreto, en secciones mixtas, especialmente, en las de acero estructural circular embebidas con concreto (figura 1), no logran desarrollar al 100% la resistencia a compresión que, en condiciones normales, si podría. En este contexto, durante nuestra investigación, descubrimos el paradigma del curado interno, el cual se utiliza en concretos de alto rendimiento, los cuales tienen relaciones agua/cemento muy bajas, en este tipo de concretos, esta relación a/c, es menor a 0.35, lo cual confiere a estos concretos una bajísima permeabilidad, imposibilitando el ingreso del agua, para el proceso normal de curado, a los poros internos de estos concretos.

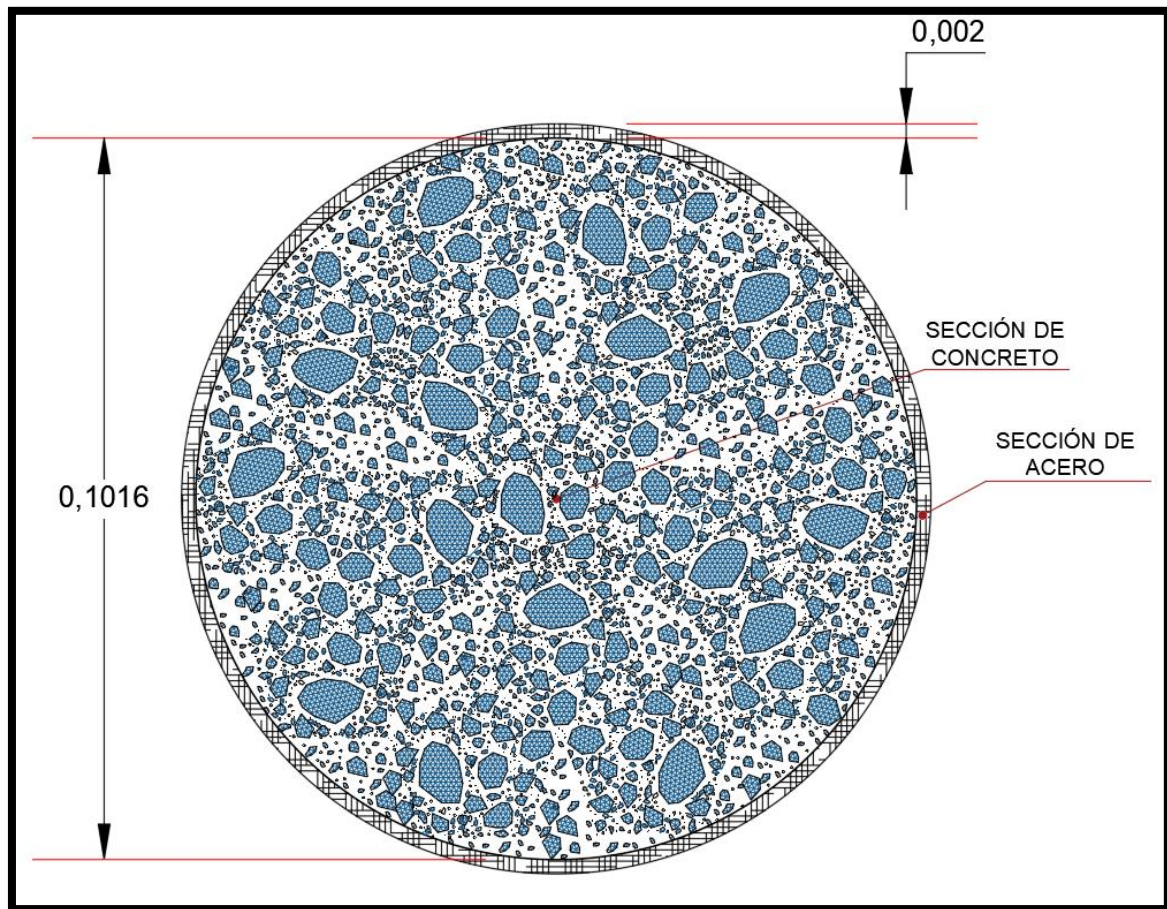


Figura 1: Vista transversal de sección mixta de la investigación.

El curado interno, consiste en poder introducir en el elemento de concreto, un material capaz de almacenar agua, para que, luego del curado inicial, que es donde baja la permeabilidad del concreto, este material pueda dotar de agua al concreto para completar el curado de este, en nuestro caso la baja permeabilidad se da por el aislamiento de la superficie del concreto, que ocasiona la presencia de la sección de acero, como se puede observar en la figura 1, entonces, identificamos el material capaz de dotar de agua al concreto, seguidamente resolvimos hacer los reemplazos de agregado fino y agregado grueso pétreo por este material como se muestra en la figura 2.

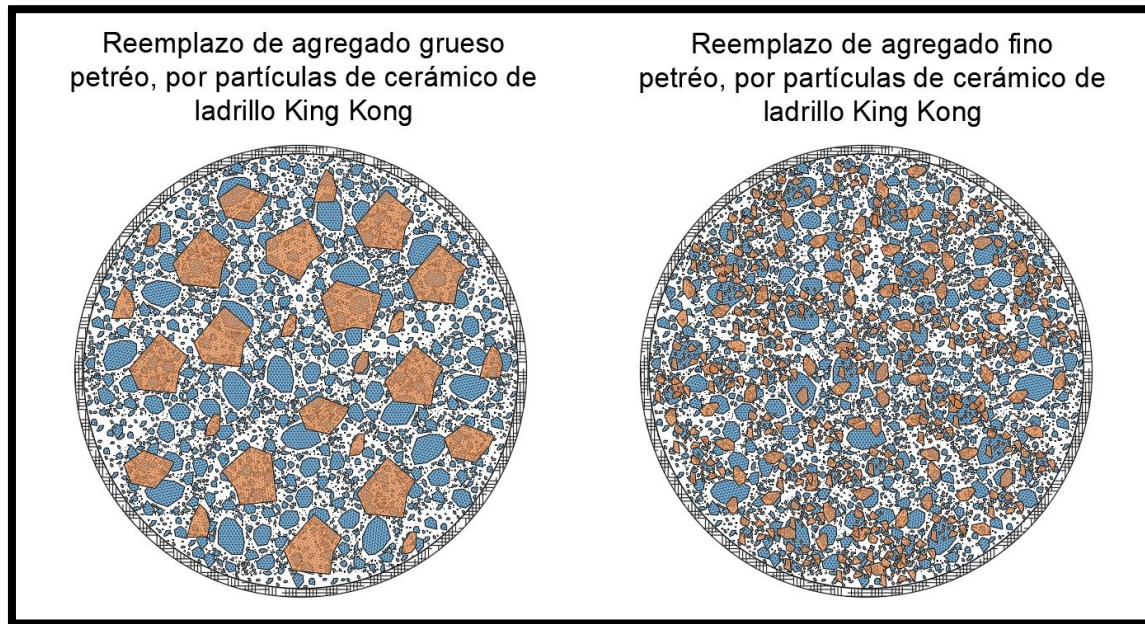


Figura 2: Vista transversal de la sección mixta con reemplazo de agregado grueso y fino.

En el Perú, específicamente en la ciudad de Cusco, es poco frecuente la construcción compuesta (columnas mixtas de acero y concreto) y sobre todo el uso de curado interno en columnas mixtas, debido al desconocimiento y descuido en las construcciones actuales sobre el mantenimiento y el curado, al no obtener la disponibilidad de investigaciones y normatividad consistente sobre el tema en la ciudad del Cusco, son pocos los ingenieros civiles que llegan a emplearlos e investigar para mejorar las propiedades de columnas de secciones mixtas de acero y concreto a nivel mundial.

Dentro de nuestra localidad podemos encontrar diversos materiales para realizar una construcción compuesta, como las secciones circulares de acero en conjunto con el concreto y la adición del ladrillo king kong molido.

En nuestro medio se ha hecho común, en seguir parámetros de diseño conocidos y estables, pero nos olvidamos de la importancia que tiene la investigación y la aplicación en la vida práctica de nuestra profesión de nuevas ideas que potencien nuestros diseños, en cuestión de resistencia, durabilidad, economía, funcionalidad, tiempo, etc.

A través del empleo de columnas mixtas de acero y concreto, buscamos contrarrestar los efectos negativos, y dar mejores resultados, es decir buscamos optimizar la resistencia a compresión del concreto con un curado interno a base de ladrillo triturado y molido, obteniendo así mayor esbeltez en columnas, con lo cual este estudio nos permite estimar el tiempo de fraguado óptimo del concreto, con la finalidad de realizar una adecuada planificación sobre las operaciones en obra (transporte, colocación, consolidación y acabado) y otros fines aplicativos que se le pueda hallar.



Figura 3: Concreto con reemplazo de agregado pétreo por partículas de cerámico de ladrillo king kong.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema

¿Cuál es la evaluación comparativa de la resistencia a la compresión de elementos de sección mixta, de tubería de acero estructural circular y concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, con curado superficial y curado interno mediante partículas de cerámicos de ladrillo king kong?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico 1:

¿Cuáles serán las características físicas de los agregados, que se utilizarán para los diseños de mezcla de investigación?

Problema específico 2:

¿Cuál será resistencia a la compresión del concreto, de diseño de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$, en elementos de sección simple, con únicamente curado superficial y elementos con curado superficial y adición de curado interno con el reemplazo del 10%, 20% y 30% del agregado fino por material cerámico y con el reemplazo del 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico?

Problema específico 3:

¿Cuál será la resistencia a la compresión del concreto, de diseño de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$, en elementos de sección mixta, con únicamente curado superficial y elementos con curado superficial y adición de curado interno con el reemplazo del 10%, 20% y 30% del agregado fino por material cerámico y con el reemplazo del 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.1.1. Justificación técnica

Conociendo la evaluación comparativa de resistencia a la compresión de elementos de sección mixta circular de concreto y acero con curado interno con elementos cerámicos

de ladrillo king kong, los ingenieros inmersos en la construcción tomarán mejores decisiones en la aplicación final de la construcción compuesta, la cual trae ventajas, tales como:

- Mayor resistencia a la corrosión, el concreto reforzado, en el caso de elementos estructurales consistentes en una sección de acero recubierta en concreto, constituye una protección adicional a la corrosión.
- Los perfiles tubulares de acero rellenos de concreto no requieren cimbra y si bien no están recubiertos por el concreto, el relleno da una mayor resistencia al fuego al actuar como disipador del calor.
- Mayor capacidad de carga: permitirá soportar las cargas que actúan sobre él.
- Mayor rigidez, gracias a los perfiles circulares el acero podrá soportar esfuerzos elevados con deformaciones relativamente pequeñas.
- Mayor esbeltez, gracias a la acción combinada de las resistencias del concreto y la sección circular de acero, se puede dotar a las columnas de mayor esbeltez lo que resulta beneficioso en términos de diseño y espacio.

Por otra parte, cabe indicar que el estudio pertenece a la rama de la ingeniería civil que corresponde a la ingeniería de materiales, puesto que es necesario estudiar las propiedades de las secciones mixtas con curado interno, para poder comprender su comportamiento, así como los materiales que la componen.

1.1.2. Justificación social

La investigación planteada contribuye a la comprensión del tema, por los profesionales de la construcción afianzados a la ingeniería, del uso de secciones mixtas compuestas de perfiles de acero y concreto adicionando un curado interno con elementos cerámicos de ladrillo king kong. Permitiendo hacer uso de las bondades que ofrece este sistema, así como una mayor duración de las construcciones en la ciudad del Cusco ante

eventos sísmicos, garantizar la resistencia, y así beneficiar a la sociedad en su calidad de usuarios.

1.1.3. Justificación por viabilidad

La investigación es viable ya que contamos con los equipos necesarios, en el Laboratorio de Concreto de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, para lograr los ensayos requeridos (análisis granulométrico del agregado fino y grueso, contenido de humedad, peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino y grueso, peso unitario y el ensayo de resistencia a la compresión) en el cual evaluamos las propiedades del concreto en el estado endurecido, como consecuencia de la incorporación de elementos cerámicos de ladrillo King Kong para el curado interno y como refuerzo el perfil de acero tubular en conjunto con el concreto. Los materiales pueden adaptarse satisfactoriamente a investigaciones futuras, donde se desea conocer la influencia directa de un componente particular (perfiles de acero, cemento, agregados, agua, cerámicos y adiciones) sobre las propiedades del concreto.

1.1.4. Justificación por relevancia

Es importante la aplicación de nuevos mecanismos de construcción para el concreto, porque día a día se van desarrollando nuevos tipos de concretos, en este caso podríamos decir el término sección mixta “Construcción compuesta” es aplicable tanto al caso de elementos estructurales compuestos de acero y concreto reforzado en que ambos materiales trabajan conjuntamente, como sistemas estructurales que están compuestos de elementos de acero y elementos de concreto reforzado que trabajan juntos para resistir las solicitaciones aplicadas a la estructura, que nos permiten realizar trabajos de ingeniería de forma más efectiva en menores tiempos y nos permiten mejorar su funcionalidad, como es el caso de nuestro tema de tesis, la investigación se puede aplicar a las columnas mixtas de acero y concreto, especialmente las de secciones tubulares, presentan una importante serie de

ventajas en el campo de la arquitectura, estructural y económico, las cuales son muy valoradas por los diseñadores actuales y por los ingenieros de la construcción.

1.2. Limitaciones de la investigación

- La elección de la sección tubular es de las dimensiones de 8 pulgadas de altura, 4 pulgadas de diámetro con un espesor de 2 mm, con acero tipo ASTM A-1011-LAC, con norma de fabricación ASTM A-500, que tiene un f_y : 25300.00 kg/cm².
- Se utiliza cemento tipo IP, Yura.
- Los ensayos se realizan específicamente en el laboratorio de concreto y suelos de la Universidad Andina del Cusco.
- El agregado fino se obtiene de la cantera de Cunyac que se encuentra en el departamento de Apurímac y de la cantera de Vicho ubicada entre Huambutio y San Salvador, con los cuales se hizo una combinación del 70% - 30% respectivamente.
- El agregado grueso se obtiene de la cantera de Vicho de $\frac{3}{4}$ ", que se ubica en el departamento del Cusco, entre Huambutio y San Salvador.
- El material cerámico que se utiliza para el curado interno, proviene de la molienda de ladrillo king kong producido en las ladrilleras del distrito de San Jerónimo, provincia y departamento de Cusco
- El slump para el diseño se considera de 4".
- El diseño de Mezcla se realiza según el método del ACI 211.
- La resistencia mínima del concreto estructural para columnas en edificaciones, según la norma E060, debe tener un diseño que resista los 17 mpa, lo que equivale a 173.35 kg/cm², por lo cual se elige trabajar con un diseño de mezcla para un f'_c 210 kg/cm².
- El diseño de mezcla del concreto está enfocado para columnas de edificios
- Se evalúan probetas cilíndricas de concreto f'_c 210 kg/cm² sin sección mixta y con sección mixta.



- El curado de las secciones mixtas y las probetas cilíndricas de concreto, es superficial en la parte superior e inferior de las probetas con ayuda de esponjas, saturadas de agua, de 2" de espesor.
- En el curado de las secciones mixtas y las probetas cilíndricas de concreto, se aplica adicionalmente el curado interno con elementos cerámicos de ladrillo king kong.
- La evaluación de las probetas cilíndricas, en el ensayo de la resistencia a la compresión es a los 7, 28 y 56 días (la evaluación de probetas cilíndricas a los 56 días se considera con el fin de observar el comportamiento del concreto con la adición del agregado cerámico, respecto al desarrollo de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla del concreto $f'c$ 210kg/cm²).
- Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c$ 210 kg/cm².
- Resistencia a la compresión del concreto convencional con un curado interno con cerámicos de ladrillo king kong, reemplazando el 10%, 20% y 30% del agregado fino (agregado fino de la cantera de Cunyac con un aporte del 70% más agregado fino de la cantera Vicho con un aporte del 30%).
- Resistencia a la compresión del concreto convencional con un curado interno con cerámicos de ladrillo king kong, reemplazando el 30%, 40% y 50% del agregado grueso de la cantera de Vicho con un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ".
- Resistencia a la compresión en secciones mixtas del concreto patrón $f'c=210$ kg/cm² con curado superficial.
- Resistencia a la compresión en secciones mixtas con curado interno con material cerámico de ladrillo king kong reemplazando el 10%, 20% y 30% del agregado fino (agregado fino de la cantera de Cunyac con un aporte del 70% más agregado fino de la cantera Vicho con un aporte del 30%)





- Resistencia a la compresión en secciones mixtas con curado interno con material cerámico de ladrillo King Kong reemplazando el 30%, 40% y 50% del agregado grueso de la cantera de Vicho.

1.3. Objetivo de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar comparativamente la resistencia a la compresión de elementos de sección mixta, de tubería de acero estructural circular y concreto $f'c=210$ kg/cm², con curado superficial y curado interno mediante partículas de cerámicos de ladrillo King Kong.

1.3.2. Objetivos específicos

Objetivo Específico 1:

Determinar las características físicas de los agregados que se utilizaran para los diseños de mezcla de la investigación.

Objetivo Específico 2:

Determinar la resistencia a la compresión del concreto, de diseño de $f'c=210$ kg/cm², en elementos de sección simple, con únicamente curado superficial y elementos con curado superficial y adición de curado interno con el reemplazo del 10%, 20% y 30% del agregado fino por material cerámico y con el reemplazo del 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico.

Objetivo Específico 3:

Determinar la resistencia a la compresión del concreto, de diseño $f'c=210$ kg/cm², en elementos de sección mixta, con únicamente curado superficial y elementos con curado superficial y adición de curado interno con el reemplazo del 10%, 20% y 30% del agregado fino por material cerámico y con el reemplazo del 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico.





CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Título: “Evaluación de la resistencia a compresión del concreto con curado interno, elaborado con reemplazo del agregado pétreo por material cerámico”

Autores: Coayla Cupi, Yuleysy / Saire Castillo, Flor de Maria

Fecha y lugar: Cusco, 2016 – Perú

Institución: Universidad Andina del Cusco

Resumen:

El presente estudio de investigación se realizó con el propósito de evaluar el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia con curado interno, elaborado con reemplazo del agregado pétreo por material cerámico. Los concretos con baja relación agua-cemento (0.42 a menos) presentan deficiencias en el proceso de hidratación de sus componentes, debido que estos concretos presentan baja permeabilidad. Por ende, el curado exterior no provee adecuadamente el agua que este requiere necesitándose una fuente de agua en el interior.

En este estudio se evaluaron dos casos de concreto; al primero se le reemplazo en diferentes porcentajes (10%, 20% y 30%) del agregado fino por material cerámico, y al segundo el agregado grueso se sustituyó en distintos porcentajes (30%, 40% y 50%). El material cerámico (teja andina artesanal) posee la propiedad de absorción por lo cual actuará dentro del concreto como una reserva de agua interna hidratando así los componentes del concreto de alta resistencia.

En el estudio se usó el cemento tipo IP, agregados finos de la cantera de Vicho y Cunyac, agregados gruesos de la cantera de Vicho, aditivo EUCO 37, teja andina artesanal del centro poblado de Piñipampa y agua potable. El diseño de mezcla para el concreto fue





de $f'c$: 350 kg/cm². Se realizaron pruebas de asentamiento, así mismo se elaboraron probetas cilíndricas de 100 x 200 mm que fueron sometidas a esfuerzos de compresión axial a los 7, 14, 28 y 35 días. Los diferentes ensayos de esta investigación, fueron sujetos al cumplimiento de las condiciones ideales de la Norma Técnica Peruana.

Del análisis de los resultados obtenidos a partir de las probetas elaboradas en distintos porcentajes de reemplazo del agregado pétreo por material cerámico, se demostró que al reemplazar el 40% del agregado grueso por material cerámico se tiene un incremento en la resistencia a compresión del 12%, mientras que en un 50% generan un efecto adverso en la resistencia. Por otro lado, al reemplazar el 10% del agregado fino por material cerámico se obtuvo un incremento del 5% en la resistencia a compresión comparado con el concreto patrón, para otros porcentajes (20% y 30%) resultan también beneficiosos, pero en mínima proporción.

CONCLUSIONES:

Se demostró parcialmente la hipótesis general que indica “La resistencia a compresión de un concreto con curado interno reemplazando el agregado pétreo por material cerámico mejorará la resistencia a compresión del concreto $f'c$: 350 kg/cm²”. De acuerdo a los resultados obtenidos de los seis porcentajes evaluados tan sólo no se cumple para el 50% de reemplazo del agregado grueso por material cerámico obteniéndose una disminución del 10.14%, respecto al concreto patrón. La resistencia a compresión del concreto patrón a los 35 días fue de 610.59 ± 5.56 kg/cm² y en el concreto reemplazando el 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico, se obtuvieron los siguientes resultados: 620.81 ± 4.01 kg/cm², 684.31 ± 5.34 kg/cm² y 548.65 ± 4.34 kg/cm² respectivamente, lo cual demuestra que se incrementa la resistencia a compresión en un intervalo de 1% al 12% solo para los porcentajes de 30% y 40%, para el 50% se obtuvo una menor resistencia ocasionando un efecto adverso. Para el caso del concreto reemplazando el 10%, 20% y 30% del agregado





fino por material cerámico fino, las resistencias a compresión obtenidas a la edad de 35 días fueron de: 639.45 ± 7.36 kg/cm², 619.08 ± 6.75 kg/cm² y 616.32 ± 5.23 kg/cm², superando al concreto patrón en porcentajes mínimos ente 1% y 5%.

Título: “Estudio experimental del curado interno de un concreto con adiciones de arcilla coccionada en reemplazo del agregado grueso”

Autor: Bach. Jenny López Mego

Fecha y lugar: Cajamarca, 2017 – Perú

Resumen:

En nuestro medio local, es común en las construcciones el empleo de un Curado superficial; el cual suele realizarse por inmersión o también usando aditivo; subestimando la importancia de esta etapa. Es necesario conocer la influencia del curado en el desarrollo de las propiedades del concreto; además conocer otros métodos de curado más prácticos y eficaces. El objetivo de esta investigación es determinar la efectividad que tiene el curado interno reemplazando parcialmente el agregado grueso por fragmentos de ladrillo saturado; evaluando la resistencia a la Compresión y flexión; a comparación del curado por inmersión y el curado usando aditivo. Planteo diferentes porcentajes de reemplazo de agregado grueso por el material cerámico; este material fue producido a partir de la trituración de ladrillo King Kong, comúnmente usado en la construcción de viviendas en la ciudad de Cajamarca. Se evalúa tres porcentajes de fragmentos de ladrillo: 5%, 10% y 20% del volumen de agregado grueso; para una resistencia de $f'c$: 210 kg/cm². Asimismo, se estudia el porcentaje de humedad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. Se concluyó que el curado interno mediante el reemplazo del agregado grueso por fragmentos de ladrillo triturado y saturado es efectivo, mostrándonos que a mayor porcentaje de reemplazo los resultados son mejores referente a retención de humedad y aumento de resistencia a compresión y flexión del concreto 5.21%, 259.69 kg/cm² y 54.247 kg/cm² a los 28 días de edad respectivamente, a diferencia del





tratamiento utilizando aditivo que obtuvo 3.62% y 165.07 kg/cm², mientras que el curado por inmersión nos muestra resultados ligeramente superiores: 7.18%, 276.01 kg/cm² y 45.780 kg/cm², cabe mencionar que nuestra propuesta ha sido empleando exclusivamente el curado interno y exponiendo a la intemperie los especímenes, situación que se asemeja a lo que acontece al pie de obra.

CONCLUSIONES

El curado interno mediante reemplazo de un porcentaje de agregado grueso por fragmentos de ladrillo saturado fue más efectivo en retención de humedad del concreto que los curados mediante uso de aditivo (al mostrar valores mayores en 3.09%; 2.41% y 1.60% a los 7, 14 y 28 días, respectivamente, para el mayor porcentaje de reemplazo); pero, fue menos efectivo en la misma variable que el curado patrón de inmersión en agua (al mostrar valores menores en 2.01%; 3.32% y 1.97% a los 7, 14 y 28 días, respectivamente). El curado interno mediante reemplazo de un porcentaje de agregado grueso por fragmentos de ladrillo saturado fue más efectivo en aumento de resistencia a compresión del concreto que los otros tipos de curado. Respecto al curado con aditivo fue 45.89% superior a los 7 días, 40.18% superior a los 14 días y 36.43% superior a los 28 días; respecto al curado por inmersión, fue 8.73% superior a los 7 días, 2.20% superior a los 14 días y a los 28 días fue 6.28% inferior.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

Título: “Revisión del diseño estructural del hospital monte españa villa fontana. análisis y diseño de secciones compuestas de acero y concreto, por el método LRFD”

Autores: Flor de María Ñurinda Ortega, René Jesús Bermúdez Cruz, Giddel Guido Monge

Fecha: Managua, junio de 2008 - Nicaragua

Institución: Universidad Nacional de Ingeniería



**Resumen:**

El presente documento tiene como objetivo realizar un Análisis y Revisión del Diseño Estructural de un Sistema Compuesto, tomando en cuenta las solicitaciones de carga basadas en el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07) para realizar un análisis estructural (Estático y Dinámico Espectral) en el programa ETABS 9.2 y los criterios de diseño del AISC LRFD Capítulo I Diseño de Secciones Compuestas, además de las normas de diseño del Instituto Americano del Concreto (ACI 360-05) tanto para los elementos Compuestos como para los de Concreto Reforzado, incluyendo el sistema de fundaciones y elementos de Acero.

Además de la revisión de los elementos críticos que forman el Sistema se va a realizar el diseño óptimo de los elementos que no sean adecuados ante las solicitaciones de carga aplicadas.

CONCLUSIONES

El sistema de secciones compuestas posee muchas variantes en la construcción ingenieril que se ha empleado desde los inicios de esta misma, la combinación de materiales ligeros con materiales resistentes, como el acero y el concreto son también una alternativa empleada en la construcción, resultando un elemento más resistente contra las cargas dinámicas, cambios de temperatura, y fuego, logrando un comportamiento muy ventajoso porque combina las principales propiedades del concreto (rigidez) y del acero (flexibilidad), por lo que lo hace adecuado a emplearse en edificios que por su destino deberán cumplir requisitos especiales como Hospitales, Estaciones de Bomberos, Escuelas y demás del grupo A del Reglamento Nacional de Nicaragua 2007. El Hospital Monte España no resisten las cargas actuantes, por lo que se procedió al diseño de una sección adecuada para satisfacer las necesidades por las cargas actuantes. La sección óptima para el 1er Nivel es una W14x90 Acero A-36, embebida en una sección de Concreto 20"x20" de 4,500 Psi con refuerzo de 8





8 grado 40; para el 2do y 3er Nivel se requiere una columna W14x53 Acero A-36, embebida en una sección de concreto de 19"x19" de 4,500 Psi con un refuerzo de 8 # 8 grado 40. La columna del 4to Nivel 4"x4"x3/16" no cumple con las cargas actuantes por lo que se diseñó una sección caja armadas de dimensiones 8"x8"x3/8", esta resiste satisfactoriamente las solicitaciones de carga. El sistema estructural también tiene elementos de Muros de Corte los que fueron diseñados de acuerdo a las solicitaciones de carga y resistencia última, utilizando el código del ACI-02. Necesarios para absorber gran parte de las fuerzas laterales y disminuir los efectos de desplazamientos excesivos en la estructura. El requerimiento de secciones compuestas es muy viable para disminuir las secciones de concreto ó acero, que por sí solas se requieren para una adecuada respuesta ante las cargas antes mencionadas, permitiendo un ahorro significativo en los costos; su flexibilidad produce un periodo de oscilación mayor y una capacidad resistente superior al de sistemas típicos, pero su principal desventaja es el costo producido por las secciones de acero y pernos de cortante. Esto se aminora al resultar una estructura más liviana con un cortante sísmico menor a un sistema tradicional, compensando con menores dimensiones y espesores en los elementos principales y fundaciones.

Título: Diseño de una edificación usando secciones mixtas

Autores: Coronel Urgilés, Claudio German

Fecha y lugar: Cuenca, mayo de 2016 - Ecuador

Institución: Universidad de Cuenca

Resumen:

Ante el incremento del uso de los perfiles de acero en nuestro medio, de una manera empírica en muchos de los casos, lo cual se convierte en una amenaza que atenta contra la seguridad de las personas, se realiza este trabajo que servirá como guía a todos los





profesionales interesados en incrementar sus conocimientos e incursionar en cálculo y diseño de elementos estructurales usando secciones mixtas.

Se explica el cálculo y diseño de secciones mixtas, específicamente de entresijos con losa colaborante sobre vigas construidas, columnas tubulares rellenas de hormigón, usando el método LRFD, ejemplificados en una estructura que fue calculada usando secciones de acero únicamente.

Los resultados de los dos análisis se tabulan y se compara el peso de acero que se necesita cuando se calcula como elementos de acero solo, con el peso que se necesita cuando se calcula el acero trabajando en conjunto con el hormigón.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos podemos ver gran beneficio del uso de las secciones mixtas ya que se aprovecha las cualidades que tienen los materiales para resistir eficientemente los diferentes tipos de esfuerzo, concretamente se usa la eficiencia del hormigón para resistir esfuerzos de compresión y el acero para los de flexión, es así que al ponerlos a trabajar juntos se puede alcanzar mayor rendimiento de las secciones que cuando trabajan individualmente. Es importante anotar que el diseño que se presenta para las secciones se consigue cuando el hormigón ha alcanzado por lo menos el 70% de su resistencia final, por lo que es imperativo el análisis del comportamiento estructural de los perfiles en la etapa de construcción donde no existe un trabajo monolítico hormigón - acero. Por este motivo se elaboró también una hoja de cálculo que revisa las deflexiones que presentan los perfiles en la etapa de construcción.



2.2. Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1. Cemento Portland

2.2.1.1. Definición

“Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherente.” (Pasquel Carbajal, 1998, p. 17)

“El cemento Portland es la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contiene sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesando a altas temperaturas y mezclados con yeso.” (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010, p. 19)

2.2.1.2. Fabricación del cemento Portland

Según la Asociación Colombiana de Productores de Concreto (2010), en su descripción nos indica:

La fabricación del cemento se realiza a partir de materiales calcáreos, entre ellos la caliza y materiales arcillosos con un contenido alto de alúmina y sílice, con frecuencia se adiciona óxido de hierro para así mejorar la composición química de las principales materias primas.

Las cantidades de mezcla entre la arcilla y la caliza dependerá de la composición de los materiales, por lo general la cantidad de caliza es cuatro veces mayor al de la arcilla, debido a esto, lo primero que se debe hacer para definir la localización de la fábrica de cemento, es hacer un estudio de las canteras de caliza y hallar fuentes de arcilla cercanas.

La caliza varía en dureza y apariencia, a pesar de esta variedad todas se pueden utilizar en la fabricación del cemento, hay calizas que tienen en su composición una alta presencia de magnesio, es el único caso en que no se pueden utilizar para su manufactura, pues, cuando el cemento tiene contenidos de magnesio por encima de los límites permitidos, el cemento al momento de endurecer, reacciona ocupando grandes volúmenes y esto provoca

fisuras en el concreto y a consecuencia de esto, experimenta perdida de sus propiedades mecánicas.

Todas las materias primas entran a etapa de molienda, esta molienda debe dar como resultado material fino que debe mezclarse de forma homogénea en cierta proporción, para luego ser calcinada en un horno rotatorio a temperaturas aproximadas de 1400 °C, en este proceso todo el material se funde de forma parcial y se sintetiza, dando como resultado el Clinker, el cual se enfría y se pulveriza a través de la trituration, este polvo se mezcla con yeso, obteniéndose el producto final, “el cemento portland”

Las etapas de fabricación varían de acuerdo a las circunstancias particulares de la planta, pero en general se siguen las siguientes etapas:

Explotación de materias primas

Este proceso se realiza como cualquier proceso de explotación, de acuerdo a las normas que se exige para esta actividad, se utiliza explosivos y trituration, si la dureza es alta, si esta es baja, solo bastara con el arrastre de los materiales.

Ya teniendo el material listo del proceso de extracción, se procede a realizar la trituration primaria, que consiste en obtener tamaños máximos de 2.54 centímetros o una pulgada. Aquellos materiales que pasen esta especificación, se procede a almacenar.

Dosificación, molienda y homogeneización

Aquí los materiales pueden estar en suspensión de agua, secos o con grados de humedad distintos.

- **Proceso húmedo**

Toda la materia prima se lleva en crudo a los molinos, se mezclan con agua produciendo una lechada la cual se lleva a los silos de crudo, donde se estudia sus características químicas para su dosificación correcta, una vez realizado este proceso

de lleva al silo de normalización, aquí se procede a la corrección para la obtención de la calidad deseada de la pasta, a continuación de transporta a la balsa, que viene a ser un tanque circular, cuya función es mantener la homogeneidad de la pasta.

- **Proceso seco**

En este proceso, la materia prima se tritura, y se dosifica en proporciones definidas, se llevan a los molinos crudos, los cuales cumplen la función de secar la materia prima, reduciendo su tamaño teniendo como resultado la harina, esta harina se conduce a los solos de homogeneización en donde se somete a aire a presión para obtener la mezcla de los materiales.

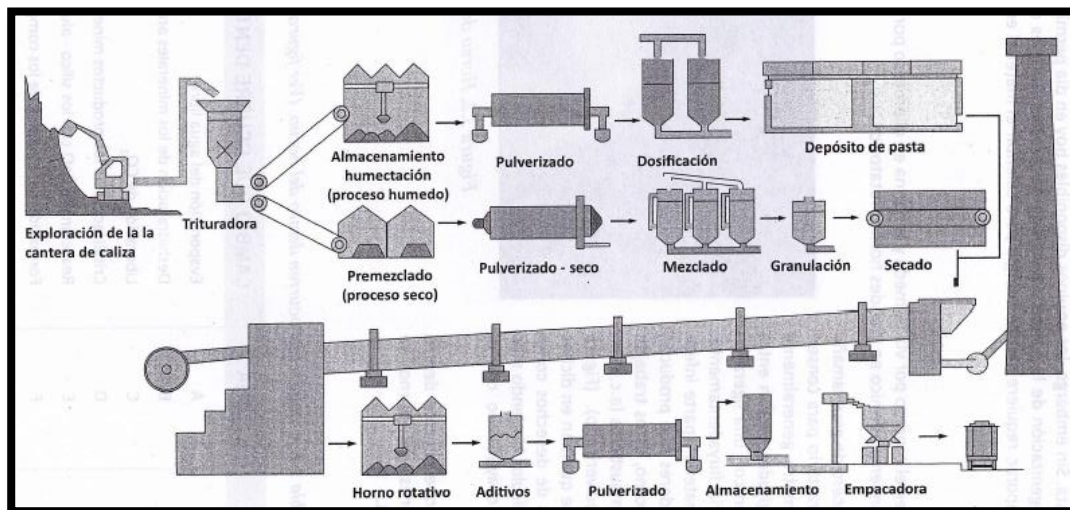


Figura 4: Etapas en la fabricación del cemento pòrtland

Fuente: (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010)

Clinkerización

En este proceso, ya obtenida la pasta, sea por proceso húmedo o seco, esta pasta se somete a exposición térmica por medio de grandes hornos rotatorios, el cual es un cilindro de gran tamaño de acero, que se encuentra recubierto con material refractario, esto permite que el calor no se disipe, el diámetro de este horno es mayor a los cuatro metros y la profundidad varía entre los 60 y 150 metros, cuenta con una

inclinación leve que permite que la materia fluya sutilmente, en la parte inferior del horno, por donde el material sale, se encuentran los quemadores, los cuales generan las llamas que calientan el horno, estos quemadores funcionan con todo tipo de combustibles, inclusive se utilizan desechos sólidos, que ayudan a que el proceso sea más económico, aportando también, de esta forma a mejorar el medio ambiente.

Tabla 1: Cambios que ocurren dentro del horno

TEMPERATURA °C	ZONA	CAMBIO QUE OCURRE DENTRO DEL HORNO
20 - 100	A	Evaporación del agua libre
> 500	B	Deshidratación de los minerales arcillosos
800	C	Liberación de CO ₂
900	D	Crítalización de los productos minerales descompuestos
900 - 1200	E	Reacción del CaO con los sílico - aluminatos
> 1250	F	Formación del líquido y de los compuestos del cemento
1450	G	Se completa la reacción

Fuente: (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010, p. 22)

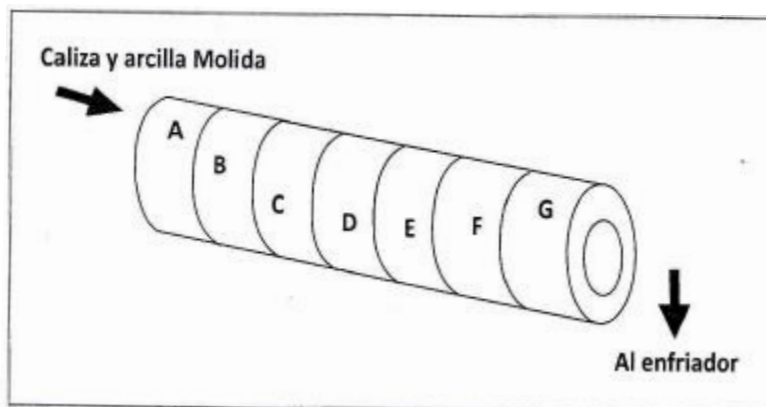


Figura 5: Zonas del horno

Fuente: (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010, p. 23)

Enfriamiento

El material ya convertido en Clinker que tiene forma de bolas que varían su tamaño de 3 a 30 milímetros, tiene una temperatura que oscila entre los 1200 y 1300 °C, el cual debe ser enfriado a una temperatura promedio de 70°C, para garantizar que el cemento en el proceso de fraguado no tenga variaciones de volumen que involucre pérdidas de resistencia.

Molienda de Clinker, adiciones y yeso

En este proceso se procede a pulverizar el Clinker, agregándole adiciones de puzolanas artificiales y naturales, escoria de alto horno, cenizas volantes, según requiera la calidad que se desea obtener, luego se mezcla con yeso y como resultado tenemos el cemento.

2.2.1.3. Componentes del cemento portland

Harmsen (2002), establece que:

El cemento contiene los siguientes componentes:

- Silicato tricálcico, este componente dota al concreto de resistencia inicial y es causante directo del calor de hidratación
- Silicato dicálcico, se encarga de conferir la resistencia a largo plazo y no tiene mucha influencia en el calor de hidratación.
- Aluminato tricálcico, cataliza la reacción de los silicatos y promueve el fraguado violento, es justamente por este fenómeno que se añade yeso en el proceso de fabricación del cemento, pues este inhibe esta reacción
- Alumino-Ferrito Tetracálcico, tiene influencia en la velocidad de hidratación, también en el calor de hidratación de forma secundaria.
- Componentes mínimos: manganeso, potasio, óxidos de magnesio, titanio y sodio.

2.2.1.4. Cemento Portland Puzolanico IP

El cemento portland puzolanico IP está conformado a base de Clinker, Puzolana natural de origen volcánico y yeso. La mezcla de todos estos materiales se muele en molinos industriales para lograr un alto grado de finura.

Sus componentes son utilizados para la fabricación del cemento portland puzolanico IP, obteniendo propiedades que favorecen a los concretos y morteros para que tengan una alta durabilidad, y así el concreto logre mejorar la resistencia, impermeabilidad, resistencia al intemperismo, abrasión y a los ataques químicos como aguas saladas, acidas desechos industriales, etc. o cualquier otro tipo de deterioro que pueda presentarse.

El cemento portland puzolanico IP puede ser utilizado en obras de infraestructura de alta exigencia de durabilidad y construcciones en general. (Yura, 2019)

2.2.1.5. Propiedades del cemento portland puzolanico ip

- Resistencia a compresión:

Por tener un alto contenido de Puzolana natural de origen volcánico, hace que el cemento IP logre desarrolle resistencias a compresión y así sea superior de otros tipos de cemento.

- Con cemento tipo I

El cemento tipo I produce un 75% de silicatos de calcio, y el 25% restante viene a ser hidróxido de calcio que no da resistencia y es frágil a los ataques químicos, siendo así vulnerable a erosiones y expansiones.

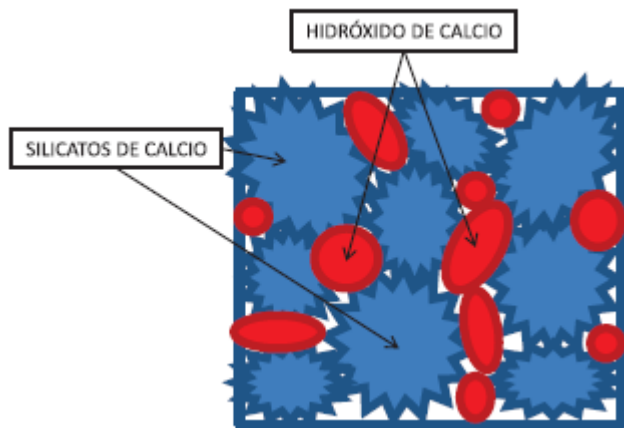


Figura 6: Reacción de silicatos de calcio y el hidróxido de calcio con cemento tipo I

Fuente: (Yura, 2019)

➤ Con cemento portland puzolanico IP

La puzolana que es parte del cemento IP, reacciona con el hidróxido de calcio, permitiendo una producción de silicato de calcio y así brindándole mayor resistencia como también sellando los poros para que sea un concreto impermeable.

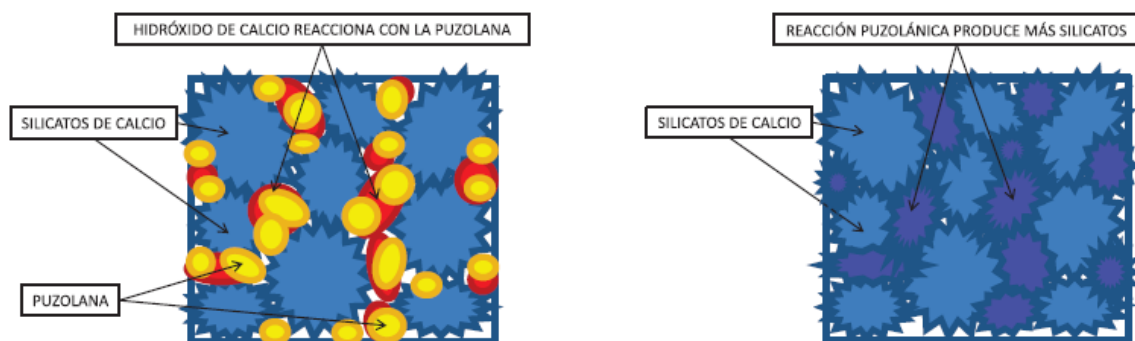


Figura 7: Reacción de silicatos de calcio y el hidróxido de calcio con cemento portland puzolanico IP

Fuente: (Yura, 2019)

- Resistencia al ataque de sulfatos y cloruros:

La liberación del hidróxido de calcio durante la hidratación del cemento hace que reaccione con los sulfatos, produciendo sulfato de calcio deshidratado, es así que se da la expansión del 18% del sólido.

Del cemento portland puzolanico IP es resistente a los sulfatos, cloruros por la capacidad de la puzolana para poder fijar el hidróxido de calcio librado y darle también una mayor impermeabilidad.

- Mayor impermeabilidad:

El cemento portland puzolanico IP tiene la capacidad de producir mayor cantidad de silicatos cálcicos por la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana de con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento es así que disminuye la porosidad capilar permitiendo que sea un concreto impermeable (Yura, 2019) y evite la corrosión de la estructura metálica.

- Disminuye la reacción nociva álcali – agregado:

La puzolana tiende a remover los álcalis de la pasta del cemento para que así no lleguen a reaccionar con los agregados y se evite la fisuración del concreto por la reacción expansiva álcali – agregado.

2.2.2. Generalidades del concreto

El concreto es un material noble que, por sus características y propiedades, se revela como un material idóneo para la construcción, pues “El concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes”. (Pasquel Carbajal, 1998, p. 11)

El concreto, se utiliza normalmente en estructuras de concreto armado, la cual consiste en la combinación de concreto con acero, esta sociedad es ideal para la fabricación de elementos estructurales, ya que, tienen una alta sinergia, pues el concreto tiene la ventaja de tomar formas monolíticas complejas que, con una correcta mezcla de sus componentes, puede lograr altas resistencias a compresión, por otro lado, el acero confiere a la estructura



resistencia a esfuerzos de tracción. Esta combinación, da nacimiento a un elemento único, con la capacidad de resistir, luego de un adecuado cálculo, esfuerzos de diferente naturaleza, lo cual lo convierte en una solución ideal para el desempeño de grandes estructuras en el mundo de la construcción. (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010)

2.2.2.1. Propiedades del concreto

Acerca de las propiedades del concreto, Rivva Lopez (1992), indica de forma muy concisa que:

Estas características deben establecerse respetándose el fin para el cual el concreto está destinado, en consecuencia, la unidad cubica de concreto tiene que permitir la colocación, resistencia, durabilidad, densidad y otras propiedades necesarias para la que ha sido diseñada la mezcla.

2.2.2.1.1. Consistencia

Esta propiedad del concreto que, Rivva Lopez (1992), nos indica que:

Esta propiedad del concreto está definida como la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de esta, es decir que cuanto más húmedo este el concreto, este tendrá una facilidad mayor de fluir durante su colocación.

2.2.2.1.2. Trabajabilidad

“Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto al estado no endurecido la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad”.

(Rivva Lopez, 1992, p. 31)

2.2.2.1.3. Resistencia

“Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción debido a las propiedades adherentes de la pasta del cemento.” (Pasquel Carbajal, 1998, p. 141)





“La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse.” (Rivva Lopez, 1992, p. 36)

2.2.2.1.4. Durabilidad

Rivva Lopez (1992), respecto de esta propiedad, nos explica que:

El concreto, a través del tiempo, debe tener la capacidad de endurecer y tener constantes sus propiedades, inclusive en situaciones adversas que perjudiquen su capacidad estructural, en consecuencia se dice que un concreto es durable cuando resiste satisfactoriamente las condiciones de servicio a las cuales se le someta.

2.2.2.1.5. Permeabilidad

Es la propiedad que se puede cuantificar con una frecuencia mayor y esta asociada a la durabilidad, la permeabilidad tiene la capacidad de dar paso de un fluido, sea gas o liquido, a traves del concreto.

El concreto es poroso por la formacion de canales capilares lo cual ocasiona la evaporacion del agua en el proceso del fraguado, la reaccion quimica entre el agua y cemento produce la permeabilidad del agregado y una reduccion del volumen de la pasta. (Asociacion Colombiana de Productores de Concreto , 2010)

2.2.3. Agua en el concreto

2.2.3.1. Definición

El agua tiene como funciones proveer mejora a la trabajabilidad al concreto y también hidratar el cemento para que pueda desarrollar las reacciones químicas necesarias para lograr un concreto ideal. “El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites. ácidos, álcalis. sales y materias orgánicas. En general. el agua potable es adecuada para el concreto.” (Harmsen, 2002, p. 13)



2.2.3.2. Usos del agua en el concreto

En resumen lo que Pasquel Carbajal (1998) nos explica en su texto, es que el agua tiene dos usos principales, que son el **agua de mezcla**, de la cual se pueden derivar funciones como el de servir de medio para que el cemento, al ser hidratado, pueda cumplir con las reacciones necesarias para lograr el propósito final de resistencia del concreto, la función principal de contribuir con la trabajabilidad del concreto, así como lograr los espacios necesarios para promover el desarrollo y función de los elementos de hidratación, el segundo uso en el proceso de fabricación del concreto es el de **agua para curado**, el cual nos explica que las limitaciones que tiene el agua de curado, son menos exigentes que el de agua para mezcla, también nos explica que, el tiempo máximo, en la mayoría de especificaciones, de contacto de agua con el concreto para el fin de curado, no excede los catorce días, existen, varias formas de curado, sin embargo, en prácticas de curado por estancamiento, se debe tener sumo cuidado de la contaminación del agua con cloruros o sulfatos, ya que estas son sales agresivas que podrían promover el desarrollo de daños nocivos para el concreto. Como recomendación puntual, para los dos casos, se explica que la forma más práctica de asegurar que el agua es apta para el uso en el concreto, es que también debe ser apta para el consumo humano, ya que lo que no le hace daño al hombre, tampoco le hará daño al concreto.

Tabla 2: Límites permisibles para aguade mezcla y de curado según la norma ITINTEC 339.088

Descripción	Límite permisible
1) Sólidos en suspensión	5,000 p.p.m máximo
2) Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
3) Alcalinidad (NaHCO_3)	1,000 p.p.m. máximo
4) Sulfato (Ión SO_4)	600 p.p.m. máximo
5) Cloruros (Ión Cl^-)	1,000 p.p.m. máximo
6) pH	5 a 8

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998, p. 61)

2.2.3.3. Requisitos de calidad

Según la Norma E. 060 (2009), estos son algunos de los requisitos:

El agua que será utilizada para la elaboración y curado del concreto, tiene que ser apta para el consumo humano, es decir, tiene que ser potable.

En los siguientes casos, especifica la norma que se podría utilizar agua potable:

- a) Si están libres de elementos perjudiciales que en cantidades resultan dañinas para el concreto, acero y elementos que promuevan las propiedades del concreto.
- b) Que el diseño de mezcla considere pruebas de la fuente elegida y certifique que no es dañina para el concreto.
- c) Se tome muestras de concreto para fabricar briquetas con agua de la fuente elegida, y esta, en las mismas proporciones comparada con agua potable, que al ser ensayadas a los 7 y 28 días, no tengan resistencias menores al 90%.

2.2.4. Curado

“El curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento.” (Harmsen, 2002)

“El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia fuera del concreto. Busca, también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos.” (Harmsen, 2002)

Con la finalidad de fabricar un concreto de óptima calidad, se separan dos técnicas de curado del concreto, uno usado en concreto sin la inclusión de agregados ligeros de cerámico triturado de ladrillo King Kong y también por los elementos dotados de curado interno, al cual denominaremos curado externo, y al curado interno propiamente dicho.

2.2.4.1. Curado externo

Para esta técnica, se ha concebido utilizar material de cubierta saturado, en este caso esponjas retentivas de agua, las cuales serán colocadas en la parte inferior y superior de la briqueta, las cuales deberán ser dotadas de agua diariamente para lograr el curado de los elementos que no tengan curado interno, de la misma forma se procederá con los elementos que tengan curado interno.

La American Concrete Institute (1992), en su norma ACI 308-92 “Standard Practice for Curing Concrete”, traducido por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, nos explica textualmente que:

Los materiales de cubierta saturados, no se deben dejar secar y que absorban humedad del concreto, pero al término del periodo requerido de humedad, se debe permitir que sequen por completo, antes de retirarlos, para que el concreto se vaya secando con lentitud. (American Concrete Institute, 1992)

2.2.4.2. Curado interno

El curado interno básicamente viene a ser el efecto en el que un conjunto de partículas, que son parte de la mezcla, sirvan como agentes de reserva de agua, para proveer al concreto de esta, desde el interior, para el respectivo curado, “El curado interno consiste en incorporar al concreto, ingredientes con pequeñas reservas de agua dentro de la mezcla de concreto, como lo son los agregados porosos o polímeros súper-absorbentes que sirvan como agentes de curado.” (Trujillo Rodríguez, 2011, p. 26)

El curado interno, es un concepto concebido a partir del problema del curado pobre que presentan los concretos de alto desempeño, pues su baja relación a/c, menores a 0.35 gracias al desarrollo de aditivos que eximen la presencia de agua en altos rangos, contribuye a la baja permeabilidad del elemento, lo cual perjudica el curado normal de este. “Este tipo de hormigones, tan diferente de los denominados hormigones convencionales, ha producido

un nuevo escenario respecto al rol y necesidad de curado.” (López, Kahn, & Kurtis, 2005, p. 119)

En el caso de esta investigación, no se trata con concretos de alto desempeño, si no, se trata de un concreto con seccion mixta con seccion de acero circular hueco, ahogado en concreto con resistencia a compresion de 210 kg/cm², el cual, termina atrapado en esta seccion de acero, produciendo un aislamiento que imposibilita el curado directo, por lo cual, tomamos como solucion, el curado interno, ya que posibilita, por lo explicado anteriormente, culminar con el normal curado de nuestro concreto.

En nuestra investigación, mencionamos dos tipos de curado, el externo o superficial y el curado interno, que basicamente, Philleo (1991), describe por medio de una imagen, que se muestra en la **Figura N° 5**, como es que en el curado externo, el agua penetra solo en la superficie, dejando el nucleo fuera de la accion de hidratacion, sin embargo podemos observar que en el caso del curado interno, el agua se distribuye de una manera mas homogenea para lograr la hidratacion de los silicatos de calcio, este grafico, describe la problemática del curado externo con concretos de alto rendimiento, ya que por su baja relacion W/C, el concreto disminuye a grande escala su permeabilidad, en nuestro caso, el curado externo se utiliza para la seccion expuesta del concreto con la intemperie, para asi asegurar una mejor hidratacion.

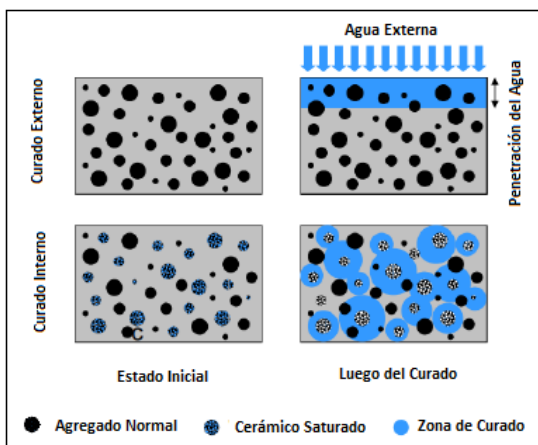


Figura 8: Diferencia entre curado externo e interno

Fuente: (Philleo, 1991)

- **PRINCIPIO DEL CURADO INTERNO**

En este caso el principio es el de, incorporar agua suficiente en las partículas de ladrillo King Kong, que estén distribuidas de manera homogénea en la mezcla de concreto para que esta se libere posteriormente, cuando el concreto pierda humedad, para asegurar la continuidad de la hidratación de los silicatos de calcio en el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto.

Se puede deducir este principio a partir de lo que López, Kahn, & Kurtis (2005) aseguran, “Así, el principio fundamental del curado interno es incorporar agua en la mezcla que no está disponible para la hidratación al comienzo (baja W/C), pero que es liberada más tarde cuando es requerida para continuar la hidratación.” (p.120)

Benz & Snyder (1999) explican que no es suficiente con contar en el interior con reservas de agua, esta debe estar distribuida de manera homogénea, pues la distancia de hidratación de la fuente es variable, el agua debe estar disponible para una constante hidratación.

- **CURADO INTERNO EN CONCRETOS CON MATERIAL CERÁMICO**

A raíz de la intensificación del uso de concretos de alto rendimiento con una baja relación W/C, que presentan el problema de fisuración interna, nace el concepto de curado interno con ayuda de materiales cerámicos o materiales súper absorbentes, práctica que se ha vuelto muy importante para garantizar el desarrollo de estos concretos.

En los últimos cien años se ha hecho uso del curado interno de formas accidentales, sin uso exclusivo o ideal para subsanar algún vicio, solo en las dos primeras décadas del siglo 21, el curado interno se está utilizando con el fin promover los procesos de hidratación completa en concretos de alto rendimiento, se han utilizado agregados de peso ligero y fibras de madera pre humedecidos, así como partículas cerámicas o súper absorbentes, para este fin, a tal punto que en la actualidad se utilizan las estructuras con curado interno en diferentes



tipos de estructuras a nivel mundial, que ayudan en gran medida a la desaparición de fisuras y reflejan mejores comportamientos de mezcla en diferentes estructuras de concreto masivo.

(Bentz & Weiss, 2010)

2.2.5. Agregados

2.2.5.1. Definición

Son elementos inertes que se mezclan con la pasta de cemento en ciertas proporciones definidas para fabricar una estructura sólida llamada concreto, el agregado ocupa aproximadamente $\frac{3}{4}$ de volumen total del concreto.

Los agregados se consideran inertes, aunque es relativa, ya que, los agregados toman parte en el desarrollo de propiedades importantes del concreto como durabilidad, resistencia, conductividad etc. (Pasquel Carbajal, 1998, p. 69)

Los agregados en la mezcla del concreto cumplen un papel importante, pues estas representan del 65% al 80% del volumen de la unidad cubica, a pesar de su importancia, durante muchos años su estudio, fue ignorado por diversas razones, las principales, por su costo menor, también porque se le consideraba solo un relleno inerte y también porque las resistencias a compresión antes usadas, eran menores, hoy en día se sabe que, su presencia es determinante para el desarrollo apropiado de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del concreto. (Rivva Lopez, 2000)



Tabla 3: Rocas y constituyentes minerales en agregados para concreto.

MINERALES	ROCAS IGNEAS	ROCAS METAMORFICAS
SILICE	Granito	Mármol
Cuarzo	Sienita	Metacuarcita
Opalo	Diorita	Pizarra
Calcedonia	Gabro	Filita
Tridimita	Pendotita	Esquistos
Cristobalita	Pegmatita	Anfibolita
SILICATOS	Vidrio Volcánico	Hornfelsa
Feldspatos	Obsidiana	Gneiss
Ferromagnesianos	Pumicita	Serpentina
Hornblenda	Tufo	
Augita	Escoria	
Arcillas	Perlita	
Ilitas	Fetsita	
Caolinas	Basalto	
Mortmorillonita	ROCAS SEDIMENTARIAS	
Mica	Conglomerados	
Zeolita	Arenas	
CARBONATOS	Cuarcita	
Calcita	Arenisca	
Dolomita	Piedra Arcillosa	
SULFATOS	Piedra Aluvional	
Yeso	Argillita y Pizarra	
Anhidrita	Carbonatos	
SULFUROS DE HIERRO	Calizas	
Pirita	Dolomitas	
Marcasita	Marga	
Pirotita	Tiza	
OXIDOS DE HIERRO	Horsteno	
Magnetita		
Hematita		
Geotita		
Ilmenita		
Limonita		

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Los agregados son materiales inertes que poseen resistencia suficiente, garantiza la unión con el cemento endurecido y que no perturba el desarrollo de resistencia del cemento, los agregados pueden tener origen artificial o natural. (Asociación Colombiana de Productores de Concreto, 2010, p. 3)

2.2.5.2. Clasificación de los agregados para el concreto

En su libro, Pasquel Carbajal (1998) describe de manera precisa la clasificación de los agregados:

La clasificación que se describe, no son las únicas ni las más detalladas, pero en términos generales con las que se conocen de forma usual.

**a) POR SU PROCEDENCIA:**

Se clasifica en:

- **Agregados Naturales.**

Considera a todos aquellos que resultan de los procesos naturales geológicos, que han dado lugar durante miles de años, los cuales son explotados y procesados para cumplir con las normas necesarias para el uso en la fabricación del concreto

- **Agregados Artificiales**

Son resultado de la unión de elementos naturales que con un tratamiento adecuado son habilitados para su empleo en la fabricación de concreto.

b) POR SU GRADACIÓN.

La gradación viene a ser la distribución, en proporciones adecuadas, de los diferentes tamaños de una cantidad determinada de agregado, se ha definido como límite de tamaños menores y mayores a 4.75 milímetros para diferenciar a los agregados finos y gruesos, respectivamente, este tamaño pertenece a la malla #4 definida por la ASTM.

c) POR SU DENSIDAD.

Es la gravedad específica que viene a ser el peso por unidad de volumen de sólidos respecto a la densidad del agua, se considera la clasificación como normales si tienen una gravedad específica entre 2.5 y 2.75, se consideran ligeros si tienen una gravedad específica menor a 2.5 y se consideran pesados si tienen una gravedad específica mayor a 2.75.

2.2.5.3. Características de los agregados

Las características de los agregados sin descritas por Pasquel Carbajal (1998) de manera textual, nos indica que:



Las características de los agregados tales como resistencia, densidad, gradación y porosidad, son cualidades que son necesarias conocer, y se nos permite mediante ensayos standard que dan como resultado cantidades que nos permite la comparación con valores establecidos para su empleo en los diseños de mezcla, es muy importante hacer una evaluación de estas características.

a) Condiciones De Saturación

En la **Figura 6**, se observa el esquema de los estados de saturación de los agregados, que nos permite analizar y tener un concepto y comprender de manera visual de las distintas etapas de saturación.

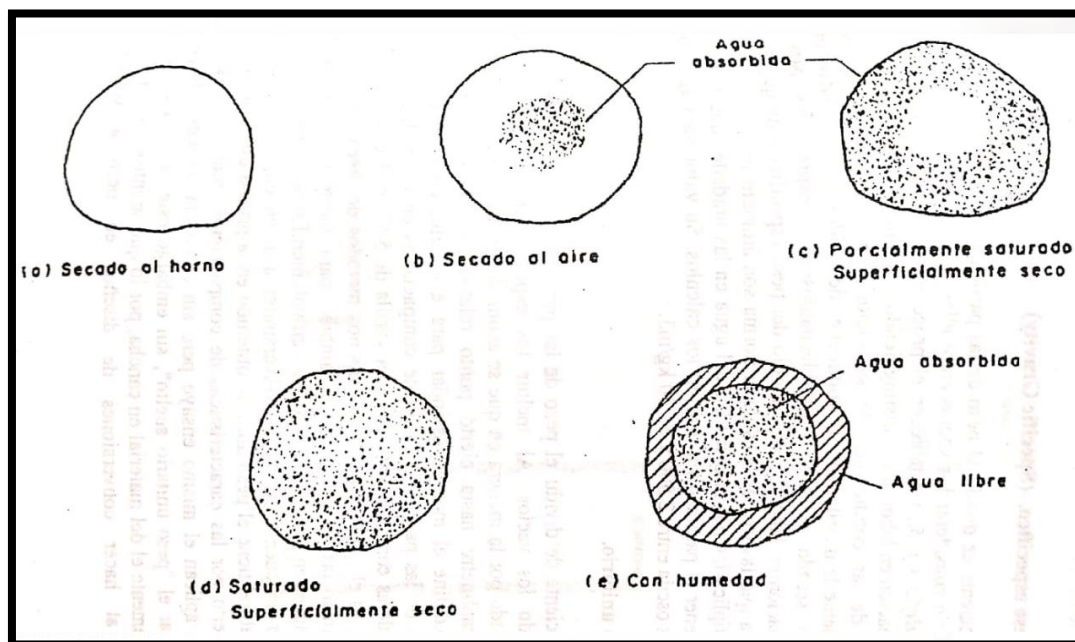


Figura 9: Estados de saturación del agregado

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

b) **Peso Especifico**

El ensayo de laboratorio se establece mediante un proceso normado por la ASTM C-128 y C-127, que básicamente nos indica un ensayo en el cual se mide el peso por unidad de volumen de las partículas, sin considerar el vacío entre las mismas, estas se expresan en tres diferentes condiciones de saturación.

Las expresiones que la norma nos da como resultado son adimensionales, a estas hay que multiplicar el valor de la densidad del agua para obtener el parámetro a utilizar en los cálculos, el valor de los agregados normales se encuentra entre valores de 2.5 y 2.75 tn/m³.

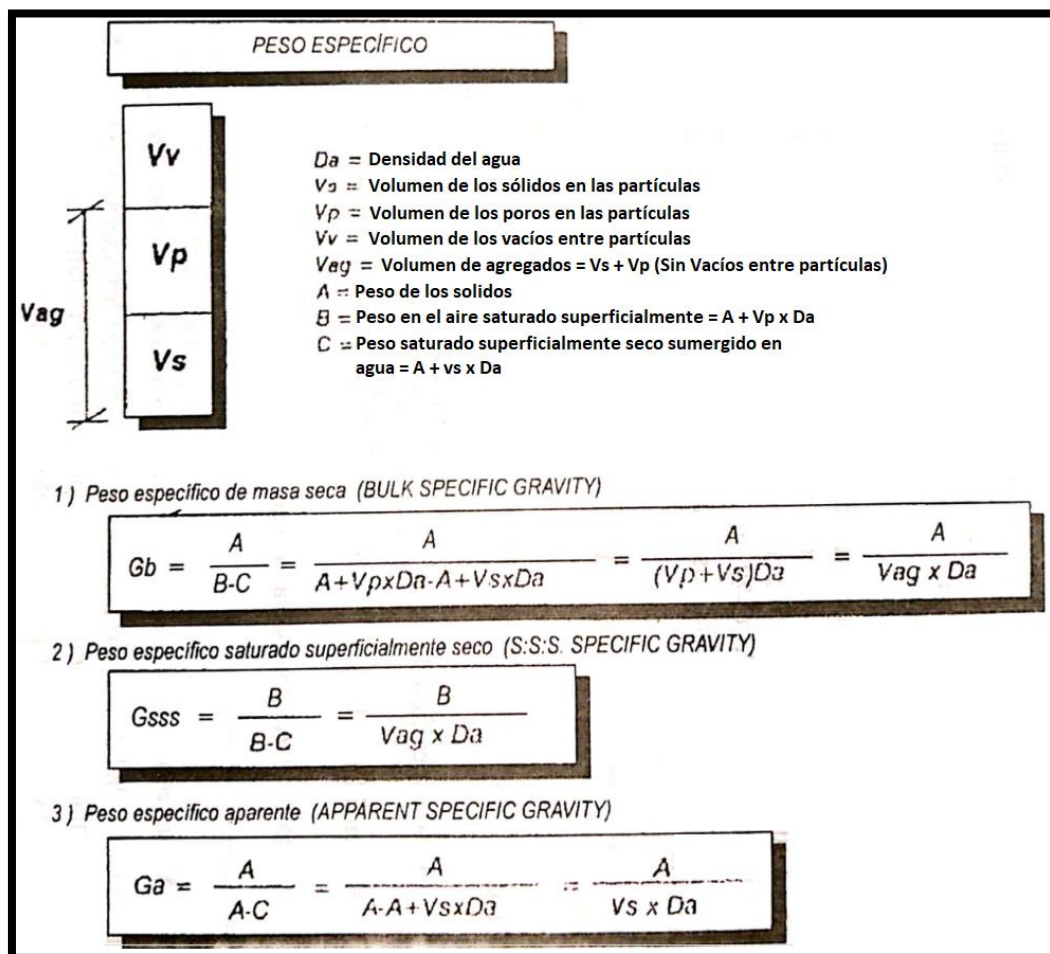


Figura 10: *Peso específico de los agregados*

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

c) Peso Unitario

El proceso de evaluación de esta característica del agregado, esta normado por la ASTM C-29, el ensayo básicamente consiste calcular el resultado del peso por unidad de volumen incluyendo los vacíos del agregado, el ensayo consiste en compactar las partículas en un molde metálico, por medio de la compactación con una varilla de punta circular de 5/8", en tres capas consecutivas cada 25 golpes, el valor calculado se emplea en algunos métodos de diseño de mezcla, se utiliza para realizar conversiones de dosificaciones de peso a volumen y ayuda a estimar ciertas proporciones.

d) Porcentaje De Vacíos

El ensayo esta normado por la ASTM C-29, y se utilizan valores de los ensayos de peso unitario y peso específico, básicamente esta característica indica el volumen expresado en porcentaje de los espacios existentes entre las partículas, su valor es relativo, este se expresa de la siguiente forma:

$$\% \text{ de Vacíos} = 100 \left[\frac{(S \times W) - M}{S \times W} \right]$$

Donde:

W: Densidad del agua

M: Peso unitario compactado seco

S: Peso específico de masa

e) Absorción

El ensayo de esta característica de los agregados. Esta normada por la ASTM C-128 y C-127 y básicamente, este valor, expresa la capacidad mayor o menor de contener agua en los espacios vacíos que tiene en su interior, es un fenómeno que se da por la

capilaridad del agregado, estos poros no siempre se llenan en su totalidad pues, siempre queda aire atrapado.

Su valor se expresa mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso S.S.S} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}}$$

f) **Humedad**

El ensayo de esta característica del agregado esta normado por medio de la ASTM C-566, su valor indica, en porcentaje de peso, el contenido de agua superficial retenido por el agregado en el momento del ensayo, este valor es muy importante ya que determina la cantidad de agua que se dotará al diseño de mezcla y su valor se expresa se la siguiente manera:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

2.2.6. **Material cerámico**

El material cerámico utilizado para este estudio, es resultado de la molienda de unidades de ladrillo King Kong, por lo cual es necesario conocer la naturaleza de las unidades de arcilla.

2.2.6.1. **Materia prima**

Gallegos & Casabonne (2005) describen la naturaleza de la materia prima de las unidades de arcilla, asi podremos comprender que no es nociva para la fabricacion de concretos y que ademas puede cumplir la labor de curado interno de manera impecable, nos dice:

El material ceramico esta compuesto basicamente por arcillas que contienen alumina y silice con oxidos metalicos y otros componentes, este tipo de arcillas se pueden

clasificar como calcareas y no calcareas, las calcareas contienen cantidades promedio del 15% en su composición de carbonatos de calcio, y tienen un color amarillento, las no calcareas contienen silicatos de alumina y cantidades que varían en porcentajes del 2% al 10% en composición de óxidos de hierro y feldespato, lo que les da una coloración rojiza, que depende de la cantidad de óxido de hierro.

2.2.6.2. Ladrillo King Kong

2.2.6.2.1. Ladrillo

“Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno.” (NTP 331.017, 1978)

2.2.6.2.2. Clasificación

La NTP 331.017 (1978), describe la clasificación de los ladrillos según sus propiedades:

Tipo I.- Durabilidad y resistencia mínimas. Se utiliza en construcciones de albañilería de exigencias mínimas de resistencia.

Tipo II.- Durabilidad y resistencia bajas. Se utiliza en construcciones de albañilería de exigencias moderadas de resistencia.

Tipo III.- Durabilidad y resistencia medias. Se utiliza en construcciones de albañilería de uso general.

Tipo IV.- Durabilidad y resistencia altas. Se utiliza en construcciones de albañilería de exigencias rigurosas de resistencia.

Tipo V.- Durabilidad y resistencia muy altas. Se utiliza en construcciones de albañilería de exigencias particularmente rigurosas de resistencia.

Por esta clasificación, podemos decir, que los ladrillos utilizados en nuestra investigación son de tipo III.

2.2.6.2.3. *Absorción y coeficiente de saturación*

“El ladrillo ensayado mediante el procedimiento descrito en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de Arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 4.” (NTP 331.017, 1978, p. 04)

Tabla 4: *Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación*

TIPO	ABSORCION (máx. en %)	COEFICIENTE DE SATURACION (máximo) (2)
I	Sin Límite	Sin Límite
II	Sin Límite	Sin Límite
III	25	0,90
IV	22	0,88
V	22	0,88

Fuente: (NTP 331.017, 1978)

2.2.6.2.4. *Succión*

La norma técnica peruana, (NTP 331.017, 1978), explica sobre la succión que:

Los ladrillos que obtienen una succión excesiva no se debe utilizar métodos comunes u ordinarios para la construcción, se debe realizar uniones adecuadas entre el mortero y el ladrillo. El mortero presenta perdida rápida del agua por la succión de ladrillo, el cual se endurece y deforma, no logrando un contacto adecuado entre la siguiente cara del ladrillo. La unión de estos ladrillos viene a ser débil e incompleta, haciendo que el mortero sea parte de esta unión de baja resistencia y permeable para el agua. Para succiones de ladrillos que sean mayores de 20 gramos/minuto en un área de 20cm² es fundamental que los ladrillos estén saturados en agua antes de su uso.

Según las pruebas realizadas se ha obtenido los siguientes valores según a cada tipo de ladrillo:

Tabla 5: Valores de succión promedio según los tipos de ladrillo

TIPO	SUCCION PROMEDIO (en gramos / 200 cm ²)
I	61
II	66
III	53
IV	No se obtuvo valores
V	38

Fuente: (NTP 331.017, 1978)

Al determinar uno de estos valores de succión promedio según al tipo de ladrillo y presentan un promedio mayor que el limite indicado, es esencial que todo ladrillo de arcilla sea saturado con agua inmediatamente antes de asentarlo, a la vez considerar la manera de como dependerá la retentividad del mortero a utilizarse.

Esta propiedad de succión no está determinada como norma, ya que el ladrillo excede los límites del valor promedio, pero esta prueba de succión realizada para los ladrillos de arcilla algunas veces puedes que no requieran el tratamiento de saturado con agua.

2.2.6.2.5. Ladrillo King Kong de 18 huecos

“Es el producto de mayor rotación por excelencia. Sus dimensiones en el Perú son estándar y es uno de los materiales cuyas características técnicas son las más observadas dada su importancia dentro de cualquier edificación.” (NTP 331.019, 1982).

Tabla 6: Propiedades del ladrillo King Kong de 18 huecos

Propiedades :				King Kong 18 Huecos							
R.Compres. daN/cm ²	Densidad g/cm ³	Abs. Máxima en %	Coef. Satur. < 1.00	Efloresc.	Alabeo en %	alto	ancho	largo	Peso en Kg.	Unid. (soga) por m ²	Unid. (cabeza) por m ²
126.0	1.99	12.00	0.90	Sin Eflor.	2.00	09	13	24	2.90	36	65

Fuente: (NTP 331.019, 1982)



Figura 11: Ladrillo King Kong de 18 huecos de ladrillera de San Jerónimo.

2.2.7. Análisis granulométrico de los agregados pétreos y cerámicos de ladrillo King Kong

2.2.7.1. Análisis granulométrico de los agregados finos

El análisis respectivo, tanto de los agregados pétreos como el de los cerámicos, se dio bajo consideraciones de la (NTP.400.037), en la cual se establecen los requisitos de gradación (granulometría) del agregado fino.

Tabla 7: Límites granulométricos del agregado fino.

LÍMITE GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO		
TAMIZ Nro.	LÍMITES MÍNIMOS	LÍMITES MÁXIMOS
3/8	100%	100.00%
4	95%	100.00%
8	80%	100.00%
16	50%	85.00%
30	25%	60.00%
50	5%	30.00%
100	0%	10.00%

Fuente: (NTP.400.037, 2014)

Se utilizarán las siguientes fórmulas para determinar la granulometría del agregado

fino:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido}}{\text{Peso total de la muestra evaluada}} \times 100$$

$$\% \text{ Retenido acumulado} = \% \text{ Retenido} + \% \text{ Retenido acumulado anterior}$$

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado anterior}$$

El módulo de fineza debe estar entre 2.3 y 3.1 según la norma (NTP.400.037)

$$\text{Módulo de Fineza} = \frac{\% \text{ Retenido acumulado (N}^\circ 4 + \text{N}^\circ 8 + \text{N}^\circ 16 + \text{N}^\circ 30 + \text{N}^\circ 50 + \text{N}^\circ 100)}{100}$$

2.2.7.2. Análisis granulométrico de los agregados gruesos

Este análisis, tanto de los agregados pétreos como el de los cerámicos, se desarrolló bajo consideraciones de la (NTP.400.037), en la cual se establecen los requisitos de gradación (granulometría) del agregado grueso.

Para tal efecto tenemos los límites granulométricos según el tamaño máximo nominal, cuyos valores los hallamos en base a nuestro tamaño máximo nominal que viene a ser $\frac{3}{4}$ ", como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 8: Límites granulométricos del agregado grueso.

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados				
		25,0 mm (1 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (No. 4)
6	19.0 mm a 9.5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5

Fuente: (NTP.400.037, 2014)



2.2.8. Diseño de mezclas

2.2.8.1. Definición

Rivva Lopez (1992), nos indica, que:

Los materiales seleccionados proporcionalmente para un metro cubico de concreto, el cual se da para la elaboración de un diseño de mezcla, viene a ser la combinación de todos los ingredientes para elaboración del concreto y este obtenga en un estado fresco una buena trabajabilidad y una debida consistencia y en un estado endurecido cumpla con diseño establecido.

2.2.8.2. Consideraciones y/o criterios para el diseño de mezcla

Torre C., (2004), en su libro, nos describe claramente los cuidados que se debe tener para realizar un diseño de mezcla, nos explica que:

Un diseño de Mezcla debe cumplir con los requisitos requeridos para un concreto en estado fresco (mezclado, transporte, colocación, compactado y acabado, etc.) y en el estado endurecido (la resistencia a la compresión y durabilidad, etc.).

Al diseñar una mezcla de concreto no implica que todas las propiedades tengan relación con la resistencia, pues al realizar un diseño de mezcla implica factores que son ajenos a la resistencia del concreto y pueden afectar otras propiedades.

El diseñar una mezcla de concreto representa la mezcla adecuada para un uso necesario y determinado el será utilizado en alguno diseño de obra y este cumpla con lo requerido y sea verificado.

Para dosificar una mezcla de concreto se debe tener los conocimientos:

a) Los materiales

Se deben ensayar sus propiedades fisicas que vienen a ser:

Para agregados finos.- Peso especifico de masa, absorcion, contenido de humedad, modulo de finura.



Para agregados gruesos.- TMN, peso seco compactado, peso específico de masa, absorción, contenido de humedad.

b) Del elemento a vaciar, tamaño y forma de las estructuras

En el caso nuestro, vamos a vaciar columnas, lo que nos ayuda a determinar que el asentamiento máximo en pulgadas debe ser de 4”

c) Resistencia a la compresión requerida.

La resistencia a compresión tiene un $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

d) Condiciones ambientales durante el vaciado

La especificación ACI 306R-10 dice que: “La mejor práctica es que todas las superficies de contacto con el concreto deben estar por encima de la temperatura de congelación del agua”

e) Condiciones a la que estará expuesta la estructura.

Las condiciones, en nuestro caso son las normales, que están por encima de la temperatura de congelación, bajo techo.

2.2.8.3. Parámetros básicos de los métodos de diseño de mezcla de concreto

A) El principio de los volúmenes absolutos. -

En su libro, Pasquel Carbajal (1998), nos describe lo siguiente:

A) El principio de los volúmenes absolutos. -

Todo diseño de mezcla está dado para una unidad de medida que normalmente es 1 m^3 , al realizar los cálculos, tienen un principio y este es considerar en los cálculos los volúmenes de los materiales, sin concluir vacíos entre ellos, obteniendo así una suma de volúmenes en conjunto con el aire atrapado.

Se considera en los cálculos con el peso específico de los sólidos, conocido como gravedad específica (peso específico de masa), y estén en condición saturada superficialmente seca o seca, para tener los volúmenes sólidos de los materiales de

tal manera poder dosificarlos de forma adecuada y así obtener la unidad volumétrica de medida.

En la Figura 12 se puede apreciar un esquema que ilustra el principio indicado.

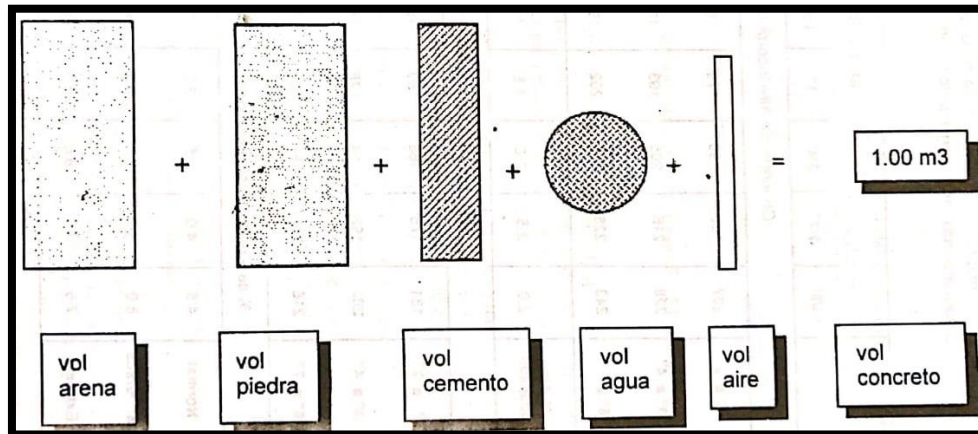


Figura 12: Criterio de balance de volúmenes absolutos

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

B) La resistencia en compresión y la relación agua/cemento

La resistencia en compresión es un requisito del proyecto estructural, como también el proyectista exige fundamentos especiales de durabilidad, entonces una exigencia necesaria es la relación Agua/Cemento para el diseño de mezcla, ya que con esta exigencia se puede regular dicho comportamiento. (Pasquel Carbajal, 1998)

C) La granulometría de los agregados y el tamaño máximo de la piedra

Los agregados deben proveer un buen acomodo de partículas y llegar a obtener entre partículas una estructura resistente, impermeable, densa lo que hace que tenga una buena trabajabilidad.

Se puede evaluar de diferentes maneras la gradación de los agregados y sus debidas combinaciones, pero según como se realizase cada gradación este debe de tener un debido sustento técnico. (Pasquel Carbajal, 1998)

D) La trabajabilidad y su trascendencia

Para un diseño de mezcla, la trabajabilidad es un parámetro utilizado para la producción, el diseño y la colocación del concreto. (Pasquel Carbajal, 1998)

La trabajabilidad viene a ser una propiedad del concreto fresco el cual tiene la facilidad de poder ser mezclado, manejado, transportado, colocado y finalizado obteniendo y manteniendo su homogeneidad (exude o se segregue). El grado de trabajabilidad adecuado depende de la manera de cómo se dé la colocación y compactación del concreto. Las consideraciones que deben tomar en cuenta para la trabajabilidad de la mezcla es, la forma y textura de las partículas, la gradación, las proporciones de los agregados, la cantidad del cemento, los aditivos, el aire incluido, y la consistencia de la mezcla. Para determinar la trabajabilidad de una mezcla se debe medir su fluidez o consistencia por medio del ensayo de asentamiento con cono de Abrams. (Álvarez Cangahuala, 2003)

2.2.8.4. Método del diseño de mezcla ACI 211

El método ACI del comité 211, es el más utilizado a nivel mundial ya que establece parámetros de diseño más amigables y prácticos, Pasquel Carbajal (1998), explica que:

El método original del ACI data del año 1994, habiendo experimentado relativamente muy pocas variantes hasta la última versión emitida por el comité 212.1 en el año 1991.

La ASTM C-33 indica que los agregados que cumplen con los requisitos granulométricos y físicos, expresa el agua de mezcla experimental según al Tamaño Máximo del agregado y del slump como medida de trabajabilidad, establece de manera experimental el volumen de agregado grueso compactado en seco según el

Módulo de fineza de la arena y el Tamaño Máximo Nominal de la piedra, y sucesivamente la relación a/c en peso la resistencia en compresión.

El método asume valores empíricos del agregado grueso según el Modulo de Fineza de la arena, aunque en la práctica no se distingue los agregados redondeados y angulosos, entre chancados y zarandeados, ni los porosos ni densos.

Este método tiene la particularidad de producir concretos pedregosos por su idea antigua ya que estos diseños requieren poca cantidad de agua y menor cantidad de cemento para tener la resistencia requerida.

La única diferencia desde su aparición inédita fue aceptar la modificación del contenido de piedra $\pm 10\%$ según la trabajabilidad que puede ser dada por el diseño.

Para concluir, este método no garantiza el diseño de mezclas satisfactorias, pero si se puede indicar que es necesario obtener concretos plásticos, trabajables, bombeables.

2.2.8.5. Pasos para el método de diseño

Los pasos del método de diseño de mezcla, nos lo explica Torre C. (2004):

Nota: Las tablas para el diseño de mezclas están dadas en la parte final del capítulo

a. Recaudar el siguiente conjunto de información:

- Del elemento a vaciar; tamaño y forma de las estructuras.
- Los materiales.
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Resistencia a la compresión requerida.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.

b. Determinar la resistencia requerida

La Resistencia se tendrá que diseñar para un aumento mayor al cual se está diseñando siempre vamos a tener que diseñar para algo más de resistencia de tal manera que solo un

reducido porcentaje de las muestras (normalmente el 1%, según el ACI) llegue a resistencias diferentes, mostradas en la siguiente figura:

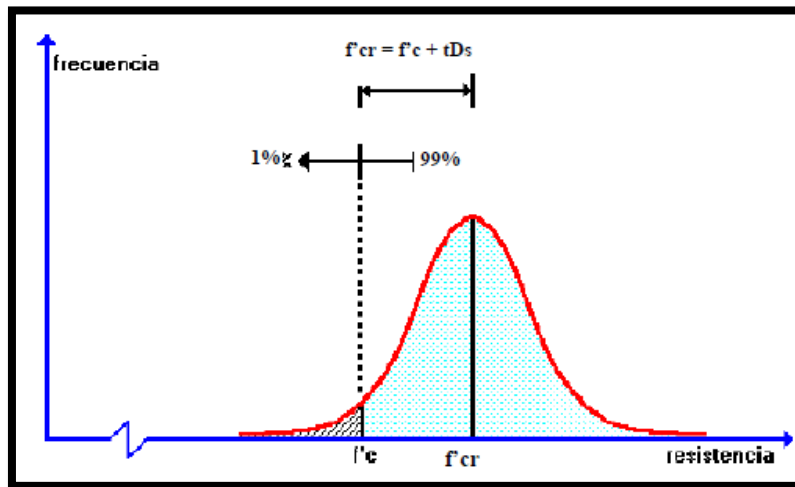


Figura 13: Determinación de resistencia requerida

Fuente: (Torre C., 2004)

El comité ACI 318 - 99 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia requerida f'_{cr} .

Caso 1: Solo cuando se cuentan con datos estadísticos de obtención en obra, así como resultados de la rotura de probetas

Solo en este caso, se llega a utilizar las siguientes fórmulas para calcular el f'_{cr}

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34Ds \quad (1)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33Ds - 35 \quad (2)$$

Donde:

f'_{c} : Resistencia a la compresión especificada (kg/cm²)

f'_{cr} : Resistencia a la compresión requerida (kg/cm²)

Ds : Desviación estándar en obra (kg/cm²)

De ambas fórmulas dadas se escogerá el mayor valor obtenido, siendo este el f'_{cr} , con el cual se va a diseñar.



Caso 2: Cuando no se cuenta con datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados)

Se utilizarán las formulas anteriores, donde al valor de D_s se desarrollará por un factor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 9: Incremento de valores de desviación standard cuando se tienen al menos 30 ensayos

Nº ENSAYOS	FACTOR DE INCREMENTO
Menos de 15	Usar tabla Caso 3
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o más	1.00

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

Entonces para calcular el f'_{cr} tendremos:

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34(\alpha D_s)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33(\alpha D_s) - 35$$

Dónde: α = factor de amplificación

Caso 3: Cuando no se cuenta datos que son (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico.

En este caso el Comité del ACI indica determinar el f'_{cr} con la siguiente tabla.



Tabla 10: f'_{cr} aplicable cuando no se dispone de resultados para definir la desviación standard

f'_c especificado	F'_{cr} (Kg/cm ²)
< 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

Fuente: (Pasquel Carbajal, 1998)

c. Seleccionar el tamaño máximo nominal del agregado grueso (TMN).

En su mayoría las condiciones de refuerzo de las estructuras y características geométricas son las que ajustan el tamaño máximo del agregado que se pueden emplear, como también se toma en cuenta la elaboración, el transporte y la colocación del concreto que es otra condición para limitarlo.

Hay que considerar que El TNM del agregado grueso no debe ser mayor:

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

Las limitaciones constantemente se eluden si los métodos de compactación y la trabajabilidad hacen que el concreto puede distribuirse y no deje vacíos en forma de panal.

d. Selección del asentamiento

Cuando el asentamiento no tenga alguna especificación entonces es parte de los valores indicados en la tabla 11 (Tipo de Estructura)

e. Determinación del contenido de aire

El ACI 211 dispone una tabla que proporciona el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto según al tamaño máximo nominal del agregado grueso.



La tabla 12 señala la cantidad cercana de contenido de aire que está atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

También en el caso del contenido de aire incorporado se muestra una tabla indicando valores aproximados en función de las condiciones de exposición, suave, moderada y severa. Estos valores establecidos en la tabla 17 a veces pueden concordar con las indicadas en algunas especificaciones técnicas.

f. Determinación del volumen de agua

La cantidad de agua (por volumen unitario de concreto) que se llega a necesitar para obtener un asentamiento requerido, depende de la forma de las partículas, del tamaño máximo de agregado, de la gradación de los agregados y de la cantidad de aire incluido. En la tabla 13 se muestra valores de la cantidad de agua requerida en la mezcla de concreto en función asentamiento con aire incluido y sin este y del tamaño máximo de agregado. Los valores tabulados mostrados se acogen a los requisitos de agua en la mezcla, pero estos también están en función de la textura y la forma del agregado y así se obtiene una aproximación para una primera mezcla. No necesariamente la resistencia influye en la demanda del agua ya que se tiene otros factores. Se pone en ejemplo, se da dos clases de agregado grueso angular y uno redondeado, estos son de similar gradación y tienen una buena calidad, hay la posibilidad de que se obtenga concretos de similar resistencia, utilizando la misma cantidad de cemento, y teniendo diferencias de relación a/c ya que se puede tener distintos requisitos de agua para el diseño. Con esto quiere decir que la forma del agregado sea angular o redondeada no viene a ser un indicador de que un agregado pueda mejorar o disminuir la resistencia potencial.



**g. Seleccionar la relación agua/cemento**

Para la selección de la relación a/c que se requiere este no solo se da por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como las propiedades para un excelente acabado y la durabilidad. Se ha de saber que diferentes tipos de cementos y agregados tienden a tener resistencias muy diferentes, aunque tengan la misma relación a/c, siempre es considerable saber la relación que existe la resistencia y la relación a/c de los materiales.

Cuando existen condiciones severas de exposición, la relación a/c tiene que mantenerse baja, así los requisitos de resistencia puedan indicar con un valor más alto. La tabla 14 muestra estos valores límites.

h. Cálculo del contenido de cemento

El contenido de cemento se obtiene dividiendo los valores hallados en los pasos (f)/(g)

i. Cálculo de los pesos de los agregados.

Se realiza según al método de diseño específico a emplearse o basarse en alguna teoría de combinación de agregados.

j. Presentar el diseño de mezcla en condiciones secas.**k. Corrección por humedad del diseño de mezcla en estado seco**

Siempre hay que tener en consideración la cantidad de humedad que los agregados poseen para tener un pesaje correcto. Con frecuencia los agregados siempre presentan humedad y a su peso seco debe sumarse el peso de agua que contienen, tanto absorbida como superficial.

$$\text{Peso agregado húmedo} = \text{Peso agregado seco} (1 + \text{Cont. humedad del agregado} (\%))$$

l. Cálculo del agua efectiva

el agregado contiene una humedad libre para lo cual el agua debe utilizarse según al incremento o reducción de esta humedad.



Para esto se utilizará la siguiente formula:

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso agregado seco} (\% \text{ Cont. de humedad} - \% \text{ absorción})$$

Entonces:

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad de los agregados}$$

m. Presentar el diseño de mezcla en condiciones húmedas.

n. Realizar los ajustes a las mezclas de pruebas

Antes de obtener la primera mezcla con proporciones obtenidas y así nuestros materiales también cumplan con las características deseadas, se determina siguiendo los pasos que se indican a continuación:

Primeramente, la mezcla de prueba se realiza una medición de la consistencia y se procede a comparar con la mezcla deseada: si difieren, se ajustan las proporciones. Seguidamente se prepara una segunda mezcla de prueba con las proporciones ajustadas, donde se tiene que asegurar la consistencia deseada; se obtienen muestras de cilindro de ella (briquetas) y se precisa su resistencia a la compresión; luego se realiza una comparación con la resistencia deseada y si difieren, se reajustan las proporciones. Y finalmente se prepara una tercera mezcla de prueba con las proporciones reajustadas que debe cumplir con la consistencia y la resistencia que se desea.

Tablas para el diseño de mezclas

Tabla 11: Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: (Torre C., 2004)

Tabla 12: Contenido de aire atrapado

TNM del agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: (Torre C., 2004)

Tabla 13: Volumen de agua por m²

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para TNM agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Fuente: (Torre C., 2004)

Tabla 14: Relación agua/cemento por resistencia

f _c Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: (Torre C., 2004)

Tabla 15: Peso de agregado grueso por unidad de volumen del concreto

TNM del agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/bo)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: (Torre C., 2004)

Tabla 16: Módulo de fineza de la combinación de agregados

TNM del agregado Grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados el cual da las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de cemento en bolsas/m ³ (m)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Fuente: (Torre C., 2004)

Tabla 17: Contenido de aire incorporado y total

TNM del agregado Grueso	Contenido de aire total (%)		
	Exposición Suave	Exposición Moderada	Exposición Severa
3/8"	4.5	6.0	7.5
1/2"	4.0	5.5	7.0
3/4"	3.5	5.0	6.5
1"	3.0	4.5	6.0
1 1/2"	2.5	4.0	5.5
2"	2.0	3.5	5.0
3"	1.5	3.0	4.5
6"	1.0	2.5	4.0

Fuente: (Torre C., 2004)



2.2.9. Ensayo de revenimiento del concreto – prueba del slump

Equívocamente se relaciona el concepto de revenimiento con el de trabajabilidad, sin embargo, tienen naturalezas distintas, Pasquel Carbajal (1998), indica que:

Con el pasar de los años se ha mantenido la medición tradicional de la trabajabilidad mediante el asentamiento con el cono de Abrams o Slump ya que se puede determinar una medición aproximada. Pero se debe tener en claro que se ve más la uniformidad del concreto que la trabajabilidad, ya que se puede obtener concreto con igual consistencia, pero diferentes trabajabilidades.

Por otra parte, Neville (2013), indica claramente que:

Esta es una prueba usada extensamente en el campo de la construcción. La prueba de revenimiento no es la medición de la trabajabilidad, aunque ACI 116 R-90 la describe como una medida de consistencia, pero la prueba es muy útil en la revelación de variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones nominales dadas.

Las normas ASTM C 143 90 y la norma BS 1881: Parte 102:1983 describen la prueba. El molde para prueba de revenimiento es un cono truncado de 30cm de alto que se pone sobre una superficie llana, con la abertura menor en la parte superior, y se llena con concreto en tres capas. Cada capa se realiza en 3 etapas y se apisona 25 veces con una varilla de acero normal de 15 mm de diámetro, redondeada en el extremo, y la superficie superior se recorta por medio de un movimiento de aserrar y rodar de la varilla de apisonar. El molde se debe sostener firmemente contra su base durante toda la operación: esto se facilita por manijas y apoyos de pies soldados al molde.



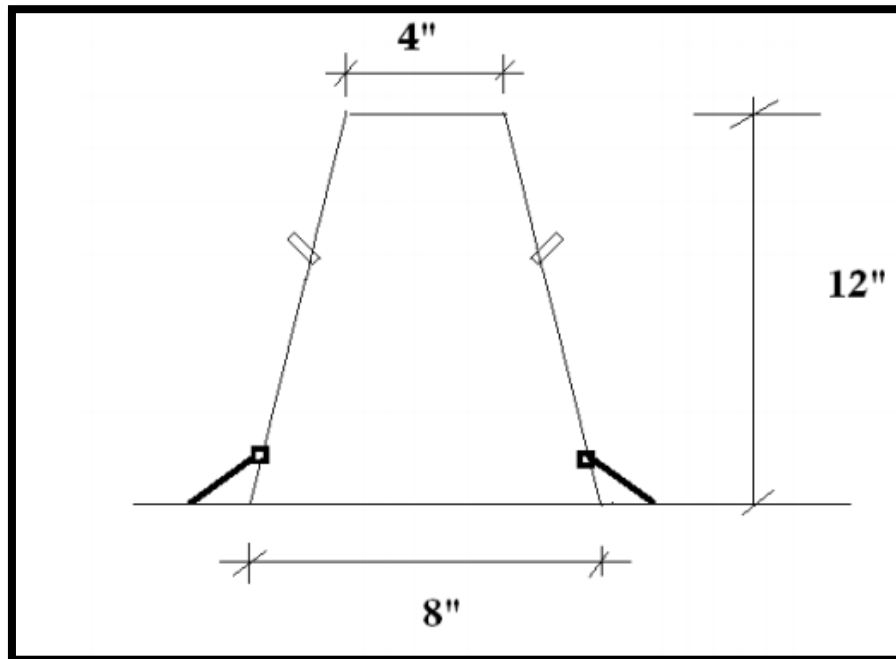


Figura 14: Molde para prueba de revenimiento

Inmediatamente después del llenado, el cono se levanta lentamente, y el concreto sin soporte ahora se va a reventar de aquí el nombre de la prueba. La disminución en la altura del concreto revenido se llama revenimiento y se mide hasta los 5 mm más cercanos. La disminución se mide hasta el punto más alto de acuerdo con la norma BS 1881: Parte 102: 1983, pero de acuerdo con la norma ASTM C 143-90, hasta el "centro desplazado original". Para reducir la influencia que sobre el revenimiento tiene la variación en la fricción superficial, el interior del molde y su base se deberán humedecer al comienzo de cada prueba, y, antes de levantar el molde, el área que está inmediatamente alrededor de la base del cono se deberá limpiar del concreto que pueda haber caído accidentalmente.

Si en lugar de reventarse en forma uniforme alrededor del revenimiento verdadero (Figura 15), la mitad del cono formado se desliza para abajo en un plano inclinado, se puede decir que ha ocurrido un revenimiento cortante (cizalladura), y deberá repetirse la prueba. Si el revenimiento cortante persiste, como puede ser el caso con mezclas ásperas, esto indica falta de cohesión de la mezcla.

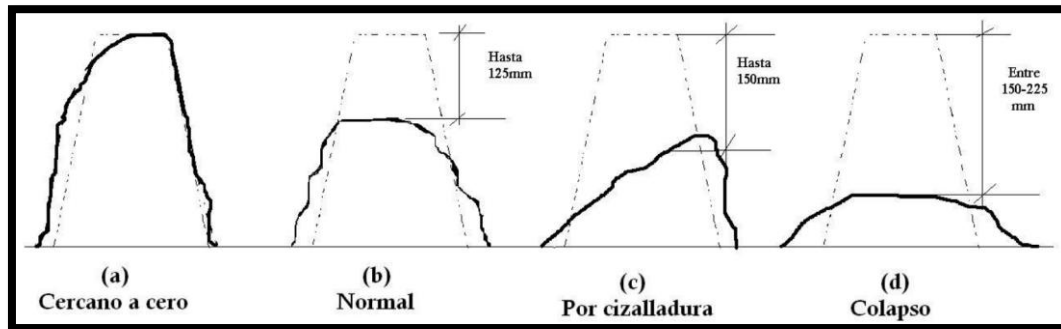


Figura 15: Revenimiento: cero, normal, cortante y colapso

Fuente: <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoConcretoFresco/REVENIMIENTO.pdf>

Las mezclas de consistencia rígida tienen un revenimiento cero; en el rango más bien seco no se descubrirá ninguna variación entre mezclas de trabajabilidad diferente. Las mezclas ricas se comportan satisfactoriamente, siendo su revenimiento susceptible a las variaciones de trabajabilidad. Sin embargo, en una mezcla pobre con tendencia a la aspereza, un revenimiento exacto puede cambiarse fácilmente al tipo cortante o hasta desplomarse (Figura 15); y en muestras diferentes de la misma mezcla pueden obtenerse valores ampliamente diferentes de revenimiento.

En la Tabla 18 se da la magnitud aproximada del revenimiento para trabajabilidades diferentes (en una forma modificada de las propuestas de Bartos) la Tabla 19 da la clasificación europea propuesta en la norma ENV 206: 1992. Una razón para la diferencia entre las dos tablas es que la solución europea es medir el revenimiento hasta los 10 mm más cercanos. Sin embargo, se deberá recordar que, con agregados diferentes, especialmente un contenido diferente de agregado fino, se puede registrar el mismo revenimiento para trabajabilidades diferentes, ya que, en verdad, el revenimiento no lleva ninguna relación única con la trabajabilidad que se definió antes. Además, el revenimiento no mide la facilidad de compactación del concreto y, como el revenimiento ocurre sólo con el peso propio del concreto de prueba, no refleja el comportamiento en condiciones dinámicas tales como

vibración, acabado, bombeo o movimiento a través de un tubo con tolva (tremie). Más bien, el revenimiento refleja la "cedencia" del concreto.

Tabla 18: Descripción de trabajabilidad y magnitud de revenimiento

Descripción de trabajabilidad	Revenimiento mm
Sin revenimiento	0
Muy baja	5-10
Baja	15-30
Media	35-75
Alta	80-155
Muy alta	160 hasta colapso

Fuente: (Neville, 2013)

Tabla 19: Clasificación de trabajabilidad y magnitud de revenimiento de acuerdo con la norma europea ENV 206:1992

Clasificación de trabajabilidad	Revenimiento, mm
S1	10-40
S2	50-90
S3	10-150
S4	≥160

Fuente: (Neville, 2013)

A pesar de estas limitaciones, la prueba de revenimiento es muy útil en la obra como una verificación de la variación de mezcla a mezcla o de hora a hora de los materiales que se están alimentando en la mezcladora. Un aumento en revenimiento puede querer decir, por ejemplo, que el contenido de humedad del agregado ha aumentado en forma no esperada, otra causa sería un cambio en la granulometría del agregado, tal como una deficiencia de arena. Un revenimiento demasiado alto o demasiado bajo da advertencia inmediata y capacita al operador de la mezcladora para remediar la situación. Esta aplicación de la prueba de revenimiento, así como su simplicidad, es la responsable de su uso generalizado.

2.2.10. Minitab

Es un software estadístico que ejecuta funciones estadísticas básicas y avanzadas, combina el entorno amigable del programa Microsoft Excel y la capacidad de ejecución de análisis estadísticos.

Minitab es un paquete estadístico que incluye funciones de la estadística descriptiva, estadística inferencial, diseño de experimentos, series de tiempo, estadística multivariada, confiabilidad y otras funciones especiales para facilitar los cálculos y los análisis estadísticos. (Salgado Horta, 2011)

2.2.10.1. Acerca de la hipótesis nula y la alternativa

a) Hipótesis Nula (H_0)

La hipótesis nula indica que un parámetro de población (tal como la media, la desviación estándar, etc.) es igual a un valor hipotético. La hipótesis nula suele ser una afirmación inicial que se basa en análisis previos o en conocimiento especializado (Soporte de Minitab 18, 2019).

b) Hipótesis Alternativa (H_1)

La hipótesis alternativa indica que un parámetro de población es más pequeño, más grande o diferente del valor hipotético de la hipótesis nula. La hipótesis alternativa es lo que usted podría pensar que es cierto o espera probar que es cierto (Soporte de Minitab 18, 2019).

2.2.11. Acero estructural

El acero es la combinación del hierro con reducidas cantidades de carbono menores al 1% y cantidades mínimas en porcentajes de otros elementos, el cual es uno de los elementos estructurales más importantes porque contiene alta resistencia a comparación con otros elementos estructurales, otra propiedad es la uniformidad que mantiene durante un largo paso en el tiempo. El acero tiene esa capacidad de recuperar su estado al someterse a

la elasticidad después de que se haya aplicado una fuerza de deformación y retornar a su estado original, siempre y cuando la deformación no haya pasado su límite de elasticidad según dado por el comportamiento de la ley de Hooke. Ahora por la durabilidad del acero se puede decir que depende principalmente a su mantenimiento y así obtener mayor tiempo de vida. La producción del acero se da por refinación de metales desechos y el mineral del hierro cual está acompañado con agentes fundentes apropiado; coke para el carbono y el oxígeno, los cuales se juntan en hornos de altas temperaturas, para que formen masas de hierro conocidas como arrabio de primera fusión, ahora el arrabio se tiene que refinar para remover todo el exceso de impurezas y carbono y así se combine con otros metales de cobre, níquel, cromo, titanio, fosforo, azufre, vanadio manganeso, molibdeno, sílice y columbio, para así obtener las características optimas de resistencia a la corrosión, ductilidad, soldabilidad y resistencia. (Navarrete Bautista, 2003)

2.2.12. Secciones mixtas

La definición que Coronel Urgilés (2016), es valida, pues expresa que:

Las secciones mixtas vienen a ser la conformidad de varios materiales que trabajan monolíticamente conformando una sola sección, para este tipo de operación se utiliza el acero estructural trabajando conjuntamente con el hormigón armado, aprovechando al máximo las propiedades mecánicas de cada uno de ellos.

“Una sección mixta está conformada por tres elementos: la sección de hormigón, la sección de acero y los conectores, siendo estos los que proporcionan el funcionamiento monolítico acero- hormigón.” (Coronel Urgilés, 2016, p. 12)

Sobre las estructuras mixtas, Chica (2010), expresa que:

Los materiales como el acero y el concreto son compatibles y se pueden complementar entre ellos, el acero tiene una resistencia a atracción mientras que el concreto

tiene una resistencia. El concreto es un gran protector contra la corrosión y aislamiento térmico al acero cuando se presentan temperaturas elevadas.

2.2.12.1. Características que deben cumplir las secciones mixtas

Existen lineamientos que las secciones mixtas deben cumplir para que la sinergia entre las propiedades de sus elementos sea la correcta, Coronel Urgilés (2016) nos explica que:

Las secciones mixtas están conformadas por propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

Las secciones mixtas obtienen cargas que distribuye de formas diferentes por la diferencia de rigidez que tiene cada material que lo conforma, por lo cual geométricamente se debe cumplir con propiedades únicas. Las secciones mixtas presentan rigideces diferentes lo cual hace que las cargas estén distribuidas de forma diferentes.

Conexión de Interface

Al tener contacto los dos materiales los cuales forman una sección mixta y presentan un trabajo a flexión, debido a un esfuerzo cortante que se produjo en la sección, por la acción de las cargas cortantes paralelas en la zona, lo cual hará que se deslice el material con respecto al otro. Para este caso se diseñan dispositivos que absorban este cortante, y haciendo que las secciones mixtas trabajen como un solo cuerpo.

Interacción Concreto - Acero

Las secciones mixtas siempre estarán unidas entre sí, (concreto – acero) y si hablamos de algunas secciones como por ejemplo de los sistemas de piso, donde hay conexión entre el ala superior de la viga de acero y el fondo de la losa de concreto esto debido a la adherencia y fricción entre el concreto y el acero.

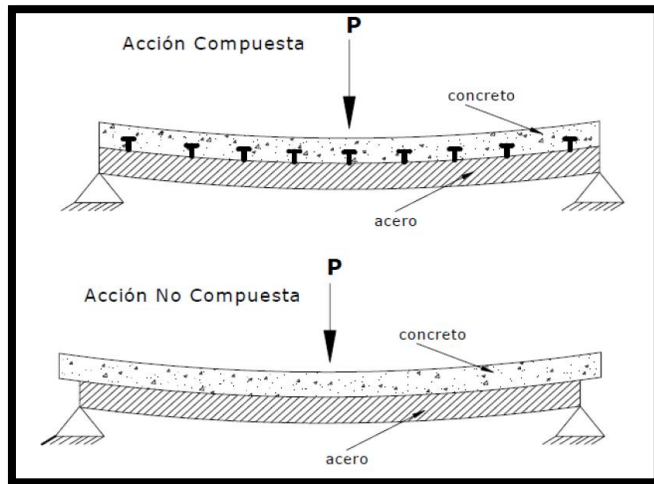


Figura 16: Acción compuesta y no compuesta de secciones

Fuente: (Coronel Urgilés, 2016)

Una acción compuesta se da por la transferencia de esfuerzos entre acero y concreto, los cuales son:

Adherencia: el vínculo adhesión entre una superficie de acero y una de concreto, donde su resistencia es limitada.

Trabazón: contacto mecánico, por ejemplo, concreto embebido en aceros tubulares estructurales y soldados al acero.

2.2.12.2. Ventajas y desventajas de las secciones mixtas

Para explorar las ventajas y desventajas de las secciones mixtas, nos apoyamos en el texto de Coronel Urgilés (2016), quien describe cada una de ellas:

Ventajas

- Menor costo de construcción: se obtiene tiempos cortos para la construcción como también se da un ahorro en encofrados. es el resultado de la mayor rapidez de construcción, además del posible ahorro de encofrados, acabados y también en la disminución del peso total de la estructura siendo muy beneficioso este tipo de construcción.
- Presenta mayor amortiguamiento y rigidez del sistema estructural.
- El concreto sirve como protector del acero ante la corrosión y el fuego.
- El método más empleado para el reforzamiento estructural.

- Rapidez de construcción: es posible avanzar con la estructura de acero sin necesidad de esperar por el curado del hormigón.
- Es el método más empleado para el reforzamiento estructural.

Desventajas

- Durante la construcción, es necesario combinar dos especialidades (construcción de acero y concreto) los cuales se deben de trabajar al mismo tiempo, lo que hace más complicado la programación y ejecución de la obra.
- Se debe realizar un estudio adicional para analizar la posibilidad de presencia de vibración de las estructuras.
- Cálculo estructural es más complejo.

2.2.12.3. Resistencia de una sección frente a cargas axiales

El Eurocodigo 4 (1994), nos dice:

La resistencia plástica a compresión $N_{pl,Rd}$ de la sección transversal de una columna mixta se obtiene mediante la suma de las resistencias plásticas de sus componentes:

$$N_{pl,Rd} = A_a f_{yd} + A_c f_{cd} + A_s f_{sd} \quad (1)$$

Donde:

A_a : Área de la sección transversal de acero circular envolvente de la sección mixta.

A_c : Área de la sección transversal del concreto.

A_s : Área de la sección transversal del acero longitudinal.

f_{yd} : Resistencia a la fluencia de acero circular envolvente de la sección mixta.

f_{cd} : resistencia a compresión del concreto.

f_{sd} : Resistencia a la fluencia del acero longitudinal.

La figura 17 muestra la distribución de tensiones, en la que se basa la ecuación (1).

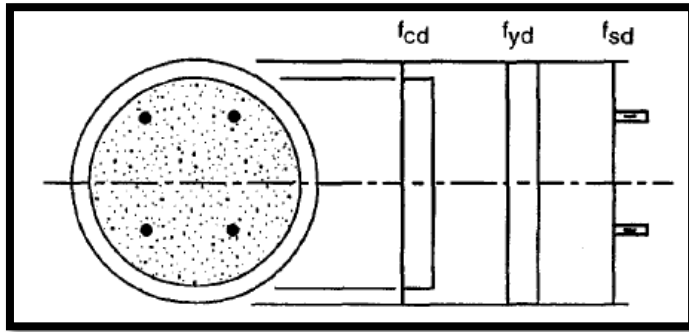


Figura 17: Distribución de tensiones para la resistencia plástica de una sección

Fuente: Guía de Diseño Para Columnas de Perfiles Tubulares Rellenos de Hormigón Bajo Cargas Estáticas y Sísmicas.

En el caso específico de nuestro estudio, nuestra sección no tiene acero en varillas, pero si la sección de la tubería de acero estructural y sección de concreto, por lo cual la ecuación quedaría de la siguiente manera para la sección de la Figura 18:

$$N_{pl.Rd} = A_a f_{yd} + A_c f_{cd} \tag{2}$$

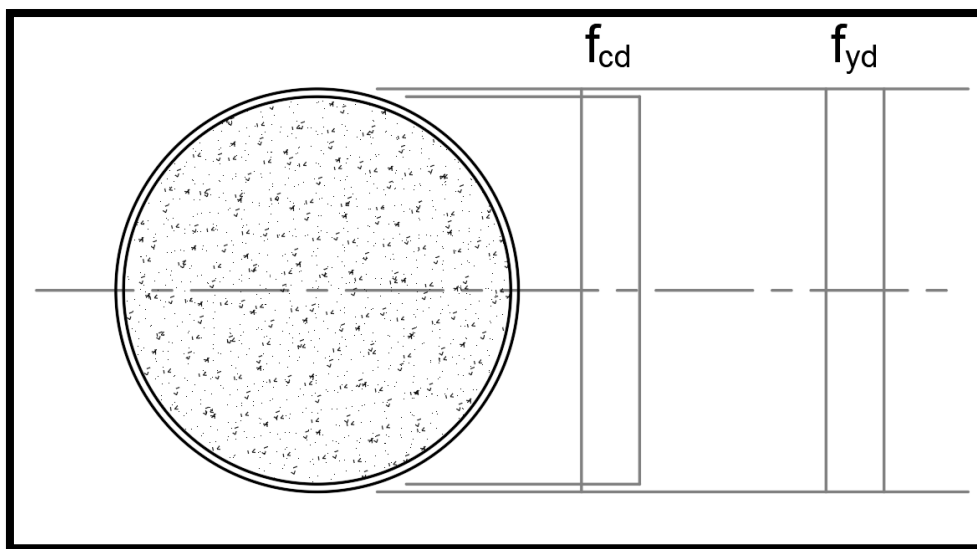


Figura 18: Distribución de tensiones para la resistencia plástica de la sección mixta en estudio

Fuente: Guía de Diseño Para Columnas de Perfiles Tubulares Rellenos de Hormigón Bajo Cargas Estáticas y Sísmicas.

De esta ecuación lo que realmente nos interesa es la resistencia a compresión que desarrolla el concreto por lo cual despejamos de la ecuación (2):

$$fcd = (Npl.Rd - Aa fyd) / Ac \quad (3)$$

Donde:

fcd = Resistencia a compresión del concreto

$Npl.Rd$ =Resistencia plástica a compresión de la sección mixta en estudio

Aa = Área de la sección transversal de acero estructural

fyd = 2530 kg/cm² (dato proporcionado por el fabricante)

Ac = Área de sección transversal de concreto

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La evaluación comparativa de la resistencia a la compresión del concreto en elementos de sección mixta, con adición de curado interno mediante partículas de cerámicos de ladrillo King Kong, resulta mayor que en elementos de sección mixta con curado superficial.

2.3.2. Sub hipótesis

Sub-Hipótesis 1:

Las características físicas, de los agregados, que se utilizaran para realizar el diseño de mezcla, son óptimas.

Sub-Hipótesis 2:

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto, de diseño de $f'c=210$ kg/cm², con curado superficial, son menores, que los elementos con curado superficial y adición de curado interno con el reemplazo del 10%, 20% y 30% del agregado fino por material cerámico y con el reemplazo del 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico.



Sub-Hipótesis 3:

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto, de diseño de $f'c=210$ kg/cm², en elementos de sección mixta, con curado superficial, son menores, que los elementos con curado superficial y adición de curado interno con el reemplazo del 10%, 20% y 30% del agregado fino por material cerámico y con el reemplazo del 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico.

2.4. Definición de variables

2.4.1. Variables independientes

Variable independiente Y1:

- Agregados: agregado fino (70% cunyac + 30% vicho) y agregado grueso (vicho) pétreos.

Variable independiente Y2:

- % cerámico: resultado del reemplazo de porcentaje en peso del agregado pétreo por la molienda de ladrillo king kong.

2.4.2. Indicadores de variables independientes

Para Y1:

- Propiedades físicas (gr, gr/cm³, %, pulg, kg/m³)

Para Y2:

- Reemplazo de porcentaje en peso (%)

2.4.3. Variables dependientes

Variable dependiente X1:

- Resistencia a la compresión del concreto, en elementos de sección mixta.

2.4.4. Indicadores de variables dependientes

Para X1:

Carga axial y área (kg/cm²)



2.4.5. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 20: Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADORES	INTRUMENTOS
VARIABLE DEPENDIENTE				
X1: Resistencia a la compresión del concreto, en elementos de sección mixta	Capacidad de soportar una carga por unidad de área.	7 días de edad 28 días de edad 56 días de edad	Carga axial y área: Kg/Cm ²	
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Y1: Agregados	<p>Agregado Fino: Material petreo que pasa el tamiz 9.4 mm (3/8") y cumple con los limites establecidos en la NTP 400.037 o ASTM C33</p> <p>Agregado Grueso: Material petreo retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4) y cumple con los limites establecidos en la NTP 400.012 o ASTM C33</p>	<p>Propiedades Fisicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisis Granulometrico - Peso especifico de masa - Absorcion - Contenido de Humedad - Tamaño Maximo Nominal - Peso seco compactado 	<ul style="list-style-type: none"> gr gr/cm³ % % pulg kg/m³ 	<p>-Protocolo de verificación de ensayos.</p> <p>-Guías de observación.</p> <p>-Formatos de evaluación de la resistencia a</p>
Y2: % Ceramico	Porcentaje representativo de ceramico de ladrillo king kong, que reemplazara al agregado fino y agregado grueso para lograr el curado interno	<p>Agregado Fino:</p> <ul style="list-style-type: none"> 10% 20% 30% <p>Agregado Grueso:</p> <ul style="list-style-type: none"> 30% 40% 50% 	<p>Reemplazo de porcentaje en peso del agregado petreo por agregado ceramico de ladrillo king kong:</p> <ul style="list-style-type: none"> % 	-Registros fotográficos

Fuente: Propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación

3.1.1.1. Cuantitativo

Respecto a la investigación cuantitativa, Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2010), nos explica que:

La investigación cuantitativa nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos, así como un punto de vista de conteo y las magnitudes de éstos. Asimismo, nos brinda una gran posibilidad de réplica y un enfoque sobre puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares. (p.16)

Por esto podemos deducir que la tesis presentada es de enfoque CUANTITATIVO, pues representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Para realizar el tema de investigación se fabrica, analiza y compara secciones mixtas de acero estructural circular y concreto de diseño $f'c$: 210 kg/cm², con secciones mixtas de acero estructural circular y concreto de diseño $f'c$: 210 kg/cm² reemplazando el 10%, 20% y 30% del agregado fino por material cerámico y secciones mixtas de acero estructural circular y concreto de diseño $f'c$: 210 kg/cm² sustituyendo el 30%, 40% y 50% del agregado grueso por material cerámico.

3.1.2. Nivel de la investigación

3.1.2.1. Descriptivo

Es Descriptivo, porque se evalúa y mide las variables referidas a la resistencia a compresión de las dos secciones mixtas a estudiar, los cuales contienen concreto que obedecen a un diseño de mezcla, para luego analizar los resultados obtenidos.